
Centro de Investigación en Matemáticas, A.C.

Nombre Autorizado de la Institución

Maestría en Ciencias con Orientación en Robótica, (MCR)

Nivel y Nombre del Plan de Estudios

Escolarizada

Modalidad Educativa

Agosto 2024

Vigencia

Estudios de licenciatura en ingeniería con un desempeño sobresaliente, así como gran interés por la robótica y sus aplicaciones. Se buscan preferentemente egresados de las carreras de Ingeniería Mecatrónica, Robótica, Electromecánica, Electrónica, Eléctrica, Mecánica, Automotriz, Sistemas Computacionales, Ingeniería de Software y carreras afines, pero egresados de otras ingenierías, así como Matemáticas y Física podrían ser compatibles.

Antecedente Académico

06 Tecnologías de la información y la comunicación.

Área de Estudio

Clave del Plan de Estudios: **2024**
Diseño Curricular: **Rígido**
Total de Ciclos del Plan de Estudios: **4 semestres**
Duración del Ciclo Escolar: **16 semanas**
Carga Horaria a la Semana: **12**

FIN DE APRENDIZAJE O FORMACIÓN

Se ofrece una sólida formación que permita entender, generar y aplicar conocimientos de frontera en el área de la robótica e interacción humano robot, para realizar investigación original y resolver problemas técnicos sofisticados, a partir del espíritu crítico y del rigor científico. El plan de estudios contempla cursos teóricos y prácticos, con un enfoque multidisciplinario, así como un trabajo de tesis que permitirán a los egresados desempeñarse como profesionistas altamente capacitados para proponer soluciones innovadoras a problemas complejos en la industria y la sociedad. También permitirá desempeñar labores docentes o continuar su formación en programas de doctorado de prestigio internacional y dedicarse a la investigación.

PERFIL DE EGRESO

Los maestros egresados en robótica deberán ser capaces de desarrollar investigación original en la frontera del conocimiento de manera independiente, formular apropiadamente y resolver problemas complejos, contando con capacidad de rápido aprendizaje, interacción con equipos multidisciplinarios y aplicación e integración de técnicas innovadoras provenientes de disciplinas variadas. Dichas capacidades son de utilidad independientemente del puesto o trabajo en el que el egresado se desarrolle.

Los egresados podrán optar por: A) continuar su formación en algún doctorado de prestigio, tanto nacional como internacional; B) realizar actividades docentes a nivel licenciatura y posgrado; C) crear su propia empresa de desarrollo tecnológico e innovación a partir de los resultados obtenidos durante sus estudios; D) integrarse en las áreas de investigación y desarrollo (R&D) de empresas públicas o privadas o E) insertarse en el sector productivo para resolver problemas reales en la industria y la sociedad.

Para ello, el egresado desarrollará:

Conocimientos teóricos y prácticos con enfoque multidisciplinario en robótica, con un importante componente matemático, en las áreas de: sistemas dinámicos, modelado matemático, control automático, planificación de movimiento, navegación autónoma, interacción humano-robot, realidad virtual, visión por computadora, vehículos autónomos, sistemas de múltiples agentes, control óptimo, teoría de juegos, etc.

Habilidades: Capacidad de investigación, comprensión y redacción de textos técnicos y científicos, tanto en inglés como en español, sobre temas en la frontera del conocimiento. Habilidades técnicas de a) programación (ROS, C/C++, Python, Matlab/Simulink, etc.); b) prototipado e implementación experimental.

Aptitudes: liderazgo, espíritu crítico, capacidad de análisis y reflexión, capacidad de creación e innovación, integración multidisciplinaria.

Valores: honestidad, respeto, ética profesional, equidad, no discriminación, dimensión social, búsqueda de la verdad científica.

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

Objetivos del programa: La Maestría en Ciencias con Orientación en Robótica busca formar recursos humanos altamente calificados y con competencia internacional para contribuir con el desarrollo Científico-Tecnológico y de Innovación en la región y en el país en materia de Robótica, permitiendo fortalecer las capacidades académicas, de investigación y de innovación, así como el mejor aprovechamiento y explotación de los recursos mediante el uso oportuno de tecnologías emergentes para la solución de problemas nacionales y la automatización de los procesos.

Para esto, se ofrece un amplio abanico de materias, tanto teóricas como prácticas con un enfoque multidisciplinario, donde el primer semestre el alumno llevará en su mayoría cursos de tronco común para sentar bases sólidas, para después, con ayuda de un tutor o asesor, definir el área de conocimiento específica dentro de la cual enmarcar su trabajo de tesis, en una de las dos líneas de investigación ofrecidas, a saber, a) Robótica e b) Interacción Humano-Robot.

Las asignaturas comunes para ambas líneas de investigación, tanto obligatorias como optativas son:

Asignaturas de tronco común

- Obligatorias:

1. Fundamentos Físico- Matemáticos
2. Técnicas Analíticas en Robótica
3. Programación Avanzada y Algoritmos
4. Modelado y Control de Sistemas Robóticos

5. Taller de Robótica y Realidad Virtual

- Optativas:

1. Visión por Computadora 1, 2
2. Optimización
3. Aprendizaje de Máquina 1, 2
4. Temas Selectos de Visión por Computadora
5. Temas Selectos de Programación y Algoritmos
6. Temas Selectos de Matemáticas 1 y 2
7. Temas Selectos de Ing. Software
8. Temas Selectos de Probabilidad y Estadística
9. Temas Selectos de Inteligencia Artificial
10. Temas Selectos de Ciencias de la Computación 1 y 2

A continuación se describen las líneas de investigación de la maestría, sus objetivos particulares, temas de especialización, asignaturas específicas y el personal docente asociado.

Líneas de investigación:

- **Robótica.** Tiene por objetivo desarrollar investigación original y de calidad en la frontera del conocimiento de la robótica y los sistemas autónomos, buscando la competencia internacional. En particular, se estudian de manera teórica y práctica los temas de modelado matemático, control automático, planificación de movimiento, robótica probabilística, sistemas de múltiples agentes, navegación autónoma, inteligencia artificial y percepción robótica, entre otros, aplicados especialmente a robots móviles con restricciones no holónomas, vehículos aéreos y vehículos híbridos aire/agua. En esta línea, las asignaturas ofrecidas son las siguientes:

Asignaturas:

1. Temas Selectos de Robótica 1, 2
2. Temas Selectos de Control 1, 2
3. Planificación de movimientos de robots
4. Introducción a la teoría de control
5. Control avanzado de sistemas robóticos
6. Robótica Probabilística
7. Control de Sistemas de Múltiples Agentes
8. Robótica Aérea

Los perfiles del personal docente en esta línea incluyen investigadores expertos en las áreas de robótica, matemáticas, aprendizaje de máquina, visión computacional, control automático, planificación de movimientos, etc.

- **Interacción Humano-Robot.** Tiene el objetivo de formar estudiantes capaces de realizar investigación original, aplicada y de calidad en el reconocimiento automatizado de fenómenos humanos en su interacción con robots a través de ambientes de prueba y simulaciones virtuales para la resolución de problemas científicos. Para ello, se ofrecen las siguientes asignaturas de especialización:

Asignaturas

1. Interacción Humano-Robot
2. Temas Selectos de Interacción Humano Robot
3. Temas Selectos de Realidad Virtual
4. Estadística y Diseño Experimental
5. Realidad Virtual y Aumentada
6. Ingeniería de Software en Robótica y IHR (Interacción Humano-Robot)

Los perfiles del personal docente asociado a esta línea incluyen investigadores expertos en las áreas de interacción humano computadora, realidad virtual y aumentada, entornos interactivos, ingeniería de software, sistemas bioinspirados, aprendizaje de máquina, probabilidad y estadística, etc.

Metodología de la Investigación:

- Revisión sistemática y continua de la literatura y el estado del arte.
- Explorar las nuevas tendencias en las áreas de robótica, interacción hombre-máquina, planificación de movimientos, control automático, navegación autónoma, visión por computadora, realidad virtual, inteligencia artificial, etc., así como lo último en tecnología en cuanto a librerías de software, sensores, actuadores, prototipado rápido y diseño, etc.
- Formar recursos humanos altamente especializados en robótica, con proyectos en la frontera de la ciencia y con impacto social.
- Colaborar ampliamente con expertos del área en otros centros de investigación líderes a nivel nacional e internacional, además de otras unidades de CIMAT.
- Buscar colaboración transversal con expertos en otras disciplinas del conocimiento ligadas a la robótica: matemáticas aplicadas, control automático, transportes inteligentes, ingeniería de software, comunicaciones, inteligencia artificial, ciencias de la computación, visión artificial, electrónica, mecatrónica, etc. O con disciplinas diversas que requieran aplicaciones particulares de dispositivos robóticos: agricultura, ganadería, salud, seguridad, industria, etc.
- Buscar atacar problemas reales de la sociedad actual en los contextos local, regional, nacional y global. Se busca alinear proyectos de robótica con los problemas nacionales estratégicos (PRONACE), y con el sector productivo del estado (minería, agricultura, ganadería, turismo, seguridad, etc.).

- Validar los resultados obtenidos de manera teórica, así como en simulaciones numéricas realistas y en experimentos en tiempo real, tanto en condiciones controladas de laboratorio como en escenarios reales.
- Publicar los resultados obtenidos en las revistas y conferencias de mayor prestigio internacional en las áreas de robótica e IHR (Interacción Humano-Robot).
- Divulgar los resultados obtenidos, y la importancia de la ciencia en la sociedad, buscando captar el interés de más personas, en particular de los jóvenes, fomentando el gusto por la investigación.

CURSO PROPEDÉUTICO

Se considera la aplicación de un curso propedéutico con duración aproximada de una semana como parte de los criterios obligatorios a evaluar en el proceso de admisión. Serán invitados a participar del curso propedéutico aquellos candidatos a la maestría que a criterio del Comité Académico del Posgrado (CAP) hayan aprobado de manera satisfactoria el examen de admisión y cumplan con el perfil y demás requisitos necesarios para ingresar al posgrado. Este consta de tres módulos, a proponer por los miembros del núcleo académico, bajo aprobación del CAP. Se contempla un módulo por cada línea de investigación, más un módulo de fundamentos matemáticos o de programación. Dicho curso propedéutico no pretende ser un curso remedial, sino una herramienta para evaluar la capacidad de aprendizaje de los estudiantes

PERFIL DE INGRESO

El alumno deberá contar con sólidos fundamentos físico-matemáticos y de programación, así como buena lógica para resolver problemas complejos, y buena comprensión del idioma inglés. Además, deberá tener una fuerte motivación hacia la investigación aplicada y a la solución integral de problemas actuales con un enfoque en robótica.

ADMINISTRACIÓN Y OPERATIVIDAD DEL PLAN DE ESTUDIOS

Se considera un plan de estudios rígido, que consta de 96 créditos, a cubrirse de manera tanto presencial como a distancia utilizando tecnologías de la información y comunicaciones (TICs), en cuatro semestres y un verano de investigación. El plan de estudios contempla ocho materias, cuatro materias de tronco común obligatorias, tres materias optativas, además de un proyecto de verano de investigación y dos seminarios de tesis.

Durante el primer semestre se deberán cubrir cuatro materias de tronco común. El segundo semestre se cursará una materia de tronco común y dos materias optativas. El mapa curricular se completa con una materia optativa y un seminario de tesis en el tercer semestre, un proyecto de verano de investigación, para finalmente en el cuarto semestre cursar únicamente un seminario de tesis. Dicha estructura permite proveer al alumno de bases sólidas durante el primer año, mientras que el segundo año se centra en el desarrollo de un trabajo de investigación original.

Durante su primer año de maestría, el alumno deberá optar por alguna de las líneas de investigación. Dicha línea de investigación deberá ser congruente con el proyecto de tesis a realizar, y preferentemente se deberán cursar al menos dos materias optativas relacionadas con esta línea.

La elección de cursos optativos la efectuará el estudiante bajo la supervisión del tutor o asesor, a partir de la lista de cursos optativos disponibles avalados por el Comité Académico del Posgrado (CAP) y notificados cada semestre. El CAP de la maestría determinará cada semestre los cursos optativos que se ofrecerán, conciliando la calidad educativa, las necesidades del programa y la carga académica de los profesores. El CAP dará aviso oportuno al Comité de Cursos sobre las materias optativas que se vayan a ofrecer cada semestre, para su publicación y programación en los sistemas correspondientes. Las materias optativas podrán validarse en un periodo distinto al contemplado originalmente en el mapa curricular bajo la supervisión del asesor o tutor, con el visto bueno del CAP y siguiendo el procedimiento establecido por la Coordinación de Formación Académica, para exámenes de equivalencia.

Durante los seminarios de tesis a cursar durante el segundo año del programa, el alumno deberá desarrollar un trabajo de investigación original bajo la dirección de su asesor de tesis, a quien deberá presentar avances periódicos semanalmente.

Opciones de Titulación

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias con Orientación en Robótica, la única opción de titulación es por tesis y requiere:

- Haber cubierto como mínimo un total de **96 créditos** (69 obligatorios y 27 optativos) del plan de estudios.
- Después de aprobar los Seminarios de Tesis I y II, presentar y aprobar ante un comité ad-hoc un examen de grado donde se expone el trabajo de tesis.
- Aprobar un examen de inglés, cuya modalidad es determinada por el Consejo de Programas Docentes de CIMAT.
- Atender en tiempo y forma el procedimiento administrativo de graduación que establece la Coordinación de Formación Académica de CIMAT.

SUSTENTO TEÓRICO DEL MODELO CURRICULAR

De acuerdo al diccionario de la Real Academia de la Lengua, un sistema robótico se define como: “Máquina o ingenio electrónico programable que es capaz de manipular objetos y realizar diversas operaciones”.

Como se puede apreciar de la definición anterior, un robot está compuesto de elementos mecánicos que le permiten interactuar con su ambiente, elementos electrónicos, tales como actuadores y sensores, y sistemas computacionales que le permiten ser programados para resolver tareas específicas.

Tanto los actuadores como los sensores, son elementos que le permiten al robot interactuar con el mundo físico. Los actuadores los dotan de capacidad de movimiento y manipulación; para lograr que el robot realice movimientos precisos es necesario hacer uso de herramientas como la **teoría de control**. Los sensores dotan de la capacidad de percepción a los robots. Entre los sensores más utilizados están los sensores de contacto, sensores de rango láser, sonares y cámaras. Estas últimas proporcionan una solución barata que dota de capacidad sensorial compleja a los robots a partir de algoritmos de **visión por computadora**.

Un elemento importante para los robots es su flexibilidad para resolver distintas tareas, esto gracias a que cuentan con unidades computacionales que pueden ser **programadas**. El programar software de calidad que cumpla con los requerimientos de diseño para que el robot desarrolle exitosamente su tarea asignada, requiere de herramientas como **ingeniería de software**. El software requerido puede ser complejo en términos de la tarea asignada al robot, lo que requiere el desarrollo de **algoritmos** en el estado del arte en el área de la

inteligencia artificial.

Los sistemas robóticos han visto una evolución constante en el rango de tareas o aplicaciones en los que se les ha empleado. En estas tareas surgen complicaciones extra como ambientes en constante cambio o incertidumbre en sensado y actuación, sólo por citar algunas. Esto ha hecho que la robótica requiere mayor desarrollo en áreas específicas en la forma de temas selectos tales como: **planificación de movimiento, robótica área, robótica probabilística o sistemas multi-agente.**

Cabe mencionar que la robótica está presentando una tendencia a integrarse a nuestras actividades diarias. Esto añade un elemento importante a estudiar, esto es, la **interacción humano-robot.** Inclusive, recientemente ha habido una tendencia a hacer más estrecha esta interacción a través de tecnologías emergentes como visores de **realidad virtual.** Un ejemplo de esto son sistemas de telepresencia en el que un usuario puede estar conectado a través de un visor de realidad virtual a un robot en otra locación, lo cual proporciona al usuario un nivel de inmersión sin precedentes para interacción remota. Para evaluar estos sistemas robóticos que interactúan con usuarios humanos, se necesita verificarlos a través de experimentación con personas, lo que requiere conocimiento en **diseño experimental** y herramientas **estadísticas.**

De todo lo anterior se deduce que los robots son sistemas complejos que exigen conocimientos en múltiples disciplinas del conocimiento, los cuales requieren a su vez sólidos **fundamentos físico-matemáticos** por parte de los ingenieros y científicos que trabajan con ellos, además de **experiencia práctica** en su utilización. De esta manera, se ha diseñado un mapa curricular que considera 4 materias formativas esenciales como son: Fundamentos Físico-Matemáticos, Modelado y Control de Sistemas Robóticos, Programación Avanzada y Algoritmos, Técnicas Analíticas en Robótica, además de un Taller de Robótica y Realidad Virtual. Los conocimientos más específicos de las diferentes áreas del posgrado se abordan en una serie de materias optativas con una seriación adecuada cuando es requerido.

PROPUESTA DE EVALUACIÓN PERIÓDICA DEL PLAN DE ESTUDIOS

El **objetivo** de la evaluación y actualización del plan de estudios de la MCR es la mejora continua y el aseguramiento de la calidad de tal manera que se garantice que el plan de estudios:

1. Responda a las tendencias actuales en el área de robótica.
2. Facilite la generación y aplicación del conocimiento en las áreas de robótica.

3. Genere soluciones a diferentes problemas de los sectores de la sociedad con un enfoque colaborativo, de retribución social e inter-, multi- y transdisciplinario.

4. Garantice la competencia y el desempeño profesional del egresado.

Justificación. Las modificaciones propuestas al plan de estudios de la MCR deberán justificarse en un documento y con fundamentos en resultados cualitativos y cuantitativos de la autoevaluación de la MCR, recomendaciones de organismos acreditadores (como aquellas emanadas de las evaluaciones SNP), el análisis de las tendencias en el área de robótica, entre otros.

Periodicidad. El plan de estudios de MCR, se evaluará periódicamente, con una frecuencia de tres años. Por otro lado, los programas de estudio se deben evaluar al finalizar cada semestre.

Para la evaluación del plan de estudio se propone la siguiente metodología:

1. Se obtiene la información de todas las partes interesadas: Evaluaciones obtenidas por los estudiantes en cada asignatura, medición del desempeño del egresado, métricas obtenidas por evaluaciones externas, etc.

2. Los profesores de tiempo completo se reúnen para analizar la situación del plan de estudios a través de un mapeo curricular. El mapeo curricular consiste en representar gráficamente los diferentes componentes del plan de estudios, de modo que la imagen completa y las relaciones y conexiones entre las partes del mapa se vean fácilmente. Una matriz curricular es una herramienta que asocia resultados esperados de aprendizaje (por ejemplo, del plan de estudios) con los elementos que lo componen (por ejemplo, de los cursos).

3. El CAP avala o rechaza la actualización sugerida considerando los objetivos del plan de la MCR. En su caso, se actualiza el plan de estudios.

4. Se someterá a autorización del Consejo de Programas Docentes (CPD) y posteriormente la coordinación de formación académica llevará a cabo el procedimiento de oficialización antes las autoridades correspondientes.

5. En caso de modificaciones del plan de estudios, estas serán debidamente publicadas y notificadas a los estudiantes, personal e instancias correspondientes, entrando en vigor para las generaciones subsecuentes a la notificación de las mismas.

Dr. Rafael Herrera Guzmán
Director General