UNIVERSIDAD VERACRUZANA

DOCTORADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Plan de estudios 2021

Datos Generales

Datos generales	
Institución que lo propone	Universidad Veracruzana (UV)
Entidad de adscripción y región	Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial Región Xalapa
Grado que se otorga	Doctor(a) en Inteligencia Artificial
Orientación	Investigación
Duración máxima	4 años
Modalidad	Escolarizado
Total de horas	96 = 64 teóricas + 32 prácticas
Total de créditos	232

Índice

Datos Generales.....2
1. Justificación.....5
1.1 Estudio de Factibilidad.....5
1.1.1 Requerimientos de aspirantes al posgrado.....5
1.1.2 Recomendaciones de egresados.....9
1.1.3 Requerimientos de IA por parte de empresas.....14
1.2 Contexto social.....18
1.3 El campo profesional y el mercado laboral.....20
1.4 Oferta educativa internacional y nacional.....20
1.5 Marco legal del programa de posgrado.....22
2. Fundamentación académica.....22
2.1 Antecedentes del programa educativo.....22
2.2 Fundamentos de la enseñanza.....22
2.3 Misión.....23
2.4 Visión.....23
3. Objetivos curriculares.....23
4. Recursos humanos, materiales y de infraestructura académica.....24
4.1 Personal Académico.....24
4.2 Materiales e infraestructura académica.....24
5. Perfil del Alumno y Requisitos de Ingreso.....27
5.1 Requisitos de ingreso.....28
5.2 Procedimiento (administrativo) de admisión y selección de aspirantes.....28
5.3 Requisitos de inscripción Administrativos.....28
6. Perfil y requisitos de permanencia, egreso y titulación.....29
6.1 Perfil de egreso.....29
6.2 Requisitos de permanencia.....29
6.3 Requisitos de egreso.....30
6.4 Requisitos de titulación (administrativo).....30
6.5 Procedimiento para la titulación (administrativo).....30
7. Perfil Académico.....31
8. Diseño Curricular.....32
8.1 Mapa Curricular.....32

8.2 Descripción y registro de las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento....34
8.3 Descripción detallada de las actividades complementarias....35
8.3.1 Examen Pre-Doctoral....35
8.3.2 Publicaciones....35
8.3.3 Estancia de Investigación....35
8.3.4 Desarrollo Tecnológico....35
8.4 Tablas de Experiencias Educativas....36
8.5 Alternativas de movilidad académica....38
8.6 Tutorías....38
9. Duración de los Estudios....39
10. Descripción del Reconocimiento Académico....40
11. Referencias Bibliográficas....40
12. ANEXOS....41
A1. Programas de Estudios, Seminarios de Investigación I a VIII....41
A2. Programas de Estudios, Cursos Optativos....57
B. Plan de Autoevaluación Anual....130
C. Plan de Mejora....144
D. Encuesta, Aspirantes al Posgrado (Estudio Factibilidad, componente 1)….147

1. **Justificación.**

Se realizó el diagnóstico, análisis de los requerimientos y demandas sociales a partir de la generación de un estudio de factibilidad que dio a conocer el contexto social, campo profesional y mercado laboral en el que se desarrollan los egresados, además de la oferta educativa internacional y nacional vigente y el marco legal que regirá al mismo.

Al tratarse de un programa de posgrado operativo desde el año 2012, este documento presenta una actualización del plan de estudios, resultado de un análisis y reflexión, para hacer frente al nuevo contexto social y académico.

1.1 **Estudio de Factibilidad**

El estudio de factibilidad realizado consideró tres componentes. El primero, son los requerimientos obtenidos de las preferencias de aspirantes al posgrado. El segundo, considera las recomendaciones de 29 ex estudiantes de las 4 generaciones anteriores. El tercero, toma en cuenta los requerimientos de empresas e industrias como potenciales empleadores de egresados de nuestro posgrado.

1.1.1 **Requerimientos de aspirantes al posgrado**

Para conocer la factibilidad del posgrado de Doctorado en Inteligencia Artificial (DIA), se realizó una encuesta piloto a los aspirantes a ingresar a dicho doctorado en el período 2020. La muestra constó de 11 aspirantes. En el futuro se planea perfeccionar la encuesta y aplicarla en diferentes instituciones con la finalidad de tener una muestra representativa.

La encuesta piloto constó de 7 preguntas, las cuales buscan identificar parámetros asociados al posgrado, tales como: datos generales del aspirante; criterios más importantes para el aspirante al elegir el doctorado a estudiar; factores más importantes para el aspirante que debe reunir la planta académica; medios de comunicación utilizados por los aspirantes para investigar información sobre el posgrado; interés de los aspirantes por las líneas de investigación ofrecidas en nuestro posgrado; conocimientos y habilidades de los aspirantes; conocimientos y habilidades que los aspirantes desean adquirir durante la realización de su doctorado. Dicha encuesta piloto se presenta en el anexo D.

A continuación, se muestran los resultados de esta encuesta piloto.

Figura 1. Los seis criterios más importantes para el aspirante cuando elige el doctorado a estudiar

Como se puede apreciar en la Figura 1, los aspirantes seleccionaron como los seis criterios más importantes cuando elige un doctorado a estudiar, los siguientes: 1) calidad de la planta académica. 2) interés personal en el área de investigación. 3) oportunidad de obtener una beca por medio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), ya que el posgrado pertenece al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) de CONACYT. 4) oportunidad de realizar una estancia internacional. 5) las instalaciones y laboratorios de los posgrados. 6) oportunidad de realizar una estancia nacional.

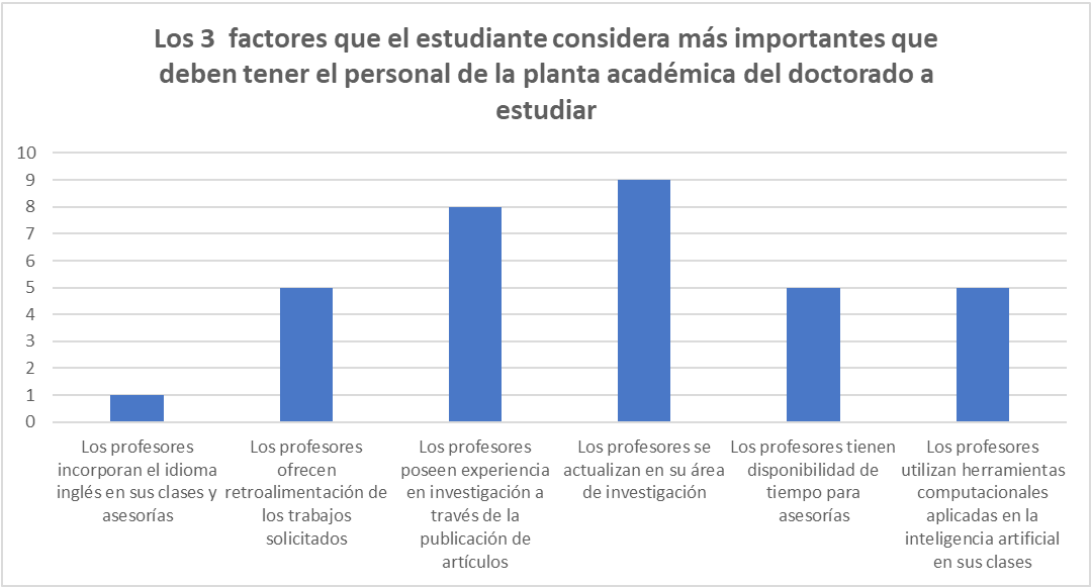


Figura 2. Los tres factores considerados más importantes por el aspirante sobre el personal de la planta académica del doctorado a estudiar

La Figura 2 presenta los resultados correspondientes a los tres factores que el estudiante considera más importantes que deben tener el personal de la planta académica del doctorado. Éstos fueron: 1) los profesores se actualizan en su área de investigación. 2) los profesores poseen experiencia en investigación a través de la publicación de artículos. 3) los profesores ofrecen retroalimentación de los trabajos solicitados; los profesores tienen disponibilidad de tiempo para asesorías; los profesores utilizan herramientas computacionales aplicadas en la inteligencia artificial en sus clases (estas tres opciones obtuvieron el mismo puntaje).

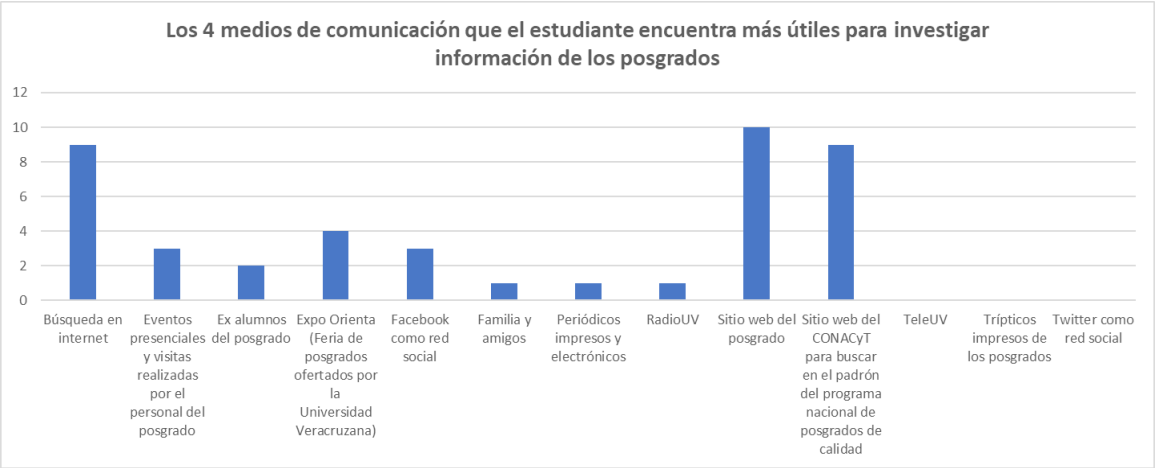


Figura 3. Los cuatro medios de comunicación que el aspirante encuentra más útiles para investigar información de los posgrados

Respecto a los cuatro medios de comunicación más útiles para investigar información de los posgrados (ver Figura 3), los aspirantes seleccionaron los siguientes: 1) sitio web del posgrado. 2) sitio web del CONACyT para buscar en el padrón del programa nacional de posgrados de calidad. 3) búsqueda en internet; 4) Expo Orienta (Feria de posgrados ofertados por la Universidad Veracruzana).

Para la generación 2020, los aspirantes manifestaron amplio interés en aprendizaje y minería de datos, optimización y cómputo evolutivo, y visión por computadora (Figura 4).

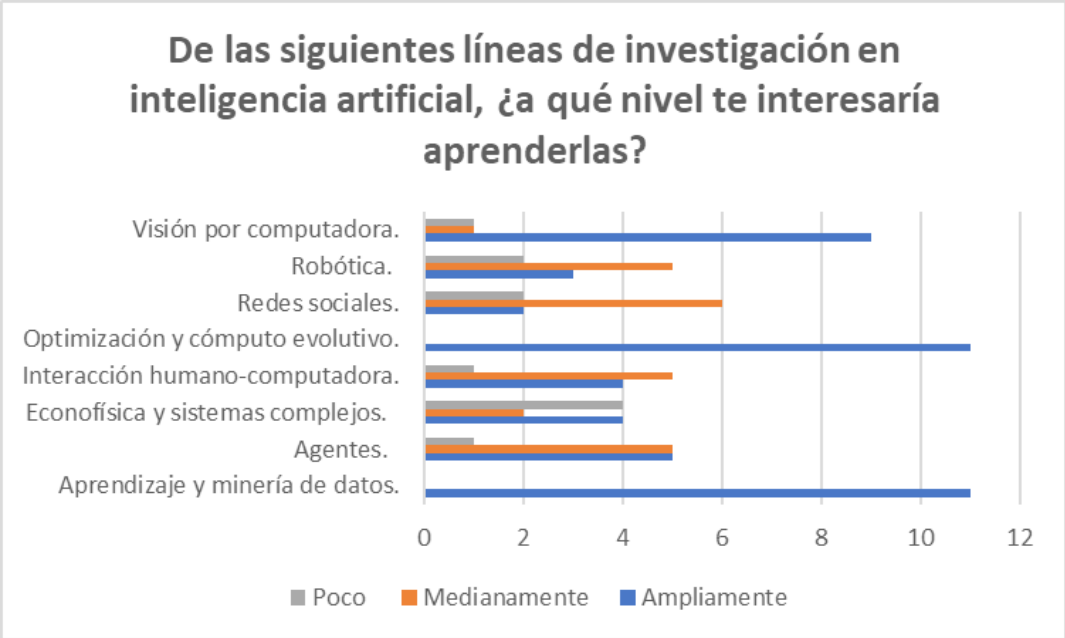


Figura 4. Líneas de investigación en inteligencia artificial de interés para el aspirante

En relación con las habilidades y conocimientos que poseen los aspirantes al posgrado, la mayoría respondió dominar ampliamente la “metodología de la investigación” y “matemáticas discretas”. Asimismo, casi la mitad de los aspirantes considero dominar muy poco el “aprendizaje automático” (Figura 5).

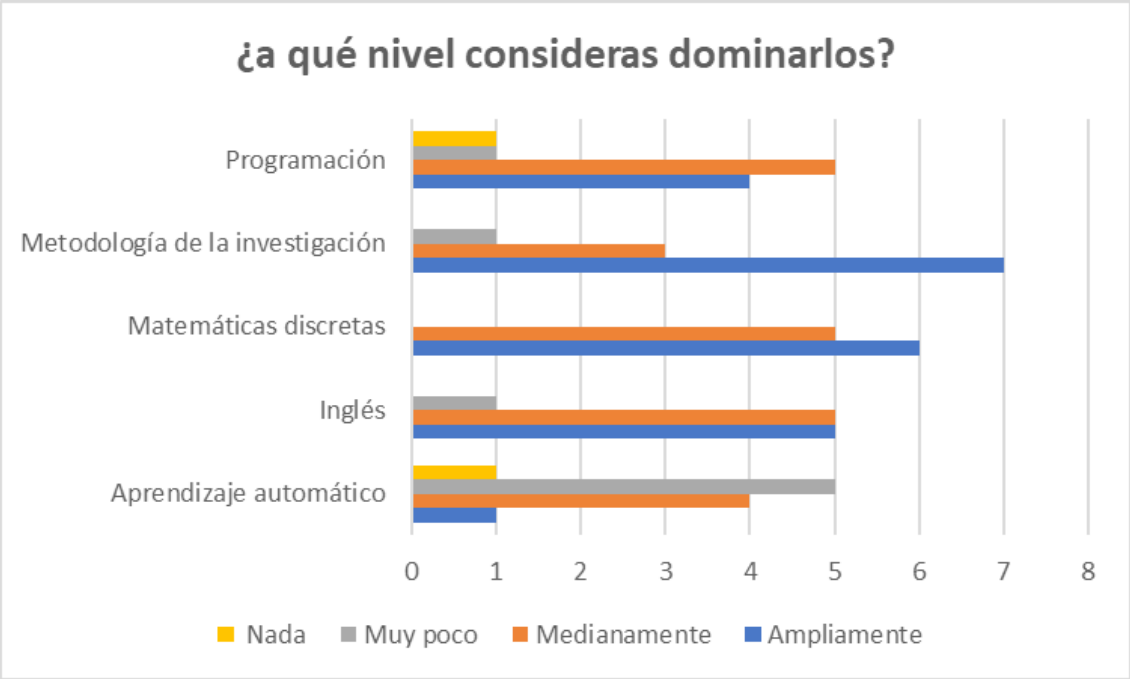


Figura 5. Conocimientos y habilidades de los aspirantes

Por último, los tres aspectos más importantes que desean adquirir los aspirantes durante los estudios de posgrado son: 1) experiencia en la solución de problemas de inteligencia artificial. 2) algoritmos utilizados en inteligencia artificial. 3) saberes teóricos de inteligencia artificial (Figura 6).

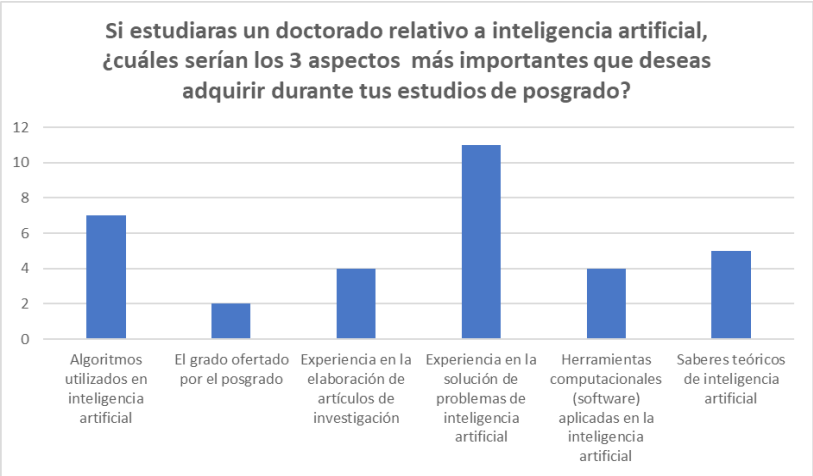


Figura 6. Los tres aspectos más importantes que desean adquirir los aspirantes durante sus estudios de posgrado

1.1.2 **Recomendaciones de egresados**

El seguimiento de ex alumnos ha proporcionado información indispensable en las evaluaciones, ya sean internas o externas, para obtener diagnósticos y estrategias que aseguren la calidad del programa y aporten elementos en su plan de mejoras. El contacto con los ex alumnos se realiza a través de una cuenta institucional de correo electrónico (exaia@uv.mx). De manera periódica, se envían correos a los ex alumnos del Doctorado en Inteligencia Artificial (titulados y no titulados) para preguntar sobre su situación laboral y desarrollo profesional, así como para comunicarles vacantes laborales, eventos y noticias de interés. Para facilitar la participación de los ex alumnos y mejorar la calidad de las evidencias obtenidas, se elaboran cuestionarios en línea, los cuáles pueden ser accedidos y llenados fácilmente a través de una liga electrónica.

En este documento se presentan los resultados obtenidos en el último cuestionario aplicado a nuestros ex alumnos. El cuestionario constó de 10 preguntas, enfocadas en conocer su situación laboral actual, así como las áreas de la Inteligencia Artificial (IA) que han aplicado y las actividades que han desarrollado durante el ejercicio de su profesión. Así mismo, se dio un espacio para comentarios y sugerencias relativos a la formación académica que brinda el DIA. Este cuestionario fue enviado a los 34 estudiantes de las generaciones 2012-2016, 2013-2017, 2014-2018 y 2015-2019. El cuestionario se aplicó entre el 1 de marzo y el 9 de mayo de 2020, mediante el servicio Google Forms, el formulario puede ser accedido a través del enlace https://forms.gle/MFk3DAGrfYbwp4419.

Durante los 8 años de la existencia del posgrado, 34 estudiantes han ingresado al DIA, la tasa de estudiantes graduados es del 56% (19 de 34 estudiantes) y sólo tres estudiantes se han dado de baja del programa. De los 34 ex alumnos, 29 contestaron el cuestionario solicitado, es decir el 85.29%, constituyó el universo con el que se trabajaron las variables.

Dentro de los motivos que condujeron a nuestros ex alumnos a ingresar al Doctorado en Inteligencia Artificial en el Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial (IIIA), destacan el interés por obtener un grado académico (65.5%) y el prestigio del instituto (55.2%). La Tabla 1 presenta los resultados obtenidos. Es importante destacar que la pregunta fue de opción múltiple. También una persona puede contestar afirmativamente múltiples opciones. De la tabla puede observarse que los alumnos consideran que el DIA es un posgrado de alta demanda en el mercado laboral (41.4%) y que abre las puertas para conseguir un mejor empleo (41.4%). Otro factor importante es la pertenencia del programa al PNPC, dado que el 41.4% consideró como motivo de ingreso la existencia de una beca de manutención.

Tabla 1. Principales motivos por los que se eligió ingresar al DIA.

Motivo de ingreso al DIA	Frecuencia	Porcentaje
Conseguir un mejor trabajo	12	41.4%
El posgrado es de alta demanda en el mercado laboral	12	41.4%
Exigencia en el trabajo	1	3.4%
Existencia de beca	12	41.4%
Facilidad para el ingreso	1	3.4%
Falta de empleo	1	3.4%
Mejorar mi condición laboral	10	34.5%
Obtener un grado	19	65.5%
Prestigio de la Institución	16	55.2%
Interés por la investigación	5	17.2%
Gusto por aprender	2	6.8%
Interés personal	1	3.4%
Necesidad social	1	3.4%

Sobre la posición del DIA en comparación con otros posgrados que pudieron haber sido opción para nuestros ex alumnos, el 86.2% de los ex alumnos indicó que la selección del posgrado en IA del IIIA fue su primera opción (ver Figura 7). Este resultado confirma la pertinencia del DIA y su posición como uno de los posgrados más prestigiados de la región.

Figura 7. Ex alumnos que consideraron estudiar en el DIA como primera opción

Los ex alumnos del DIA se han especializado en áreas acordes a las necesidades de la academia y el sector productivo, que están en concordancia con las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) del posgrado. En relación a su situación laboral, hasta el momento, para las primeras cuatro generaciones del DIA, se observa que los sectores con mayor inserción laboral de nuestros ex alumnos son el Académico (69%) y el de Investigación (37.9%), seguidos por el sector Productivo (24.1%). La Tabla 2 presenta los resultados obtenidos. Una vez más, la pregunta fue de opción múltiple (pues un profesionista puede desempeñarse laborálmente en más de un sector).

Tabla 2. Sectores laborales en los que se desempeñan los ex alumnos del DIA.

Sector	Frecuencia	Porcentaje
Investigación	11	37.9%
Académico	20	69%
Productivo	7	24.1%
Social	1	3.4%
Gubernamental	1	3.4%
Otro	3	10.2%

Las áreas de la IA que han sido trabajadas durante la experiencia profesional de los ex alumnos se pueden ver en la Tabla 3, destacándose: Aprendizaje Automático (69%), Cómputo Evolutivo (55.2%) y Visión por Computadora (37.9%).

Tabla 3. Áreas de la IA en las que se han desempeñado los ex alumnos del DIA.

Área de la IA	Frecuencia	Porcentaje
Agentes Inteligentes	4	13.8%
Aprendizaje Automático	20	69%
Aprendizaje Profundo	4	13.8%
Cómputo Evolutivo	16	55.2%
Optimización Heurística	6	20.7%
Robótica Inteligente	5	17.2%
Procesamiento del Lenguaje Natural	3	10.3%
Sistemas Expertos	1	3.4%
Visión por Computadora	11	37.9%
Machine Learning	1	3.4%
Minería de Datos	1	3.4%
Ninguna	2	6.8%

Con relación a la vida académica, las actividades que han desarrollado los ex alumnos del instituto durante su experiencia profesional se muestran en la Tabla 4, donde destacan la impartición de cursos, seminarios, talleres, conferencias y ponencias, la publicación de investigaciones y la prestación de servicios de asesorías y consultorías. Así mismo, con respecto a su desempeño en el sector de investigación, el 20.7% de los ex alumnos son miembros del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

Adicionalmente, el 13.8% de los ex alumnos contribuyen al conocimiento y la práctica profesional, mediante su participación en academias, sociedades y organizaciones profesionales, como la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial (SMIA), el Consejo de Ciencia y Tecnologías de la Información (CONCIENTI, AC), la Red de Ingeniería de Superficies y Tribología (REDISYT) e internacionales como el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

Tabla 4. Actividades en las que se han desempeñado los ex alumnos del DIA.

Actividad académica	Frecuencia	Porcentaje
Estancia posdoctoral	4	13.8%
Publicación de artículos en revistas arbitradas	8	27.6%
Publicación de artículos en revistas JCR	6	20.7%
Publicación de capítulos de libros	3	10.3%
Registro de patentes	2	6.9%
Asesorías y consultorías	13	44.8%
Impartición de seminarios y talleres	16	55.2%
Impartición de conferencias y/o ponencias nacionales	12	41.4%
Impartición de conferencias y/o ponencias internacionales	2	6.9%
Participación en cuerpos académicos	10	34.5%
Impartición de cursos a nivel licenciatura	21	72.4%
Impartición de cursos a nivel posgrado	12	41.4%

En el aspecto de la pertinencia de la formación obtenida por los estudiantes del DIA, y de la aplicación de los contenidos del plan de estudios en el ámbito laboral, se observó que las principales técnicas de IA que nuestros ex alumnos han empleado en el ejercicio de su profesión son:

- Clustering, árboles de decisión, Multi-armed bandit, LDA, procesos ETL.
- Redes neuronales y evolutivos, más enfocado en OpenCV, ROS y Point-Cloud library, al igual que control reactivo.
- Redes Neuronales Artificiales, Lógica Difusa, Redes Neuronales artificiales Evolutivas, ID3, Redes Bayesianas, Sistemas Expertos, Algoritmos Genéticos, PSO, Optimización multivariable, Tracking, Programación Lógica, Programación Funcional.
- Redes Neuronales Artificiales, Algoritmos Evolutivos, Algoritmos para el procesamiento de señales.
- Flujo óptico, algoritmos evolutivos (evolución diferencial y genéticos), árboles de decisión, cadenas de Markov, detectores de bordes en imágenes, random Forest, regresión, ingenuo Bayesiano.
- Evolución Diferencial, Evolución Diferencial Memética, Recocido Simulado, Programación Evolutiva, Algoritmos Genéticos, Redes Neuronales Convolucionales, KNN, Redes Bayesianas.
- YOLO visión por computadora.
- Redes neuronales para reconocimiento de patrones.
- Máquinas de Soporte Vectorial.
- CNN, superpíxeles, segmentación de método del valor umbral, algoritmos crawler.
- Algoritmos Genéticos, Algoritmos Evolutivos.
- Visión, algoritmos genéticos, redes neuronales, búsquedas.
- Redes Neuronales, Evolución diferencial, ID3.

- Redes neuronales, algoritmos de aprendizaje de máquina en general, deep learning.
- Algoritmos genéticos, redes neuronales, discretizadores.
- Redes neuronales con “backpropagation”, aprendizaje no supervisado.
- Análisis de series de tiempo para visión por computadora, NB, ID3, C4.5, etc. para construcción de modelos orientados a la toma de decisiones, simulación con sistemas multiagentes BDI.
- Árboles de decisión, redes Bayesianas, programación orientada a agentes, algoritmos genéticos.

Finalmente, los ex alumnos brindaron las siguientes sugerencias para mejorar la formación académica que brinda el DIA y potenciar el éxito laboral de nuestros egresados:

1. **Investigaciones con aplicación en la industria**. Realización de proyectos de tesis e investigación aplicados a la industria. Convenios con empresas, **sinergia entre Escuela - Empresa** (desarrollo aplicado). Mayor contacto empresarial. Una mayor vinculación del posgrado con empresas o instituciones donde se dé solución a problemas reales. Vinculación con la industria, el programa está sólo orientado al ámbito académico. Enfocarse a las necesidades de las empresas. Integración con el sector privado e incrementar el número de proyectos financiados con impacto social a través de redoblar los esfuerzos en gestión.
2. **Trabajar con tecnologías que sean usadas en la industria**, si bien las técnicas y métodos son los mismos, las herramientas que se usan en la industria son distintas que en el ámbito académico. Muchas veces es necesario aplicar IA junto con otro tipo de desarrollo (móvil, web) y se considera que esa área se está dejando de lado en el DIA. Ahora con bibliotecas como TensorFlow se puede hacer IA en móviles y esas son áreas de oportunidad en el ambiente laboral.
3. Incluir **Industria 4.0** y una visión más ingenieril (menos informática) de la rama del conocimiento.
4. **Enseñar a "vender" la IA**, con planes de trabajo o desarrollo de proyectos o incubadoras de empresas; a veces el acercamiento a la industria cuesta mucho trabajo, y a las empresas les da miedo meterse en ambientes que no conocen (no a todas, pero sí a la mayoría).
5. **Promover la colaboración entre las diferentes áreas del Instituto**.
6. **Mejorar los contactos con universidades en el extranjero**, para que las estancias en el extranjero resulten trascendentales para la formación de los estudiantes.
7. **Disminuir el número de materias del plan de estudios** y promover más la publicación de resultados en artículos.
8. **Ofrecer un seguimiento más cercano a los alumnos en el primer año** de la maestría o en los **dos primeros años** del doctorado.
9. **Incluir docencia** como parte formativa.
10. **Todos los seminarios de investigación realizarlos en idioma inglés**. Crear un taller para escritura de artículos en inglés.

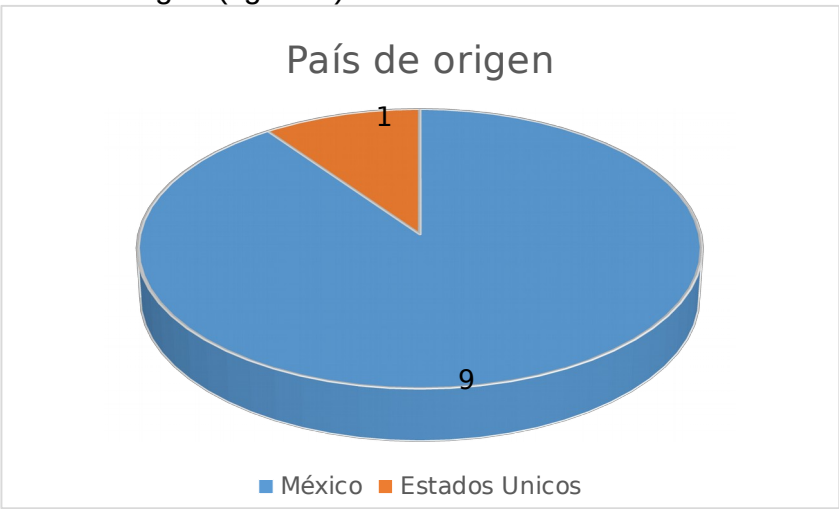
11. **Programación en Python**.
12. **Tener un repositorio** que permita dar a conocer al DIA.

1.1.3 **Requerimientos de IA por parte de empresas**

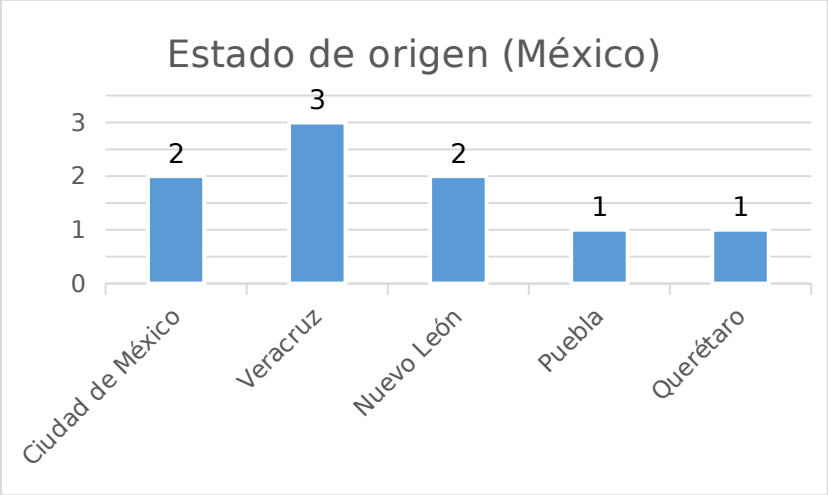
Se aplicó una encuesta a empresas sobre sus necesidades de egresados con conocimientos de inteligencia artificial. La encuesta se difundió vía correo electrónico, y a través del portal de Facebook del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial de la Universidad Veracruzana.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

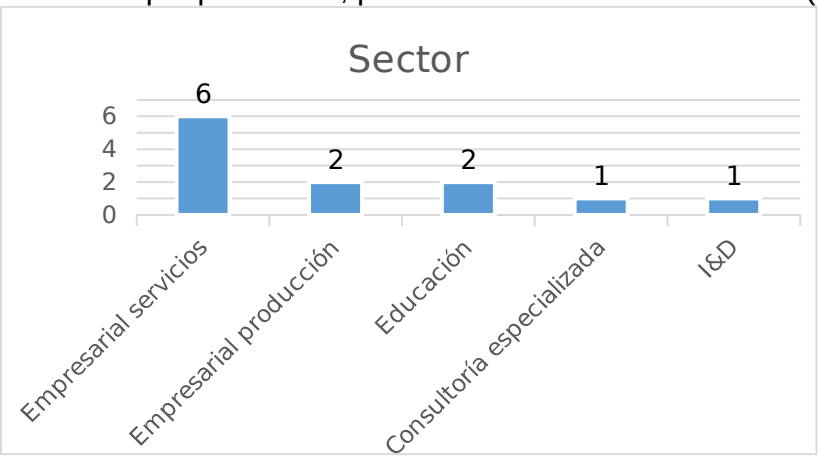
1. País de origen (figura 8)



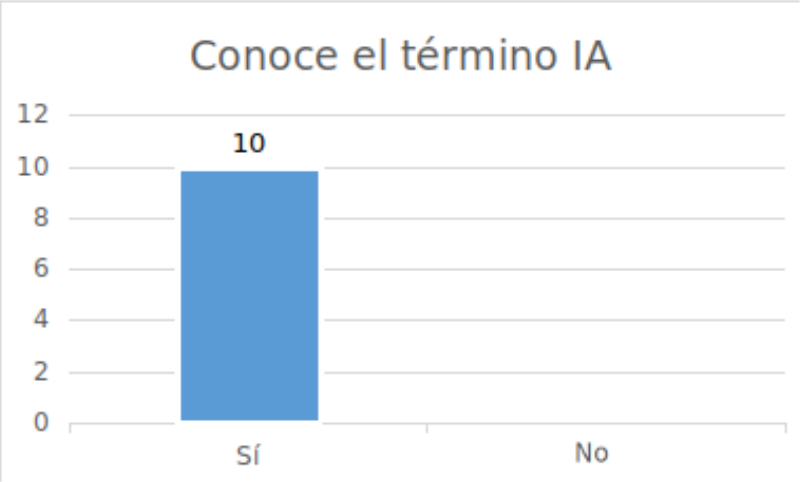
2. Estado mexicano de origen (figura 9)



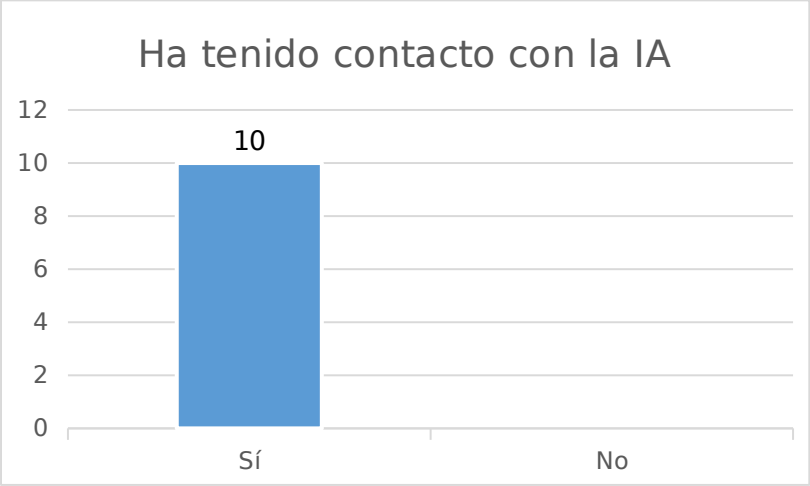
3. Sector al que pertenece, pudiendo ser más de un sector (figura 10)



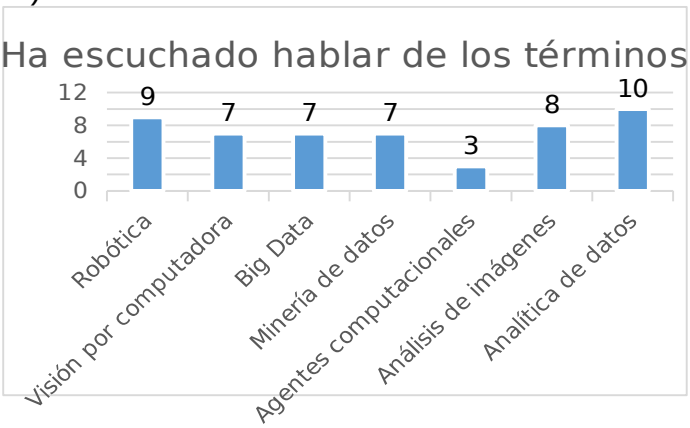
4. Conoce el término Inteligencia Artificial (figura 11)



5. Ha tenido contacto con especialistas de la Inteligencia Artificial (figura 12)



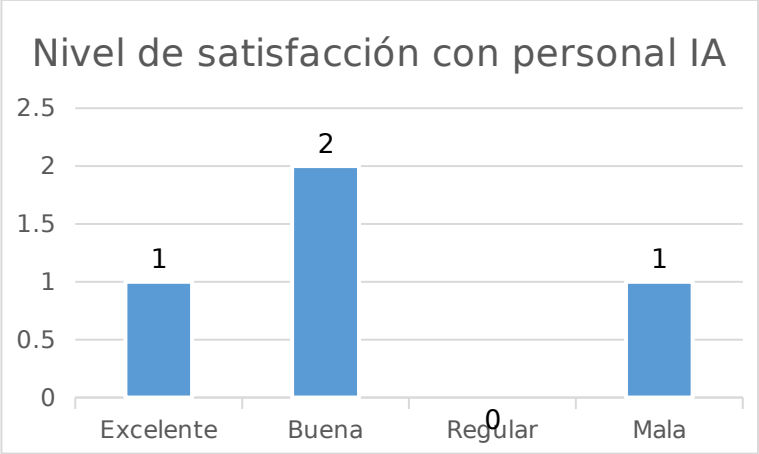
6. Términos de la Inteligencia Artificial de los que ha escuchado hablar (figura 13)



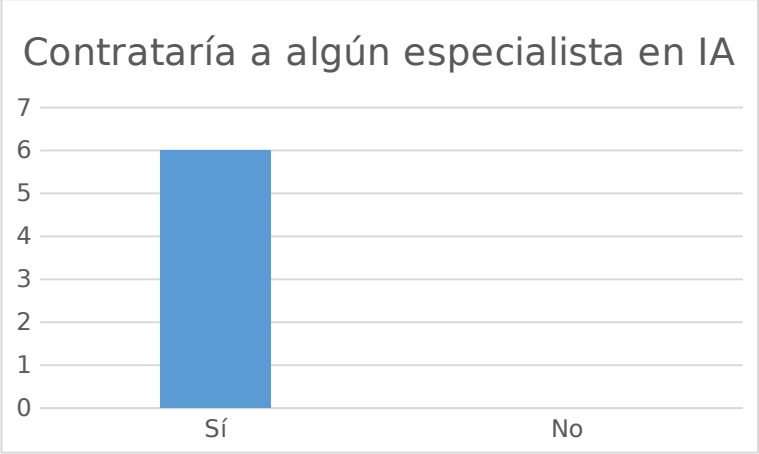
7. Tipos de problemas que considera podrían ser abordados por especialistas en Inteligencia Artificial
   - Detección de anomalías de datos en vivo (streaming) libres y dependientes de contexto, limpieza de datos mediante algoritmos predictivos, inteligencia artificial embebida,
   - Automatización de tareas, reconocimiento facial, imágenes, OCR, big data.
   - En general oportunidades de mejora de eficiencia de procesos administrativos.
   - Incorporación de investigadores al instituto de en un grupo de innovación.
   - Predicción de demanda, análisis de mercado y análisis de tendencias.
   - Correlación de variables.
   - Asistencia en proyectos.
   - Enseñanza e investigación en modelado y clasificación de señales no lineales y no estacionarias.
   - Resolver sistemas de control y mecanismos sofisticados que puedan ser simplificados mediante IA.
   - Detección de patrones y tendencias en grandes cantidades de datos.

8. Ha contratado especialistas en Inteligencia Artificial (figura 14)

9. Nivel de satisfacción con los especialistas en Inteligencia Artificial contratados (figura 15)



10. Contrataría a algún especialista en Inteligencia Artificial (figura 16)



11. Áreas de oportunidad en las que se podrían aplicar las habilidades del especialista en Inteligencia Artificial que se contrataría.
    - Automatización de tareas, reconocimiento facial, imágenes, OCR, big data, etc.
    - Hemos desarrollado recursos propios para RPA y puede que en el futuro lo complementemos con IA.
    - Para colaborar en el Doctorado en Sistemas Inteligentes de la institución.
    - Sistemas de control aplicados a dispositivos mecatrónicos para ayuda o aplicación humana.

12. Comentarios adicionales
    - Los especialistas con los que hemos tenido contacto son sumamente capaces de responder una pregunta específica a partir de datos limpios.
    - Hemos encontrado deficientes los conocimientos necesarios para implementar IA en un ambiente productivo, en vivo, versionado y con control de calidad y documentación.

- Hemos encontrado poca eficiencia en el preprocesamiento de datos y planteamiento/abstracción/identificación de problemas reales.
- Conocer con quien podríamos establecer comunicación para profundizar en la disponibilidad de especialistas, elaboración de convenios, vinculación etc.
- Falta Mercadotecnia.
- He notado en muchos doctores en ciencias de la ingeniería, la nula o inexistente presencia de sentido común, es decir, todo se guía y fundamenta en análisis del estado del arte y conocimiento, todo es cuadrado y no pueden salirse del método "así se ha hecho siempre", donde no existe grado alguno para innovar independientemente de la especialidad, mediante la herramienta que considero más importante, denominada sentido común. Es difícil expresar su origen, pero es la herramienta que nos lleva más allá del conocimiento, a experimentar por horas y horas dentro de un laboratorio, al grado de asemejarse a un científico loco, pero que para quién se atreve, debe forzosamente pisar otras disciplinas para complementar y fundamentar los resultados. Pocos en verdad, se atreven, pocos son quienes tienen este tipo de habilidad o tipo de inteligencia, pero es lo que busco en el personal que entra a colaborar con nosotros.

1.2 **Contexto social**

El Doctorado en Inteligencia Artificial del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial de la Universidad Veracruzana fue creado en el año 2012, con la finalidad principal de solventar la necesidad nacional, y sobre todo regional, de personal capacitado en resolver problemas de frontera relacionados con esta área de estudio.

La pertinencia del DIA continúa vigente ya que prepara a especialistas que enfrentan algunos de los desafíos que plantea la cuarta revolución industrial (Industria 4.0); este término fue acuñado en 2011 por la industria alemana e incluye Internet de las cosas, datos y servicios. La inteligencia descentralizada ayuda a crear la interconexión de objetos inteligentes y administración de procesos independientes, con la interacción de mundos reales y virtuales, representando un nuevo aspecto crucial en los procesos de manufactura y producción [2,5-7].

El potencial de negocio de la cuarta revolución industrial se encuentra no sólo en la optimización de los procesos operacionales, sino en sus servicios para una amplia gama de aplicaciones. El Internet de las cosas es complementada con el Internet de servicios, porque los productos inteligentes ofrecen sus capacidades como servicios inteligentes [1-3].

En México la inteligencia artificial está impactando no tanto por su desarrollo industrial, sino debido a su aplicabilidad en el sector de servicios. Esto debido a la gran cantidad de datos que se generan constantemente y que requieren ser

analizados e interpretados. A finales de marzo 2019, se contabilizaron 120.7 millones de líneas celulares lo que implica una teledensidad del 95.6% de la población. Los mexicanos emplean los teléfonos inteligentes para acceso de información, entretenimiento, juegos, música, audiovisuales, acceso a servicios de transportación, pedido de comida a domicilio y comunicación de voz y datos [4]. Cada usuario consume en promedio 2 Mb de información al mes, lo que implica el consumo mensual en México de 241,400,000 Mb de información de manera mensual sólo por la vía de celulares. Es de muchísimo interés para la economía de servicio el análisis y extracción de valor agregado de esta gran cantidad de datos. Nuestros egresados, que se desempeñan en la industria, la mayoría realiza funciones de científico de datos.

1.3 **El campo profesional y el mercado laboral**

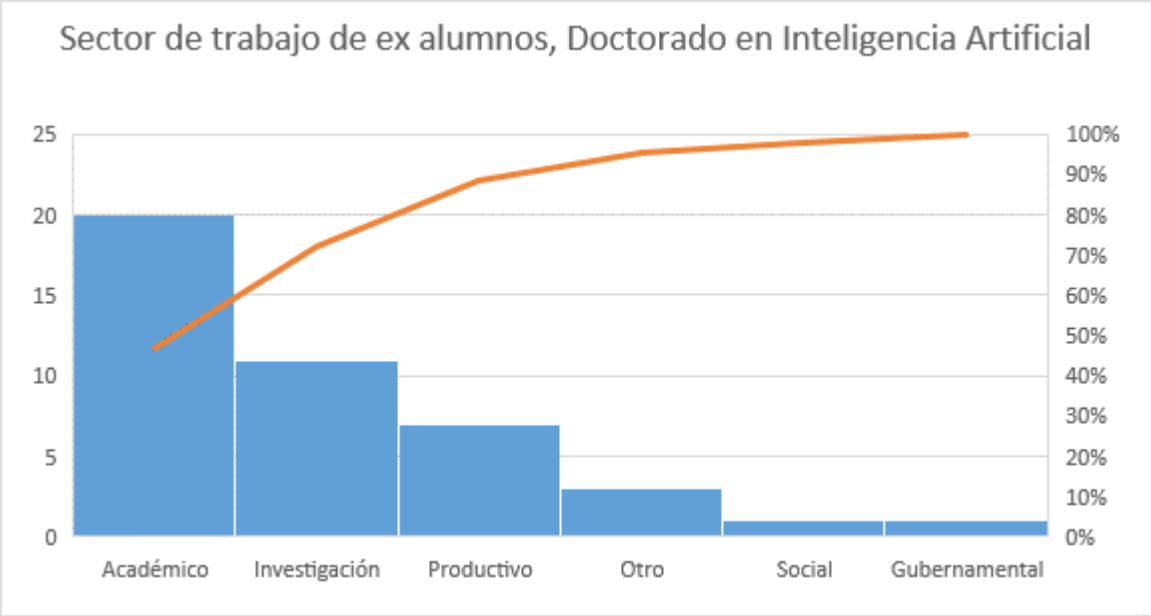


Figura 17. Sector de trabajo de los ex alumnos del DIA

Como se muestra en la figura 17, los ex alumnos del doctorado en inteligencia artificial se desempeñan principalmente en tareas de docencia y consultoría, seguido de investigación, en el sector productivo, social y en menor proporción en el gubernamental.

1.4 **Oferta educativa internacional y nacional**

Al consultar el padrón de posgrados de excelencia del CONACYT y buscar los posgrados en cuyo título aparezca la palabra “inteligencia”, encontramos que existen 3 maestrías con temáticas similares y sólo nuestro doctorado (ver figura 18).

6/2/2020

Padrón PNPC

Referencia:
Programa: inteligencia
Institución:
Entidad federativa: Selecione una Opción
Grado: Selecione una Opción
Orientación: Selecione una Opción
Nivel en el PNPC: Selecione una Opción
Área SNI: Selecione una Opción
Modalidad: Selecione una Opción

Buscar Restablecer

No. de programas:4

No.	REF.	PROGRAMA	INSTITUCIÓN	ENTIDAD	GRADO	ORIENT.	NIVEL PNPC	ÁREA S.N.I.	MODALIDAD	P.WEB
1	005351 (detalle_programa.php?id=1066)	MAESTRIA EN CIENCIAS EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO	QUERETARO	MAESTRIA	INVESTIGACION	RECIENTE CREACION	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.ingenieria.uaq.mx/educacion/posgrados/maestrias/maestria-en-ciencias/maestria-en-ciencias-inteligencia-artificial/)
2	005946 (detalle_programa.php?id=2185)	MAESTRIA EN CIENCIA DE DATOS E INTELIGENCIA DE NEGOCIOS	UNIVERSIDAD POPULAR AUTONOMA DEL ESTADO DE PUEBLA, A.C.	PUEBLA	MAESTRIA	PROFESIONAL	RECIENTE CREACION	CIENCIAS SOCIALES	ESCOLARIZADO	IR (https://upaep.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=13495&Itemid=26)
3	003416 (detalle_programa.php?id=2218)	DOCTORADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL	UNIVERSIDAD VERACRUZANA	VERACRUZ	DOCTORADO	INVESTIGACION	EN DESARROLLO	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.uv.mx/dia)
4	000071 (detalle_programa.php?id=2225)	MAESTRIA EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL	UNIVERSIDAD VERACRUZANA	VERACRUZ	MAESTRIA	INVESTIGACION	CONSOLIDADO	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.uv.mx/mia)

Primero « 1 » Último

CONACYT

(https://www.conacyt.gob.mx/)

Figura 18. Posgrados de CONACYT con la palabra “inteligencia” en su título

Por otro lado, existen posgrados en ciencias de la computación, que aunque la inteligencia artificial no sea la temática principal, si es posible realizar un doctorado en esa área. Al realizar la consulta en el PNPC y buscar doctorados que incluyan “computación” en su título nos encontramos con 15 posgrados (ver figura 19).

6/2/2020 Padrón PNPC

Buscar | Restablecer

No. de programas:15

No.	REF.	PROGRAMA	INSTITUCIÓN	ENTIDAD	GRADO	ORIENT.	NIVEL PNPC	ÁREA S.N.I.	MODALIDAD	P.WEB
1	003771 (detalle_programa.php?id=1104)	DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO	QUERETARO	DOCTORADO	INVESTIGACION	EN DESARROLLO	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://posgradofif.uaq.mx/index.php/doctorado/dcc)
2	005082 (detalle_programa.php?id=123)	DOCTORADO EN CIENCIAS EN INGENIERIA Y TECNOLOGIAS COMPUTACIONALES	CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	TAMAULIPAS	DOCTORADO	INVESTIGACION	RECIENTE CREACION	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.tamps.cinvestav.mx/dcitc-pnpc15)
3	005377 (detalle_programa.php?id=1245)	DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE TAMAULIPAS	TAMAULIPAS	DOCTORADO	INVESTIGACION	RECIENTE CREACION	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.fiuat.com/dcc.php)
4	001992 (detalle_programa.php?id=133)	DOCTORADO EN CIENCIAS EN COMPUTACION	CENTRO DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS AVANZADOS DEL INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	CIUDAD DE MEXICO	DOCTORADO	INVESTIGACION	CONSOLIDADO	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.cs.cinvestav.mx/)
5	005624 (detalle_programa.php?id=1368)	DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION	UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO	ESTADO DE MEXICO	DOCTORADO	INVESTIGACION	RECIENTE CREACION	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.doctorado.macscouaemex.mx)
6	003929 (detalle_programa.php?id=1682)	DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA ELECTRONICA Y LA COMPUTACION	UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA	JALISCO	DOCTORADO	INVESTIGACION	EN DESARROLLO	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://cucei.udg.mx/doctorados/electronica)
7	005838 (detalle_programa.php?id=1900)	DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION	UNIVERSIDAD JUAREZ AUTONOMA DE TABASCO	TABASCO	DOCTORADO	INVESTIGACION	RECIENTE CREACION	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.ujat.mx/dcc)
8	001475 (detalle_programa.php?id=2012)	DOCTORADO EN CIENCIA E INGENIERIA DE LA COMPUTACION	UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	CIUDAD DE MEXICO	DOCTORADO	INVESTIGACION	CONSOLIDADO	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.mcc.unam.mx/)
9	002032 (detalle_programa.php?id=214)	DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION	CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLOGICO	MORELOS	DOCTORADO	INVESTIGACION	EN DESARROLLO	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.cenidet.edu.mx/subaca/web-dcc/doctorado.html)
10	005832 (detalle_programa.php?id=2239)	DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION	UNIVERSIDAD VERACRUZANA	VERACRUZ	DOCTORADO	INVESTIGACION	RECIENTE CREACION	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (https://www.uv.mx/dc-computacion/)
11	001641 (detalle_programa.php?id=347)	DOCTORADO EN CIENCIAS EN LA ESPECIALIDAD EN CIENCIAS COMPUTACIONALES	INSTITUTO NACIONAL DE ASTROFISICA OPTICA Y ELECTRONICA	PUEBLA	DOCTORADO	INVESTIGACION	COMPETENCIA INTERNACIONAL	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://posgrados.inaoep.mx/computacion/doctorado.php)
12	001624 (detalle_programa.php?id=365)	DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION	INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL	CIUDAD DE MEXICO	DOCTORADO	INVESTIGACION	COMPETENCIA INTERNACIONAL	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.cic.ipn.mx/posgrados/)
13	002206 (detalle_programa.php?id=572)	DOCTORADO EN CIENCIAS EN COMPUTACION	INSTITUTO TECNOLOGICO DE TIJUANA	BAJA CALIFORNIA	DOCTORADO	INVESTIGACION	CONSOLIDADO	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.tectijuana.edu.mx/doctorado-en-ciencias-de-la-computacion/)
14	005437 (detalle_programa.php?id=609)	DOCTORADO EN CIENCIAS COMPUTACIONALES	INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY	NUEVO LEON	DOCTORADO	INVESTIGACION	RECIENTE CREACION	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://www.itesm.mx/dcc)
15	001404 (detalle_programa.php?id=78)	DOCTORADO EN CIENCIAS EN CIENCIAS DE LA COMPUTACION	CENTRO DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y DE EDUCACION SUPERIOR DE ENSENADA	BAJA CALIFORNIA	DOCTORADO	INVESTIGACION	CONSOLIDADO	INGENIERIAS	ESCOLARIZADO	IR (http://posgrado.cicese.mx/computacion)

svrtmp.main.conacyt.mx/ConsultasPNPC/padron-pnpc.php 2/3

Figura 19. Cuadro de doctorados del PNPC con la palabra “computación”

Algo muy importante que destacar de esta imagen, es que nuestro posgrado debe evolucionar y mejorar para subir de nivel. Actualmente nos encontramos en nivel “en consolidación / en desarrollo”. En contraste existen 4 doctorados en computación con nivel “consolidado” (CINVESTAV, UNAM, Instituto Tecnológico Tijuana, CICESE) y 2 con nivel “competencia internacional” (INAOE, IPN).

A nivel internacional la inteligencia artificial es un área prioritaria. Muchos de los países desarrollados tienen una estrategia nacional articulada. Por ejemplo, Estados Unidos, Reino Unido, Francia, Alemania, Japón, China, Canadá, Australia, Rusia. Por supuesto cuentan con programas de posgrado en el área. Por ejemplo, el plan estratégico nacional en investigación y desarrollo en inteligencia artificial de los Estados Unidos de América, apoyado por la oficina de la presidencia de ese país, se puede consultar en: https://www.nitrd.gov/PUBS/national_ai_rd_strategic_plan.pdf (2016).

El gobierno de Francia lanzó su estrategia nacional en inteligencia artificial en 2018 y la ha llamado, inteligencia artificial para la humanidad. Sus objetivos principales son: a) mejorar la educación en IA y desarrollar un ecosistema de entrenamiento para desarrollar y atraer el mejor talento. b) establecer una política de datos abiertos para la implementación de aplicaciones de IA, c) desarrollar un marco ético para el uso transparente y justo de las aplicaciones de IA. De 2018 a 2021, el gobierno francés está destinando 1.5 billones de euros para el desarrollo de la inteligencia artificial, incluyendo 700 millones de euros para investigación (https://ec.europa.eu/knowledge4policy/ai-watch/france-ai-strategy-report_en).

1.5 **Marco legal del programa de posgrado**

El programa de Doctorado en Inteligencia Artificial se encuentra registrado por la UV ante la SEV, SEP y CONACYT.

2. **Fundamentación académica**

2.1 **Antecedentes del programa educativo**

El Doctorado en Inteligencia Artificial inició su primera generación en agosto de 2012. Surgió como una evolución y continuación del programa hermano de Maestría en Inteligencia Artificial (MIA) que inició en 1994.

Al crecer y consolidarse la planta académica del Centro de Investigación en Inteligencia Artificial (antes Facultad de Física e Inteligencia Artificial), surgió el propósito de ofrecer un doctorado en inteligencia artificial. Esto debido a la importancia estratégica de la inteligencia artificial y que no existen programas similares, al menos en la región sureste del país.
Cabe resaltar que debido a los esfuerzos de la planta académica, coordinadores, directores y unidad de posgrado de la UV de ese momento, desde el inicio del doctorado, ingresó al PNPC de CONACYT, en la modalidad de reciente creación y desde entonces ha gozado de becas para sus estudiantes.

Durante 2020, mediante acuerdo rectoral, se aprueba que el Centro de Investigación en Inteligencia Artificial se convierta en Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial, por lo cual, los 2 posgrados existentes, Maestría y Doctorado en Inteligencia Artificial, pasan a estar asociados con esta nueva entidad académica.

2.2 **Fundamentos de la enseñanza**

El Doctorado en Inteligencia Artificial es un posgrado, en el que por su nivel, la enseñanza está orientada a desarrollar las capacidades, habilidades, destrezas y actitudes para la investigación en el área.

El estudiante guiado por su asesor debe seleccionar un problema de investigación. Durante los estudios se profundiza en los antecedentes, trabajos relacionados, metodología. A continuación, el estudiante debe hacer una propuesta de aportación a la literatura, ya sea mediante un modelo matemático y algoritmos, y realizar experimentación y análisis. Se busca que la propuesta mejore en algunos aspectos los trabajos ya existentes. Los resultados de su investigación debe plasmarlos en artículos que deberá someter como capítulos de libro y artículos en revista especializadas.

2.3 **Misión**

Formar profesionales de alto nivel, capaces de realizar investigación original de frontera y llevar a cabo proyectos de innovación tecnológica basados en una formación sólida en las diversas áreas de la inteligencia artificial.

2.4 **Visión**

El Doctorado en Inteligencia Artificial será un referente nacional e internacional en la investigación en Ciencias de la Computación y la Inteligencia Artificial.

3. **Objetivos curriculares**

Ofrecer un programa de calidad consolidado en el PNPC de CONACYT

Metas:

- Alcanzar el 60% de eficiencia terminal (actualmente 50%)
- Mantener el 60% del total de los PTC en el SNI.
- Alcanzar que el 100% de los egresados desarrollen un trabajo original (artículo indexado) publicado o aceptado.
- Mantener el 100% de los egresados realizando movilidad nacional o internacional.
- Mantener el 75% de los egresados laborando en una actividad afín.

4. **Recursos humanos, materiales y de infraestructura académica.**

4.1 **Personal Académico**

El Doctorado en Inteligencia Artificial cuenta con 13 profesores de tiempo completo (ver tabla 5), miembros del Núcleo Académico Básico (NAB), en su mayoría adscritos al SNI.

Tabla 5. Personal académico del DIA

Nombre	Entidad de Adscripción	Último Grado Académico	Nivel SNI
Acosta Mesa Héctor Gabriel	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	I
Coronel Brizio Héctor Francisco	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	I
Cruz Ramírez Nicandro	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	I
Guerra Hernández Alejandro	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	I
Hernández Montoya Alejandro Raúl	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	I
Hoyos Rivera Guillermo de Jesús	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	-
Marín Hernández Antonio	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	I
Mezura Montes Efrén	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	III
Montes González Fernando Martín	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	I
Quiroz Castellanos Marcela	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	C
Rechy Ramírez Ericka Janet	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	C
Ríos Figueroa Homero Vladimir	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	I
Tapia McClung Horacio	Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial	Doctorado	I

4.2 **Materiales e infraestructura académica**

Espacios y equipamiento para la docencia

Salón de Clases: Capacidad para 25 estudiantes, el cual cuenta con iluminación adecuada para el tipo de actividad que en él se desarrolla, un pizarrón blanco, un pizarrón electrónico, un video proyector, un proyector de acetatos y conexión a internet. Este espacio permite atender las necesidades de docencia para dos generaciones de estudiantes simultáneamente.

Auditorio: Capacidad para 50 personas, éste cuenta con un video proyector profesional de alta resolución, pantalla para proyección, pizarrón blanco y televisión de 21”. Este espacio se utiliza generalmente para la presentación de exámenes de grado, seminarios de investigación, conferencias o exhibición de material audio visual.

Salón de Reuniones o seminarios: Capacidad para 10 alumnos

Espacios para los alumnos: Ellos disponen de espacios propios para su esparcimiento y comodidad, tales como:

- Un área acondicionada con mesas y sillas donde pueden leer, platicar o comer.
- Un área de juntas y reuniones, donde también cuentas con conexión a Internet, donde se llevan a cabo discusiones sobre temas o trabajos de clases.
- Una sala de estar para descansar y convivir con el resto de sus compañeros.
- Un espacio con lockers, donde los alumnos pueden guardar sus pertenencias de manera cómoda y segura.

Cubículos: En cuanto a los académicos del núcleo básico existen seis espacios compartidos para ellos. El mobiliario de cada uno de los profesores, consiste de un escritorio, un sillón ejecutivo, al menos una computadora de uso personal y una impresora por cada uno de los espacios compartidos. Así mismo cada espacio cuenta con conexión a internet. Cabe mencionar que la mayoría del equipo de cómputo y software con que cuentan los académicos ha sido adquirido con recursos de proyectos financiados logrados por ellos mismos.

Laboratorios y equipo

Laboratorio de Inteligencia Artificial: Cuenta con 18 computadoras personales con acceso a internet de alta velocidad y 4 computadoras Imac 21.5". Este espacio cuenta también con dos servidores de red y una impresora láser de alto rendimiento. Tiene capacidad para 20 usuarios, ya que además hay espacios habilitados con su respectivo acceso a internet, para los estudiantes que tengan computadora portátil propia. También se cuenta con una estación de trabajo Dell Precision 7910 con una tarjeta Nvidia K80 y una tarjeta Nvidia 980Ti instaladas, así como también una estación de trabajo Mac Pro, disponible para acceso remoto, con una tarjeta Nvidia GE Force 760. Estas máquinas están destinadas a la puesta en marcha de algoritmos de alto desempeño. Hay además espacios habilitados con su respectivo concentrador con acceso a internet para los estudiantes, ya que la mayoría de ellos cuenta con su equipo portátil con el cuál prefieren

trabajar. Consideramos que con el equipamiento existente se podrán cubrir al 100% las necesidades de cómputo para los alumnos.

Laboratorio de Robótica: Está dedicado a la realización de prácticas y proyectos que involucren el uso de plataformas robóticas y/o de desarrollo de hardware; este espacio cuenta con dos robots comerciales “Pioneer”, un robot humanoides “NAO”, cinco robots Khepera, nueve kits de robótica LEGO Mindstorm, dos robots bípedos “Robonova-I”, una estación de trabajo SunUltra 40, dos mesas de trabajo, un osciloscopio, un multímetro digital, herramientas diversas, componentes electrónicos diversos y dos arenas para experimentación con robots. Cabe mencionar que en este lugar existen dos puntos de acceso que permiten una conexión inalámbrica a internet, por lo que los estudiantes no necesitan estar físicamente en el centro de cómputo para realizar sus trabajos que requieran el uso de una computadora.

Biblioteca y Servicios

Espacio importante para el desarrollo del trabajo de los estudiantes de Maestría y Doctorado, el cual cuenta con un área de lectura (interior) con capacidad para 20 personas, así como una sala de estar (exterior) para 5 personas y un pizarrón blanco. El acervo en Inteligencia Artificial consta de 822 títulos, teniendo acceso adicionalmente a la biblioteca central universitaria. El sistema bibliotecario opera con un sistema administrativo automatizado de código abierto (KOHA), cuyo producto principal es el catálogo colectivo que permite consultar información de las colecciones albergadas en las 59 bibliotecas ubicadas en las cinco regiones de la universidad. Los servicios bibliotecarios que se ofrecen son: préstamo en sala, préstamo a domicilio, préstamo inter-bibliotecario, consulta, reserva, préstamo de cubículos, guarda-bultos, visitas guiadas, cursos de Acceso y Uso de la Biblioteca Virtual, difusión de los servicios y diseminación selectiva de información.

Tecnologías de información y comunicación

Dentro de las facilidades de conexión a internet, existen dentro de las instalaciones varios puntos de acceso inalámbricos (WiFi 802.11 a/b/g), que permiten una conexión inalámbrica a internet, por lo que los estudiantes que cuentan con computadora personal de tipo portátil no requieren de estar físicamente en el centro de cómputo para realizar sus trabajos que requieran el uso de una computadora. Además, todo el edificio está debidamente equipado con conectividad a través de rosetas RJ-45 con cable par trenzado (UTP) categoría 5, para la conectividad de todos los equipos que no cuenten con tarjeta de red inalámbrica.

Nuevo edificio

Con el apoyo de la UV y atendiendo a los requerimientos de las facultades de Física, Matemáticas y el Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial, nuestra casa de estudios lanzó una licitación durante mayo 2020 para concluir el nuevo edificio que compartiremos las tres entidades. Cabe mencionar que para los posgrados del instituto se dispondrá de mayor espacio en laboratorios, cubículos, salones y áreas comunes.

Durante 2021 se continúan los trabajos de construcción del nuevo edificio y se espera que en este año se concluya.

5. **Perfil del Alumno y Requisitos de Ingreso**

Perfil de ingreso

Los aspirantes al Doctorado en Inteligencia Artificial deberán contar con las siguientes competencias, conocimientos, habilidades y valores:

- **Competencias**: Plantear y formular estrategias para la solución de problemas. Generar y adaptar métodos y técnicas a la solución de problemas. Interés por la investigación y adaptación a jornadas largas de trabajo.

- **Conocimientos**: De expresión escrita, así como relacionados con la Inteligencia Artificial: matemáticas discretas, lógica, lenguajes de programación para la IA, inteligencia artificial distribuida, aprendizaje automático, minería de datos, agentes, visión, robótica, redes neuronales y bioinformática, entre otros.

- **Habilidades**: Buena comunicación oral y escrita. Creatividad e iniciativa en la búsqueda de soluciones a problemas concretos. Capacidad creativa y analítica, inteligencia práctica, perseverancia y compromiso social. Capacidad de observación, iniciativa y disposición al trabajo en equipo. Habilidad para la lectura y comprensión de textos.

- **Actitudes**: Una actitud favorable para adquirir nuevos conocimientos y realizar innovaciones. Inclinación hacia las materias de ciencias aplicadas. De respeto y empatía con las personas. De honestidad y responsabilidad. De liderazgo y humanismo. Actitud participativa. Empatía, apertura al dialogo, comprensión y tolerancia hacia la diversidad cultural.

De acuerdo a los conocimientos requeridos en matemáticas y programación, generalmente los aspirantes provienen del área técnica (físico-matemáticas), de carreras como ingeniero en computación, matemáticas, física, instrumentación y

con maestrías en estas mismas áreas. También han ingresado estudiantes de licenciaturas en informática y en sistemas computacionales y administrativas, sin embargo, cuentan con maestrías en computación o en inteligencia artificial.

5.1 **Requisitos de ingreso**

- Como requisito inicial e indispensable, el aspirante debe integrarse al grupo de trabajo de un investigador miembro del núcleo de profesores, que acepte fungir como su director de tesis.
- Carta de apoyo firmada por el director de tesis.
- Carta compromiso en donde exprese su dedicación de tiempo completo (40 h/semana/mes) al programa de doctorado, firmada por el aspirante.
- Carta de motivos para ingresar al posgrado firmada por el aspirante.
- Dos cartas de recomendación de empleadores o académicos.
- Curriculum vitae.
- Copia del Título de Maestría o del Acta de Examen de Maestría.
- Copia del título de Licenciatura.
- Copia del certificado de estudios de la Licenciatura.
- Copia del Certificado de estudios completo que indique un promedio general mínimo de 8 (ocho) en sus estudios de maestría.
- Copia de la CURP.
- Haber acreditado 500 puntos en el TOEFL (PBT), o un puntaje equivalente en otro examen oficial de inglés.

5.2 **Procedimiento (administrativo) de admisión y selección de aspirantes**

El proceso de selección del Doctorado en Inteligencia Artificial busca asegurar que los aspirantes posean las condiciones para lograr los objetivos del programa y las capacidades, habilidades, actitudes y valores para generar aportaciones originales en el campo del conocimiento de las diferentes líneas de investigación que el Programa propone, a través de su trabajo de tesis de grado. Este proceso comprenderá los siguientes exámenes:

Examen de Admisión (80% de la calificación final): Consiste en la defensa del protocolo de investigación del candidato para ingresar al Doctorado en Inteligencia Artificial.

EXANI III (20% de la calificación final): Examen institucional que será aplicado de acuerdo al artículo 36 del Reglamento General de Estudios de Posgrado 2010 (RGEP).

5.3 **Requisitos de inscripción Administrativos**

- Cubrir las cuotas de inscripción y de recuperación.
- Los demás requisitos que establezca la Dirección General de Estudios de Posgrado de la Universidad Veracruzana.

6. **Perfil y requisitos de permanencia, egreso y titulación**

6.1 **Perfil de egreso**

Al finalizar sus estudios el egresado del Doctorado en Inteligencia Artificial tendrá los siguientes:

- **Competencias:** Suficientes para dedicarse a la docencia, práctica e investigación, con fuerte repercusión al interior de los programas académicos, así como desempeñarse en la industria y áreas productivas, donde podrá aplicar dichas competencias y capacidades para detectar, en su ámbito de trabajo, aplicaciones potenciales de las nuevas técnicas computacionales.

- **Conocimientos:** El egresado contará con una base sólida de conocimientos teóricos y prácticos, que le permitirán asimilar los últimos avances de la inteligencia artificial y mantenerse actualizado en uno de los campos del conocimiento científico y tecnológico más dinámico hoy en día.

- **Habilidades:** Para analizar y generar modelos matemáticos que impliquen soluciones a problemas computacionales. Para interactuar con usuarios y especialistas de diversas áreas de conocimiento, entender sus necesidades y proponer soluciones. Para comunicarse eficazmente con los usuarios de otras áreas, así como para iniciar y proponer por cuenta propia, proyectos y productos tecnológicos innovadores.

- **Actitudes:** Mantendrá una actitud favorable para la actualización permanente en la disciplina. Estará preparado para incorporarse en el marco de la globalización. Estará preparado para la formación de equipos interdisciplinarios, la valoración del trabajo en equipo tanto en el ambiente científico como de la esfera productiva, y actitud de liderazgo para formar equipos técnicos para la resolución de problemas de la esfera productiva. Será un profesional responsable, solidario, crítico, ético y comprometido con la sociedad y con el medio ambiente.

6.2 **Requisitos de permanencia**

- Acreditar todas las asignaturas del período inmediato anterior. En el Doctorado en Inteligencia Artificial, los períodos de estudio son por semestre.
- Mantener un promedio mínimo de 80.
- Cumplir con el reglamento de estudios de posgrado.

6.3 **Requisitos de egreso**

- Acreditar todas las experiencias educativas y actividades académicas del programa de estudios con un mínimo de 80 en una escala de calificaciones del 1 al 100.
- Elaborar una tesis bajo la tutoría de un director.
- Iniciar y concluir el procedimiento para titulación.

6.4 **Requisitos de titulación (administrativo)**

- Haber aprobado todas las experiencias educativas del plan de estudios del doctorado.
- Artículo de revista indizada aceptado, publicado o sometido, en donde el estudiante es primer autor y en donde debe aparecer como coautor su director de tesis.
- El estudiante presentará su tesis terminada, con oficio avalado por su director de tesis, para iniciar su procedimiento de titulación.
- No tener adeudos con la Universidad Veracruzana.
- Presentar solicitud para presentación de Examen Profesional, donde se indique: nombre de la tesis, nombre de los integrantes del jurado, hora y fecha sugerida para el examen.
- Certificado de Estudios Profesionales de Doctorado legalizado.
- Fotocopia del Acta de Nacimiento.
- Fotocopia del Título y Cédula Profesional de Maestría.

6.5 **Procedimiento para la titulación (administrativo)**

- El Director de Tesis entregará al Coordinador del Programa un oficio firmado por él y el estudiante, en donde se solicite la revisión de su tesis. En este documento el Director de Tesis sugerirá el Comité Revisor, formado por cinco académicos con al menos uno y máximo dos académicos externos.
- El Consejo Técnico (CT) recibirá la propuesta del Director de Tesis a través del Coordinador del Posgrado, emitiendo sus observaciones y recomendaciones, y sugerirá dos suplentes al director del Instituto, quien formalizará el Jurado.
- Una vez hechas las correcciones en las tesis indicadas por el Comité Revisor, es necesario que el alumno solicite la presentación de su Examen de Grado, para ello deberá entregar al Coordinador del Programa:
  1. Un oficio de solicitud de examen donde indique el día y hora en la cual desea presentar su examen, con el título de la tesis y las firmas aprobatorias de los integrantes del Comité Revisor.
  2. Artículo de revista indizada aceptado, publicado o sometido, en donde el estudiante es primer autor y en donde debe aparecer como coautor su director de tesis.

3. Tesis de grado en su versión final en formato electrónico (CD o memoria USB).
4. El oficio deberá entregarse al menos tres días hábiles antes de la fecha probable del examen, siempre y cuando el alumno haya llevado a cabo los trámites administrativos correspondientes y no tenga adeudos con la Universidad Veracruzana.

7. **Perfil Académico**

Los profesores del doctorado en inteligencia artificial deberán contar con una formación profesional en el campo de las ciencias de la computación o de la inteligencia artificial. Deben ser capaces de motivar al estudiante en su incursión a la investigación, tener disponibilidad de tiempo para orientar a los alumnos en los tópicos relacionados con las distintas experiencias educativas y cumplir con los requisitos estipulados en el Reglamento General de Estudios de Posgrado vigente.

Los profesores del posgrado deben contar con grado de Doctorado en Ciencias de la Computación, Inteligencia Artificial, Ingeniería, Matemáticas, Física o áreas afines.

- **Competencias**: Realizar investigación científica en Ciencias de la computación. Lo cual se verá reflejado en formular preguntas de investigación, revisión de la literatura, planteamiento de proyectos, desarrollo de experimentos, análisis y discusión de resultados, y escritura de artículos para revistas especializadas, que reflejen las nuevas aportaciones al conocimiento.

- **Conocimientos**: Debe tener conocimientos avanzados y de frontera en ciencias de la computación e inteligencia artificial.

- **Habilidades**: Debe tener excelentes habilidades de comunicación oral y escrita para transmitir sus conocimientos.

- **Actitudes**: Tener una actitud positiva y de colaboración con sus compañeros académicos, personal administrativo y con los estudiantes a los cuales guiará y transmitirá sus conocimientos.

- **Valores**: Debe disponer de ética, honestidad, honradez, y valores morales que le permitan una convivencia sana y armoniosa con su entorno académico y social.

8 . **Diseño Curricular**

8.1 **Mapa Curricular**

Nombre de la Experiencia Educativa (EE)	**Créditos**	**Horas**			
		Horas teoría con profesor	**Horas teoría sin profesor**	**Horas prácticas con profesor**	**Horas prácticas sin profesor**
Área Investigación					
Seminario de Investigación I	16	6	0	0	4
Seminario de Investigación II	16	6	0	0	4
Seminario de Investigación III	16	6	0	0	4
Seminario de Investigación IV	16	6	0	0	4
Seminario de Investigación V	16	6	0	0	4
Seminario de Investigación VI	16	6	0	0	4
Seminario de Investigación VII	16	6	0	0	4
Seminario de Investigación VIII	16	6	0	0	4
Área Disciplinar (Actividades con Valor Crediticio)					
Optativa I	8	4	0	0	0
Optativa II	8	4	0	0	0
Optativa III	8	4	0	0	0
Optativa IV	8	4	0	0	0

Actividades Académicas	
	Créditos
Estancia de Investigación	24
Desarrollo Tecnológico	16
Publicaciones	16
Examen Pre-Doctoral	16

Total en cursos	Total en créditos	Total en horas teóricas	Total en horas prácticas
12	232	64	32

Ver el anexo A1 para la descripción de los Seminarios de Investigación I a VIII.
Ver el anexo A2 para la descripción de los posibles cursos optativos.

Formato de Horizontalidad y Verticalidad del Doctorado en Inteligencia Artificial

Área/ Semestre	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto	Quinto	Sexto	Séptimo	Octavo
Investigación	Seminario de Inv. I (16 créditos)	Seminario de Inv. II (16 créditos)	Seminario de Inv. III (16 créditos)	Seminario de Inv. IV (16 créditos)	Seminario de Inv. V (16 créditos)	Seminario de Inv. VI (16 créditos)	Seminario de Inv. VII (16 créditos)	Seminario de Inv. VIII (16 créditos)
Disciplinar	Optativa I (8 créditos)	Optativa II (8 créditos)	Optativa III (8 créditos)	Optativa IV (8 créditos)				
Total de cursos	2	2	2	2	1	1	1	1
Actividades académicas					Pre-doctoral	Publicación / Estancia / Desarrollo Tecnológico	Publicación / Estancia / Desarrollo Tecnológico	Publicación / Estancia / Desarrollo Tecnológico
Total de Actividades Académicas					1	1	1	1
Total de créditos de las Actividades Académicas					16	24	16	16
Créditos totales								232

8.2 **Descripción y registro de las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento**

Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento	**Descripción**	**Profesores por LGAC**
LGAC 1	Investigación y Aplicaciones de la Inteligencia Artificial	Héctor Gabriel Acosta Mesa
		Efrén Mezura Montes
		Marcela Quiroz Castellanos
LGAC 2	Investigación y Aplicaciones de la Robótica Inteligente	Antonio Marín Hernández
		Fernando Martín Montes González
		Ericka Janet Rechy Ramírez
		Homero Vladimir Ríos Figueroa
LGAC 3	Ciencia de datos, mecánica estadística y simulación de agentes de sistemas complejos	Héctor Francisco Coronel Bricio
		Alejandro Raúl Hernández Montoya
		Guillermo de Jesús Hoyos Rivera
		Horacio Tapia McClung

8.3 **Descripción detallada de las actividades complementarias**

8.3.1 **Examen Pre-Doctoral**

El propósito de esta actividad es evaluar el avance en la investigación original realizada por el estudiante. Como requisito para presentarse a este examen, el estudiante debe entregar a la coordinación un artículo terminado que pueda someterse a una revista indizada. Para acreditar esta actividad, el estudiante debe defender los resultados de su investigación ante un jurado, de manera similar a un examen de grado.

8.3.2 **Publicaciones**

El objetivo de esta actividad es el desarrollo de la habilidad de expresar los resultados de la investigación mediante la escritura y publicación de artículos en foros especializados. Para acreditar esta actividad existen dos opciones:

1. Publicar 2 artículos como capítulos de libro o memorias de congreso, indexados por Scopus. Cada artículo publicado otorga 8 créditos.

2. Artículo aceptado o publicado en una revista indexada en el Journal Citation Reports (JCR). Un artículo con estas características otorga los 16 créditos.

8.3.3 **Estancia de Investigación**

La estancia de investigación tiene una duración de al menos un semestre y se realiza en alguna institución de prestigio. Para realizarse, el estudiante debe someter un plan de trabajo avalado por su asesor y por un investigador receptor. Deben especificarse los productos académicos de la estancia de investigación. La propuesta es evaluada por el órgano equivalente al consejo técnico.

8.3.4 **Desarrollo Tecnológico**

Esta actividad consiste en un desarrollo de software usando técnicas de inteligencia artificial en donde el usuario debe ser una empresa que avale su uso. Adicionalmente debe entregarse un reporte técnico que describa el software y hacer una demostración ante un comité evaluador.
Alternativamente, esta actividad puede acreditarse con productos similares a la actividad de publicaciones. Es decir, puede acreditarse mediante la presentación de 2 capítulos de libros o artículos en memorias indexados en Scopus, o bien con un artículo aceptado o publicado por una revista indexada en el JCR.

8.4 **Tablas de Experiencias Educativas**

Programa de Experiencia Educativa	Área de Conocimiento	Descripción mínima	Observaciones
Seminario de Investigación I	Inteligencia Artificial	Análisis, desarrollo y presentación de avances de investigación, semestre 1	Estudiante debe lograr avance aproximado de 1/8 de su investigación
Seminario de Investigación II	Inteligencia Artificial	Análisis, desarrollo y presentación de avances de investigación, semestre II	Estudiante debe lograr avance aproximado de 2/8 de su investigación
Seminario de Investigación III	Inteligencia Artificial	Análisis, desarrollo y presentación de avances de investigación, semestre III	Estudiante debe lograr avance aproximado de 3/8 de su investigación
Seminario de Investigación IV	Inteligencia Artificial	Análisis, desarrollo y presentación de avances de investigación, semestre IV	Estudiante debe lograr avance aproximado de 4/8 de su investigación
Seminario de Investigación V	Inteligencia Artificial	Análisis, desarrollo y presentación de avances de investigación, semestre V	Estudiante debe lograr avance aproximado de 5/8 de su investigación
Seminario de Investigación VI	Inteligencia Artificial	Análisis, desarrollo y presentación de avances de investigación, semestre VI	Estudiante debe lograr avance aproximado de 6/8 de su investigación
Seminario de Investigación VII	Inteligencia Artificial	Análisis, desarrollo y presentación de avances de investigación, semestre VII	Estudiante debe lograr avance aproximado de 7/8 de su investigación
Seminario de Investigación VIII	Inteligencia Artificial	Análisis, desarrollo y presentación de avances de investigación, semestre VIII	Estudiante debe lograr avance aproximado de 8/8 de su investigación

Ver el anexo A1 para una descripción más detallada de los Seminarios de Investigación.

Programa de Experiencia Educativa	Área de Conocimiento	Descripción mínima	Observaciones
Optativa I	Inteligencia Artificial	La descripción depende de la EE seleccionada. Ver lista de EE optativas.	La selección de la EE está en función de la investigación realizada, EE ofertadas y la recomendación del asesor.
Optativa II	Inteligencia Artificial	La descripción depende de la EE seleccionada. Ver lista de EE optativas.	La selección de la EE está en función de la investigación realizada, EE ofertadas y la recomendación del asesor
Optativa III	Inteligencia Artificial	La descripción depende de la EE seleccionada. Ver lista de EE optativas.	La selección de la EE está en función de la investigación realizada, EE ofertadas y la recomendación del asesor
Optativa IV	Inteligencia Artificial	La descripción depende de la EE seleccionada. Ver lista de EE optativas.	La selección de la EE está en función de la investigación realizada, EE ofertadas y la recomendación del asesor

Ver el anexo A2 para una descripción de los cursos optativos.

Listado de Experiencia Educativas Optativas

- Aprendizaje Profundo en Visión por Computadora
- Aprendizaje, Simulación y Agentes
- Aprendizaje Visual I
- Aprendizaje Visual II
- Computo de Alto Desempeño para la inteligencia artificial
- Geometría Computacional
- Interacción Humano – Máquina: Juegos Serios (serious games)
- Introducción a la Robótica Móvil
- Optimización en Ingeniería
- Optimización Evolutiva Multi-Objetivo
- Optimización Heurística
- Reconocimiento de Patrones y Aprendizaje
- Redes Bayesianas
- Redes Neuronales
- Sistemas Multi-Agentes

- Computo Evolutivo
- Visión por Computadora II

Ver Anexo A2 para descripción de los contenidos de las experiencias educativas optativas.

8.5 **Alternativas de movilidad académica**

La movilidad académica se realiza mediante la actividad de estancia de investigación contemplada en el plan de estudios. Para facilitar la realización de la movilidad, se tiene colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE), Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), Universidad de Guanajuato, LAAS en Francia, Universidad de Valencia y Universidad de Coruña en España.

Para el financiamiento de las estancias se ha obtenido apoyo de las becas mixtas de CONACYT, intercambio académico de la UV y del propio Doctorado.

8.6 **Tutorías**

El Doctorado en Inteligencia Artificial está sustentado bajo el Sistema Institucional de Tutorías de la Universidad Veracruzana (SIT), con el propósito de formar de manera integral al estudiante, tanto en lo individual como en el colectivo durante su tránsito académico. El SIT cuenta con tres figuras reconocidas por la universidad: Tutor, Director de Tesis y Asesor.

Los estudiantes desde su inicio en el programa cuentan con un proyecto de investigación. Para inscribirse al programa deben integrarse al grupo de trabajo de uno de los investigadores del núcleo académico básico del doctorado, por lo tanto desde su ingreso, cuentan con un tutor que a su vez es su director de tesis. Esto con el fin de asegurar la permanencia y buen término de los estudiantes en el programa, de modo que es importante dar seguimiento a sus avances y atender oportunamente las necesidades que a lo largo de los estudios se van presentando.

La labor del tutor es dar orientación al estudiante a lo largo de sus estudios. El número máximo de asesorías de tesis que cada Investigador puede atender está limitado a tres. Por otra parte, el desarrollo de la tesis será supervisado continuamente por un comité tutorial formado por académicos especialistas y a través de los seminarios de investigación que se cursan a partir del primer semestre. Mediante estos seminarios es posible evaluar cuantitativamente los avances reales del trabajo de tesis, mediante exposiciones semestrales ante los miembros del comité evaluador, quienes valoran los avances y emiten sus opiniones acerca del trabajo desarrollado y del subsiguiente.

El profesor titular del seminario asienta la calificación tomando en consideración las calificaciones propuestas, los comentarios y las observaciones de todos los miembros del comité de seguimiento.

El egreso y titulación se puede lograr mediante el seguimiento de los tutores y comités tutoriales quienes trabajan en conjunto con el coordinador del posgrado, a fin de lograr un seguimiento de los temas de tesis para que sean concluidos durante el último año del doctorado. Finalmente, tanto académicos y estudiantes participan en un proceso enriquecedor de conocimiento y crítica constructiva cuya meta es el que la titulación no se prolongue más de 6 meses después de haber concluido los estudios de doctorado.

Funciones del director de Tesis

1. Establecer con el alumno, el plan individual de actividades académicas que éste seguirá (Cursos, Seminarios, Conferencias, Diplomados, Foros, etc.).
2. Dirigir el desarrollo de la investigación impulsando al estudiante a producir un trabajo de calidad, dentro de las líneas de investigación del programa.
3. Inducir al alumno para que desarrolle su propia capacidad de investigación, de trabajo independiente, ejercicio profesional y análisis crítico.
4. Propiciar discusiones académicas de sus tesistas con otros miembros de la comunidad científica o profesional.
5. Brindar asesoría académica al estudiante y dirigirle el proceso de la elaboración de tesis para obtener el grado.
6. Orientar al estudiante para el acceso adecuado a la infraestructura académica instalada que le permita alcanzar sus objetivos y metas planteadas en sus proyectos.

Responsabilidades de los Tutorados

Los alumnos bajo tutelaje contarán con una orientación sistemática y personalizada, teniendo como responsabilidad:

1. Cumplir con las sesiones de tutoría previamente establecidas con el Tutor Académico o Director de Tesis, al menos tres sesiones por período escolar.
2. Presentar los avances de los trabajos de investigación y de tesis en las fechas señaladas.
3. Asistir a los Seminarios de Investigación, Conferencias, Talleres y actividades de Divulgación que se organicen en el Instituto.

9. **Duración de los Estudios**

El Doctorado en Inteligencia Artificial, está diseñado para que el alumno acumule 232 créditos durante 8 semestres.

La duración mínima es de 8 semestres.

Como la duración normal es de 8 semestres, el reglamento de estudios de posgrado prevé que en circunstancias extraordinarias se pueda estar inscrito por el doble de tiempo de la duración normal de los estudios. En este caso la duración máxima sería entonces de 16 semestres.

La forma de obtener el grado es cubriendo la totalidad de los créditos del plan de estudios, escribir una tesis y defenderla en un examen de grado. Para este último punto se debe seguir el proceso establecido y no tener adeudos con la Universidad Veracruzana.

10. **Descripción del Reconocimiento Académico**

Al finalizar los créditos del plan de estudios del doctorado y al aprobar el examen de grado, el alumno obtendrá el título de Doctor(a) en Inteligencia Artificial.

11. **Referencias Bibliográficas**

[1]. What is Industry 4.0? Here's A Super Easy Explanation For Anyone
Sep 2, 2018.
https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/#7918cd29788a

[2]. Industry 4.0: the fourth industrial revolution – guide to Industrie 4.0.
https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/#:~:text=Industry%204.0%20is%20the%20digital,communication%20technology%20(Plattform%20Industrie%204.0)

[3]. Industry 4.0.
https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/industry-4-0.html

[4]. México cerró marzo de 2019 con 120.7 millones de líneas celulares; 81.8% son de prepago.
https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-cerro-marzo-de-2019-con-120.7-millones-de-lineas-celulares-81.8-son-de-prepago-20190628-0055.html

[5]. Sejnowski, T.J. The Deep Learning Revolution. MIT Press, Boston, MA. 2018.

[6]. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th Edition. Pearson, 2020.

[7]. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, Boston, MA. 2016.

12. **ANEXOS**

A1. **Programas de Estudios, Seminarios de Investigación I a VIII**

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Seminario de Investigación I

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Este Seminario de Investigación guía al estudiante de Doctorado y evalúa su avance en su tema de investigación.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Que el estudiante actualice su proyecto doctoral (revisión de la literatura, objetivos, hipótesis y metodología).

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Orientación por parte del director de tesis. • Exposición por parte de los estudiantes de sus avances de su tema de tesis. • Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO
• Computadora Personal. • Red de Cómputo del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA
• How To Get A Phd: A Handbook For Students And Their Supervisors, 6th Edition. Estelle Phillips, Derek.S. Pugh, 2015. Open University Press. • How to Write and Publish a Scientific Paper, 8th Edition. Barbara Gastel & Robert A. Day. 2016. Greenwood

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
• IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (2021/03/26) • Artículos de revistas de Elsevier, Science Direct https://www.sciencedirect.com/ (2021/03/26) • Artículos de revistas de Springer, Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/26)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Presentación de avances ante el Comité de seguimiento	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Seminario de Investigación II

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Este Seminario de Investigación guía al estudiante de Doctorado y evalúa su avance en su tema de investigación.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Que el estudiante actualice la revisión de la literatura y primera propuesta preliminar del trabajo de investigación con experimentación.

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Orientación por parte del director de tesis. • Exposición por parte de los estudiantes de sus avances de su tema de tesis. • Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO
• Computadora Personal. • Red de Cómputo del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA
• How To Get A Phd: A Handbook For Students And Their Supervisors, 6th Edition. Estelle Phillips, Derek.S. Pugh, 2015. Open University Press. • How to Write and Publish a Scientific Paper, 8th Edition. Barbara Gastel & Robert A. Day. 2016. Greenwood

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
• IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (2021/03/26) • Artículos de revistas de Elsevier, Science Direct https://www.sciencedirect.com/ (2021/03/26) • Artículos de revistas de Springer, Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/26)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Presentación de avances ante el Comité de seguimiento	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Seminario de Investigación III

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Este Seminario de Investigación guía al estudiante de Doctorado y evalúa su avance en su tema de investigación.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Que el estudiante actualice la revisión de la literatura y propuesta del trabajo de investigación con experimentación. Es deseable artículo de congreso especializado con arbitraje estricto y memorias indizadas en proceso/enviado/aceptado

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Orientación por parte del director de tesis. • Exposición por parte de los estudiantes de sus avances de su tema de tesis. • Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO
• Computadora Personal. • Red de Cómputo del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA
• How To Get A Phd: A Handbook For Students And Their Supervisors, 6th Edition. Estelle Phillips, Derek.S. Pugh, 2015. Open University Press. • How to Write and Publish a Scientific Paper, 8th Edition. Barbara Gastel & Robert A. Day. 2016. Greenwood

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
• IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (2021/03/26) • Artículos de revistas de Elsevier, Science Direct https://www.sciencedirect.com/ (2021/03/26) • Artículos de revistas de Springer, Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/26)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	Presentación de avances ante el Comité de seguimiento	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Seminario de Investigación IV

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Este Seminario de Investigación guía al estudiante de Doctorado y evalúa su avance en su tema de investigación.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Que el estudiante actualice la revisión de la literatura, la propuesta del trabajo de investigación con experimentación adicional y borrador del artículo de revista JCR.

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Orientación por parte del director de tesis. • Exposición por parte de los estudiantes de sus avances de su tema de tesis. • Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO
• Computadora Personal. • Red de Cómputo del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA
• How To Get A Phd: A Handbook For Students And Their Supervisors, 6th Edition. Estelle Phillips, Derek.S. Pugh, 2015. Open University Press. • How to Write and Publish a Scientific Paper, 8th Edition. Barbara Gastel & Robert A. Day. 2016. Greenwood

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
• IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (2021/03/26) • Artículos de revistas de Elsevier, Science Direct https://www.sciencedirect.com/ (2021/03/26) • Artículos de revistas de Springer, Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/26)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Presentación de avances ante el Comité de seguimiento	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Seminario de Investigación V

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Este Seminario de Investigación guía al estudiante de Doctorado y evalúa su avance en su tema de investigación.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Que el estudiante actualice la revisión de la literatura, la propuesta del trabajo de investigación con experimentación finalizada y artículo de revista JCR sometido/aceptado

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Orientación por parte del director de tesis. • Exposición por parte de los estudiantes de sus avances de su tema de tesis. • Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO
• Computadora Personal. • Red de Cómputo del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA
• How To Get A Phd: A Handbook For Students And Their Supervisors, 6th Edition. Estelle Phillips, Derek.S. Pugh, 2015. Open University Press. • How to Write and Publish a Scientific Paper, 8th Edition. Barbara Gastel & Robert A. Day. 2016. Greenwood

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
• IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (2021/03/26) • Artículos de revistas de Elsevier, Science Direct https://www.sciencedirect.com/ (2021/03/26) • Artículos de revistas de Springer, Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/26)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Presentación de avances ante el Comité de seguimiento	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Seminario de Investigación VI

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Este Seminario de Investigación guía al estudiante de Doctorado y evalúa su avance en su tema de investigación.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Que el estudiante actualice la revisión de la literatura, mejoras al trabajo de investigación o investigaciones colaterales, redacción de los primeros capítulos del documento de tesis doctoral. Seguimiento al artículo de revista JCR.

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Orientación por parte del director de tesis. • Exposición por parte de los estudiantes de sus avances de su tema de tesis. • Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO
• Computadora Personal. • Red de Cómputo del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA
• How To Get A Phd: A Handbook For Students And Their Supervisors, 6th Edition. Estelle Phillips, Derek.S. Pugh, 2015. Open University Press. • How to Write and Publish a Scientific Paper, 8th Edition. Barbara Gastel & Robert A. Day. 2016. Greenwood

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
• IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (2021/03/26) • Artículos de revistas de Elsevier, Science Direct https://www.sciencedirect.com/ (2021/03/26) • Artículos de revistas de Springer, Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/26)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Presentación de avances ante el Comité de seguimiento	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Seminario de Investigación VII

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Este Seminario de Investigación guía al estudiante de Doctorado y evalúa su avance en su tema de investigación.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Que el estudiante actualice la revisión de la literatura, mejoras al trabajo de investigación o investigaciones colaterales, redacción de los primeros capítulos del documento de tesis doctoral, deseable artículo de congreso especializado con arbitraje estricto y memorias indizadas en proceso/enviado/aceptado. Seguimiento al artículo de revista JCR.

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Orientación por parte del director de tesis. • Exposición por parte de los estudiantes de sus avances de su tema de tesis. • Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO
• Computadora Personal. • Red de Cómputo del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA
• How To Get A Phd: A Handbook For Students And Their Supervisors, 6th Edition. Estelle Phillips, Derek.S. Pugh, 2015. Open University Press. • How to Write and Publish a Scientific Paper, 8th Edition. Barbara Gastel & Robert A. Day. 2016. Greenwood

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
• IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (2021/03/26) • Artículos de revistas de Elsevier, Science Direct https://www.sciencedirect.com/ (2021/03/26) • Artículos de revistas de Springer, Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/26)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Presentación de avances ante el Comité de seguimiento	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Seminario de Investigación VIII

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Este Seminario de Investigación guía al estudiante de Doctorado y evalúa su avance en su tema de investigación.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Que el estudiante complete el primer borrador completo del documento de tesis doctoral, artículo de revista JCR aceptado/publicado.

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Orientación por parte del director de tesis. • Exposición por parte de los estudiantes de sus avances de su tema de tesis. • Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO
• Computadora Personal. • Red de Cómputo del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA
• How To Get A Phd: A Handbook For Students And Their Supervisors, 6th Edition. Estelle Phillips, Derek.S. Pugh, 2015. Open University Press. • How to Write and Publish a Scientific Paper, 8th Edition. Barbara Gastel & Robert A. Day. 2016. Greenwood

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
• IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (2021/03/26) • Artículos de revistas de Elsevier, Science Direct https://www.sciencedirect.com/ (2021/03/26) • Artículos de revistas de Springer, Springer Link. https://link.springer.com/ (2021/03/26)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Presentación de avances ante el Comité de seguimiento	100%

A2. **Programas de Estudios, Cursos Optativos**

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Aprendizaje profundo en Visión por Computadora

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La revolución del aprendizaje profundo en la inteligencia artificial está afectando todas las esferas de la actividad humana, ya que están surgiendo asistentes digitales con capacidades iguales o superiores al ser humano. Esto está siendo posible gracias a los nuevos algoritmos de aprendizaje automático que se han desarrollado para las redes neuronales profundas o de múltiples capas. Adicionalmente, gracias a la gran cantidad de datos que se generan en la época actual, es posible entrenar las redes neuronales profundas con miles o millones de ejemplos. De manera sincrónica, la evolución de las computadoras y dispositivos digitales actuales, permiten, gracias a su gran capacidad de procesamiento y almacenamiento, realizar los múltiples cálculos numéricos requeridos para el entrenamiento de las redes neuronales profundas en tiempos razonables. Por otro lado, estas redes una vez entrenadas, pueden proveer una respuesta generalmente en tiempo real. En el caso de la visión por computadora cuyo objetivo es la descripción estructural del mundo a partir de imágenes, así como el reconocimiento de objetos, también está siendo impactada con los avances en el aprendizaje profundo. En esta experiencia educativa se promueve el desarrollo de habilidades para transmitir y asimilar conocimientos indispensables para el exitoso desempeño del estudiante universitario, al mismo tiempo que promueve el autoaprendizaje y el trabajo en equipo con la finalidad de resolver problemas de manera colaborativa.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Proporcionar al estudiante los conocimientos del aprendizaje profundo que son de utilidad en problemas de análisis automatizado de imágenes. Algunas de las aplicaciones de este análisis son el reconocimiento de objetos, segmentación de imágenes, generación y fusión de imágenes similares a otras proporcionadas, clasificación de patrones, y reconocimiento de acciones en secuencias de imágenes. Para lograr un mejor entendimiento del aprendizaje profundo en visión por computadora se profundizará más en los modelos matemáticos, algoritmos,

arquitecturas y menos en herramientas de software.

ANTECEDENTES RECOMENDADOS PARA LA EXPERIENCIA EDUCATIVA.
Se recomienda que él/la estudiante haya llevado con anterioridad las siguientes experiencias educativas: • Visión por computadora • Redes Neuronales • Aprendizaje Automático • Programación para la Inteligencia Artificial • Análisis de Algoritmos • Inteligencia Artificial • Métodos probabilísticos para la inteligencia artificial En cuanto a conocimientos matemáticos: • Probabilidad y Estadística • Cálculo Diferencia e Integral de una y varias variables • Análisis Numérico • Álgebra Lineal • Optimización

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción, Visión por computadora, Aprendizaje de Máquina y Aprendizaje profundo
Objetivos particulares
Motivar sobre los problemas que atacan estas disciplinas y porqué ha sido fructífera su intersección
Temas
1.1 ¿Qué es visión por computadora? 1.1.1 Aplicaciones 1.1.2 Procesamiento de imágenes vs. Visión por computadora. 1.2 ¿Qué es aprendizaje de máquina? 1.2.1 ¿Por qué aprendizaje profundo?

UNIDAD 2
Características y Clasificadores en Visión por Computadora
Objetivos particulares
Comprender la importancia de características invariantes y los clasificadores en problemas de reconocimientos de patrones. Entender la diferencia de enfoques entre el tradicional con características elaboradas a mano y el enfoque de aprendizaje por máquina que busca aprender las características de los mismos datos.
Temas
2.1 La importancia de las características y los clasificadores

2.2 Descriptores de características tradicionales: 2.2.1 Histogram of oriented gradients (HOG) 2.2.2 Scale-invariant feature transform (SIFT) 2.2.3 Speeded-up robust features (SURF) 2.2.4 Limitaciones de las características tradicionales elaboradas a mano por un experto 2.3 Clasificadores en Aprendizaje de Máquina 2.3.1 Support Vector Machine (SVM) 2.3.2 Random decisión forest
UNIDAD 3
Introducción a redes neuronales
Objetivos particulares
Comprender los temas fundamentales sobre redes neuronales artificiales
Temas
3.1 Neuronas naturales vs. Neuronales artificiales
3.2 Aprendizaje supervisado, no supervisado y con refuerzo
3.3 Arquitectura básica de redes neuronales artificiales
3.4 Entrenamiento de redes neuronales con “backpropagation”
3.5 Problemas en el entrenamiento de redes neuronales
3.6 El poder representacional de la composición de funciones y la importancia de las funciones de activación no lineales 3.7 Arquitecturas neuronales comunes 3.7.1 Modelos poco profundos 3.7.2 Redes con funciones de base radial 3.7.3 Máquinas restringidas de Boltzmann 3.7.4 Redes neuronales recurrentes 3.7.5 Redes neuronales convolucionales 3.7.6 Ingeniería de rasgos jerárquicos y modelos preentrenados. 3.7.7 Redes Adversarias Generativas (Generative Adversarial Nets) 3.8 Temas avanzados 3.8.1 Aprendizaje por refuerzo 3.8.2 Separando almacenamiento de datos y cómputo 3.9 Dos referencias comparativas notables 3.9.1 Base de datos MNIST 3.9.2 Base de datos ImageNet 3.10 Relación con la visión biológica

UNIDAD 4
Redes Neuronales Convolucionales
Objetivos particulares
Profundizar en las capas y funciones de perdida de las redes neuronales convolucionales
Temas

4.1. Capas de la red 4.1.1 Preproceso 4.1.2 Convolucionales 4.1.3 Capas “pooling” (pooling layers) 4.1.4 Nolineales 4.1.5 Totalmente conectadas 4.1.6 Convolución transpuesta 4.1.7 Combinado de región de interés (region of interest pooling) 4.1.8 Combinado de pirámide espacial (spatial pyramid pooling layer) 4.1.9 Vector de descriptores agregados localmente 4.1.10 Transformación espacial
4.2 Funciones de perdida 4.2.1 Entropía cruzada 4.2.2 SVM Hinge 4.2.3 Squared Hinge 4.2.4 Euclideana o L^2. 4.2.5 L^1, y L^p. 4.2.6 Contrastivo 4.2.7 Esperanza (Expectation).
4.2.8. Medida de similitud estructural.

UNIDAD 5
Aprendizaje en redes neuronales convolucionales
Objetivos particulares
Conocer los principales métodos para el aprendizaje de redes neuronales convolucionales
Temas
5.1 Inicialización de pesos
5.2 Regularización 5.3 Aprendizaje basado en gradiente 5.4 Optimizadores 5.5 Cálculo de gradiente 5.6 Comprendiendo las redes convolucionales a través de la visualización

UNIDAD 6
Ejemplos de Arquitecturas de redes neuronales convolucionales
Objetivos particulares
Comprender las arquitecturas de las redes neuronales más características en aplicaciones de visión por computadora
Temas
6.1 LeNet

6.2 AlexNet
6.3 Network in Network
6.4 VGGNet 6.5 GoogleNet 6.6 ResNet 6.7 ResNeXt 6.8 FractalNet 6.9 DenseNet

UNIDAD 7
Aplicaciones de redes convolucionales en visión por computadora
Objetivos particulares
Conocer las principales aplicaciones de las redes convolucionales en la visión por computadora
Temas
7.1 Clasificación de imágenes
7.2 Detección y localización de objetos
7.3 Segmentación semántica
7.4 Entendimiento de escenas 7.5 Generación de imágenes 7.6 Reconocimiento de acciones basado en videos

UNIDAD 8
Herramientas y Librerías
Objetivos particulares
Conocer las ventajas y desventajas de las herramientas y librerías existentes
Temas
8.1 Caffe
8.2 TensorFlow
8.3 MatConvNet
8.4 Torch7 8.5 Theano 8.6 Keras 8.7 Lasagne 8.8 Marvin 8.9 Chainer 8.10 PyTorch

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Exposición de motivos y metas
- Búsqueda de fuentes de información
- Lectura, síntesis e interpretación
- Construcción de modelos
- Planteamiento de hipótesis
- Clasificaciones
- Estudio de casos
- Consulta en fuentes de información
- Exposición, con apoyo tecnológico variado
- Discusión grupal
- Ejecución de técnicas y metodologías

EQUIPO NECESARIO

- Computadora
- Proyector
- Pizarrón y plumones
- Centro de Cómputo
- Software Especializado
- Acceso a Internet
- Acceso a bases de datos especializadas: IEEE, Elsevier, Springer, SCOPUS, Web of Science

BIBLIOGRAFÍA

- Aggarwal Charu C. ***Neural Networks and Deep Learning.*** Springer, 2018.
- Bishop C.M. ***Pattern Recognition and Machine Learning***. Springer, 2006.
- Goodfellow I., Bengio, Y., Courville, A. ***Deep Learning.*** MIT Press, 2016.
- Jiang X., Pang Y., Feng X***. Deep learning in object detection and recognition.*** *Springer. 2019.*
- Khan S., Rahmani, H., Shah S.A.A., M. Bennamoun. ***A guide to convolutional neural networks for Computer vision.*** Morgan & Claypool Publishers, 2018.
- Koller Daphne and Friedman Nir. ***Probabilistic Graphical Models, principles and techniques.*** MIT Press. 2009.
- Mitzenmacher Michael, Upfal Eli. ***Probability and Computing: randomization and probabilistic techniques in algorithms and data analysis*****. (2nd** Edition). Cambridge University Press, 2017.
- Montgomery Douglas C., Runger George C. ***Applied Statistics and Probability for Engineers. (5th Edition).*** *Wiley, 2013.*
- Murphy K.P. ***Machine learning, a probabilistic perspective.*** MIT Press, 2012***.***
- Prince Simon J.D. ***Computer vision: models, learning and inference***. Cambridge University Press, 2012.

- Sejnowski, T.J. **The Deep Learning Revolution**. MIT Press, 2018.
- Skansi Sandro. **Introduction to deep learning: from logical calculus to artificial intelligence**. Springer, 2018.
- Wang, Z., Fu, Y. Huang, T.S. ***Deep Learning Through Sparse and Low-Rank Modeling***. Academic Press, 2019.
- ***Convolutional Neural Networks for Visual Recognition, Stanford University***
  http://cs231n.stanford.edu

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):

- Geoffrey Hinton: "Introduction to Deep Learning & Deep Belief Nets". https://www.youtube.com/watch?v=GJdWESd543Y (2021/03/25)

- Geoffrey Hinton. 'The Deep Learning Revolution'. RSE President's Lecture 2019. https://www.youtube.com/watch?v=re-SRA5UZQw (2021/03/25)

Otros Materiales de Consulta:

- Revista Artificial Intelligence.
- Revista Machine Learning.
- Revista IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence.
- Revista Pattern Recognition.
- Revista International Journal of Computer Vision.

EVALUACIÓN

SUMATIVA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	Proyecto Final-Examen	30%
	Tareas y Trabajos	70%
	Total	100 %

Elaboró: Dr. Homero Vladimir Ríos Figueroa, Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial, Universidad Veracruzana.

Agradecimientos: Al Dr. Héctor Gabriel Acosta Mesa y al Dr. Vicente Guerrero Rojo por sus recomendaciones y aportaciones para enriquecer el temario.

Última actualización: 29-Enero-2020.

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Aprendizaje, Simulación y Agentes

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Este curso aborda las aplicaciones de los Sistemas Multi-Agente en los proyectos relacionados con la LGAC de Aprendizaje Computacional, en particular con los problemas de aprendizaje, simulación y sus interrelaciones. Las interacciones posibles incluyen el uso de los agentes para llevar a cabo minería de datos, el aprendizaje intencional mediante técnicas de aprendizaje automático, el uso de minería de datos en simulación y el aprendizaje por refuerzo en el contexto multi-agente.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El estudiante será capaz de resolver problemas complejos que requieran de componentes inteligentes, autónomos y distribuidos que involucren aprendizaje y simulación.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS
UNIDAD 1
Aprendizaje y Simulación
Objetivos particulares
El estudiante abordará los problemas de aprendizaje en agentes, minería de datos basada en agentes y simulación basada en agentes para abordar las interacciones posibles en estas áreas de investigación.
Temas
1.1 Agentes que aprenden a partir de su experiencia a. Aprendizaje por refuerzo b. Aprendizaje intencional 1.2 Minería de Datos basada en Agentes 1.3 Simulación basada en Agentes

1.4 Aprendizaje y simulación

UNIDAD 2
Jildt: Un caso de estudio del aprendizaje intencional
Objetivos particulares
El estudiante identificará los principales elementos del aprendizaje en agentes con representaciones intencionales.
Temas
2.1 ¿Qué significa aprender en una arquitectura BDI? 2.2 Inducción de árboles de decisión en primer orden. 2.3 Jildt : Una librería en Jason para el aprendizaje intencional.

UNIDAD 3
Minería de Datos basada en Agentes
Objetivos particulares
El estudiante adquirirá las habilidades de programación para implementar agentes que llevan a cabo Minería de Datos en contextos distribuidos.
Temas
3.1 Uso de agentes BDI en la Minería de Datos. 3.2 Artefactos Weka para la Minería de Datos. 3.3 JaCa-DDM: Una herramienta para Minería de Datos basada en Agentes y Artefactos.

UNIDAD 4
Minería de Datos para la Simulación basada en Agentes
Objetivos particulares
El estudiante estudiará el uso de Minería de Datos para implementar modelos de simulación basada en agentes.
Temas
4.1 Simulación y modelos basados en Agentes. 4.2 Construcción de modelos basada en Minería de Datos. 4.3 Validación de Modelos vía simulación. 4.4 Caso de estudio: Del empleo formal, informal y la decisión de cambiar de trabajo.

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

1. Exposición oral por parte del facilitador
2. Exposiciones orales por parte de los estudiantes
3. Elaboración de proyectos prácticos
4. Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO

- Computadoras Personales
- Red de Cómputo del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA

- Bordini, R.H., Hübner, J.F., y Wooldridge, M. ***Programming Multi-Agent Systems in Agent-Speak using Jason***. John Wiley & Sons Ltd, 2007.

- Cao, L. **Data Mining and Multi-Agent System Integration**. Springer, 2009.

- Cao, L., y Yu, P.S. **Behavior computing: Modeling, Analysis, Mining and Decision**. Springer, 2012.

- Edmons, B., y Meyer, R. **Simulating Social Complexity: a Handbook**. Springer, 2013.

- Guerra-Hernández, A. ***Sistemas Multi-Agentes: Notas del Curso***. Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial, Universidad Veracruzana, 2015.

- Guerra-Hernández, A., González-Alarcón, C.A., El-Fallah-Seghrouchni, A. **Jason induction of logical decision trees: A learning libray and its application to commitment**. LNAI (6437):374-385, Springer Verlag, 2010.

- Limón, X., Guerra-Hernández, A., Cruz-Ramírez, N., Acosta-Mesa, H.G. y Grimaldo, F. **A windowing based GPU optimized stratety for the induction of decisión trees in JaCa-DDM**. Frontiers of Artificial Intelligence and Applications (277):100-109, IOS Press, 2015.

- Limón, X., Guerra-Hernández, A., Cruz-Ramírez, N. Y Grimaldo, F. **An agents and artifacts approach to distribued data mining**. LNAI (8266):338-349, Springer Verlag, 2013.

- Railsback, F. Steven y Grimm, Volker. **Agent Based and Individual-Based**

Modeling. Princeton University Press, 2012.

- Witten, I.H., Frank, E., y Hall, M.A. **Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques**. Morgan Kaufmann Publishers, 2011.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):

- Material del curso de agentes: https://www.uv.mx/personal/aguerra/abms/ (2021/03/26).
- Página oficial de Jason: http://jason.sourceforge.net/wp/ (2021/03/26).
- Página oficial de CartAgO: http://cartago.sourceforge.net (2021/03/26).

Otros Materiales de Consulta:

- Página oficial de Java: https://www.oracle.com/java/index.html (2021/03/26).

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Tareas	50%
	Proyecto final	25%
	Examen medio término	10%
	Examen final	15%
	Total	100%

Elaboró: Dr. Alejandro Guerra Hernández, Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial, Universidad Veracruzana.

Última actualización: Diciembre-2015.

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Aprendizaje Visual I

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
En el proceso de visión en los seres vivos para reconocer un color, textura, imagen, objetos o el tipo de movimiento, previamente debió haber sido registrado, aprendido y generalizado. Por otro lado, existen mecanismos que les permiten a los seres vivos identificar, reconocer o estimar la semejanza con objetos visuales previamente aprendidos. En este curso se presenta un enfoque probabilístico al aprendizaje visual, en el cual se definen modelos matemáticos de funciones de probabilidad que relacionan los datos de entrada con los de salida y los parámetros de las funciones. Adicionalmente si se dispone de información o conocimiento a priori este se incorpora en funciones de probabilidad a priori. Empleando un enfoque Bayesiano los modelos se combinan y empleando métodos de optimización según el tipo de función se determinan los parámetros con los conjuntos de entrenamiento disponibles. El determinar los parámetros del modelo usando el conjunto de entrenamiento y métodos de optimización es lo que constituye el aprendizaje. Cuando se presenta un nuevo dato y aplicando los modelos probabilísticos se estimada el dato de salida más probable, estamos en el caso del proceso de inferencia o reconocimiento. Una característica atractiva del método probabilístico es que permite incorporar la incertidumbre en la información de entrada y también determinar la confiabilidad de la estimación finales. En el curso I se cubren los requisitos de probabilidad y la estructura de los modelos de aprendizaje e inferencia. En esta experiencia educativa se promueve el desarrollo de habilidades para transmitir y asimilar conocimientos indispensables para el exitoso desempeño del estudiante universitario, al mismo tiempo que promueve el auto-aprendizaje y el trabajo en equipo con la finalidad de resolver un problema común.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Proporcionar al estudiante las bases probabilistas para modelar problemas de aprendizaje e inferencia en el contexto visual.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción a la probabilidad
Objetivos particulares
Motivar sobre la naturaleza aleatoria de muchos fenómenos e introducir el lenguaje probabilístico para su modelación en múltiples dimensiones.
Temas
1.1. Variables aleatorias
1.2. Probabilidad conjunta
1.3. Marginalización
1.4 Probabilidad condicional
1.5 Teorema de Bayes
1.6 Independencia
1.7 Esperanza

UNIDAD 2
Distribuciones de probabilidad comunes
Objetivos particulares
Presentar algunas de las distribuciones de probabilidad que se presentan con mayor frecuencia en las aplicaciones de aprendizaje visual e introducir el concepto de distribuciones de probabilidad conjugadas
Temas
2.1 Distribución de Bernoulli
2.2 Distribución Beta
2.3 Distribución categórica
2.4 Distribución de Dirichlet
2.5 Distribución normal unidimensional
2.6 Distribución Gamma inversa escalada normal
2.7 Distribución Wishart normal inversa
2.8 Distribuciones de probabilidad conjugadas
UNIDAD 3
Ajuste de modelos de probabilidad
Objetivos particulares
Ajuste de distribuciones de probabilidad optimizando diversos criterios
Temas

3.1 Máxima verosimilitud
3.2 Máximo a posteriori
3.3 Enfoque Bayesiano

UNIDAD 4
Distribución normal multidimensional
Objetivos particulares
Presentar las características y propiedades de la distribución normal multidimensional que la hacen tan útil en las aplicaciones
Temas
4.1 Tipos de matrices de covarianza
4.2 Descomposición de covarianza
4.3 Transformación lineal de variables
4.4 Distribuciones marginales
4.5 Distribuciones condicionales
4.6 Productos de dos normales
4.7 Cambio de variable

UNIDAD 5
Aprendizaje e inferencia en visión artificial
Objetivos particulares
Temas
5.1 Modelando problemas de visión por computadora mediante aprendizaje
5.2 Tipos de modelo: discriminativo y generativo
5.3 Ejemplos y aplicaciones

UNIDAD 6
Modelando funciones de densidad complejas
Objetivos particulares
Conocer los métodos para modelar densidad complejas cuando un modelo Gaussiano no es adecuado
Temas
6.1 Modelo de clasificación con distribución normal
6.2 Variables ocultas
6.3 Maximización de la esperanza
6.4 Mezcla de Gaussianas
6.5 La distribución t
6.6 Análisis de factores
6.7 Combinando modelos
6.8 Aplicaciones

UNIDAD 7
Modelos de regresión
Objetivos particulares
Conocer y aplicar los principales métodos para aprendizaje e inferencia en regresión lineal y no lineal
Temas
7.1 Regresión lineal
7.2 Regresión lineal Bayesiana
7.3 Regresión no lineal
7.4 Núcleos y la simplificación usando núcleos
7.5 Regresión de proceso Gaussiano
7.6 Regresión lineal poco densa
7.7 Regresión lineal dual
7.8 Regresión de vector relevante
7.9 Regresión en datos multivariados
7.10 Aplicaciones

UNIDAD 8
Modelos de clasificación
Objetivos particulares
Conocer los modelos de clasificación lineales y no lineales
Temas
8.1 Regresión logística
8.2 Regresión logística Bayesiana
8.3 Regresión logística no lineal
8.4 Regresión logística dual
8.5 Regresión logística de núcleo
8.6 Clasificación por vector relevante
8.7 Ajuste incremental
8.8 Árboles de clasificación
8.9 Regresión logística multiclase
8.10 Árboles aleatorios, bosques
8.11 Relación con modelos no probabilísticos
8.12 Aplicaciones

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Exposición de motivos y metas • Búsqueda de fuentes de información • Lectura, síntesis e interpretación • Construcción de modelos

- Planteamiento de hipótesis
- Clasificaciones
- Estudio de casos
- Consulta en fuentes de información
- Exposición, con apoyo tecnológico variado
- Discusión grupal
- Ejecución de técnicas y metodologías

EQUIPO NECESARIO

- Computadora
- Proyector
- Pizarrón y plumones
- Centro de Cómputo
- Software Especializado

BIBLIOGRAFÍA

- Barber David. **Bayesian Reasoning and Machine Learning**. Cambridge University Press, 2012.
- Bishop Christopher M. **Pattern Recognition and Machine Learning**. Springer 2006.
- Duda Richard O., Hart Peter E., Stork David G. ***Pattern Classification.*** Wiley. 2001.
- Gerald A. Edgar. ***Integral, Probability, and Fractal Measures.*** Springer. 1998.
MacKay David J.C. **Information Theory, inference and learning algorithms**. Cambridge University Press. 2005.
- Montgomery Douglas C., Runger George C. ***Applied Statistics and Probability for Engineers.***
- Papoulis Athanasios. ***Probability, Random Variables and Stochastic Processes*****.** McGraw-Hill, 1991.
- Prince Simon J.D. ***Computer vision: models, learning and inference***. Cambridge University Press, 2012.
- Koller Daphne and Friedman Nir. ***Probabilistic Graphical Models, principles and techniques.*** MIT Press. 2009.
- Rascón Chávez Octavio A. ***Fundamentos de la teoría de probabilidades*****.** División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingenería, UNAM, 1981.
- Ríos Insua David, Ríos Insua Sixto, Martín Jacinto. ***Simulación, métodos y aplicaciones.*** Alfaomega - ra-ma. 2000.
- Russell Stuart, Norvig Peter. ***Artificial Intelligence a modern approach***. Second Edition. 2003.
- Stauffer D., Hehl F.W., Ito N., Winkelmann V., Zabolitzky J.G. ***Computer simulation and computer algebra.*** Springer-Verlag. 1993.
- Stone James V. ***Bayes´ Rule, a Tutorial Introduction to Bayesian Analysis***.

Sebtel Press, 2013
- Stone James V. ***Information Theory, a Tutorial Introduction***. Sebtel Press, 2015
- Szeliski Richard. ***Computer visión: Algorithms and Applications.*** Springer, 2010.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
N/A

Otros Materiales de Consulta:
• Serie de Proceedings de IJCAI • Serie de Proceedings de AAAI. • Revista Artificial Intelligence • Revista Machine Learning • Serie de Proceedings de MICAI • Serie de Proceedings de ENC • Revista Pattern Recognition • Revista IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Proyecto Final	30%
	Exposición de un Tema Selecto	10%
	Tareas y Trabajos	60%
	Total	100 %

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Aprendizaje Visual II

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
En el proceso de visión en los seres vivos para reconocer un color, textura, imagen, objetos o el tipo de movimiento, previamente debió haber sido registrado, aprendido y generalizado. Por otro lado, existen mecanismos que les permiten a los seres vivos identificar, reconocer o estimar la semejanza con objetos visuales previamente aprendidos. En este curso se presenta un enfoque probabilístico al aprendizaje visual, en el cual se definen modelos matemáticos de funciones de probabilidad que relacionan los datos de entrada con los de salida y los parámetros de las funciones. Adicionalmente si se dispone de información o conocimiento a priori este se incorpora en funciones de probabilidad a priori. Empleando un enfoque Bayesiano los modelos se combinan y empleando métodos de optimización según el tipo de función se determinan los parámetros con los conjuntos de entrenamiento disponibles. El determinar los parámetros del modelo usando el conjunto de entrenamiento y métodos de optimización es lo que constituye el aprendizaje. Cuando se presenta un nuevo dato y aplicando los modelos probabilísticos se estimada el dato de salida más probable, estamos en el caso del proceso de inferencia o reconocimiento. Una característica atractiva del método probabilístico es que permite incorporar la incertidumbre en la información de entrada y también determinar la confiabilidad de la estimación finales. En el curso II se cubren los modelos para conectar los modelos locales en modelos globales. También los modelos geométricos y los modelos para forma. En esta experiencia educativa se promueve el desarrollo de habilidades para transmitir y asimilar conocimientos indispensables para el exitoso desempeño del estudiante universitario, al mismo tiempo que promueve el auto-aprendizaje y el trabajo en equipo con la finalidad de resolver un problema común.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Proporcionar al estudiante las bases probabilistas para modelar problemas de aprendizaje e inferencia en el contexto visual e integrando la información local.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Modelos con grafos
Objetivos particulares
Introducir el concepto de independencia condicional para identificar grados de redundancia en modelos probabilísticos y lograr su simplificación en espacios de grandes dimensiones. Los grafos son útiles para representar visualmente las relaciones de independencia condicional
Temas
1.1 Independencia condicional
1.2 Modelos con grafos dirigidos
1.3 Modelos con grafos no dirigidos
1.4 Comparando modelos con grafos dirigidos y no dirigidos
1.5 Modelos con grafos para visión por computadora
1.6 Inferencia en modelos con muchas incógnitas
1.7 Extracción de muestras
1.8 Aprendizaje

UNIDAD 2
Modelos para cadenas y árboles
Objetivos particulares
Se presenta el modelado de dependencia probabilística entre variables para pequeñas vecindades. Se considerarán modelos en los que las variables multidimensionales del mundo se estructuran como cadenas o árboles
Temas
2.1 Modelos para cadenas
2.2 Inferencia MAP para cadenas
2.3 Inferencia MAP para árboles
2.4 Inferencia marginal posterior para cadenas
2.5 Inferencia marginal posterior para árboles
2.6 Aprendizaje en cadenas y árboles
2.7 Otros modelos diferentes a cadenas y árboles
2.8 Aplicaciones

UNIDAD 3
Modelos para rejillas
Objetivos particulares
Estudio de modelos probabilísticos en rejillas útiles en visión por computadora
Temas
3.1 Campos Aleatorios de Markov (MRF)
3.2 Inferencia MAP para MRF binarios
3.3 Inferencia MAP para MRF multietiqueta
3.4 Campos aleatorios condicionales
3.5 Modelos de orden mayor
3.6 Modelos dirigidos para rejillas
3.7 Aplicaciones

UNIDAD 4
Modelos geométricos/el modelo de cámara de agujero de alfiler (pinole camera)
Objetivos particulares
Estudio del modelo de cámara de agujero de alfiler para determinar, mediante aprendizaje, los parámetros intrínsecos y extrínsecos de la cámara. Aplicación de este modelo en la reconstrucción estereoscópica
Temas
4.1 El modelo de cámara de agujero de alfiler
4.2 Tres problemas geométricos
4.3 Coordenadas homogéneas
4.4 Aprendiendo parámetros extrínsecos
4.5 Aprendiendo parámetros intrínsecos
4.6 Infiriendo puntos del mundo 3D
4.7 Aplicaciones

UNIDAD 5
Modelos geométricos/modelos para transformaciones
Objetivos particulares
Estudio de las trasformaciones en el caso que se observa un plano en el mundo. En esta situación existe un mapeo uno a uno entre los puntos del plano y los puntos de la imagen que puede describirse mediante transformaciones 2D. Los parámetros de estas transformaciones pueden determinarse a partir de los datos.
Temas
5.1 Modelos de transformaciones 2D
5.2 Aprendizaje en modelos de transformación
5.3 Inferencia en modelos de transformación
5.4 Tres problemas geométricos para planos
5.5 Transformaciones entre imágenes
5.6 Aprendizaje robusto de transformaciones

5.7 Aplicaciones

UNIDAD 6
Modelos para forma
Objetivos particulares
Estudiar los modelos para representar la forma 2D, 3D y multidimensional
Temas
6.1 Forma y sus representaciones
6.2 Snakes
6.3 Plantillas de forma
6.4 Modelos de forma estadísticos
6.5 Subespacios de modelos de forma
6.6 Modelos de forma tridimensionales
6.7 Modelos estadísticos para forma y apariencia
6.8 Modelos estadísticos de forma no Gaussianos
6.9 Modelos articulados
6.10 Aplicaciones

UNIDAD 7
Modelos para estilo e identidad
Objetivos particulares
Estudio de una familia de modelos para los datos observados en términos de varias causas subyacentes. Estos modelos se aplican en el reconocimiento de rostros y la generación de texturas.
Temas
7.1 Modelo de identidad de subespacio
7.2 Análisis lineal discriminante probabilístico
7.3 Modelos de identidad no lineales
7.4 Modelos bilineales asimétricos
7.5 Modelos bilineales simétricos y multilineales
7.6 Aplicaciones

UNIDAD 8
Modelos temporales
Objetivos particulares
Estudiar los modelos para el seguimiento de objetos. El objetivo es inferir una secuencia de estados del mundo $\{W_t\}^T_{t=1}$ a partir de una secuencia ruidosa de medidas $\{x_t\}^T_{t=1}$
Temas
8.1 Marco teórico para estimación temporal

8.2 Filtro de Kalman
8.3 Filtro de Kalman extendido
8.4 Variantes de filtro de Kalman
8.5 Filtrado de partículas
8.6 Aplicaciones

UNIDAD 9
Modelos para palabra visuales
Objetivos particulares
Se exploran modelos generativos que tratan los datos observados como discretos. La verosimilitud de los datos se basa en este caso en la distribución categórica. Se modelan escenas complejas como una colección de palabras visuales y se usa la frecuencia de estas palabras para realizar las estimaciones. Ejemplos de problemas que pueden resolverse con este enfoque es la clasificación de escenas y el reconocimiento de objetos.
Temas
9.1 Imágenes como colecciones de palabras visuales
9.2 Bolsa de palabras
9.3 Asignación latente de Dirichlet
9.4 Modelo de un solo tema de autor
9.5 Modelos de constelación
9.6 Modelos de escena
9.7 Aplicaciones

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Exposición de motivos y metas
- Búsqueda de fuentes de información
- Lectura, síntesis e interpretación
- Construcción de modelos
- Planteamiento de hipótesis
- Clasificaciones
- Estudio de casos
- Consulta en fuentes de información
- Exposición, con apoyo tecnológico variado
- Discusión grupal
- Ejecución de técnicas y metodologías

EQUIPO NECESARIO

- Computadora

- Proyector
- Pizarrón y plumones
- Centro de Cómputo
- Software Especializado

BIBLIOGRAFÍA

- Barber David. **Bayesian Reasoning and Machine Learning**. Cambridge University Press, 2012.
- Bishop Christopher M. **Pattern Recognition and Machine Learning**. Springer 2006.
- Duda Richard O., Hart Peter E., Stork David G. ***Pattern Classification.*** Wiley. 2001.
- Gerald A. Edgar. ***Integral, Probability, and Fractal Measures.*** Springer. 1998.
- MacKay David J.C. **Information Theory, inference and learning algorithms**. Cambridge University Press. 2005.
- Montgomery Douglas C., Runger George C. ***Applied Statistics and Probability for Engineers.***
- Papoulis Athanasios. ***Probability, Random Variables and Stochastic Processes*.** McGraw-Hill, 1991.
- Prince Simon J.D. ***Computer vision: models, learning and inference***. Cambridge University Press, 2012.
- Koller Daphne and Friedman Nir. ***Probabilistic Graphical Models, principles and techniques.*** MIT Press. 2009.
- Rascón Chávez Octavio A. ***Fundamentos de la teoría de probabilidades*.** División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingenería, UNAM, 1981.
- Ríos Insua David, Ríos Insua Sixto, Martín Jacinto. ***Simulación, métodos y aplicaciones.*** Alfaomega - ra-ma. 2000.
- Russell Stuart, Norvig Peter. ***Artificial Intelligence a modern approach***. Second Edition. 2003.
- Stauffer D., Hehl F.W., Ito N., Winkelmann V., Zabolitzky J.G. ***Computer simulation and computer algebra.*** Springer-Verlag. 1993.
- Stone James V. ***Bayes´ Rule, a Tutorial Introduction to Bayesian Analysis***. Sebtel Press, 2013
- Stone James V. ***Information Theory, a Tutorial Introduction***. Sebtel Press, 2015
- Szeliski Richard. ***Computer visión: Algorithms and Applications.*** Springer, 2010.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):

N/A

Otros Materiales de Consulta:
• Serie de Proceedings de IJCAI • Serie de Proceedings de AAAI. • Revista Artificial Intelligence • Revista Machine Learning • Serie de Proceedings de MICAI • Serie de Proceedings de ENC • Revista Pattern Recognition • Revista IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence • IEEE Xplore

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Proyecto Final	30%
	Exposición de un Tema Selecto	10%
	Tareas y Trabajos	60%
	Total	100 %

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Cómputo de Alto Desempeño para la Inteligencia Artificial

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Se propone un curso de esta naturaleza debido a la importancia que tiene para la solución de problemas típicos de la Inteligencia Artificial, los cuales suelen ser computacionalmente intensos, siendo difícilmente solucionables haciendo uso del cómputo tradicional secuencial, y así abriendo puertas para abordar problemas cada vez más complejos.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Ofrecer al estudiante las herramientas básicas para analizar, diseñar y programar soluciones a problemas computacionalmente intensos, típicos de disciplinas relacionadas con la Inteligencia Artificial.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Fundamentos del Cómputo Intensivo
Objetivos particulares
Ofrecer al estudiante una panorámica de los antecedentes y fundamentos del Cómputo Intensivo y asentar las bases para comprender los aspectos fundamentales de éste.
Temas
1.1 Conceptos Generales 1.1.1 ¿Para qué es el Procesamiento Paralelo? 1.1.2 ¿Por qué Procesamiento Paralelo? 1.1.3 Hipótesis básica del Paralelismo 1.1.4 Definiciones Generales 1.2. Paradigmas del Paralelismo 1.2.1 Tipos de Paralelismo 1.2.1.1 Paralelismo Explícito 1.2.1.1.1 Clasificación de Flynn 1.2.1.2 Paralelismo Implícito

1.3 Programación Concurrente
- 1.3.1 Multiprogramación
- 1.3.2 Multitarea
- 1.3.3 Granularidad
- 1.3.4 Abstracción de la Programación Concurrente
- 1.3.5 Tipos de Correctitud
  - 1.3.5.1 Correctitud Parcial
  - 1.3.5.2 Correctitud Total
- 1.3.6 Propiedades de Seguridad
- 1.3.7 Propiedades de Vivacidad
- 1.3.8 Principio de Inducción Matemática
- 1.3.9 Pruebas de Vivacidad
- 1.3.10 Principio de Exclusión Mutua
- 1.3.11 Algoritmo de Decker
- 1.3.12 Semáforos
- 1.3.13 Monitores
- 1.3.14 Problema de los Filósofos Comelones
  - 1.3.14.1 Solución Mediante Semáforos
  - 1.3.14.2 Solución Mediante Monitores

UNIDAD 2
Cómputo Intensivo usando GPUs
Objetivos particulares
Permitir al estudiante conocer los principios que rigen la programación de aplicaciones sobre GPUs.
Temas

2.1 GPUs
- 2.1.1 ¿Qué es una GPU?
- 2.1.2 Breve Historia de las GPUs
- 2.1.3 Arquitectura de una GPU Moderna
- 2.1.4 Clasificación de GPUs

2.2 CUDA
- 2.2.1 ¿Qué es CUDA?
- 2.2.2 Descripción de CUDA
- 2.2.3 Ejemplos

UNIDAD 3
Cómputo Intensivo usando CPUs multinúcleo
Objetivos particulares
Ofrecer al estudiante los elementos necesarios para la programación multi-hilo en CPUs, de manera que se puedan explotar sus posibilidades de cómputo en paralelo.

Temas
3.1 OpenMP 3.1.1 ¿Qué es OpenMP? 3.1.2 ¿Por qué usar OpenMP? 3.1.3 Ejemplos

UNIDAD 4
Cómputo Distribuido
Objetivos particulares
Dar a conocer al estudiante las herramientas necesarias para efecto de programar aplicaciones completamente distribuidas basadas en el estándar MPI.
Temas
4.1 MPI 4.1.1 ¿Qué es MPI? 4.1.2 ¿Para qué usar MPI? 4.1.3 Descripción y Ejemplos

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Exposición oral por parte del académico
- Exposiciones orales por parte de los estudiantes
- Elaboración de proyectos prácticos
- Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO

- Computadoras multinúcleo y tarjetas gráficas.

BIBLIOGRAFÍA

- S. Boggan and D.M. Pressel. **GPUs: An emerging platform for general-purpose computation. Technical report**, DTIC Document, 2007.
- D. L. Caballero de Gea. **Aceleración de aplicaciones científicas mediante GPUs**. 2011.
- C. CUDA. **Programming guide**. *NVIDIA Corporation,* Julio, 2014.
- D. B. Kirk y W. H. Wen-mei. ***Programming massively parallel processor: a hand-on approach***. Newnes, 2012.

- G. A. Laguna-Sanchez, M. Olgun-Carbajal, y R. Barrón-Fernández. **Introducción a la programación de códigos paralelos con CUDA y su ejecución en GPU multi-hilos**. *ContactoS,* 80:65-69, 2011.
- C. NVIDIA . **Nvidias next generation cuda compute architecture: Kepler gk110**. Technical report, Technical report, 2012.
- B: Parhami. ***Introduction to parallel processing: algorithms and architectures***, volume 1. Springer Science & Business Media, 1999.
- Aguilar, J., & Leiss, E. (2004). **Introducción a la Computación Paralela**. *Editorial Venezolana, Universidad de Los Andes, Mérida*.
- Tanenbaum, A. Van Steen, M.(2008). ***Sistemas Distribuidos. Principios y paradigmas***.
- Ben-Ari, M. (2006). ***Principles of concurrent and distributed programming***. Pearson Education.
- Coulouris, G. F., Dollimore, J., & Kindberg, T. (2005). ***Distributed systems: concepts and design***. pearson education.
- Dagum, L., & Enon, R. (1998). **OpenMP: an industry standard API for shared-memory programming**. *Computational Science & Engineering, IEEE*, *5*(1), 46-55.
- Gropp, W., Huss-Lederman, S., Lumsdaine, A., Lusk, E., Nitzberg, B., Saphir, W., & Snir, M. (1998). **MPI. *The Complete Reference***. *The MPI-2 Extensions*,*2*.
- Karimi, K., Dickson, N. G., & Hamze, F. (2010). **A performance comparison of CUDA and OpenCL**. *arXiv preprint arXiv:1005.2581*.
- Komatsu, K., Sato, K., Arai, Y., Koyama, K., Takizawa, H., & Kobayashi, H. (2010, June). **Evaluating performance and portability of OpenCL programs. In*The fifth international workshop on automatic performance tuning*** (p. 7).

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):

- LICPaD Laboratorio de Investigación en Cómputo Paralelo/Distribuido http://www1.frm.utn.edu.ar/licpad/faqs.html (2021/03/25)
- Parallel Computing Tutorial, Lawrence Livermore National Laboratory https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel_comp/ (2015/11/20)
- Parallel Multi-objetive Optimization Using Self-organized Heterogeneous Resources https://bit.ly/3wuW1BN (2021/03/25)
- Parallel Computing Institute https://research.illinois.edu/researchunit/parallel-computing-institute (2021/08/25)
- Nvidia Home Page http://www.nvidia.com.mx/page/home.html (2021/03/25)
- MIT Parallel and distributed computation http://www.mit.edu/~jnt/parallel.html (2021/03/25)

Otros Materiales de Consulta:

- IEEE Xplore http://ieeexplore.ieee.org/ (2021/03/25)
- Springer Link Books https://link.springer.com/ (2021/03/25)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Tareas	25%
	Proyecto final	25%
	Exposición de temas selectos de investigación	30%
	Examen final	20%
	Total	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Geometría Computacional

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La geometría computacional es una rama de las ciencias de la computación que estudia los algoritmos que pueden enunciarse en términos de conceptos geométricos. Muchos de estos conceptos tienen aplicación en la robótica.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El estudiante será capaz de resolver problemas diversos en el ámbito del cómputo científico mediante herramientas de geometría computacional

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción
Objetivos particulares
El estudiante entenderá los conceptos fundamentales relacionados con la geometría computacional.
Temas
1.1 Degeneraciones y Robustez 1.2 Dominios de aplicación

UNIDAD 2
Intersección de segmentos de línea
Objetivos particulares
Temas
2.1 La lista de bordes doblemente conectada 2.2 Cálculo de la sobreposición de dos subdivisiones 2.3 Operaciones Booleanas

UNIDAD 3
Triangulación de polígonos
Objetivos particulares
El estudiante identificará y analizará las diferencias entre los diversos sensores para su uso en la robótica móvil.
Temas
3.1 El problema del guardia de la galería de arte 3.2 Particionado de un polígono en piezas monótonas 3.3 Triangulación de un polígono monótono

UNIDAD 4
Diagramas de Voronoi y Triangulación de Delaunay
Objetivos particulares
Temas
4.1 Propiedades básicas de los diagramas de Voronoi 4.2 Computo de los diagramas de Voronoi 4.3 Triangulación de un conjunto planar de puntos 4.4 Triangulación de Delaunay

UNIDAD 5
Envolventes Convexos
Objetivos particulares
Temas
5.1 Complejidad de los envolventes convexos en el espacio 3D 5.2 Cálculo del envolvente convexo 5.3 Envolventes convexos y la intersección del espacio medio 5.4 Relación con los diagramas de Voronoi

UNIDAD 6
Particiones binarias del espacio
Objetivos particulares
Temas
6.1 Definición de los árboles BSP 6.2 Los árboles BSP y el algoritmo del pintor 6.3 Construcción del árbol BSP

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Exposición oral por parte del facilitador • Exposiciones orales por parte de los estudiantes • Elaboración de proyectos prácticos • Implementación y desarrollo en plataformas robóticas existentes

EQUIPO NECESARIO
• Computadora personal • Estaciones de trabajo del laboratorio de robótica

BIBLIOGRAFÍA
Bibliografía principal: • De Berg, Mark, et al. ***Computational geometry***. Springer Berlin Heidelberg, 2000. **Bibliografía complementaria:**

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
• The Computational Geometry Algorithms Library http://www.cgal.org (2021/03/25)

Otros Materiales de Consulta:
• IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (2021/03/25) • Springer Link Books https://link.springer.com/ (2021/03/25)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Tareas y exposiciones	45%
	Proyecto final	45%
	Asistencia y participación	10%
	Total	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Doctorado en Inteligencia Artificial)

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Interacción humano-máquina: juegos serios (serious games)

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La interacción humano-máquina (IHM) tiene como objetivo investigar el uso de tecnología de tal manera que la interacción entre ésta y el humano sea lo más cercana a la interacción humano – humano. Actualmente con los avances tecnológicos existen en el mercado sensores que perciben estímulos del ambiente tratando de emular los sentidos propios del ser humano; de tal forma que pueden facilitar la interacción entre el humano y la máquina o computadora. Asimismo, gracias a estos avances, dentro de la IHM se encuentra la rama llamada: “serious games”. Estos juegos tienen como objetivo ayudar al jugador a lograr un propósito específico utilizando los componentes de entretenimiento y compromiso provenientes de la experiencia del juego.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El estudiante: • Conocerá el ambiente Unity para desarrollar interfaces humano-máquina orientadas a juegos serios (serious games) utilizando sensores como Leap motion controller y Myo armband.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Interfaces humano-máquina orientadas a serious games
Objetivos particulares
Conocer fundamentos sobre serious games.
Temas
1.1 ¿Qué es un serious game? 1.2 Beneficios de serious games 1.3 Etapas en el diseño de un videojuego

UNIDAD 2
Introducción a Unity
Objetivos particulares
Conocer el ambiente Unity
Temas
2.1 Creando el ambiente de juego 2.2 Creando Game Objects 2.3 Scripting the Game

UNIDAD 3
Uso del sensor Leap motion controller
Objetivos particulares
Conocer el sensor Leap motion controller
Temas
3.1 Aplicaciones realizadas con este sensor en la literatura 3.2 Uso del API (application programming interface) 3.3 Integración de Leap motion controller con Unity 3.4 Ventajas y desventajas

UNIDAD 4
Uso del sensor Myo armband
Objetivos particulares
Conocer el sensor Myo armband
Temas
4.1 Aplicaciones realizadas con este sensor en la literatura 4.2 Uso del API 4.3 Integración del Myo armband con Unity 4.4 Ventajas y desventajas

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

ESTRATEGIA METODOLÓGICA DE APRENDIZAJE

- Exposición de motivos y metas
- Búsqueda de fuentes de información
- Lectura, síntesis e interpretación
- Imitación de modelos
- Planteamiento de hipótesis
- Consulta en fuentes de información
- Exposición. Con apoyo tecnológico variado
- Discusión grupal
- Ejecución de técnicas y metodologías

ESTRATEGIA METODOLÓGICA DE ENSEÑANZA

- Asesorías personalizadas
- Dirección de prácticas
- Lecturas comentadas
- Tareas para estudio independiente
- Aprendizaje basado en problemas
- Discusión grupal dirigida
- Organización de grupos colaborativos
- Exposición con apoyo tecnológico variado

APOYO EDUCATIVO DE MATERIAL DIDÁCTICO

- Artículos
- Presentaciones multimedia
- Demostraciones con software especializado

EQUIPO NECESARIO

- Computadora personal

- Acceso a Internet

- Software:
  - Motor de video juegos Unity

- Hardware:
  - Leap motion controller
  - Myo armband

BIBLIOGRAFÍA

FUENTES DE INFORMACION

1. Michael, D. R., & Chen, S. L. (2006). **Serious games: Games that educate, train, and inform**. Thomson Course Technology PTR.
2. Granic, I., Lobel, A., & Engels, R. C. (2014). **The benefits of playing video games**. American Psychologist, 69(1), 66.
3. Zyda, M. (2005). **From visual simulation to virtual reality to games**. Computer, 38(9), 25-32.
4. Lécuyer, A., Lotte, F., Reilly, R. B., Leeb, R., Hirose, M., & Slater, M. (2008). **Brain-computer interfaces, virtual reality, and videogames**. IEEE Computer, 41(10), 66-72.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):

1. Learning ressources http://unity3d.com/learn: (2021/03/26)
2. Leap Motion SDK and Plugin Documentation https://developer-archive.leapmotion.com/documentation/index.html (2021/08/26).
3. Myo armband SDK. https://developer.thalmic.com (2017/01/17)
4. Thalmic Labs. https://github.com/thalmiclabs (2021/03/26)

EVALUACIÓN

SUMATIVA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	• Reportes de lectura (forma, fondo, redacción)	15%
	• Prácticas en clase	30%
	• Proyecto final (metodología, experimentos, resultados, reporte escrito)	45%
	• Un examen teórico-práctico	10%
	Total	100%

Elaboró: Dra. Ericka Janet Rechy Ramírez.

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Introducción a la Robótica Móvil

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La robótica móvil es fundamental para entender la robótica moderna.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El estudiante será capaz de resolver problemas básicos relacionados con la robótica móvil y de servicio utilizando diversas herramientas adaptadas de IA, como son el computo embebido y en tiempo real.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Locomoción
Objetivos particulares
El estudiante adquirirá los conceptos fundamentales para entender los tipos de problemáticas ligadas al desplazamiento de robots móviles.
Temas
1.1 Introducción a la locomoción 1.2 Robots con piernas 1.3 Robots con ruedas 1.4 Robots aéreos, acuáticos y espaciales

UNIDAD 2
Cinemática
Objetivos particulares
El estudiante entenderá el problema de la cinemática directa e inversa en el control de robots móviles.
Temas
2.1 Introducción 2.2 Cinemática Directa 2.3 Cinemática Inversa

UNIDAD 3
Percepción
Objetivos particulares
El estudiante identificará y analizará las diferencias entre los diversos sensores para su uso en la robótica móvil.
Temas
3.1 Tipos de sensores 3.2 Sensores propioceptivos y exteroceptivos 3.3 Sensores activos y pasivos 3.4 Percepción en 2D vs. 3D

UNIDAD 4
Localización
Objetivos particulares
El estudiante analizará los diversos métodos usados para la localización de robots móviles.
Temas
4.1 Construcción de mapas 4.2 Mapas métricos 4.3 Mapas topológicos 4.4 Localización y mapeo simultaneo

UNIDAD 5
Planificación y Navegación autónoma
Objetivos particulares
El estudiante analizará los diversos métodos para la planificación y navegación de forma autónoma.
Temas
5.1 Espacio de configuraciones 5.2 Métodos clásicos 5.3 Métodos estocásticos 5.4 Evitar obstáculos

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
1. Exposición oral por parte del facilitador 2. Exposiciones orales por parte de los estudiantes 3. Elaboración de proyectos prácticos 4. Implementación y desarrollo en plataformas robóticas existentes

EQUIPO NECESARIO
• Computadora personal • Robots móviles

- Estaciones de trabajo del laboratorio de robótica

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía principal:

- Siegwart R. and I. Nourbakhsh, **"Introduction to Autonomous Mobile Robots"**, MIT Press, 2004.
- Dudek G. and M. Jenkin, **"Computational Principles of Mobile Robotics"**, Cambridge University Press, 2000.

Bibliografía complementaria:

- Ulrich Nehmzow, **"Scientific Methods in Mobile Robotics"**, Springer, 2006.
- Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, and Dieter Fox, **"Probabilistic Robotics"**, MIT Press, 2005.
- Howie Choset, Kevin M. Lynch, Seth Hutchinson, George Kantor, Wolfram Burgard, Lydia E. Kavraki, Sebastian Thrun, **"Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations"**, MIT Press, 2005

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):

ROS Documentation http://wiki.ros.org/ (2021/03/26)

Otros Materiales de Consulta:

IEEE Xplore http://ieeexplore.ieee.org/ (2021/03/26)
Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/26)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Tareas y exposiciones	45%
	Proyecto final	45%
	Asistencia y participación	10%
	Total	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Optimización en Ingeniería

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Para valorar el uso de técnicas alternativas de optimización que provee la inteligencia artificial a través del cómputo evolutivo y la inteligencia colectiva, el estudiante del Doctorado en Inteligencia Artificial debe conocer las técnicas que la programación matemática provee para resolver este tipo de problemas de búsqueda. El curso se focaliza en los elementos algorítmicos de estas técnicas de manera que se favorezca su aplicación en diferentes dominios.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El estudiante será capaz de aplicar técnicas de programación matemática para resolver problemas de optimización numérica.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción
Objetivos particulares
El estudiante adquirirá los conceptos fundamentales de la optimización numérica.
Temas
1.1 Perspectiva histórica 1.2 Tipos de problemas de optimización 1.3 Conceptos fundamentales

UNIDAD 2
Métodos para funciones de una variable
Objetivos particulares
El estudiante identificará y aplicará métodos de optimización para funciones de una sola variable.
Temas
2.1 Búsqueda exhaustiva 2.2 Método de la fase de acotamiento 2.3 Métodos basados en eliminación de regiones

2.4 Métodos de aproximación polinomial

UNIDAD 3
Métodos para funciones de varias variables
Objetivos particulares
El estudiante identificará y aplicará métodos de optimización para funciones de varias variables.
Temas
3.1 Criterios y condiciones de optimalidad 3.2 Métodos directos 3.3 Métodos indirectos

UNIDAD 4
Optimización en espacios restringidos
Objetivos particulares
El estudiante identificará y aplicará métodos de optimización para funciones de varias variables en espacios restringidos.
Temas
4.1 Condiciones de Kuhn-Tucker 4.2 Teorema de la necesidad de Kuhn-Tucker 4.3 Teorema de la suficiencia de Kuhn-Tucker 4.4 Métodos de transformación

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

1. Exposición oral por parte del facilitador
2. Exposiciones orales por parte de los estudiantes
3. Elaboración de proyectos prácticos
4. Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO

- Computadora personal
- Estaciones de trabajo del laboratorio de cómputo bio-inspirado del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía principal:

- Kalyanmoy Deb, **Optimization for Engineering Design. Algorithms and Examples**, Prentice-Hall of India, New Delhi, 1995.

Bibliografía complementaria:

- Singiresu S. Rao, **Engineering Optimization. Theory and Practice**, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1996.
- G.V. Reklaitis, A. Ravindran and K.M. Ragsdell, **Engineering Optimization. Methods and Applications**, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1983.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
N/A

Otros Materiales de Consulta:
IEEE Xplore http://ieeexplore.ieee.org/ (2021/03/27) Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/27)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Tareas	50%
	Proyecto final	25%
	Examen medio término	10%
	Examen final	15%
	Total	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Optimización Evolutiva Multi-Objetivo

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Muchos problemas de búsqueda y optimización del mundo real suelen modelarse de manera más sencilla si se contemplan más de un objetivo. Al igual que en los problemas de optimización de un solo objetivo, los problemas multi-objetivo pueden ser resueltos con técnicas clásicas agrupadas dentro de la toma de decisiones multi-criterio. Sin embargo, existen instancias donde dichas técnicas no pueden ser aplicadas o los resultados obtenidos no son los esperados. De ahí se abre toda un área de aplicación de los algoritmos evolutivos para resolver este tipo de problemas, pues al ser poblacionales, estos algoritmos pueden proveer de un conjunto de soluciones compromiso entre objetivos en una sola ejecución. El estudio y aplicación de estos algoritmos forma parte de los conocimientos que un estudiante del Doctorado en Inteligencia Artificial debe tener, derivado de su amplia aplicabilidad en diferentes dominios.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El estudiante será capaz de resolver problemas de optimización multi-objetivo, utilizando algoritmos evolutivos y de inteligencia colectiva.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción a la optimización multi-objetivo
Objetivos particulares
El estudiante adquirirá los conceptos fundamentales de la optimización evolutiva multi-objetivo.
Temas
1.1 Definición del problema de optimización multi-objetivo 1.2 Tipos de problemas multi-objetivo 1.3 Conceptos fundamentales 1.4 Revisión histórica

UNIDAD 2
Algoritmos evolutivos multi-objetivo
Objetivos particulares
El estudiante identificará, implementará y aplicará diferentes tipos de algoritmos evolutivos multi-objetivo para resolver instancias del problema.
Temas
2.1 Funciones de agregación 2.2 Técnicas basadas en jerarquización de Pareto 2.3 Técnicas basadas en descomposición

UNIDAD 3
Experimentación con algoritmos evolutivos multi-objetivo
Objetivos particulares
El estudiante conocerá y resolverá funciones de prueba y evaluará sus resultados con métricas, ambas encontradas en la literatura especializada
Temas
3.1 Funciones de prueba para optimización multi-objetivo sin restricciones 3.2 Funciones de prueba para optimización multi-objetivo con restricciones 3.3 Métricas basadas en distancia al verdadero frente de Pareto 3.4 Métricas basadas en la distribución de elementos en el frente de Pareto 3.5 Métricas basadas en la cantidad de elementos en el frente de Pareto

UNIDAD 4
Temas avanzados
Objetivos particulares
El estudiante conocerá sobre temas avanzados del área
Temas
4.1 Teoría de los algoritmos evolutivos multi-objetivo 4.2 Incorporación de preferencias 4.3 Optimización con múltiples (más de tres) objetivos 4.4 Optimización dinámica multi-objetivo

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
1. Exposición oral por parte del facilitador 2. Exposiciones orales por parte de los estudiantes 3. Elaboración de proyectos prácticos 4. Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO
• Computadora personal • Estaciones de trabajo del Laboratorio de Cómputo Bio-inspirado del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía principal:

- C.A. Coello Coello, D.A. Van Veldhuizen and G. Lamont, **Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems**, 2nd Edition, Springer, 2007, ISBN 978-0-387-36797-2.

Bibliografía complementaria:

- K. Deb, **Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms**, Wiley, 2001, ISBN: 978-0-471-87339-6.
- J. Branke, K. Deb, K. Miettinen, R. Slowiński, **Multiobjective Optimization Interactive and Evolutionary Approaches**, Springer, 2008, ISBN 978-3-540-88908-3.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):

N/A

Otros Materiales de Consulta:

IEEE Xplore http://ieeexplore.ieee.org/ (2021/03/26)
Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/26)

EVALUACIÓN

SUMATIVA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	Tareas	50%
	Proyecto final	25%
	Examen medio término	10%
	Examen final	15%
	Total	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
(Doctorado en Inteligencia Artificial)

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Optimización Heurística

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Un alto porcentaje de las tareas cotidianas necesarias para el desarrollo eficiente de la industria, la ciencia y las comunidades involucran problemas de optimización combinatoria NP-duros. Estos problemas deben ser resueltos mediante el uso de herramientas computacionales capaces de adaptarse a diferentes escenarios y obtener buenas soluciones sin consumir altos volúmenes de recursos. La optimización heurística se enfoca en el desarrollo y aplicación de algoritmos eficientes para encontrar soluciones de calidad a problemas de optimización NP-duros. En este curso se revisarán problemas clásicos de optimización combinatoria y estrategias heurísticas que permiten resolverlos de manera eficiente.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Que el estudiante adquiera los conocimientos, herramientas y guías necesarias para implementar algoritmos heurísticos de alto desempeño para problemas de optimización combinatoria NP-duros, aplicando estrategias de diseño y análisis que optimicen el uso de recursos. Que el estudiante identifique, describa y aplique estrategias heurísticas efectivas para el desarrollo de sistemas inteligentes de alta calidad. Que el estudiante sea capaz de identificar y resolver problemas combinatorios NP-duros en entornos nuevos o poco conocidos, aplicando métodos de optimización heurística que se ajusten a las necesidades de un proyecto.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción a la Optimización Heurística
Objetivos particulares
Conocer los conceptos básicos de la asignatura y comprender la complejidad de los problemas de optimización combinatoria NP-duros y la necesidad del uso de estrategias heurísticas.
Temas

1.1 Problemas de optimización combinatoria
1.2 Espacio de búsqueda para problemas de optimización combinatoria
1.3 Problemas de optimización combinatoria clásicos NP-duros
1.4 Búsqueda exhaustiva
1.5 Algoritmos aproximados: heurísticas y metaheurísticas
1.6 Escalado de colina (Hill-climbing)

UNIDAD 2
Métodos Tradicionales de Búsqueda
Objetivos particulares
Conocer e implementar algoritmos de búsqueda tradicionales para problemas de optimización combinatoria.
Temas
2.1 Búsqueda local 2.2 Programación lineal: el método simplex 2.3 Algoritmos voraces 2.4 Divide y vencerás 2.5 Programación dinámica 2.6 Branch and bound 2.7 Algoritmo A*

UNIDAD 3
Optimización Heurística basada en Búsquedas Locales.
Objetivos particulares
Conocer e implementar estrategias de búsqueda que permiten escapar de óptimos locales en la solución de problemas de optimización combinatoria.
Temas
3.1 Exploración y explotación del espacio de búsqueda 3.2 Características de técnicas de búsqueda basadas en trayectorias 3.3 Recocido simulado 3.4 Búsqueda tabú

UNIDAD 4
Optimización heurística basada en Poblaciones.
Objetivos particulares
Conocer e implementar metaheurísticas poblacionales del estado del arte para la solución de problemas de optimización combinatoria.
Temas
4.1 Características de técnicas de búsqueda poblacionales 4.2 Algoritmos genéticos 4.3 Algoritmos meméticos

4.4 Optimización de colonia de hormigas 4.5 Optimización de nubes de partículas
UNIDAD 5
Caracterización y Análisis Experimental de Heurísticas.
Objetivos particulares
Conocer y aplicar estrategias para estudiar y mejorar el desempeño de algoritmos heurísticos.
Temas
5.1 Caracterización del proceso de optimización 5.2 Análisis de la estructura del espacio de búsqueda 5.3 Estudio de fenómenos de transición de fase 5.4 Análisis de la estructura de las soluciones óptimas 5.5 Análisis del proceso de optimización 5.6 Configuración de parámetros

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

ESTRATEGIA METODOLÓGICA DE APRENDIZAJE

- Exposición de motivos y metas
- Búsqueda de fuentes de información
- Lectura, síntesis e interpretación
- Imitación de modelos
- Planteamiento de hipótesis
- Clasificaciones
- Estudio de casos
- Consulta en fuentes de información
- Exposición con apoyo tecnológico variado
- Discusión grupal
- Ejecución de técnicas y metodologías

ESTRATEGIA METODOLÓGICA DE ENSEÑANZA

- Asesorías personalizadas
- Dirección de prácticas
- Lecturas comentadas
- Tareas para estudio independiente
- Aprendizaje basado en problemas
- Discusión grupal dirigida
- Organización de grupos colaborativos
- Exposición con apoyo tecnológico variado
- Estudio de casos
- Modelaje

APOYO EDUCATIVO DE MATERIAL DIDÁCTICO

- Libros de texto

- Artículos
- Presentaciones multimedia
- Demostraciones con software especializado

EQUIPO NECESARIO

- Computadora personal.
- Acceso a Internet.
- Software de desarrollo para programación en C.

BIBLIOGRAFÍA

FUENTE DE INFORMACIÓN BÁSICA

- Z. Michalewicz, D.B. Fogel. **How to solve it: Modern heuristics**. Springer, Corrected Third Printing 2002.

- Hromkovič, Juraj. **Algorithmics for hard problems: introduction to combinatorial optimization, randomization, approximation, and heuristics**. Springer Science & Business Media, 2013.

- Onwubolu, Godfrey C., and B. V. Babu. **New optimization techniques in engineering**. Vol. 141. Springer, 2013.

- V. J. Rayward-Smith, I. H. Osman, C. R. Reeves, G. D. Smith. **Modern Heuristic Search Methods**. Wiley, 1996.

- J. Dréo, A. Pétrowski, P. Siarry, E. Taillard. **Metaheuristics for Hard Optimization: Methods and Case Studies**. Springer, 2005.

- El-Ghazali Talbi. **Metaheuristics: From Design to Implementation**. Wiley, 2009.

- Du, Ke-Lin, and M. N. S. Swamy. **Search and Optimization by Metaheuristics: Techniques and Algorithms Inspired by Nature**. Springer, 2016.

FUENTE DE INFORMACION COMPLEMENTARIA

- Lee, Kwang Y., and Mohamed A. El-Sharkawi, eds. **Modern heuristic optimization techniques: theory and applications to power systems**. Vol. 39. John Wiley & Sons, 2008.

- S. Russel, P. Norvig. **Artificial Intelligence: A modern approach**. Prentice Hall, Second edition, 2002.

- Maringer, Dietmar G. **Portfolio management with heuristic optimization**. Vol. 8. Springer Science & Business Media, 2006.

- Garey M. R., Jonson D. S. **Computers and Intractability: A Guide to the Theory of**

NP-Completeness. W. H. Freeman and Company, 1979. A classic introduction to the field.

- Stützle, Thomas, M. Birattari, and H. H. Hoos. **Engineering stochastic local search algorithms**. International workshop, SLS. Vol. 4638. 2007.

- Zeng G., Lu Y. **Survey on computational complexity with phase transitions and extremal optimization**. Proceedings of 48th IEEE Conference on Decision and Control and 28th Chinese Control Conference Shanghai, P.R. China, December 16-18, 2009.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):

- Material en línea de curso de Optimización Heurística, Universidad de Birmingham http://web.mat.bham.ac.uk/s.z.nemeth/teaching.htm (2017/01/12)

- Introducción a la Optimización Heurística, Universidad de Birmingham https://web.mat.bham.ac.uk/S.Z.Nemeth/presentations_ho_part_01.pdf (2021/03/26)

- Material en línea de curso de Métodos de Optimización de MIT https://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-093j-optimization-methods-fall-2009/index.htm (2021/03/26)

Otros Materiales de Consulta:

- OR-Library. Colección de instancias de prueba para problemas de Investigación de Operaciones http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/info.html (2021/03/26)

EVALUACIÓN

SUMATIVA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	-Reportes de lectura y reportes técnicos (forma, fondo, redacción).	20%
	-Diseño e implementación de algoritmos (estructura del código, análisis de resultados, documentación, reporte técnico).	30%
	-Proyecto final (metodología, experimentos, resultados, reporte técnico).	20%
	- Tres exámenes teórico-prácticos.	30%
	Total	100%

Elaboró: Dra. Marcela Quiroz Castellanos

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Reconocimiento de Patrones y Aprendizaje

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
El reconocimiento de patrones busca identificar o reconocer patrones o configuraciones en conjuntos de datos. Para hacer la identificación explicita se emplean modelos de diversas características y parámetros que se busca ajustar a los datos minimizando un error. Por otro lado reconocer implica identificar algo que ya se conocía o se había aprendido. De esta manera el reconocimiento de patrones y el aprendizaje se encuentran directamente relacionados. En este curso se examinarán modelos deterministas y probabilísticos para ajustarlos a los datos. Se emplea el enfoque complementario de aprendizaje e inferencia. Cuando los parámetros del modelo se determinan a partir de un conjunto de ejemplos hablamos de aprendizaje. Cuando se da un patrón desconocido y se deduce u obtiene la probabilidad de pertenencia a diferentes clases estamos hablando de inferencia. En esta experiencia educativa se promueve el desarrollo de habilidades para transmitir y asimilar conocimientos indispensables para el exitoso desempeño del estudiante del doctorado, al mismo tiempo que promueve el auto-aprendizaje y el trabajo en equipo con la finalidad de resolver un problema común.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Proporcionar al estudiante los conocimientos y técnicas para reconocer patrones en datos. Esto tiene utilidad en la investigación y en el desarrollo de aplicaciones.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción
Objetivos particulares
Conceptos introductorios, patrones, ajuste de modelos, teoría de probabilidad, teoría de la información
Temas
1.1 Sistemas de reconocimiento de patrones 1.2 El ciclo de diseño de sistemas de reconocimiento de patrones 1.3 Motivación del uso de modelos. Ajuste de curvas polinomiales a datos. 1.4 Teoría de Probabilidad 1.5 Selección de Modelos 1.6 Pros y contras de usar más dimensiones o parámetros 1.7 Teoría de decisión 1.8 Teoría de información 1.9 Aprendizaje y adaptación

UNIDAD 2
Distribuciones de probabilidad
Objetivos particulares
Revisar las distribuciones de probabilidad más útiles en el reconocimiento de patrones y el aprendizaje.
Temas
2.1 Variables binarias y la distribución beta.
2.2 Variables multinomiales y la distribución de Dirichlet.
2.3 La distribución Gaussiana y sus propiedades.
2.4 La familia exponencial 2.5 Métodos no paramétricos
UNIDAD 3
Modelos lineales para regresión
Objetivos particulares
Comprender y aplicar modelos lineales para regresión
Temas
3.1 Modelos de funciones base lineales
3.2 La descomposición sesgo-varianza
3.3 Regresión lineal Bayesiana
3.4 Comparación de modelos Bayesianos
3.5 La aproximación de evidencia
3.6 Limitaciones de funciones base fijas

UNIDAD 4
Modelos lineales para clasificación
Objetivos particulares
Conocer y aplicar los modelos lineales para clasificación
Temas
4.1 Funciones discriminantes
4.2 Modelos probabilísticos generativos
4.3 Modelos probabilísticos discriminativos
4.4 Aproximación de Laplace
4.5 Regresión logística Bayesiana

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Exposición de motivos y metas
- Búsqueda de fuentes de información
- Lectura, síntesis e interpretación
- Construcción de modelos
- Planteamiento de hipótesis
- Clasificaciones
- Estudio de casos
- Consulta en fuentes de información
- Exposición, con apoyo tecnológico variado
- Discusión grupal
- Ejecución de técnicas y metodologías

EQUIPO NECESARIO

- Computadora
- Proyector
- Pizarrón y plumones
- Centro de Cómputo
- Software Especializado

BIBLIOGRAFÍA

- Bishop Christopher M. ***Pattern recognition and machine learning.*** Springer, Singapore, 2006.
- Duda Richard O., Hart Peter E., Stork David G. ***Pattern Classification.*** Wiley. 2001.
- Flach Peter. **Machine learning: The art and science of algorithms that make sense of data.** Cambridge University Press. 2012.

- Goodfellow Ian, Bengio Yoshua, Courville Aaron. **Deep learning**. MIT Press. 2016.
- Murphy Kevin P. ***Machine learning: A probabilistic perspective*.** MIT Press. 2012.
- Prince Simon J.D. ***Computer vision: models, learning and inference***. Cambridge University Press, 2012.
- Koller Daphne and Friedman Nir. ***Probabilistic Graphical Models, principles and techniques.*** MIT Press. 2009.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
N/A

Otros Materiales de Consulta:
• Serie de Proceedings de IJCAI • Serie de Proceedings de AAAI. • Revista Artificial Intelligence • Revista Machine Learning • Serie de Proceedings de MICAI • Revista Pattern Recognition • Revista IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	Proyecto Final	20%
	Exposición de un Tema Selecto	10%
	Tareas y Trabajos	70%
	Total	100 %

Elaboró: Dr. Homero Vladimir Ríos Figueroa.

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Redes Bayesianas

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Presentar a las redes Bayesianas como una combinación de la teoría de la probabilidad y la teoría de grafos.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Que el estudiante comprenda el aprendizaje e inferencia con redes Bayesianas así como sus aplicaciones.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción
Objetivos particulares
Temas
1.1. Modelos Gráficos: la combinación de la teoría de la probabilidad y la teoría de grafos 1.2. Redes Bayesianas 1.3. El problema de aprendizaje en redes bayesianas: aprendizaje de la estructura. Aprendizaje de los parámetros. Propagación de probabilidades. Datos faltantes. Variables latentes.

UNIDAD 2
Fundamentos
Objetivos particulares
Temas
2.1. Axiomas de la Teoría de la Probabilidad 2.2. Probabilidad conjunta 2.3. Probabilidad condicional

2.4. Independencia marginal e independencia condicional 2.5. Ley de probabilidad total 2.6. Teorema de Bayes 2.7. Variables aleatorias 2.8. Distribuciones de probabilidad conjunta 2.9. Gráficas (Grafos) 2.10. Cadenas y trayectorias 2.11. Grafos acíclicos dirigidos 2.12. La condición de Markov 2.13. Definición formal de una red bayesiana 2.14. El criterio de separación direccional (d-separation)

UNIDAD 3
Inferencia
Objetivos particulares
Temas
3.1. Propagación de probabilidades: el algoritmo de paso de mensajes de Pearl 3.2. Inferencia en árboles 3.3. Inferencia en redes conectadas de manera sencilla (singly-connected) 3.4. Inferencia en redes conectadas de manera múltiple (multiply-connected) 3.5. Actualización de creencias 3.6. Revisión de creencias 3.7. Inferencia cualitativa (d-separation) 3.8. Inferencia abductiva

UNIDAD 4
Aprendizaje
Objetivos particulares
Temas
4.1. Aprendizaje de los parámetros: estimación de máxima verosimilitud 4.2. Aprendizaje de la estructura: algoritmos basados en restricciones y algoritmos basados en búsqueda y evaluación 4.3. Clasificación: Naïve Bayes, TAN y redes bayesianas 4.4. Aplicaciones

EQUIPO NECESARIO
Laptop y proyector

BIBLIOGRAFÍA
1. **Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems. Networks of Plausible Inference**. Judea Pearl. Morgan Kaufmann, 1988. 2. **Probabilistic Reasoning in Expert Systems**. Richard E. Neapolitan. Wiley, 1990. 3. **Learning Bayesian Networks**. Richard E. Neapolitan. Pearson Prentice Hall, 2004.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
N/A

Otros Materiales de Consulta:
N/A

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Tareas Examen	50% 50%
	Total	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
REDES NEURONALES

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
Para un profesional de la computación es indispensable identificar cuales problemas pueden resolverse usando técnicas computacionales tradicionales y técnicas pertenecientes a la Inteligencia Artificial. Esto involucra que sepa si la solución computacional de un problema específico puede lograrse dentro de un margen de tiempo razonable. Esta experiencia educativa presenta los modelos que se necesitan para la caracterización de problemas complejos en el tiempo y espacio que, por dichas características, necesitan de soluciones heurísticas e inciertas. En esta experiencia educativa se promueve el desarrollo de habilidades para transmitir y asimilar conocimientos indispensables para el exitoso desempeño del estudiante del doctorado, al mismo tiempo que promueve el auto-aprendizaje y el trabajo en equipo con la finalidad de resolver un problema común.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El objetivo primordial consiste en conocer los fundamentos del conexionismo y de las redes neuronales artificiales. El estudiante identifica soluciones a problemas concretos que se puedan solucionar mediante modelos de computación tradicionales y modelos pertenecientes a las redes neuronales artificiales. El alumno se expondrá a los conceptos relacionados con los fundamentos de la organización del cerebro, las arquitecturas de diferentes tipos de redes neuronales, la solución de problemas usando metodologías de este campo, las herramientas disponibles para construir sistemas expertos basados en RNA's y sistemas híbridos. Aplicará estos métodos de forma novedosa usando estrategias metodológicas como el análisis y resolución de problemas, la implementación en computadora de dichas soluciones, la discusión grupal, la consulta en fuentes de información, entre otras.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción a las Redes Neuronales
Objetivos particulares

Conocer la parte biológica y elemento básicos de las Redes Neuronales
Temas
1.1 Introducción. 1.2 Las Redes Neuronales biológicas. 1.3 Análisis formal. 1.4 Elementos básicos de las Redes Neuronales Artificiales.

UNIDAD 2
Estudio de diversos tipos de redes neuronales y sus aplicaciones
Objetivos particulares
Comparación de modelos clásicos de aprendizaje en las Redes Neuronales
Temas
2.1 Modelos clásicos de aprendizaje supervisado. 2.2 Modelos clásicos de aprendizaje competitivo. 2.3 Modelos de aprendizaje supervisado-competitivo. 2.4 Clasificación de las redes neuronales.
UNIDAD 3
Redes Neuronales, Algoritmos Genéticos y Robótica Evolutiva
Objetivos particulares
Relacionar conceptos de aprendizaje en Redes Neuronales con la Robótica Móvil
Temas
3.1. Implementación de la Robótica Evolutiva usando Redes Neuronales y Algoritmos Genéticos.

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Exposición de motivos y metas
- Búsqueda de fuentes de información
- Lectura, síntesis e interpretación
- Construcción de modelos
- Planteamiento de hipótesis
- Clasificaciones
- Estudio de casos
- Consulta en fuentes de información.
- Exposición, con apoyo tecnológico variado.
- Discusión grupal.
- Ejecución de técnicas y metodologías.

EQUIPO NECESARIO

- Computadora
- Proyector
- Pizarrón y plumones

- Centro de Cómputo
- Software Especializado

BIBLIOGRAFÍA

- Beatty, J., **Principles of Behavioral Neuroscience,** Brown & Benchmark 1995.
- Caudill, M. y Butler, **Understanding Neural Networks: Computer Explorations**, MIT Press 1993.
- Freeman, J. y Skapura, D., **Neural Networks, Algorithms, Applications, and Programming Techniques**. Addision-Wesley 1992.
- Gurney K., **An Introduction to Neural Networks**, UCL Press 1997.
- Nolfi S. y Floreano, D., **Evolutionary Robotics, The Biology, Intelligence, and Technology of Self-Organizing Machines**, The MIT Press 2000.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):

- Introduction to Neural Networks
http://ocw.mit.edu/courses/brain-and-cognitive-sciences/9-641j-introduction-to-neural-networks-spring-2005/ (2021/03/26).

Otros Materiales de Consulta:

- **Neural Networks: A systematic introduction**. Raúl Rojas. Springer Verlag
- **Neural Nets: A theory for Brains and Machines**. A.F. Rocha. Springer Verlag
- **Redes Neuronales Artificiales: Fundamentos, modelos y aplicaciones**. José R. Hilera y Víctor J. Martínez. Alfaomega.
- **Neural Networks: A comprehensive Foundation**. S.S. Haykin. Prentice-Hall.
- **Neural Networks for Pattern Recognition**. Christopher M. Bishop. Oxford University Press.

EVALUACIÓN

SUMATIVA

	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	Proyecto Final	70%
	Exposición de un Tema Selecto	20%
	Trabajos, Discusión y Participación en Clase	10%
	Total	100 %

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Sistemas Multi-Agentes

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
La Inteligencia Artificial (IA) tiene como objeto de estudio a las entidades inteligentes y su comportamiento; pero a diferencia de la filosofía, la psicología, las neurociencias, y demás disciplinas que comparten este objeto de estudio, su meta no tiene que ver únicamente con la comprensión de tales entidades, sino con su construcción. La construcción de agentes racionales constituye la idea central del llamado enfoque moderno de la IA. Ese curso aborda estas cuestiones desde la perspectiva BDI, donde los agentes racionales se conciben como entidades autónomas que poseen creencias (B), deseos (D) e intenciones (I), que les permiten decidir qué hacer, en los actuales entornos computacionales, caracterizados por su ubicuidad, interconexión y distribución.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El estudiante será capaz de resolver problemas complejos que requieran de componentes inteligentes, autónomos y distribuidos.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Ideas
Objetivos particulares
El estudiante identificará los conceptos básicos de la agencia racional y sus fundamentos filosóficos y computacionales.
Temas
1.1 Agencia 1.2 Intencionalidad 1.3 Interacción

UNIDAD 2
Métodos Formales
Objetivos particulares
El estudiante adquirirá las herramientas formales para la especificación, el modelado y la verificación de agentes racionales inteligentes.
Temas
2.1 Lógicas BDI 2.2 AgentSpeak(L)

UNIDAD 3
Programación
Objetivos particulares
El estudiante adquirirá las habilidades de programación para implementar agentes racionales en sistemas de cómputo distribuidos y concurrentes.
Temas
3.1 Programación Orientada a Agentes con Jason 3.2 Medios ambientes 3.3 Comunicación 3.4 Infraestructuras

UNIDAD 4
Interacciones
Objetivos particulares
El estudiante identificará las principales técnicas para establecer acuerdos y establecer cooperaciones entre agentes inteligentes racionales.
Temas
4.1 Utilidades y Preferencias 4.2 Subastas 4.3 Acuerdos 4.4 Cooperación Distribuida

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Exposición oral por parte del facilitador
- Exposiciones orales por parte de los estudiantes
- Elaboración de proyectos prácticos
- Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO

- Computadoras Personales
- Red de Cómputo del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA

- Guerra-Hernández, A. ***Sistemas Multi-Agentes: Notas del Curso***. Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial, Universidad Veracruzana, 2015.

- Bordini, R.H., Hübner, J.F., y Wooldridge, M. ***Programming Multi-Agent Systems in Agent-Speak using Jason***. John Wiley & Sons Ltd, 2007.

- Bordini, R.H., Dastani, M., Dix, J., y El-Fallah-Seghrouchni, A. ***Programming Multi-Agent Systems***. Lecture Notes in Artificial Intelligence 44. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006.

- Weiß, G. editor. ***Multiagent Systems***. MIT Press, Cambridge, MA., USA, segunda edición, 2013.

- Wooldridge, M. ***An Introduction to MultiAgent Systems***. John Wiley & Sons, LTD, West Sussex, England, segunda edition, 2009.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):

- Material del curso https://www.uv.mx/personal/aguerra/sma/ (2021/03/29)

- Página oficial de Jason http://jason.sourceforge.net/wp/ (2021/03/29)

- Página oficial de CartAgO http://cartago.sourceforge.net (2021/03/29)

- Página oficial de Jade https://jade.tilab.com/ (2021/03/29)

Otros Materiales de Consulta:
• Página oficial de Java https://www.oracle.com/java/index.html (2021/08/29)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Tareas	50%
	Proyecto final	25%
	Examen medio término	10%
	Examen final	15%
	Total	100%

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
Doctorado en Inteligencia Artificial

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Cómputo Evolutivo

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
El proceso de búsqueda es inherente a una gran cantidad de técnicas propias de la Inteligencia Artificial (IA), de ahí que, además de las técnicas de búsqueda basadas en trayectoria que se presentan en los cursos introductorios a la IA, la formación que plantea el Doctorado en Inteligencia Artificial contempla el manejo de técnicas de búsqueda poblacionales como lo son los algoritmos evolutivos y de inteligencia colectiva.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
El estudiante será capaz de resolver problemas complejos de búsqueda, principalmente problemas de optimización, utilizando algoritmos evolutivos y de inteligencia colectiva.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Introducción al Cómputo Inteligente
Objetivos particulares
El estudiante adquirirá los conceptos fundamentales del cómputo inteligente y de sus paradigmas representativos.
Temas
1.1 Inteligencia Artificial, definiciones y debate 1.2 Cómputo Inteligente, definiciones y objetivo 1.3 Paradigmas 1.4 Hibridación

UNIDAD 2
Algoritmos evolutivos
Objetivos particulares
El estudiante identificará los elementos de un algoritmo evolutivo de manera que

pueda diseñar uno de manera particular. El estudiante identificará los principales paradigmas del cómputo evolutivo
Temas
2.1 Perspectiva histórica 2.2 Elementos de diseño 2.3 Algoritmos genéticos 2.4 Estrategias evolutivas 2.5 Programación evolutiva 2.6 Evolución diferencial

UNIDAD 3
Inteligencia Colectiva
Objetivos particulares
El estudiante identificará los principales paradigmas de la inteligencia colectiva
Temas
3.1 Optimización mediante cúmulos de partículas 3.2 Colonia artificial de abejas 3.3 Optimización mediante el forrajeo de bacterias

UNIDAD 4
Sistemas Inmunes Artificiales
Objetivos particulares
El estudiante identificará los elementos principales de los sistemas inmunes artificiales
Temas
4.1 Elementos del sistema inmune natural 4.2 Elementos del sistema inmune artificial 4.3 Selección negativa 4.4 Clonalg

UNIDAD 5
Temas Avanzados
Objetivos particulares
El estudiante profundizará en temas relativos a operadores de variación
Temas
5.1 Operadores de cruza para algoritmos genéticos con representación real 5.2 Variantes de evolución diferencial

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS
• Exposición oral por parte del facilitador • Exposiciones orales por parte de los estudiantes • Elaboración de proyectos prácticos • Investigación en bases de datos electrónicas

EQUIPO NECESARIO
• Computadora personal • Estaciones de trabajo del laboratorio de cómputo bio-inspirado del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial

BIBLIOGRAFÍA
Bibliografía principal: • A.P. Engelbrecht, **Computational Intelligence, An Introduction**, 2nd Edition, Wiley, England, 2007, ISBN 978-0-470-03561-0. **Bibliografía complementaria:** • A.E. Eiben and J.E. Smith, **Introduction to Evolutionary Computing**, Springer, Berlin, 2003, ISBN 3-540-40184-9. • A.P. Engelbrecht, **Fundamentals of Computational Swarm Intelligence**, Wiley, 2005. ISBN 13-978-0-470-09191-3. • A.P. Engelbrecht, **Computational Intelligence. An Introduction**, 1st Edition, Wiley, England, 2002, ISBN 0-470-84870-7.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
N/A

Otros Materiales de Consulta:
IEEE Xplore https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp (2021/03/29) Springer Link https://link.springer.com/ (2021/03/29)

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
Forma de Evaluación	Concepto	Porcentaje
	Tareas	50%
	Proyecto final	25%
	Examen medio término	10%
	Examen final	15%
	Total	100%

	UNIVERSIDAD VERACRUZANA **Doctorado en Inteligencia Artificial**	

DATOS GENERALES
Nombre del Curso
Visión por Computadora II

PRESENTACIÓN GENERAL
Justificación
En esta experiencia educativa se estudian los modelos y algoritmos existentes para determinar la profundidad, forma y movimiento 3D de objetos a partir de una o más imágenes. Adicionalmente se promueve el desarrollo de habilidades para transmitir y asimilar conocimientos, al mismo tiempo que promueve el auto-aprendizaje y el trabajo en equipo con la finalidad de resolver un problema común.

OBJETIVOS GENERALES DEL CURSO
Proporcionar al estudiante las bases para modelar problemas de reconstrucción tridimensional y reconocimiento de objetos a partir de imágenes.

UNIDADES, OBJETIVOS PARTICULARES Y TEMAS

UNIDAD 1
Geometría y Física de la formación de imágenes
Objetivos particulares
Comprender los modelos geométricos y físicos de la formación de imágenes
Temas
1.1 Proyección ortográfica
1.2 Proyección perspectiva
1.3 Formación y Sensado de imágenes

UNIDAD 2
Detección de rasgos y correspondencia
Objetivos particulares
Presentar los modelos de rasgos más informativos en las imágenes y como establecer su correspondencia
Temas
2.1 Bordes, contornos, esquinas

2.2 Rasgos invariantes SIFT
2.3 Modelos de correspondencia
UNIDAD 3
Modelos de cámara y calibración
Objetivos particulares
Revisar los modelos de cámaras existentes, los parámetros de calibración y su determinación
Temas
3.1 Modelo físico de cámaras, geometría, sistemas coordenados
3.2 Calibración interior
3.3 Calibración exterior

UNIDAD 4
Estructura 3D a partir de movimiento visual
Objetivos particulares
Comprender los modelos de forma y movimiento 3D a partir de movimiento visual en el plano de la imagen
4.1 Experimento de Ullman
4.2 Flujo óptico y su relación con la distribución espacial y de movimiento del mundo 3D
4.3 Cálculo del flujo óptico
4.4. Interpretación del flujo óptico
4.5 Estructura a partir de la correspondencia de rasgos en imágenes en el tiempo

UNIDAD 5
Fotogrametría, Visión estereoscópica y Geometría de múltiples vistas
Objetivos particulares
Estudiar los modelos para reconstrucción 3D a partir de 2 o n imágenes
5.1. Geometría de la visión estereoscópica
5.2. El problema de la correspondencia y sus soluciones
5.3. Geometría de múltiples vistas
5.4. Geometría proyectiva y transformaciones 2D
5.5 Geometría proyectiva y transformaciones 3D
5.6 Cálculo de la Matriz de la cámara
5.7. Geometría epipolar y la matriz fundamental
5.8 Reconstrucción 3D

UNIDAD 6
Reconocimiento de objetos

Objetivos particulares
Exponer la relación entre aprendizaje y reconocimiento de objetos y algunos de los modelos más representativos
6.1. Aprendizaje y reconocimiento de patrones
6.2. Rasgos, aprendizaje y reconocimiento de objetos 2D y 3D
6.3 Rasgos invariantes y su aplicación en el reconocimiento de objetos

TÉCNICAS DIDÁCTICAS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Exposición de motivos y metas
- Búsqueda de fuentes de información
- Lectura, síntesis e interpretación
- Construcción de modelos
- Planteamiento de hipótesis
- Clasificaciones
- Estudio de casos
- Consulta en fuentes de información
- Exposición, con apoyo tecnológico variado
- Discusión grupal
- Ejecución de técnicas y metodologías

EQUIPO NECESARIO

- Computadora
- Proyector
- Pizarrón y plumones
- Centro de Cómputo
- Cámara digital
- Sensor de rango (por ejemplo MS Kinect 1 o 2)
- Software Especializado

BIBLIOGRAFÍA

Duda Richard O., Hart Peter E., Stork David G. ***Pattern Classification.*** Wiley. 2001.

Forstner W. and Wrobel B. P. ***Photogrammetric computer vision: statistics, geometry, orientation and reconstruction***. Springer, 2016.

Hartley R. and Zisserman A. ***Multiple view geometry in computer vision***. Cambridge University Press, 2004.

Horn B.K.P. **Robot Vision**. MIT Press, 1986.

Kaehler A. and Bradski G. ***Learning OpenCV 3: Computer Vision in C++ with the OpenCV Library***. O Reilly, 2017.

Prince Simon J.D. ***Computer vision: models, learning and inference***. Cambridge University Press, 2012.

Szeliski Richard. ***Computer Vision: Algorithms and Applications***. Springer, 2010

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS (última fecha de acceso):
N/A

Otros Materiales de Consulta:

- Revista Artificial Intelligence
- Revista Machine Learning
- Revista International Journal of Computer Vision
- Revista Pattern Recognition
- Revista IEEE Pattern Analysis and Machine Intelligence

EVALUACIÓN		
SUMATIVA		
	Concepto	Porcentaje
Forma de Evaluación	Proyecto Final	40%
	Exposición de un Tema Selecto	5%
	Examen	5%
	Tareas y Trabajos	50%
	Total	100 %

Elaboró: Dr. Homero Vladimir Ríos Figueroa (2018-10-09)

B. **Plan de Autoevaluación Anual**

CATEGORÍA ESTRUCTURA Y PERSONAL ACADÉMICO DEL PROGRAMA

1. **Plan de estudios**

1.1 **Justificación del Programa**: El Doctorado en Inteligencia Artificial (DIA) es un programa presencial de tiempo completo orientado a la investigación impartido en el Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial (IIIA) de la Universidad Veracruzana y tiene una duración de 4 años. El programa surge como la evolución natural del programa de Maestría en Inteligencia Artificial (MIA), impartido también en el instituto, para formar investigadores en el área, cada vez más requeridos en la academia y en los sectores productivos, para resolver problemas de frontera mediante técnicas de Inteligencia Artificial.

1.2 **Objetivos**: El objetivo principal del DIA es proporcionar al estudiante las herramientas y conocimientos avanzados de IA para que sea capaz de desarrollar investigación de frontera para proponer y desarrollar soluciones prácticas a problemas complejos del mundo real. Las metas del programa son: (1) mantener una matrícula con candidatos de excelencia seleccionados mediante un riguroso proceso de reclutamiento, (2) lograr que al menos el 50% de los egresados se titule en tiempo, (3) que cada estudiante en conjunto con su director de tesis genere al menos un artículo indizado; (4) que todo estudiante realice al menos una estancia de investigación fuera del instituto, (5) cumplir al 100% con los requisitos establecidos por CONACyT para que el doctorado se mantenga dentro del PNPC.

1.3 **Perfil de ingreso:** El aspirante deberá contar con interés genuino por la investigación, así como competencias orientadas a la resolución de problemas, tener conocimientos básicos/intermedios en IA, programación y matemáticas. Deberá demostrar una buena comunicación oral y escrita, tanto en español como en inglés, capacidad de abstracción y formalización de modelos de la realidad, efectuar razonamientos inductivos y deductivos. Por otra parte, deberá contar con buena actitud para aprender por su cuenta, así como disposición para trabajo individual y en equipo. Deberá tener compromiso para dedicarse a sus estudios de doctorado con disciplina, honestidad y responsabilidad, tener respeto y empatía con las personas con quienes estudia y apertura al diálogo, comprensión y tolerancia hacia la diversidad cultural.

1.4 **Perfil de egreso:** El egresado contará con una base sólida de competencias para realizar investigación de frontera, así como para dedicarse a la docencia. Tendrá conocimientos teóricos/prácticos avanzados en áreas de la IA. Dichos conocimientos le permitirán integrarse a la academia o a la esfera productiva con las capacidades suficientes para detectar aplicaciones novedosas de las técnicas aprendidas. Finalmente, el egresado podrá interactuar con usuarios de otras áreas y proponer proyectos y/o productos científicos y tecnológicos innovadores.

1.5 **Mapa Curricular:** El programa de Doctorado es flexible, pudiéndose cursar en un periodo de cuatro años. Se debe cumplir el requisito de publicar un trabajo de calidad internacional, siempre a juicio de un comité académico. El mapa curricular se divide en dos partes: (1) formación para la investigación con 128 créditos en total y (2) formación disciplinar con 32 créditos en total. La formación para la investigación consta de 8 seminarios de investigación de 16 créditos cada uno, los cuales están dirigidos a que el estudiante logre una publicación de calidad internacional. La formación disciplinar consta de 4 cursos optativos. El director de tesis selecciona aquellos que sean más adecuados para la formación del estudiante. Existe la apertura para tomar cursos fuera del instituto en otros Institutos, Centros y Facultades de la Universidad Veracruzana. Además, existe la posibilidad de acreditar cursos optativos mediante publicaciones indizadas. Finalmente se tiene una actividad académica de desarrollo tecnológico, otra de estancia de investigación, publicaciones y examen pre-doctoral con 16, 24, 16, 16 créditos, respectivamente.

1.6 **Actualización del plan de estudios:** La Academia del Doctorado en Inteligencia Artificial designó una comisión para realizar la propuesta de renovación del plan de estudios. Los puntos importantes que consideraron fueron: (1) con base en un estudio de mercado analizar las necesidades actuales en el sector productivo, gobierno y educativo, de especialistas a nivel doctoral en Inteligencia Artificial, y (2) aumentar la flexibilidad del plan de estudios para permitir que el estudiante obtenga créditos mediante publicaciones y estancias, sin estar asociadas a cursos optativos.

1.7 **Opciones de graduación:** Se tiene una opción de graduación única que consiste en el desarrollo de un proyecto de tesis, el cual se defiende ante un jurado designado por el Consejo Técnico del Instituto.

1.8 **Idioma:** Debido a que prácticamente la totalidad del material bibliográfico del área se encuentra escrito en inglés; para el ingreso se solicita haber acreditado 500 puntos en el TOEFL ó alguna otra equivalencia (e. g. IELTS 4, Exaver 3, TOEFL iBT 41-72).

1.9 **Actividades complementarias al plan de estudios:** Se favorece y fomenta la asistencia de los estudiantes a congresos especializados a nivel internacional y nacional.

1.10 **Flexibilidad curricular actual:** El proceso de planeación de la trayectoria curricular se hace en conjunto con el estudiante y el director de tesis. El programa está estructurado en ocho semestres en los cuales se dividen las materias de formación para la investigación y formación disciplinar. La formación para la investigación (un seminario por semestre) está orientada a establecer y fortalecer las habilidades propias de la investigación científica de los estudiantes, mostrando avances a su director y al comité tutorial.

La formación disciplinar le permite al director de tesis escoger los cursos optativos adecuados para fortalecer los conocimientos del estudiante en diferentes áreas de la Inteligencia Artificial y que impacten en su actividad de investigación, la cual estará relacionada con alguna de las Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento.

En caso de que el alumno demuestre conocimiento en algunas áreas específicas y que sean afines con su proyecto de investigación, tendrá que contar con el visto bueno del asesor; entonces el estudiante podrá solicitar por escrito la revalidación de créditos previa entrega de la documentación requerida por el artículo 39 del Reglamento General de Estudios de Posgrado (RGEP), habiendo tomado en cuenta el análisis y recomendación del comité tutorial.

1.11 **Evaluación del desempeño académico de los estudiantes**: El desempeño académico de los estudiantes del DIA lo evalúan los profesores respetando la libertad de cátedra. Así mismo, el comité académico del DIA sugiere considerar los siguientes instrumentos de evaluación: exámenes escritos que evalúen conocimiento teórico; trabajos escritos y presentaciones orales que evalúen la capacidad de investigación, análisis, síntesis, argumentación y redacción; e implementación de procedimientos que evalúen la capacidad de abstracción y el diseño de algoritmos.

Se trabaja además en mecanismos de permanencia que garanticen el egreso de los estudiantes. La calificación mínima aceptable para acreditar un curso es de 70 en la escala del 1 al 100.

Adicionalmente a la evaluación cuantitativa del desempeño de alumno, el director de tesis, en su papel de tutor, realiza una supervisión permanente del desarrollo del alumno, considerando aspectos más generales como lo son la satisfacción en el ambiente de trabajo o los problemas enfrentados durante su desarrollo.

2. **Núcleo académico**

El núcleo académico básico (NAB) del programa está integrado por los miembros de tres Cuerpos Académicos del Instituto: (1) Investigación y Aplicaciones de la Inteligencia Artificial (P-UVER-CA-197), con grado “consolidado”, (2) Investigación y Aplicaciones de la Robótica Inteligente (P-UVER-CA-355), con grado “en consolidación” y (3) Ciencia de Datos, Mecánica Estadística y Simulación de Agentes de Sistemas Complejos (P-UVER-CA-266), con grado “consolidado”.

El núcleo académico básico del doctorado se encuentra integrado por 13 profesores-investigadores de tiempo completo con perfil de Ciencias de la Computación, de los cuales el 100% tiene el grado de doctor. El 92% (12) pertenecen al SNI, donde el 69% (9) del total de miembros del núcleo pertenecen al nivel I, el 7% (1) al nivel III y el 15% (2) corresponde al nivel Candidato.

Además, el 92% (12) del núcleo básico tiene el perfil PRODEP y el 100% de los miembros del núcleo básico obtuvo su grado más alto en instituciones diferentes a la Universidad Veracruzana.

Todos los miembros del núcleo básico participan en los comités tutoriales, en los exámenes de grado, en la comisión de admisión, entre otras. El programa frecuentemente recibe profesores visitantes, como parte de la red de colaboraciones en proyectos de investigación, entre las instituciones nacionales e internacionales con quienes se tiene este tipo de colaboraciones se pueden mencionar las siguientes: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE), Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo del IPN (CIDETEC), INFOTEC, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Universidad Paris 6, Universidad Paris 13 y LAAS en Francia, Universidad de Valencia, Universidad Nacional de San Luis, Argentina, entre otras.

Los participantes en el programa integran la Academia de Inteligencia Artificial, donde se abordan, en reuniones periódicas, la operación del DIA y su integración con la operación de los cuerpos académicos (CA).

El Instituto tiene una presencia importante de profesores visitantes de modo que estas estancias impactan en las colaboraciones y mayormente en el desarrollo de investigación conjunta. Consideramos que la planta académica resulta adecuada al programa.

Como parte del proceso de superación académica y evaluación de la calidad, adicionalmente a los mecanismos externos de evaluación (SNI y PRODEP), los miembros del NAB se someten a la evaluación interna de productividad que promueve la Universidad Veracruzana. En este proceso de retroalimentación participan nuestros estudiantes mediante la evaluación semestral de sus profesores.

Como muestra de la evolución del NAB del DIA se tienen las siguientes evidencias:

El Cuerpo Académico consolidado P-UVER-CA-266 cambió su nombre de “Física Estadística de los Sistemas Complejos“ a “Ciencia de Datos, Mecánica Estadística y Simulación de Agentes de Sistemas Complejos”.

Se integró a este Cuerpo Académico un nuevo investigador con perfil orientado a la vinculación con el sector productivo para fortalecer los trabajos de investigación en Inteligencia Artificial aplicados en la resolución de problemas complejos del entorno local, estatal y nacional.

Los porcentajes de membresía al SNI subieron: 92% de pertenencia al SNI contra 75%, en los niveles I, II. 67% en el nivel I contra 50% anteriormente.

Los miembros del NAB reportan colaboraciones con otros cuerpos Académicos, con Organismos gubernamentales y también generación de artículos científicos, así como de patentes.

3. **Líneas de generación y/o aplicación del conocimiento (LGAC)**

El Instituto dentro de su estructura en CAs comprende tres Líneas de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGACs) asociadas al programa, donde cada una contiene al menos tres miembros del núcleo académico básico.

Aprendizaje Computacional. Esta línea de investigación busca explorar los mecanismos mediante los cuales se pueden implementar algoritmos de aprendizaje que permitan a una computadora mejorar su desempeño a partir de la experiencia. En esta línea se incluyen redes bayesianas, procesamiento digital de imágenes, computación evolutiva, teoría de agentes y cómputo de alto desempeño.

Robótica Inteligente: Se enfoca en el desarrollo de sistemas robóticos capaces de resolver problemas complejos de manera robusta y eficiente. Este tipo de sistemas combinan los desarrollos de diversas temáticas de las Ciencias Computacionales, como son: Visión y Percepción, Sistemas Decisionales, Planificación y Seguimiento de Trayectorias, Navegación y Localización Autónoma e Interfaces Hombre-Máquina, entre otros temas.

Ciencia de Datos, Mecánica Estadística y Simulación de Agentes de Sistemas Complejos: Recientemente la metodología de la mecánica estadística se ha extendido al estudio de sistemas no considerados tradicionalmente por la física, sistemas complejos por ejemplo del tipo biológico, económico o social. Este cuerpo académico estudia y desarrolla métodos de análisis de sistemas complejos económicos, biológicos y de otros tipos (procesamiento de imágenes, autómatas celulares, redes neuronales) mediante metodologías basadas en técnicas y conceptos tales como simulación de agentes.

Las tres LGACs tratan temas de alto interés actualmente en el área de Inteligencia Artificial y tienen impacto en la resolución de problemas en el mundo real (aprendizaje de máquina, robótica, y sistemas complejos) además de que son totalmente congruentes con el plan de estudios, lo que por un lado permite una integración natural de investigación y docencia, y por otro, permite a los estudiantes desarrollar proyectos de tesis vinculados a los proyectos desarrollados por los investigadores, haciendo uso del equipo y laboratorios con que estos cuentan. Así mismo, se ven beneficiados de las relaciones académicas que se tienen con colegas que cultivan estas LGACs en otras instituciones, fomentando la movilidad mediante visitas recíprocas y estancias de estudiantes con colegas externos.

FORTALEZAS	ACCIONES PARA AFIANZARLAS	DEBILIDADES (PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS)	ACCIONES PARA SUPERARLAS
Núcleo Académico sólido	Gestionar al menos 1 contratación más	El plan de estudios vigente es de 2012	Se sometió la nueva versión del plan de estudios 2021 a la Dirección General de Estudios de Posgrado de la UV para acelerar el proceso
LGACs que abordan temas de Inteligencia Artificial de impacto en aplicaciones en la sociedad	Orientar los trabajos de tesis a que tengan una salida de aplicación en una problemática de interés en la sociedad	La movilidad de académicos está presente, pero no con la frecuencia deseada	Favorecer que cada semestre exista un profesor invitado y que a su vez un miembro del NAB reporte movilidad.

CATEGORÍA ESTUDIANTES

4. **Proceso de selección de estudiantes**

Debido a que la IA es un área interdisciplinaria en las que convergen distintas áreas del conocimiento, el perfil profesional del aspirante a ingresar al DIA está abierto principalmente al área de ciencias exactas. Localmente se tienen bien identificados los programas de Maestría dentro de la UV que proveen de estudiantes al DIA, particularmente la Maestría en Inteligencia Artificial, y fuera de ella la Maestría en Computación Aplicada del Laboratorio Nacional de Informática Avanzada.

El proceso de ingreso se lleva de manera conjunta con la Unidad de Estudios de Posgrado de la UV y el núcleo académico básico del DIA, ya que éste incide directamente en los índices de eficiencia terminal, por lo que se encuentra reglamentado, incluyendo la conformación de un comité de ingreso al programa que cada año se instituye para tal fin.

Como un esfuerzo institucional para obtener la certificación de calidad del ingreso al posgrado con base en la norma ISO9001-2000, la UV a través de la Unidad de

Estudios de Posgrado se ha dado a la tarea de actualizar, modernizar, homogeneizar y optimizar el proceso de selección.

Todos los interesados en ingresar al posgrado deben preinscribirse en el portal de la UV, donde tendrán que registrar sus datos personales y subir un archivo que incluya copias de su acta de nacimiento, currículum vitae, certificado completo de estudios de licenciatura con promedio (el cual debe ser mayor a 7.8 o equivalente), título de maestría o acta de examen de grado de maestría (aquí se cubre uno de los mecanismos de selección sugeridos por el PNPC relativo a los antecedentes académicos).

Una vez verificada la documentación tendrán que acreditar el proceso de admisión, el cual comprende dos fases, una que corresponde a evaluaciones internas (con un valor del 80% de la calificación global), y otra a la evaluación externa que lleva a cabo el CENEVAL, con base en el examen nacional de ingreso al posgrado EXANI III (con un valor del 20% de la calificación global y que cubre otro mecanismo sugerido por el PNPC).

El proceso de evaluación interna a los aspirantes del posgrado es dirigido y validado por el Comité de Ingreso al DIA, llevándose a cabo en forma colegiada con la participación de los académicos pertenecientes al NAB. Consiste en la presentación oral y escrita de un anteproyecto de tesis doctoral, donde se evalúa la claridad y estructura de la propuesta, su factibilidad de acuerdo con el perfil del aspirante y de la formación esperada durante la estancia en el DIA (aquí se cubre un tercer mecanismo sugerido por el PNPC).

Finalizada la presentación oral del aspirante se realiza una entrevista con los miembros del comité de admisión (cuarto mecanismo sugerido por el PNPC). Un tercer requisito no ponderado, pero requerido, es el comprobante de nivel de Inglés, con una puntuación mínima requerida de 500 puntos en el TOEFL o su equivalente (173 versión computadora TOEFL-CBT, 61 versión internet TOEFL-iBT, TOEIC 600, IELTS 5 o Exaver 3).

Son aceptados en el programa aquellos aspirantes que hayan obtenido una calificación mayor al 60% en su proceso de selección. Con base a la experiencia consideramos que este mecanismo es eficiente y de particular importancia para mantener la calidad del posgrado, ya que permite realizar una mejor discriminación de los candidatos que cumplen con el perfil para cursar exitosamente el doctorado.

Para el caso de los estudiantes extranjeros se solicita un documento de identidad nacional y se realiza una entrevista vía videoconferencia, enviándose el examen escrito por correo electrónico, dando un tiempo determinado para su solución y reenvío. La difusión del programa se da por medio de la página web del posgrado, y mediante un despliegue en redes sociales (Facebook y Twitter), participando en una expo-posgrado interna a la UV, y mediante invitaciones electrónicas a directores de las universidades y tecnológicos del país.

5. **Seguimiento de la trayectoria académica, tutorías y dirección de tesis**

Con respecto al proceso de seguimiento de estudiantes, la UV cuenta con el Sistema Integral de Información Universitaria (SIIU), el cual es un sistema que automatiza métodos y procedimientos de operación y se encuentra organizado en 3 grandes módulos, entre ellos el de los estudiantes, el cual se encarga de automatizar de manera integral los servicios de información y administración escolar relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje entre docentes, estudiantes, egresados y autoridades de las entidades académicas y administrativas en nuestra institución.

El módulo cubre los aspectos referentes a la administración escolar, tales como: control administrativo del registro de aspirantes de nuevo ingreso y la selección de estos (admisión), control de inscripciones y reinscripciones, módulo de configuración de planes de estudio, control estricto de movimientos escolares, calificaciones y transferencias de alumnos. De la misma manera, se cuenta con un sistema de tutorías a nivel institucional, donde se registran los seguimientos académicos de cada tutor hacia sus estudiantes.

Los estudiantes desde su inicio en el programa cuentan con un tutor que es su director de tesis doctoral (un miembro del núcleo académico básico). Por otro lado, durante cada semestre el comité tutorial conformado por entre 3 y 5 miembros del núcleo académico básico, pudiendo ser hasta dos miembros externos, da seguimiento y califica de manera colegiada la materia de Seminario de Investigación, procurando un nivel de exigencia y evaluación grupal de los avances de tesis de doctorado.
Lo anterior se trabaja en conjunto con el coordinador del posgrado, a fin de lograr un seguimiento de los temas de tesis con la finalidad de que se concluyan en tiempo. Esta es una medida interna a fin de asegurar los índices de eficiencia terminal, al mismo tiempo que tanto académicos como estudiantes participan en un proceso enriquecedor de conocimientos y crítica constructiva cuya meta es el que la obtención del grado no se prolongue más de 6 meses después de concluir los estudios.

Actualmente, cada miembro del NAB dirige a lo más 3 estudiantes para cumplir con el indicador sugerido por el PNPC.

6. **Movilidad**

Con la finalidad de promover la movilidad estudiantil que permite el plan de estudios, actualmente se tiene convenio de colaboración con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE), Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN

(CINVESTAV), Universidad de Guanajuato, LAAS en Francia, Universidad de Valencia y Universidad de Coruña en España.

El establecimiento de estos convenios ha permitido a los alumnos realizar movilidad en otras instituciones dentro de las modalidades de estancia académica de investigación o realización de cursos con valor curricular. Gracias a que el plan de estudios requiere que el estudiante realice al menos una estancia de investigación, el 100% de los estudiantes realiza una estancia en el extranjero o en el país. El 60% fueron estancias en el extranjero y el 40% en el país.

La gran mayoría de tesis son codirigidas por otros miembros del núcleo académico básico y por académicos externos, donde el estudiante y el director de tesis deben solicitar por escrito al Comité Académico del DIA la participación de un Director de Tesis Externo.

De la misma manera, al poder acreditar materias optativas mediante publicaciones, los estudiantes presentan sus artículos en congresos. Finalmente, los estudiantes pueden tomar cursos fuera del Instituto en Centros, Institutos o Facultades de la UV, para ello el director de tesis solicita Vo.Bo. del Consejo Técnico, justificando el impacto y necesidad del curso externo en la formación del estudiante y en su trabajo de investigación.

7. **Calidad y pertinencia de la tesis o trabajo terminal**

Los trabajos de tesis enmarcados dentro de las cinco LGACs son trabajos de investigación original en la frontera del conocimiento, lo que se acredita con las publicaciones en revistas y foros especializados en Inteligencia Artificial, tanto a nivel nacional como internacional. Aquí el papel de los comités tutoriales es de vital importancia para ir dirigiendo el trabajo de la mano del director de tesis.
La Universidad Veracruzana cuenta con un Repositorio Institucional (https://cdigital.uv.mx) donde se tienen a disposición para la libre consulta los documentos de tesis de sus posgrados.

Finalmente, mediante los servicios con los que la Universidad Veracruzana cuenta vía CONRICyT (Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica), se tiene a disposición la herramienta Copyleaks, para la revisión de plagio de los documentos que generan los estudiantes del DIA.

FORTALEZAS	ACCIONES PARA AFIANZARLAS	DEBILIDADES (PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS)	ACCIONES PARA SUPERARLAS
El seguimiento de estudiantes vía comités tutoriales y el sistema SIIU es efectivo para conocer el avance de cada estudiante y detectar posibles rezagos	Hacer obligatoria la presencia de académicos externos en los comités tutoriales	Es complicado aterrizar los trabajos de tesis sobre conocimiento de frontera en aplicaciones a la sociedad	Fortalecer la vinculación mediante la creación de una Coordinación de vinculación en el Instituto.
Todos los estudiantes realizan movilidad internacional y nacional	Utilizar los convenios existentes en la UV para extender la red de instituciones para realizar movilidad	Si bien las publicaciones de congreso especializado han sido alcanzables por los estudiantes, las publicaciones de revista, por los tiempos de arbitraje, han sido complicadas de lograr	Promover entre los miembros del NAB que la publicación de revista se someta a más tardar al finalizar el segundo año de los estudios de doctorado

CATEGORÍA RESULTADOS Y VINCULACIÓN

8. **Efectividad del posgrado: tasa de graduación y eficiencia terminal**

La siguiente tabla resume el porcentaje de estudiantes graduados en tiempo (4 años +12 meses) y sin importar el tiempo, por cada generación inscrita al DIA.

Generación	Porcentaje de estudiantes que obtuvieron el grado en 4 años +12 meses	Porcentaje de estudiantes que obtuvieron el grado sin tomar en cuenta el tiempo
2012-2016	66%	100%
2013-2017	53%	66%
2014-2018	43%	43%
2015-2019	50%	50%
2016-2020	100%	100%
2017-2021	--	--
2018-2021	--	--
2019-2023	--	--

Como puede observarse, salvo la tercera generación (2014-2018) que queda ligeramente por debajo del 50% requerido para posgrados “En Desarrollo”, en las tres restantes generaciones el porcentaje de graduados en tiempo se cumple. Inclusive, se logró graduar a dos estudiante más, aunque fuera de tiempo, de la generación 2013-2017 (pasó del 53% al 66% en esa generación).

Para poder mejorar los porcentajes de obtención del grado en tiempo, y después de un análisis para detectar las limitantes en el proceso, se tomó la decisión de considerar al artículo de revista indizada como sometido para poder presentar el examen doctoral (antes se pedía que el artículo estuviera al menos aceptado). Se espera ver el efecto de esta decisión en las siguientes generaciones del DIA.

9. **Productividad académica del programa**

La generación del conocimiento de los estudiantes y académicos del DIA se refleja en los documentos de tesis disponibles en el Repositorio Institucional (https://cdigital.uv.mx).
Por otro lado, se lleva a cabo la asistencia de manera periódica a congresos especializados de las áreas correspondientes a los temas de investigación que contempla las tres LGACs, tanto a nivel nacional (MICAI, COMIA, ENC, ROPEC, CONIELECOMP), como internacional (AAMAS para el caso de sistemas multi-agentes, GECCO y CEC, para el caso de cómputo evolutivo; MCPR para el caso de minería de datos, entre otros).

La intención de los académicos es mantener presencia en los foros especializados y la de los alumnos es adquirir experiencia para que al egresar ellos puedan continuar esa actividad importante del científico. De la asistencia a los eventos especializados antes mencionados se derivan publicaciones en memorias indizadas de congreso entre académicos y estudiantes del DIA.

Derivadas de esta dinámica y con el apoyo de la Oficina de Transferencia Tecnológica (OTT) de la UV, se han generado ya patentes, las cuales algunas están en proceso de registro y otras ya han sido otorgadas.

Considerando que el 92% del NAB pertenece al SNI y tiene perfil deseable PRODEP, y de acuerdo con lo registrado en la plataforma del PNPC, cada miembro cumple con tener al menos un producto académico reportado por año y, derivado del requerimiento de contar con al menos un artículo de revista indizada sometido y eventualmente aceptado, cada miembro del NAB cumple con generar un producto académico con sus estudiantes del DIA.

10. **Redes de egresados**

Recientemente la Universidad Veracruzana ha creado la Coordinación del Programa Institucional de Seguimiento de Egresados, dentro de la Dirección General de Desarrollo Académico e Innovación Educativa. Derivado de lo anterior se ha designado a un miembro del NAB como responsable de ese seguimiento. De lo anterior se tiene ya lista una encuesta y por aplicarse a nuestros egresados para actualizar los elementos de pertinencia y de temas importantes de Inteligencia Artificial dentro del sector productivo, académico y gobierno.

De encuestas preliminares se tiene ya detectado un 100% de empleo de nuestros egresados, la mayoría en el sector académico y con un porcentaje importante en estancias posdoctorales, destacando una egresada que ahora labora en Australia, como profesora en la Universidad de Adelaida.

11. **Acciones de colaboración con los sectores de la sociedad**

El DIA cuenta con dos iniciativas recientes de mecanismos para colaborar con los sectores de la sociedad:

Responsable de vinculación: Derivada de la necesidad de establecer con claridad canales de comunicación con el sector productivo y el gobierno, se ha designado a un miembro del NAB como responsable de vinculación. Lo anterior generó ya acercamientos con empresas importantes en la región, como TENARIS-TAMSA y la celebración de eventos, como el Data Challenge Industrial.

Código IA: Derivado de la propuesta entusiasta de los estudiantes de posgrado del Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial y de un grupo de miembros

del NAB del DIA, se creó el grupo “Código IA” cuya labor es la de divulgación, para llegar a diferentes estratos de la sociedad, con la intención de desmitificar a la Inteligencia Artificial y ser un medio de contacto para poder establecer posibles proyectos, que en el mediano-largo plazo puedan resolver problemáticas complejas en el entorno.

12. **Cumplimiento de las recomendaciones de la última evaluación**

Los comentarios emitidos en la última evaluación y las acciones realizadas para atenderlos se presentan a continuación:

- Realizar una amplia difusión en las convocatorias de nuevos contratos para posgrado (evitar endogamia).

- Acción: Se ha logrado una contratación nueva con perfil de vinculación en temas de IA con las empresas y el gobierno.

- Hacer efectiva la dedicación de espacios para investigadores y estudiantes del posgrado.

- Acción: Después de resolver cuestiones legales, se ha logrado reiniciar la construcción del edificio que albergará al Instituto de Investigaciones en Inteligencia Artificial.

1. Generar un plan de infraestructura acorde a las necesidades del propio programa con el compromiso institucional.
    - Derivado de reuniones con las Facultades de Física y Matemáticas, las cuales compartirán espacios en el nuevo edificio, se han logrado garantizar espacios para laboratorios de los tres Cuerpos Académicos y sus correspondientes LGACs, además de cubículos para profesores y áreas para estudiantes de posgrado.

2. Se sugiere la creación de empresas de base tecnológica para resolver necesidades de la sociedad.
    - Con la nueva contratación orientada a vinculación, con el nuevo encargado de vinculación y con las actividades de Código IA, se buscará generar iniciativas puntuales para incidir en problemáticas puntuales.

3. Generar una amplia difusión de las capacidades de los egresados del posgrado para la integración de los mismos a la vida laboral.

Se aplicó una encuesta a los egresados y realizó la actualización de sus datos de empleo, para entonces difundir, particularmente en redes sociales (Facebook y Twitter), sus logros y actividades.

FORTALEZAS	ACCIONES PARA AFIANZARLAS	DEBILIDADES (PRINCIPALES PROBLEMAS DETECTADOS)	ACCIONES PARA SUPERARLAS
Se ha cumplido el porcentaje de eficiencia terminal en 4 de 5 generaciones	Promover que la publicación de revista indizada se planee para la mitad de los estudios de doctorado	No se cuenta aún con las nuevas instalaciones para el DIA	Continuar las gestiones ante las autoridades universitarias para garantizar que se tengan en el futuro cercano.
La productividad de miembros del NAB y de los estudiantes cumple con lo indicado en el nivel del PNPC	Aumentar la cantidad/calidad de publicaciones mediante su planeación en etapas tempranas del doctorado (el director de tesis debe encargarse de ofertar temas más depurados para lograrlo).	El Doctorado no cuenta con mecanismos explícitos de vinculación	Crear una coordinación de vinculación con la sociedad.
Los egresados están colocándose en puestos donde desarrollan los conocimientos adquiridos en el DIA	Actualizar la información de egresados para confirmar / actualizar esa tendencia		

C. **Plan de Mejora**

CATEGORÍA ESTRUCTURA Y PERSONAL ACADÉMICO DEL PROGRAMA

Objetivos	Acciones	Tiempos (inicial - final	Producto esperado
1.1 Contar con el plan de estudios actualizado	a.1 Se designó una comisión para elaborar el nuevo plan de estudios.	a.1 El plan de estudios 2021 fue aprobado por la junta académica. Los documentos actualizados se enviaron el 9 de abril de 2021 a Posgrado.	a.1. Que el nuevo plan de estudios 2021 sea aprobado por el consejo del área técnica y sucesivamente por el Consejo Universitario General.
1.2 Garantizar la movilidad de miembros del NAB	a.1 Promover la Convocatoria PROMUV de la Universidad para obtener recursos para movilidad de profesores a.2 Calendarizar la movilidad de miembros del NAB de manera anual	a.1 febrero 2020-junio 2020 a.2 agosto 2020 Las fechas se han movido por la pandemia COVID 19.	a.1 Lista de intenciones de movilidad por parte de miembros del NAB a.2 Calendario de movilidad 2021 Muchas de las actividades presenciales se han cancelado debido al COVID 19.

CATEGORÍA ESTUDIANTES

Objetivos	Acciones	Tiempos (inicial - final	Producto esperado
1.1 Orientar, cuando aplique, un trabajo de tesis para que tenga un ingrediente de aplicación	a.1 Crear una comisión de vinculación encabezada por el responsable de vinculación a.2 Someter propuestas de trabajos colaterales a las tesis con una vertiente de aplicación	a.1 febrero 2020 – julio 2020 a.2 agosto 2020 – julio 2021	a.1 Comisión de vinculación creada. a.2 Al menos una tesis con elementos de aplicación en problemáticas en alguno de los diversos sectores de la sociedad
1.2 Aumentar el número de estudiantes graduados con su artículo de revista indizada al menos aceptado	a.1 Promover entre los miembros del NAB una planeación que lleve a tener la publicación de revista sometida al terminar el segundo año de los estudios de doctorado	a.1 febrero 2020 – julio 2021	a.1 70% de los graduados del DIA lo hacen con su artículo de revista indizada al menos aceptado

CATEGORÍA RESULTADOS Y VINCULACIÓN

Objetivos	Acciones	Tiempos (inicial - final	Producto esperado
1.1 Contar con las instalaciones del nuevo edificio del IIIA-UV	a.1 Continuar con las gestiones ante las autoridades universitarias	a.1 Durante 2021 se está dando seguimiento al nuevo edifico que está avanzando en su construcción.	a.1 Minutas de reuniones de seguimiento de avances de la construcción del edificio.
1.2 Contar con una Coordinación de Vinculación	a.1 Gestionar ante la Dirección de Investigaciones de la Universidad la contratación de un perfil de académico con experiencia en vinculación	a.1 febrero 2020 – junio 2020	a.1 Se realizo la Contratación de un nuevo miembro del NAB

D. **Encuesta, Aspirantes al Posgrado (Estudio Factibilidad, componente 1)**

Cuestionario para instituciones

Número de preguntas: este cuestionario consta de 7 preguntas.

1. **Favor de llenar los espacios correspondientes de acuerdo a tu(s) grado(s) y área(s) de estudio(s)**

Grado de estudios	Indicar con una X el estatus de tus estudios				Institución donde realizas o realizaste tus estudios	Área de estudio
	Cursando	Truncado	Terminado	Titulado		
Ingeniería/ Licenciatura						
Especialidad						
Maestría						
Doctorado						

2. **Selecciona los 6 criterios más importantes para ti cuando eliges el doctorado que deseas estudiar**

- [ ] Calidad de la planta académica
- [ ] Costo de colegiatura accesible del posgrado
- [ ] El posgrado cuenta con una biblioteca con libros actualizados y tiene acceso a bases de datos electrónicas para consultar artículos
- [ ] El posgrado fue recomendado por un familiar, egresado, amigo, o conocido
- [ ] Interés personal en el área de investigación
- [ ] La eficiencia terminal de los estudiantes del posgrado
- [ ] Los egresados se han colocado en el campo laboral
- [ ] Las instalaciones y laboratorios de los posgrados
- [ ] Los requisitos de ingreso los cumplo fácilmente
- [ ] Oportunidad de obtener una beca por medio del CONACyT, ya que el posgrado pertenece al PNPC (Programa Nacional de Posgrados de Calidad)
- [ ] Oportunidad de realizar una estancia internacional
- [ ] Oportunidad de realizar una estancia nacional

3. **Selecciona los 3 factores que consideras más importantes que deben tener el personal de la planta académica del doctorado que deseas estudiar**

	Los profesores incorporan el idioma inglés en sus clases y asesorías
	Los profesores ofrecen retroalimentación de los trabajos solicitados
	Los profesores poseen experiencia en investigación a través de la publicación de artículos
	Los profesores se actualizan en su área de investigación
	Los profesores tienen disponibilidad de tiempo para asesorías
	Los profesores utilizan herramientas computacionales aplicadas en la inteligencia artificial en sus clases

4. **Selecciona los 4 medios de comunicación que encuentras más útiles para investigar información de los posgrados**

	Búsqueda en internet
	Eventos presenciales y visitas realizadas por el personal del posgrado
	Ex alumnos del posgrado
	Expo Orienta (Feria de posgrados ofertados por la Universidad Veracruzana)
	Facebook como red social
	Familia y amigos
	Periódicos impresos y electrónicos
	RadioUV
	Sitio web del posgrado
	Sitio web del CONACyT para buscar en el padrón del programa nacional de posgrados de calidad
	TeleUV
	Trípticos impresos de los posgrados
	Twitter como red social

5. **De las siguientes líneas de investigación en inteligencia artificial, ¿a qué nivel te interesaría aprenderlas?**

	Ampliamente	Medianamente	Poco
Aprendizaje y minería de datos. Algoritmos que permiten que las computadoras identifiquen patrones, puedan tomar decisiones y aprendan			
Agentes. Entidades que perciben y actúan en un medio			
Econofísica y sistemas complejos. Métodos aplicados en la física para abordar problemas en la economía			
Interacción humano-computadora. Implementación de interfaces para interactuar de una manera más amigable entre el humano y la computadora mediante el uso de sensores			
Optimización y cómputo evolutivo. Algoritmos basados en conceptos de la naturaleza para identificar las soluciones con mayor rendimiento			
Redes sociales. Análisis de polaridad en redes sociales			
Robótica. Algoritmos para dotar con percepción y acciones a los robots para realizar diferentes aplicaciones			
Visión por computadora. Algoritmos para analizar imágenes			

6. **De los siguientes conocimientos, ¿a qué nivel consideras dominarlos?**

	Ampliamente	Medianamente	Muy poco	Nada
Aprendizaje automático (Clasificadores, minería de datos)				
Inglés (Lectura y escritura)				
Matemáticas discretas (Álgebra, teoría de conjuntos, lógica)				
Metodología de la investigación (Planteamiento del problema, elaboración del estado del arte, formulación de hipótesis, determinación de variables a investigar, diseño experimental, pruebas estadísticas)				
Programación (Lenguajes de programación, algoritmos en pseudo-código, estructuras de datos y de control)				

7. **Si estudiaras un doctorado relativo a inteligencia artificial, ¿ cuáles serían los 3 aspectos más importantes que deseas adquirir durante tus estudios de posgrado?**

- [ ] Algoritmos utilizados en inteligencia artificial
- [ ] El grado ofertado por el posgrado
- [ ] Experiencia en la elaboración de artículos de investigación
- [ ] Experiencia en la solución de problemas de inteligencia artificial
- [ ] Herramientas computacionales (software) aplicadas en la inteligencia artificial
- [ ] Saberes teóricos de inteligencia artificial

¡Muchas gracias por tu cooperación y tiempo!

Centro de Investigación en Inteligencia Artificial de la Universidad Veracruzana (CIIA-UV)
https://www.uv.mx/ciia/
https://www.uv.mx/dia/

Redes sociales:
https://www.facebook.com/CIIAUV/

https://twitter.com/ciiauv