

1. Título del proyecto.

Metodologías para la creación de Sistemas Computacionales y sus aplicaciones en Teoría de Gráficas.

2. Líneas de investigación.

- Sistemas Computacionales: ingeniería de software e inteligencia artificial (algoritmos genéticos y redes neuronales).
- Teoría de gráficas: aplicación de sistemas computacionales a la investigación en teoría de gráficas.

3. Responsable del proyecto, participantes y adscripción de cada uno de ellos.

Profesores adscritos al Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas:

Dr. Jorge Cervantes Ojeda (Responsable)

Las áreas en las que ha publicado trabajos de investigación en revista internacional indexada (JCR) son: inteligencia artificial (computación evolutiva y redes neuronales) e ingeniería de software. Sus responsabilidades serán: coordinar el desarrollo de sistemas con inteligencia artificial y sus aplicaciones a la investigación en teoría de gráficas. También participará en las tareas especificadas en el punto 13 de este protocolo. El Dr. Jorge Cervantes es el responsable del Cuerpo Académico “Teoría de gráficas y Teoría de la Computación” con grado *en consolidación*.

Dra. María del Carmen Gómez Fuentes (Responsable)

Su principal área de investigación es la ingeniería de software. También tiene trabajos de redes neuronales y de interdisciplina entre los sistemas computacionales y la teoría de gráficas. Sus responsabilidades serán: coordinar el desarrollo de metodologías de ingeniería de software y participar en las tareas especificadas en el punto 13 de este protocolo. La Dra. María del Carmen Gómez es integrante del Cuerpo Académico “Teoría de gráficas y Teoría de la Computación” con grado *en consolidación*.

Dr. Julián Alberto Fresán Figueroa

Su área de investigación es la teoría de gráficas, en particular los temas relacionados con árboles, encajes de gráficas en superficies, emparejamientos, gráficas de objetos, y coloraciones. Participará en el planteamiento y solución de problemas en los que exista interdisciplina entre la teoría de gráficas y los sistemas computacionales. Participará en las tareas especificadas en el punto 13 de este protocolo. El Dr. Julián Fresán es integrante del

Cuerpo Académico “Teoría de gráficas y Teoría de la Computación” con grado *en consolidación*.

Dra. Mika Olsen

Su área de investigación es la teoría de gráficas, en particular estructuras acíclicas y coloraciones en gráficas y digráficas. Participará en el planteamiento y solución de problemas en los que exista interdisciplina de la teoría de gráficas con los sistemas computacionales. Participará en las tareas especificadas en el punto 13 de este protocolo. La Dra. Mika Olsen es integrante del Cuerpo Académico “Teoría de gráficas y Teoría de la Computación” con grado *en consolidación*.

Dr. Diego Antonio González Moreno

Su área de investigación es la teoría de gráficas, en particular temas de coloraciones, conexidad y gráficas de incidencia. Participará en el planteamiento y solución de problemas en los que exista interdisciplina de la teoría de gráficas con los sistemas computacionales. Participará en las tareas especificadas en el punto 13 de este protocolo. El Dr. Diego González es integrante del Cuerpo Académico “Teoría de gráficas y Teoría de la Computación” con grado *en consolidación*.

Dr. Pedro Pablo González Pérez

Una de sus áreas de docencia, investigación y desarrollo es la ingeniería de software. Ha sido líder de varios proyectos de desarrollo de software patrocinados tanto por la UAM como por entidades externas. Entre sus otras líneas de investigación destacan Bioinformática, Biología Computacional y Minería de Datos. Participará en las tareas especificadas en el punto 13 de este protocolo.

Dr. Alejandro Lara Caballero

Sus áreas de investigación comprenden los métodos heurísticos para la optimización combinatoria. Ha trabajado en problemas de partición, principalmente en relación con el diseño de zonas geográficas, que surgen en áreas como los servicios y el ámbito público. Participará en las tareas especificadas en el punto 13 de este protocolo. El Dr. Alejandro Lara es integrante del Cuerpo Académico “Teoría de gráficas y Teoría de la Computación” con grado *en consolidación*.

4. Orientación (se puede seleccionar más de una opción):

- Investigación básica (X)
- Investigación aplicada (X)

- Desarrollo o adaptación (X)
- Transferencia de tecnología ()
- Desarrollo de tecnología (X)
- Otros

5. Inicio y duración.

5.1 Fecha de inicio.

9 de enero de 2022.

5.2 Duración.

4 años de duración.

6. Propuesta

6.1 Resumen

En este proyecto de investigación proponemos dos vertientes. La primera está dirigida a la Licenciatura de Ingeniería en Computación y consiste en desarrollar *métodos y técnicas de Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial que mejoren la calidad y eficiencia de los Sistemas Computacionales*. Los sistemas computacionales a los que nos referimos en concreto son: aplicaciones web, algoritmos genéticos y redes neuronales. Como parte de esta primera vertiente, también se encuentra la investigación y propuesta de patrones de diseño mixtos y de la inyección de dependencia como técnicas que incidan positivamente en aspectos característicos de la calidad del desarrollo de sistemas computacionales, tales como modularidad, desacoplamiento, reutilización y extensibilidad. La segunda vertiente consiste en *la aplicación de los sistemas computacionales a la solución de problemas complejos en Teoría de Gráficas* y está dirigida a la Licenciatura de Matemáticas Aplicadas. Se aplicarán los hallazgos de la primera vertiente para favorecer la segunda y, así, a la interdisciplina entre los sistemas computacionales y la teoría de gráficas. En el área de Teoría de Gráficas se podrían lograr avances en problemas complejos, que son muy difíciles de resolver sin ayuda de la computación. En el área de computación se genera conocimiento, como algoritmos y técnicas de desarrollo de Sistemas Computacionales, motivado por la complejidad de los problemas de Teoría de Gráficas y que además podrían tener aplicaciones fuera de la Teoría de Gráficas.

6.2 Antecedentes (máxima 2 cuartillas).

En la actualidad, los Sistemas Computacionales tienen un espectro de aplicación muy amplio pues el uso de las computadoras se extiende a todos los niveles de la sociedad moderna. La investigación sobre metodologías que contribuyan a la mejora del proceso de desarrollo de estos sistemas tiene como objetivo facilitar su calidad y velocidad de desarrollo. Por otra parte, la innovación en inteligencia artificial promueve el desarrollo de Sistemas Computacionales con aplicaciones nuevas en las que antes no era posible obtener resultados mediante computadoras.

CONACYT tiene diez Programas Nacionales Estratégicos diseñados para atender problemáticas nacionales concretas ([Programas Nacionales Estratégicos – Conacyt](#)). Estos programas tienen coincidencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible planteados por la ONU en su agenda 2030 ([Objetivos de Desarrollo Sostenible | Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo \(undp.org\)](#)). Cabe mencionar que está previsto que la solución a estas problemáticas sea multi y/o interdisciplinaria. La investigación en Sistemas Computacionales genera conocimiento en el desarrollo de tecnología que puede apoyar en varios de estos programas estratégicos. Una de estos programas es la *educación de calidad*, que tiene como objetivo garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todas y todos. Como antecedente en esta área, hemos construido: una herramienta de apoyo para el aprendizaje de los conceptos de calidad y pruebas del software [1] ([QualiTeam \(uam.mx\)](#)), un sistema para apoyar la enseñanza de los métodos numéricos [2] ([SiMetNum](#)), dos sistemas para apoyar la enseñanza de aplicaciones web ([Sea Web](#), [SEA WEB 2](#)) y un sistema para apoyar la enseñanza de aplicaciones para celular ([SAAndroid St](#)). La innovación en Sistemas Computacionales no se limita a la educación pues son útiles en prácticamente cualquier área, por ejemplo, en la estimación del impacto ambiental del desarrollo de proyectos urbanos [3], por lo que creemos que los avances en la construcción de Sistemas Computacionales pueden impactar positivamente en varios de los objetivos de Desarrollo Sostenible para 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, principalmente en el tema de *Trabajo decente y crecimiento económico*, que tiene como objetivo promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos. Y también en el tema de *Industria, innovación e infraestructura*, que tiene como objetivo construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.

Por otra parte, la licenciatura de Ingeniería en Computación está certificada por CONAIC. Para su recertificación, CONAIC señaló que es necesario el reforzamiento de la investigación en Ingeniería de Software ya que es el área de formación de nuestros alumnos. Con este proyecto se pretende derivar servicios sociales y proyectos terminales que ayuden en la formación de nuestros alumnos. Estos proyectos servirán para demostrar en la práctica la utilidad de las metodologías de nuestra investigación y los alumnos que participen se acercarán al conocimiento de punta en algún área específica de la Ingeniería de Software o de la Inteligencia Artificial.

Es importante señalar que la interdisciplina se fomenta en la UAM-C a todos los niveles y, por tanto, está dentro del Plan de Desarrollo de la DCNI. En el DMAS la interdisciplina entre las matemáticas y la computación surge de manera natural. En este proyecto se pone en práctica

la investigación en Sistemas Computacionales para obtener avances en la Teoría de Gráficas, fomentando así la interdisciplina entre estas dos áreas.

A continuación, se exponen los antecedentes para cada una de las dos vertientes del proyecto.

a) *Métodos y técnicas de Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial que mejoren la calidad y la eficiencia de los Sistemas Computacionales:*

Un importante estudio [4] reveló que las fallas de comunicación entre los desarrolladores y los clientes se perciben como el segundo problema más importante en la ingeniería de requerimientos de software y el principal problema que conduce al fracaso del proyecto. Los Diagramas de Transiciones entre Interfaces de Usuario (DTIU) [5] es una notación gráfica formal, especializada en la especificación de las interacciones de los usuarios con el sistema y el flujo de las interfaces que el sistema presentará. Con esta notación se expresa de una manera simple pero precisa, la forma en la que los usuarios operarán un sistema de software. Si bien la notación DTIU está publicada en revista JCR de alto impacto, se requiere demostrar su utilidad y construir herramientas que faciliten su adopción. En este proyecto trabajaremos al respecto.

Otros métodos y técnicas de Ingeniería de Software que mejoran significativamente la calidad del desarrollo de sistemas computacionales son: la modularidad, desacoplamiento, reutilización y extensibilidad. Se trabajará en particular sobre los patrones de diseño mixtos [6] y la inyección de dependencia [7] que sirve para incrementar el desacoplamiento entre los componentes de una aplicación de software. La inyección de dependencias o inversión de control evita las dependencias rígidas entre componentes.

La inteligencia Artificial es una parte muy importante de los Sistemas Computacionales que tienen funcionalidades complejas. La investigación que hemos hecho en redes neuronales ha sido a nivel teórico [8] y de aplicación [9] [10]. En este proyecto se planea hacer trabajos sobre redes neuronales en cualquiera de estos dos aspectos.

Los algoritmos genéticos también son parte de la inteligencia artificial. Éstos proporcionan una solución óptima, o al menos aceptable, a problemas de optimización que, por su complejidad, no pueden ser solucionados con un algoritmo tradicional. El Rank GA[11] es un algoritmo genético que ha demostrado ser confiable y eficiente para resolver diversos problemas [12-15] (53 citas a la fecha). En este proyecto se trabajará en la adaptación de este algoritmo para resolver problemas de Teoría de Gráficas. Asimismo, existe un creciente número de problemas que provienen de áreas tales como manufactura, servicios, ámbito público, que se pueden derivar en la formulación de problemas de partición. Los problemas de partición se presentan como problemas de optimización combinatoria, que utilizan variables discretas para describir los sistemas de interés. En estos casos, la aplicación de métodos de resolución exactos también está restringida por la complejidad computacional de los problemas: el tiempo de cómputo necesario para resolver instancias de tamaño mediano o grande puede ser prohibitivo. De igual manera, en este proyecto se adaptará Rank GA, a un problema relevante de partición: el diseño de zonas geográficas, y se emplearán otras técnicas heurísticas para generar soluciones de calidad en un tiempo de cómputo razonable.

b) *Aplicación de los sistemas computacionales a la solución de problemas complejos en Teoría de Gráficas:*

Los algoritmos genéticos se han aplicado a una amplia variedad de problemas de ingeniería y, aunque también se han aplicado a algunos problemas matemáticos, su aplicación en esta área no está muy extendida, por lo que consideramos que esta vertiente del proyecto representa una buena oportunidad para aportar conocimiento e innovación. En el pasado aplicamos con éxito el Rank GA al problema de encontrar el número mínimo de colores en una coloración arcoíris de un gráfico [12], que se sabe es NP-completo, y en este proyecto presentamos propuestas para resolver otros problemas complejos de Teoría de Gráficas.

7. Objetivos

7.1 Objetivos generales.

Contribuir con métodos y técnicas de Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial que mejoren la calidad y la eficiencia de Sistemas Computacionales.

Fomentar la interdisciplina entre los sistemas computacionales y la teoría de gráficas para producir avances en el área de teoría de gráficas.

7.2 Objetivos particulares.

Los siguientes objetivos particulares especifican la manera en la que se pretende lograr los objetivos generales.

- a) Construcción de una herramienta que crea automáticamente el esqueleto de una aplicación web a partir de un DTIU para facilitar y agilizar el desarrollo de sistemas web.
- b) Demostrar que un editor especializado para DTIU facilita su construcción.
- c) Asesorar proyectos terminales y de servicio social en los que se ponga en práctica la metodología de construcción de Sistemas de Computacionales en base a los DTIU y Diagramas de Secuencia Detallados (DSD) [16].
- d) Construcción de sistemas computacionales basada en los patrones de diseño mixtos y la inyección de dependencia.
- e) Adaptar algoritmos genéticos y técnicas heurísticas relevantes para resolver el problema de diseño de zonas geográficas y probarlos en instancias de prueba reales.
- f) Aportar técnicas de construcción de redes neuronales.
- g) Adaptar los algoritmos genéticos y las redes neuronales para poder aplicarlos en la solución de problemas complejos, en particular, de Teoría de Gráficas.
- h) Investigar la aplicación de la teoría de gráficas a la música mediante algoritmos computacionales.

8. Descripción, incluyendo hipótesis y metodología (máximo 2 cuartillas).

8.1 Hipótesis

A continuación, se presenta una hipótesis para cada uno de los objetivos particulares planteados.

- a) Para facilitar y agilizar el desarrollo de sistemas web, es útil una herramienta que crea automáticamente el esqueleto de una aplicación web a partir de un DTIU.
- b) Un editor especializado para DTIU hace que la construcción de los diagramas sea más fácil que con otras herramientas de uso general.
- c) La metodología de Construcción de Sistemas de Software en base a los DTIU y a los DSD ayuda a detectar casos especiales y posibles fallas u omisiones en los requerimientos y el diseño, facilitando la construcción de sistemas robustos.
- d) Los patrones de diseño mixtos y la inyección de dependencia contribuyen a incrementar la calidad del desarrollo de sistemas computacionales al fomentar directamente aspectos tales como: modularidad, desacoplamiento, reutilización y extensibilidad.
- e) Los algoritmos genéticos y sus operadores pueden emplearse para resolver de forma competitiva el problema de diseño de zonas.
- f) La obtención de imágenes fijas desde un video facilita la obtención de datos para el entrenamiento de una red neuronal.
- g) Los operadores genéticos de mutación y recombinación pueden adaptarse para que permitan a un algoritmo genético resolver problemas complejos de teoría de gráficas como: la obtención del conjunto dominante de una gráfica, la determinación de las operaciones necesarias para transformar una gráfica en otra cumpliendo siempre ciertas restricciones (matemáticas).
- h) Por medio de los algoritmos apropiados se puede combinar la teoría de gráficas con la teoría de la música y, computacionalmente, analizar o generar una pieza musical.

8.2 Metodología

A continuación, se detalla cada una de las vertientes del proyecto.

Métodos y técnicas de Ingeniería de Software e Inteligencia Artificial que mejoren la calidad y la eficiencia de los Sistemas Computacionales:

- a) Estamos trabajando en la construcción de una herramienta gráfica, a la que llamaremos *Architector*, para la edición de DTIUs y la generación automática de código.

Con *Architector* se generará un esqueleto ejecutable de una aplicación web a partir de un DTIU y una arquitectura fija. El código esqueleto generado es la base para la creación posterior de una aplicación web completamente desarrollada. Con esta herramienta se pretende que los clientes puedan ver en acción el prototipo del sistema y que los desarrolladores ahorren tiempo en su construcción. La justificación y utilidad de *Architector* se publicará en revista indexada.

- b) Ya tenemos avances en la implementación de *Architector*, pues ya está construida la parte del editor de DTIU [17] y la generación de código en base a una arquitectura fija. Hace falta generar más arquitecturas para brindar mayor flexibilidad al sistema. Durante este proyecto haremos un estudio estadístico para investigar qué tan útil es este editor en comparación con otras herramientas de uso general.
- c) Los proyectos terminales y servicios sociales de nuestros alumnos servirán de casos de estudio que demuestren la utilidad de las metodologías propuestas durante el desarrollo de este proyecto, tal y como se ha publicado en trabajos anteriores [16-20].
- d) Investigación y propuesta de patrones de diseño mixtos e inyección de dependencia, como técnicas encaminadas a garantizar aspectos de la calidad del desarrollo de sistemas computacionales, tales como: modularidad, desacoplamiento, reutilización y extensibilidad.
- e) El diseño de zonas es un problema que consiste en agrupar unidades geográficas en un número predeterminado de zonas que minimizan una función objetivo, al tiempo que deben satisfacer ciertas restricciones, principalmente relacionadas con su topografía. Dentro de sus aplicaciones más frecuentes se encuentran el diseño de distritos electorales, diseño de zonas de ventas, diseño de zonas escolares, entre otras. Se ha demostrado que, en términos de complejidad computacional, el problema de diseño de zonas es NP-Difícil y, por ello, se ha investigado sobre el desempeño de varias técnicas heurísticas para su resolución. En este proyecto se explorarán algunas técnicas, como algoritmos genéticos, que prometen mejorar las soluciones actuales de la literatura.
- f) Contribuiremos al conocimiento en el área de visión computacional mediante la obtención automática de datos para entrenar una red neuronal convolucional a partir de imágenes tomadas de un video.

Aplicación de los sistemas computacionales a la solución de problemas complejos en Teoría de Gráficas:

- g) El operador de unión de Hajos, en teoría de gráficas, es similar al operador de recombinación y el operador de identificación de Hajos es parecido a la mutación en los algoritmos genéticos. Si se usan estos operadores en un algoritmo genético, se puede, en teoría, encontrar una ruta que transforme una gráfica en otra. No se sabe si esto es posible en algunos casos.
- h) Se dice que un subconjunto S de vértices de una gráfica $G = (V, A)$ es dominante si todo vértice que no pertenece a S es adyacente al menos a un vértice de S . El número de

dominación es el número mínimo de elementos de un conjunto dominante. El problema de encontrar el número de dominación es NP-difícil. Propondremos un algoritmo genético que encuentre una solución aproximada o al menos nuevas cotas en casos abiertos.

- i) La teoría de gráficas ha demostrado en los últimos años ser una herramienta muy útil en el estudio y análisis de una canción [21][22][23]. Una melodía es una secuencia de notas que se escucha como una sola estructura. Dada una melodía M le asociamos una red dirigida D de la siguiente forma: las notas musicales son los nodos o vértices de D . Si u y v son nodos en la red, existe una flecha de u a v si la nota correspondiente a v es consecutiva de u . Existen diversos algoritmos que se pueden aplicar a la red musical D para obtener nuevas melodías inspiradas en la melodía original. También, haciendo algunas variaciones a la definición de la red musical D se puede obtener una gráfica mixta (con flechas y aristas) a la cual se le pueden aplicar algoritmos para dividir una pieza musical en distintas voces melódicas. Queremos explorar diferentes formas de representación de la música mediante gráficas. Trabajaremos con algoritmos que sirvan para generar nuevas composiciones musicales con base en reglas de la teoría de la música, de tal manera que las modificaciones a la gráfica respeten ciertas reglas que hagan que la música generada sea agradable para el oído. Los avances que se obtengan al respecto se podrán utilizar para generar música de fondo de película, o de ambientación.

Las fases de cada vertiente del proyecto son las siguientes:

- a) Implementación de Architecor
 - A.1 Construcción de la herramienta.
 - A.2 Pruebas de la herramienta.
 - A.3 Diseño y construcción de un estudio para demostrar su utilidad.
 - A.4 Aplicación del estudio.
 - A.5 Obtención de resultados y conclusiones.
 - A.6 Redactar un artículo para revista indexada.
- b) Estudio de la utilidad del editor de DTIU
 - B.1 Diseño y construcción del estudio.
 - B.2 Aplicar el estudio a por lo menos 60 sujetos.
 - B.3 Obtener los resultados.
 - B.4 Hacer el análisis estadístico y obtener conclusiones.
 - B.5 Redactar un artículo para congreso o revista.
- c) Construcción de sistemas en base a DTIU, diagramas de secuencia y patrones de diseño
 - C.1 Análisis y Especificación de Requerimientos de uno o varios casos de estudio.
 - C.2 Elaboración de los prototipos de interfaces, DTIU y base de datos.

- C.3 Definición de la arquitectura del sistema y del diseño detallado con diagramas de secuencia y patrones de diseño.
 - C.4 Implementación y pruebas del sistema.
 - C.5 Redactar un artículo para revista indexada o congreso.
 - C.6 Formación de recursos humanos.
- d) Construcción de sistemas computacionales basada en los patrones de diseño mixtos y la inyección de dependencia
- D.1 Investigación y propuesta de patrones de diseño mixtos y basados en la inyección de dependencia.
 - D.2 Llevar a buen término la publicación del libro “Desarrollo de Software a Gran Escala”.
 - D.3 Desarrollo de la nueva versión de la plataforma para la gestión de patrones de diseño SMART-DPF.
 - D.4 Elaboración del Reporte Técnico publicable sobre el uso de patrones de diseño mixtos e inyección de dependencia en Ingeniería de Software.
 - D.5 Elaboración de un artículo para Memorias en Extenso.
- e) Algoritmos genéticos y técnicas de optimización para el diseño de zonas geográficas
- E.1 Planteamiento del problema
 - E.2 Diseño del modelo
 - E.3 Generar un conjunto de instancias diverso.
 - E.4 Implementación de los algoritmos de interés
 - E.5 Obtención de resultados y conclusiones
 - E.6 Redacción de un artículo para un congreso y/o revista en el área de computación.
- f) Obtención de datos de entrenamiento a partir de imágenes de video
- F.1 Planteamiento de problemas.
 - F.2 Diseño de la solución.
 - F.3 Configuración de la red neuronal convolucional en Tensor Flow.
 - F.4 Entrenamiento de la red.
 - F.5 Obtención de resultados y conclusiones.
 - F.6 Redactar un artículo para congreso.
- g) Adaptación de los operadores de teoría de gráficas a los de algoritmos genéticos
- G.1 Planteamiento de problemas.
 - G.2 Diseño de la representación del problema.
 - G.3 Diseño de la función de fitness.
 - G.4 Implementación del algoritmo genético.
 - G.5 Obtención de resultados y conclusiones.

G.6 Redacción de artículos para congreso y/o revista en el área de computación y de matemáticas.

h) Problema del número de dominación de una gráfica usando un algoritmo genético

H.1 Planteamiento del problema.

H.2 Diseño de la representación del problema.

H.3 Diseño de la función de fitness.

H.4 Implementación del algoritmo genético.

H.5 Obtención de resultados y conclusiones.

H.6 Redacción de artículos para congreso y/o revista en el área de computación y de matemáticas.

i) Formas de representación de la música mediante gráficas

I.1 Planteamiento del problema.

I.2 Análisis de la relación entre la teoría de gráficas y la teoría de la música.

I.3 Análisis de diversos algoritmos que ayuden a la representación de música mediante gráficas.

I.4 Implementación del algoritmo elegido.

I.5 Obtención de resultados y conclusiones.

I.6 Redacción de artículos para congreso y/o revista en el área de computación y de matemáticas.

9. Formación de recursos humanos.

A partir de la presente propuesta se espera la participación de alumnos de las licenciaturas de Ingeniería en Computación y de Matemáticas Aplicadas de tal manera que se obtengan:

- Al menos 4 proyectos terminales por año
- Al menos 4 servicios sociales durante la duración del proyecto

10. Impacto esperado del proyecto.

Con esta propuesta se pretende demostrar, a nivel de investigación, desarrollo y docencia, la utilidad de los Diagramas de Transición entre Interfaces de Usuario (DTIU). Construiremos un sistema que generará un esqueleto ejecutable de una aplicación web a partir de un DTIU y una arquitectura fija y demostraremos su utilidad. Se desarrollará la nueva versión de la plataforma Web SMART-DPF dedicada a la investigación y gestión de patrones de diseño y se publicará el libro “Desarrollo de Software a Gran Escala”. Se implementarán algoritmos genéticos y estrategias de optimización que permitan crear soluciones competitivas en problemas de partición, como el diseño de zonas geográficas. Por otro lado, se pretende lograr avances en el área de teoría de

gráficas en problemas en los que la solución sería extremadamente difícil de encontrar sin el uso de los Sistemas Computacionales.

11. Recursos necesarios para el proyecto

Respecto al equipo y espacios necesarios para el desarrollo del presente proyecto, cada uno de los académicos participantes cuenta con laptop y/o una computadora de escritorio. Asimismo, tanto los participantes y el alumnado relacionado con el proyecto podrán hacer uso de la Sala General de Cómputo, el Laboratorio de Cómputo Móvil e Inteligencia Artificial y, en caso de requerirse, se solicitará acceso al Laboratorio de Redes y/o a la Fábrica de Software, en horarios que no interfieran con la impartición de UEA o de forma remota.

A continuación, se desglosan los recursos económicos, sujetos a disponibilidad presupuestal del DMAS.

- *Gastos de Viaje.* - Para la participación en eventos nacionales o internacionales relacionados con inteligencia artificial, ingeniería de software o teoría de gráficas, se requerirán recursos para transporte y viáticos.
- *Publicaciones.* - Se requerirán recursos para el pago de las publicaciones en congresos y el pago de publicaciones en revista.

12. Calendario de actividades en períodos semestrales.

Cronograma de actividades								
Actividad	1 ^{er} año		2 ^o año		3 ^{er} año		4 ^o año	
	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2
A.1	X	X						
A.2		X	X					
A.3			X	X				
A.4				X	X			
A.5					X	X		
A.6						X	X	X
B.1	X							
B.2		X						
B.3		X	X					
B.4			X	X				
B.5				X	X			
C.1 a C.6	X	X	X	X	X	X	X	X
D.1	X	X	X	X	X			
D.2	X	X						
D.3			X	X	X	X		
D.4						X	X	X
D.5				X	X			
E.1	X							
E.2	X	X	X					

E.3		X	X					
E.4			X	X				
E.5			X	X				
E.6			X	X	X	X		
F.1	X	X						
F.2	X	X			X	X		
F.3		X	X			X	X	
F.4			X	X			X	X
F.5			X	X			X	X
F.6			X	X	X		X	X
G.1	X				X			
G.2	X	X			X	X		
G.3		X	X			X	X	
G.4		X	X			X	X	
G.5			X	X			X	X
G.6			X	X			X	X
H.1	X							
H.2	X	X						
H.3		X	X					
H.4			X	X				
H.5			X	X				
H.6			X	X	X			
I.1	X							
I.2		X	X					
I.3			X	X				
I.4				X	X			
I.5					X	X		
I.6					X	X	X	

13. Información para el seguimiento del proyecto

13.1 Calendarización de productos esperados a lo largo del proyecto.

A continuación, las siglas de cada uno de los profesores que participan en este proyecto.

- Jorge Cervantes Ojeda (JCO)
- María del Carmen Gómez Fuentes (MCGF)
- Mika Olsen (MO)
- Julián Alberto Fresán Figueroa (JAFF)
- Diego Antonio González Moreno (DAGM)
- Pedro Pablo González Pérez (PPGP)

- Alejandro Lara Caballero (ALC)

En cada uno de los entregables se especifica con siglas, a él o los responsables de la entrega.

Calendario de metas y entregables								
Metas y entregables	1^{er} año		2^o año		3^{er} año		4^o año	
	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2	Sem 1	Sem 2
A.1 Herramienta “Arquitector” (JCO, MCGF)	X	X						
A.2 Reporte de pruebas (JCO, MCGF)		X	X					
A.3 Estudio con los datos recopilados y validados (JCO, MCGF)			X	X				
A.4 Conclusiones (MCGF, JCO)					X	X		
A.5 Artículo para revista internacional indizada (MCGF, JCO)						X	X	X
B.1 Diseño y construcción del estudio. (MCGF, JCO)	X							
B.2 Aplicar el estudio a por lo menos 60 sujetos. (MCGF, JCO)		X						
B.3 - B4 Resultados y conclusiones (MCGF, JCO)			X					
B.5 artículo para congreso o revista (MCGF, JCO)				X	X			
C.1 a C.6 (MCGF, JCO, PPGP)	X	X	X	X	X	X	X	X
D.1 Investigación y propuesta de patrones de diseño mixtos basados en la	X	X	X	X	X			

inyección de dependencia (PPGP)								
D.2 Libro: “Desarrollo de SW a Gran Escala” (PPGP, MCGF, JCO)	X	X	X					
D.3 Nueva versión de la plataforma para la gestión de patrones de diseño SMART-DPF (PPGP)			X	X	X	X		
D.4 Reporte Técnico publicable sobre el uso de patrones de diseño mixtos e inyección de dependencia en Ingeniería de Software (PPGP)						X	X	X
D.5 Artículo para Congreso (PPGP)				X	X			
E.1 a E.4 Técnicas implementadas (ALC, JCO)				X				
E.5 Resultados y conclusiones (ALC, JCO)					X			
E.6 Artículo para congreso o revista (ALC, JCO)						X		
F.1 a F.4 Red neuronal entrenada (MCGF, JCO)			X					
F.5 Experimentos y resultados (MCGF, JCO)				X				
F.6					X			

Trabajo para congreso o revista (MCGF, JCO)								
G.1 a G4 Algoritmo genético implementado (JCO, MO)		X			X			
G.5 Resultados y conclusiones (JCO, MO)			X			X		
G.6 Artículo para congreso o revista (JCO, MO)				X			X	X
H.1 a H.4 Algoritmo genético implementado (JCO, JAFF, MCGF)		X			X			
H.5 Resultados y conclusiones (JCO, JAFF, MCGF)			X			X		
H.6 Artículo para congreso o revista (JCO, JAFF, MCGF)				X			X	X
I.1 a I.4 Algoritmo genético implementado (JCO, DAGM, MCGF)			X					
I.5 Resultados y conclusiones (JCO, DAGM, MCGF)				X				
I.6 Artículo para congreso o revista (JCO, DAGM, MCGF)					X			
Formación de Recursos humanos	X	X	X	X	X	X	X	X

(todos los integrantes)								

13.2 Resultados esperados, en términos de productividad científica y formación de recursos humanos.

Al concluir el tiempo de vigencia del presente proyecto se espera contar, al menos, con los siguientes resultados:

- 16 alumnos con proyecto terminal concluido.
- 5 alumnos de servicio social.
- 3 artículos publicados en revista internacional indexada (al menos dos en JCR).
- 4 artículos en congreso internacional.
- 1 libro de texto.

14. Referencias

- [1] Cervantes-Ojeda J., Gómez-Fuentes M. C., (2022), QualiTeam: a support tool when learning Software Quality and Testing concepts, Journal of Software Engineering and Applications (JSEA), Vol 15 (1), pp. 1-17
<https://doi.org/10.4236/jsea.2022.151001>
- [2] Gómez-Fuentes M., Cervantes-Ojeda J., Baez-Juárez E., García-Franco A., Ramos-Carranza R. (2015), Interactive software tool for teaching Numerical Methods in Engineering, Electronic Journal of Mathematics and Technology, Vol 9(1), pp. 107-123
[ejmt - Contents \(radford.edu\)](http://ejmt.radford.edu)
- [3] González-Pérez P. P., Gomez-Fuentes M. C., Hernández-Velázquez J., (2015), A hybrid expert system for the estimation of the environmental impact of urban development, British Journal of Mathematics & Computer Science, Vol. 7 (1), pp. 1-17
- [4] Mendez Fernandez D, Wagner S., Kalinowski M., Felderer M., Mafra P., Vetro A., Conte T., Christiansson M.-T., Greer D., Lassenius C., Mannisto T., Nayabi M., Oivo M., Penzenstadler B., Pfahl D., Prikladnicki R., Ruhe G., Schekelmann A., Sen S., Spinola R., Tuzcu A., de la Vara J. L., and Wieringa R. 2017. Naming the pain in requirements engineering. Empir. Software Eng., 2017, 22, 5, pp. 2298–2338.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10664-016-9451-7>
- [5] Gómez M. C., Cervantes J., (2013). *User Interface Transition Diagrams for Customer-Developer Communication Improvement in Software Development Projects*. Journal of Systems and Software Vol 86, Issue 9, pp. 2394-2410.
<https://doi.org/10.1016/j.jss.2013.04.022>
- [6] Cusumano, M.A. The Factory Approach to Large-Scale Software Development: Implications for Strategy, Technology, and Structure. Classic Reprints Series, 2017.

- [7] Van Deursen, S., Seemann, M. Dependency Injection Principles, Practices, and Patterns. 1st Edición. Manning. 2019.
- [8] Cervantes-Ojeda J., Gomez-Fuentes M. C., Bernal-Jaquez R., Empirical analysis of bifurcations in the full weights space of a two-neuron DTRNN. Neurocomputing, Vol 237, pp. 362-374, 2017.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231217300589>
- [9] López-Jaimez A., Cervantes-Ojeda J., Gómez-Fuentes M.C., Alvarado-González M., Simultaneous evolution of neuro-controllers for multiple car-like robots, Advances in Artificial Intelligence, 147 (10) pp. 29-44., 2018.
https://www.rcs.cic.ipn.mx/2018_147_10/
- [10] Olivera-García H., Cervantes-Ojeda J., Gómez-Fuentes M.C., Autonomous 2-Step Parking Maneuver of a Virtual Car with a Simple Feedforward Neural Network, 19th Mexican International Conference on Artificial Intelligence CDMX, October 12 to 17, 2020.
- [11] Cervantes J, Stephens C. Limitations of Existing Mutation Rate Heuristics and How a Rank GA Overcomes Them. Transactions on Evolutionary Computation. Vol. 13, No. 2, April 2009. pp. 369-397.
- [12] Cervantes-Ojeda J., Gómez-Fuentes M.C., González-Moreno D., Olsen M., (2019), Rainbow Connectivity Using a Rank Genetic Algorithm. Journal of Applied Mathematics, Volume 2019, 7 pages.
<https://doi.org/10.1155/2019/4073905>
- [13] Schaum, A. Cervantes Ojeda, J. Genetic algorithm-based saturated robust control design for an inverted pendulum positioning system. C. En Avances, investigación y desarrollo en robótica y computación, CIRC 2013. Secretaría de Educación Pública. Mayo 2013. ISBN 978-607-95534-5-6
- [14] Cervantes, J., Sánchez, M., González, P. P. Emerging Traits in the Application of an Evolutionary Algorithm to a Scalable Bioinformatics Problem. Proceedings of the IEEE Congress on Evolutionary Computation, Barcelona 2010.
- [15] Cervantes, J., Flores, D., Rank Based Evolution of Real Parameters on Noisy Fitness Functions. 10th Mexican International Conference on Artificial Intelligence MICAI 2011. 26 november- 4 december 2011, pp. 72-76. Gómez-Fuentes M. Cervantes-Ojeda J., Sequence Diagrams Tailored for Software Design used to Build a Carpooling Management System. 7th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT'19) CDMX, October 23-25, IEEE, pp. 116-122, 2019.
<https://doi.org/10.1109/CONISOFT.2019.00025>
- [16] Gómez-Fuentes M. Cervantes-Ojeda J., Sequence Diagrams Tailored for Software Design used to Build a Carpooling Management System. 7th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT'19) CDMX, October 23-25, IEEE, pp. 116-122, 2019.
<https://doi.org/10.1109/CONISOFT.2019.00025>
- [17] Cervantes-Ojeda J, Badillo-Salas A, Gómez-Fuentes M.C., Specialized Tool for Editing User Interface Transitions Diagrams (UITD) 9th International Conference in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT'21) San Diego U.S.A., October 25-29, IEEE, pp. 10-16, 2021.
<https://doi.org/10.1109/CONISOFT52520.2021.00014>
- [18] Gómez-Fuentes M. Cervantes-Ojeda J., Application of User Interface Transition Diagrams in the Construction of a Software System: A Case Study. 7th International Conference in

Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT'19) CDMX, October 23-25, IEEE, pp. 123-131, 2019.

<https://doi.org/10.1109/CONISOFT.2019.00026>

- [19] Hernández-Infante J., Gómez-Fuentes M., Llamadas sin marcación: ayuda para discapacitados visuales y llamadas de emergencia, Programación Matemática y Software, Vol 13 (3), 2021.
<http://www.progmat.uaem.mx:8080/articulosVol13No3.html>
- [20] Luis Gerardo Ramírez-Viveros, María del Carmen Gómez-Fuentes, Jorge Cervantes-Ojeda, Modelado de una tienda virtual mediante Diagramas de Transición entre Interfaces de Usuario y Diagramas de Secuencia Detallados: Un caso de éxito. Programación Matemática y Software, Vol 14 (1), 2022.
<http://www.progmat.uaem.mx:8080/articulosVol14No1.html>
- [21] Walton, A. (2010). A graph theoretic approach to tonal modulation. *Journal of Mathematics and Music*, 4(1), 45-56.
- [22] Szeto, W. M., & Wong, M. H. (2006). A graph-theoretical approach for pattern matching in post-tonal music analysis. *Journal of New Music Research*, 35(4), 307-321.
- [23] Mannone, Maria, et al. "Musical combinatorics, tonnetz, and the CubeHarmonic." *Zbornik radova Akademije umetnosti* 6 (2018): 104-116.