

AI CLUSTER

Volumen 1, número 2 Numero Special del BAAIW

Noviembre - Diciembre 2018

DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS, año 1, No. 1, Agosto - diciembre 2017, es una Publicación semestral editada por el Clúster de Inteligencia Artificial (Ai Cluster), Bulevar Tomás Fernández 8945, Parques Industriales, 32470 Cd Juárez, Chih. Tel. (656) 2027902, <https://aicluster.org/> Editor responsable: Jorge Rodas Osollo. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 00-2019-030617433300-203, ISSN: 0000-0000, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Ai Cluster, Víctor Hernández, Bulevar Tomás Fernández 8945, Parques Industriales, 32470 Cd Juárez, Chih., 1 de enero de 2018.

Plataforma de aplicaciones para gestión de modelos KMoS-RE bajo el modelo software como servicio

Beatriz I. Samaniego¹, Karla Olmos Sánchez¹, Jesús Israel Hernández¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación

all60482@alumnos.uacj.mx

kolmos@uacj.mx

israel.hernandez@uacj.mx

Abstract

KMoS-RE (Knowledge Management on a Systematic process for Requirements Engineering) es un proceso para la educación de requisitos para el desarrollo de proyectos, presenta una perspectiva basada en conocimiento especialmente diseñado para aplicarse en Dominios de Estructura Informal (DEI). Sin embargo, la manera de realizar actividades como el desarrollo del léxico, modelo conceptual, casos de uso y reporte de especificación, se dificulta debido a que no existe un sistema de software para la gestión de estas actividades. Se propone realizar una plataforma de aplicaciones que ayude a la gestión de estos modelos horrando esfuerzo y maximizando resultados, utilizando nuevas tecnologías como el computo en la nube y el Software como Servicio (SaaS).

1. Introducción

Intuitivamente, un dominio es un área bien definida de la actividad humana con problemas formales e informales en los que se produce un universo de discurso (Karla Olmos, 2014).

Existen dominios con un alto grado de informalidad, donde el conocimiento es informal, parcialmente completo, implícitamente asumido, tácito y no estructurado, a los cuales se han denominado Dominios de Estructura Informal (DEI) (Karla Olmos Sanchez, 2017).

El proceso KMoS-RE se centra DEI y su objetivo es transformar la mayor cantidad de conocimiento tácito en explícito a través de una serie de actividades para identificar, capturar, indexar y hacer explícito el conocimiento a los involucrados en el proyecto (Karla Olmos

Sanchez, 2017). Sin embargo, las actividades que se requieren a lo largo de las tres fases del proceso, y los artefactos que se generan se realizan actualmente con herramientas de ofimática.

El proceso KMoS-RE es complejo ya que consta de tres fases en la que se van generando diversos modelos que en conjunto ayudan al desarrollo de la especificación de requisitos. Cada fase consta de un conjunto de actividades para facilitar el desarrollo de los modelos. Para facilitar la visualización general pero concreta de qué actividades son realizadas por quién y qué productos de trabajo son los que se generan al finalizar las actividades, se modeló el proceso con SPEM (*Software Process Engineering Metamodel*), el cual es un lenguaje de modelado que se utiliza para definir procesos de desarrollo de software y sistemas, así como sus componentes (OMG, 2008) (Victor Hugo Menéndez Domínguez, 2015).

No solo las estrategias y procesos para la educación de requisitos evolucionan con el tiempo, sino que lo hacen también las nuevas tecnologías que evolucionan a un ritmo aún más acelerado y con ello la necesidad de integrar ambas soluciones. Al hablar de nuevas tecnologías se puede hacer énfasis en aquellas que han revolucionado por completo el concepto de *Software* tales como el computo en la nube y el SaaS. Se busca no solo proveer a dichos usuarios con un novedoso proceso que permita una correcta educación de requisitos para un proyecto, sino que además se pretende proveer al usuario con un sistema de gestión que facilite las actividades que este proceso demanda. El sistema de gestión como apoyo al proceso KMoS-RE se ha pensado bajo el esquema de SaaS no solo por el hecho de ser novedoso, sino que además se pretende llegar a una gran cantidad de usuarios dedicados a la educación de requisitos. Una de las tecnologías que permite entregar un software a una gran cantidad de usuarios mediante un navegador de internet, y además ofrecer disponibilidad, flexibilidad y escalabilidad es sin duda el computo en la nube en su esquema de SaaS.

El Computo en la Nube ha venido a revolucionar las Tecnologías de la Información aumentando la flexibilidad y el acceso de los usuarios a una amplia gama de recursos. Esto incluye acceso a infraestructura, software, hardware y plataforma en cualquier momento en cualquier lugar siempre que haya acceso a Internet (Akinlolu Olumide Akande, 2014) (Gurudatt Kulkarni, 2012). De entre los nuevos paradigmas que proporciona cómputo en la nube, se puede hablar de Software como Servicio (SaaS), el cual es un modelo de distribución del software que proporciona a los clientes el acceso a aplicaciones a través de la Internet (Bravo, 2009) (Elias Adriano Nogueira da Silva, 2012). De esta manera el software es suministrado como un servicio para el usuario quien no tiene que preocuparse del mantenimiento y actualización de las aplicaciones. Al ser pago bajo demanda permite al cliente la optimización tanto de recursos como de costos.

Este artículo da a conocer la propuesta de un sistema de apoyo a la estrategia para la educación de requisitos KMoS-RE implementado como SaaS; y se estructura de la siguiente manera. La sección 2 presenta un acercamiento al proceso KMoS-RE además de la representación del modelo del proceso de SPEM. En la sección 3 se presenta la propuesta de un sistema de apoyo al proceso KMoS-RE bajo un modelo SaaS. La sección 4 muestra las discusiones de los resultados parciales y el trabajo futuro.

2. Proceso KMoS-RE

El proceso estructura sus actividades de acuerdo con el Modelo de Evolución del Conocimiento para la Ingeniería de Requisitos (KEM-RE), que es un ciclo iterativo basado en el modelo SECI. El modelo SECI postula cuatro modos de conversión iterativa: Socialización, el proceso de transferencia de conocimiento tácito entre individuos compartiendo modelos mentales y habilidades técnicas; la externalización, el proceso de convertir el conocimiento tácito en

explícito a través del desarrollo de modelos, protocolos y directrices; combinación, el proceso de recombinación o reconfiguración de los cuerpos existentes de conocimiento explícito para crear nuevos conocimientos explícitos; y la internalización del proceso de aprendizaje por repetición de tareas y en la que los individuos absorberán el conocimiento como conocimiento tácito de nuevo (Karla Olmos-Sánchez, 2015), conduciendo a la obtención y evolución del conocimiento.

KMoS-RE está diseñado para proporcionar una forma sistemática de obtener, estructurar y crear conocimiento que pueda ser incorporado en un producto o solución y evitando requisitos ambiguos, incompletos e inadecuados (Karla Olmos Sanchez, 2017).

El proceso KMoS-RE consta de tres fases (Karla Olmos, 2014), las cuales se explican a continuación:

Fase de Modelado del Dominio. La primera fase del proceso tiene como objetivo formalizar las propiedades del dominio, tales como conceptos, atributos y relaciones entre conceptos. El *Knowledge of Domain on an Extended Lexicon* evoluciona al *Lexical Extended Language* (LEL) que se utiliza para identificar, clasificar y definir los términos del dominio. Una vez desarrollado, se utiliza para construir el modelo estructural del dominio. La externalización de este conocimiento permitirá lograr un consenso entre las partes interesadas, por lo tanto, minimiza la simetría de la ignorancia. Que identifica la brecha de conocimiento que existe entre los especialistas en dominios y los especialistas de la solución, e incluso entre los especialistas en el dominio (Karla Olmos Sanchez, 2017). Si esta brecha es grande los modelos producidos no representaran la realidad.

Fase del Modelado del sistema. El objetivo de esta fase es formalizar los procesos actuales y futuros del sistema. El modelo de casos de uso se utiliza para modelar el sistema, tanto actual como futuro.

Fase de Modelado del Software. En esta fase, los ingenieros de requisitos derivan el conjunto de requisitos de los Casos de Uso del sistema futuro. Estos requisitos se utilizarán para construir la especificación del software, que se considera el primer modelo del software.

El proceso KMoS-RE se compone de tres fases con diferentes actividades y su resultado es un producto de trabajo tangible traducido en un documento.

En la Fig. 2, se representa el proceso KMoS-RE en lenguaje SPEM. En dicho diagrama se representan los dos roles principales que son:

El Ingeniero de Requisitos quien es el encargado de obtener e inducir los requisitos para un determinado proyecto además de gestionar los modelos correspondientes a cada una de las fases que componen la estrategia.

El Especialista del dominio de Aplicación es la persona que posee el conocimiento del cual se puede obtener información para realizar los modelos correspondientes que posteriormente serán validados por este mismo especialista. En este diagrama se representan también las actividades a realizar por parte de cada uno de los roles o actores:

Desarrollar KDEL actividad que permitirá desarrollar el léxico que servirá como guía para entender los términos utilizados en un dominio, y que además permite tener una mejor comprensión del mismo.

Desarrollar Modelo Conceptual actividad que permite desarrollar el modelo conceptual, para comprender las relaciones de los objetos y sujetos de un dominio.

Desarrollar casos de uso esta actividad se divide en el sistema actual y el sistema futuro, es decir se desarrollarán casos de uso para cada sistema, con el fin de comprender como es llevado a cabo el proceso de las actividades actuales del sistema de un dominio, así como modelar el comportamiento esperado para del sistema propuesto.

Desarrollar Especificación de Requisitos que permite presentar de manera formal los requisitos funcionales y no funcionales del sistema a desarrollar.

Desarrollar Matriz del conocimiento en la cual existe un rango de -1 a 1 para determinar qué nivel de conocimiento posee cada uno de los involucrados en un proyecto con respecto al dominio.

Desarrollar Registro de Supuestos que permite tener un registro de las suposiciones erróneas de los Ingenieros de Requisitos y los especialistas sobre el dominio de aplicación.

Cada una de estas actividades genera un producto de trabajo que se traduce a un documento que posteriormente será validado por el especialista del dominio de aplicación y corregido por el Ingeniero de requisitos en caso de ser requerido. Comenzando por el desarrollo del KDEL es cual es una base para desarrollar tanto los casos de uso actuales como los casos de uso futuros, además de permitir el desarrollo de la matriz de conocimiento. Así mismo se puede ver que el desarrollo de los Casos de Uso Futuros contribuye al desarrollo de la Especificación de Requisitos de manera automática, pues de esta etapa de donde se obtienen los Requisitos Funcionales y No Funcionales para un software.

3. Propuesta sistema de apoyo al proceso KMoS-RE

Para la realización de esta propuesta se ha tomado como base el proceso KMoS-RE que además de ser el tema central, ha servido como guía en el proceso para plantear una solución a la problemática que se presenta el no tener un sistema de apoyo al proceso.

El proceso KMoS-RE requiere de un mayor esfuerzo crear los diferentes artefactos para obtener una especificación de requisitos final, debido a que sus actividades se realizan actualmente con herramientas de ofimática por lo que cada artefacto se genera por separado. Si estos artefactos requieren la colaboración de otros ingenieros de requisitos o validación por parte del cliente deben compartirse por correo electrónico, o dispositivos que permitan transferencia de datos como cables o memorias USB. Lo cual no es óptimo para trabajar en conjunto.

En la Fig.3 se representa la propuesta de un sistema de apoyo al proceso KMoS-RE bajo un modelo SaaS, en el cual se integrarán aplicaciones independientes donde todos los artefactos generados a partir de las diferentes fases del proceso podrán generarse o guardarse en una base de datos de proyectos que podrán ser compartidos con otros ingenieros de requisitos, vistos y modificados por los mismos, además de poder ser validados por el cliente. Al estar concentradas todas las actividades en la misma plataforma se agiliza el proceso, se reducen esfuerzos, y se minimizan los riesgos que conlleva generar artefactos por separado y guardarlos en dispositivos diferentes como la corrupción de los archivos, traspaso de virus, pérdida de información, entre otros.

3.1. Desarrollo de KDEL

La primera parte enfocada al desarrollo del léxico del dominio *Knowledge of Domain on an Extended Lexicon* (KDEL) el cual es una versión evolucionada del *Language Extended Lexical*

(LEL) que tiene como objetivo entender el lenguaje del problema sin preocuparse de entender el problema (Karla Olmos Sanchez, 2017). En LEL todo aquel termino que sea significativo en el discurso del dominio se convierte en un símbolo que es descrito por una noción, y un comportamiento. Dichos términos se clasifican como objetos sujetos, verbos o estados.

KDEL modifica dos aspectos de LEL uno de ellos es que además de símbolos, incorpora definiciones y requisitos No Funcionales (NF) (Luiz Marcio Cysneiros, 2004).

3.2 Modelo Conceptual

El proceso KMoS-RE como se comentó anteriormente no solo es el tema central, sino que además es la guía a seguir para definir los diferentes modelos para esta propuesta, tal es el caso del modelo conceptual que se muestra en la Fig. 4 el cual representa la relación de las aplicaciones con el sistema principal, y las relaciones detalladas para la primera aplicación que se realizara que será KDEL.

3.3 Diseño del sistema

Para definir la funcionalidad del sistema se ha utilizado un patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC). El patrón MVC es un paradigma que divide las partes que conforman una aplicación en el Modelo, las Vistas y los Controladores, permitiendo la implementación por separado de cada elemento, garantizando así la actualización y mantenimiento del software de forma sencilla y en un reducido espacio de tiempo (Yanette Díaz González, 2012). En la Fig. 9 se muestra el diagrama de secuencia siguiendo el patrón MVC para crear un término, agregando su noción, comportamiento actual y comportamiento futuro, categoría y clasificación.

Se pretende también hacer una semiautomatización para las siguientes etapas en donde estos términos serán de ayuda para crear los modelos de las siguientes fases del proceso KMoS-RE en

donde estos términos se convertirán más adelante en clases, actores, casos de uso, y requisitos funcionales y no funcionales para el proyecto.

Para implementar un Software como servicio se requiere de infraestructura y almacenamiento, y por el momento se considerará alquilar servicios de nube tales como infraestructura, Bases de Datos entre otros, como los ofrecidos por Azure, Amazon, y Google, con el fin obtener un prototipo funcional. Finalmente, entre los usuarios para los que está pensado este sistema se encuentran las Instituciones del sector público, privado, empresarial y académico.

4. Discusión y Trabajo futuro

La educación de requisitos es un arduo trabajo que requiere de la generación de artefactos que los especialistas del dominio puedan validar, pero que además los ingenieros de requisitos puedan entender en una forma rápida y sencilla. El proceso KMoS-RE es un proceso que minimiza el tiempo que se ocupa durante la fase de desarrollo de un sistema, haciendo más eficiente el proceso de solución, además de enfocarse en los dominios es estructura informal, donde la mayor parte del tiempo los especialistas tienden a poseer conocimiento tácito, es decir conocimiento que en muchas ocasiones ellos no son conscientes de tenerlo o no saben cómo explicitar.

A lo largo del desarrollo de esta propuesta se ha utilizado como ya se mencionó el proceso KMoS-RE para generar la documentación necesaria, tal es el caso del léxico, el modelo conceptual y los casos de uso, sin embargo, aunque las herramientas utilizadas son herramientas que permiten trabajar de la mejor manera posible, no son las herramientas más adecuadas para dar un seguimiento constante y con mayor facilidad al desarrollo.

Es por ello que al ver este tipo de complicaciones la propuesta que se ha planteado pretende facilitar un acceso ágil tanto al ingeniero de requisitos como a su cliente mediante el uso de

aplicaciones específicas para cada fase del proceso. Es el SaaS parte de esta propuesta puesto que es esta una forma de entregar una solución de software no solo a los ingenieros de requisitos si no a diferentes usuarios que intentan conocer un dominio de aplicación para entregar una solución adecuada al problema que se presenta usando las aplicaciones que este sistema le ofrece, ya que al estar conformado de aplicaciones independientes no necesariamente utilizara todas y cada una de ellas.

SaaS es un paradigma que ha revolucionado por completo el concepto del software, y existen diversos componentes que exigen un análisis muy concreto para finalmente entregar un SaaS, tales como el diseño de infraestructura, plataforma, una Base de Datos. Actualmente se prepara una propuesta tecnológica para proveer todo esto desde el laboratorio de la UACJ, sin embargo, no se descarta la posibilidad de alquilar todo lo necesario en servicios de nube con algún proveedor reconocido como Google, Amazon, IBM o Azure de Microsoft.

Como trabajo futuro se buscará integrar las siguientes aplicaciones que serán de utilidad para la elicitation de requisitos y el modelado de cualquier dominio de aplicación. Al estar diseñado como servicios independientes por módulos se deja una estructura preparada para integrar nuevas aplicaciones que puedan trabajar en conjunto. Dichas aplicaciones son: Modelo conceptual, Casos de uso (actuales y futuros), Matriz de conocimiento, Registro de supuestos.

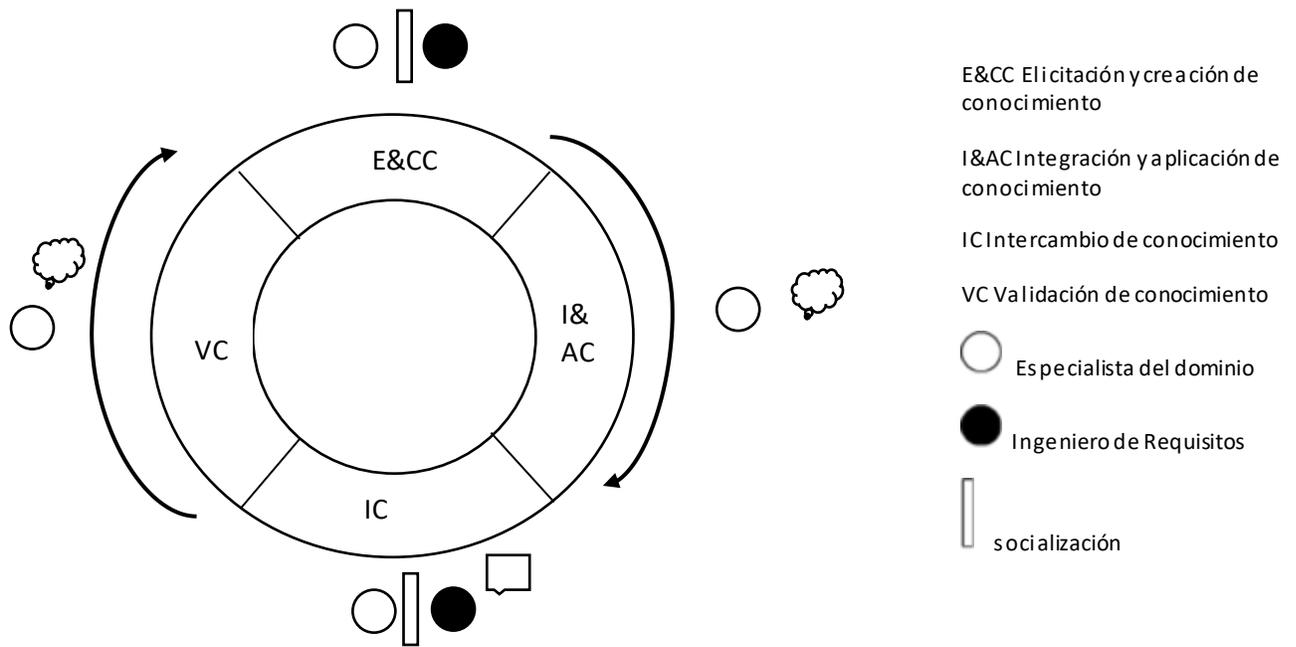


Fig. 1 Modelo de evolución de conocimiento para la ingeniería de requisitos (KEM-RE)

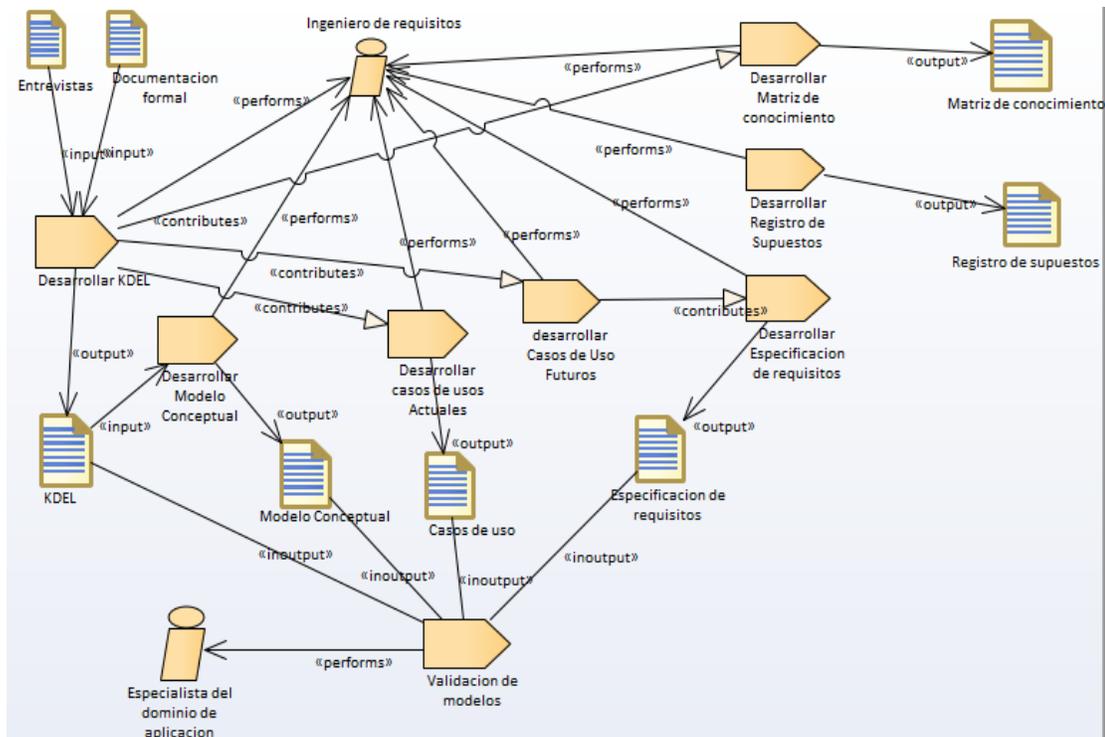


Fig. 2 Diagrama general del Proceso KMoS-RE

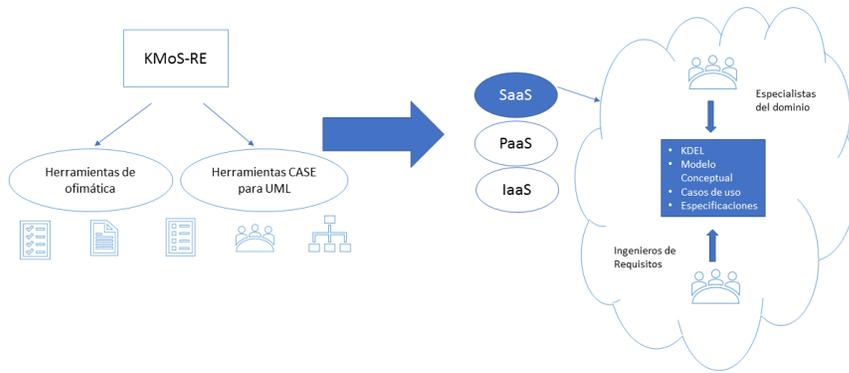


Fig. 3 Esquema representativo de la propuesta de un sistema de apoyo a KMoS-RE

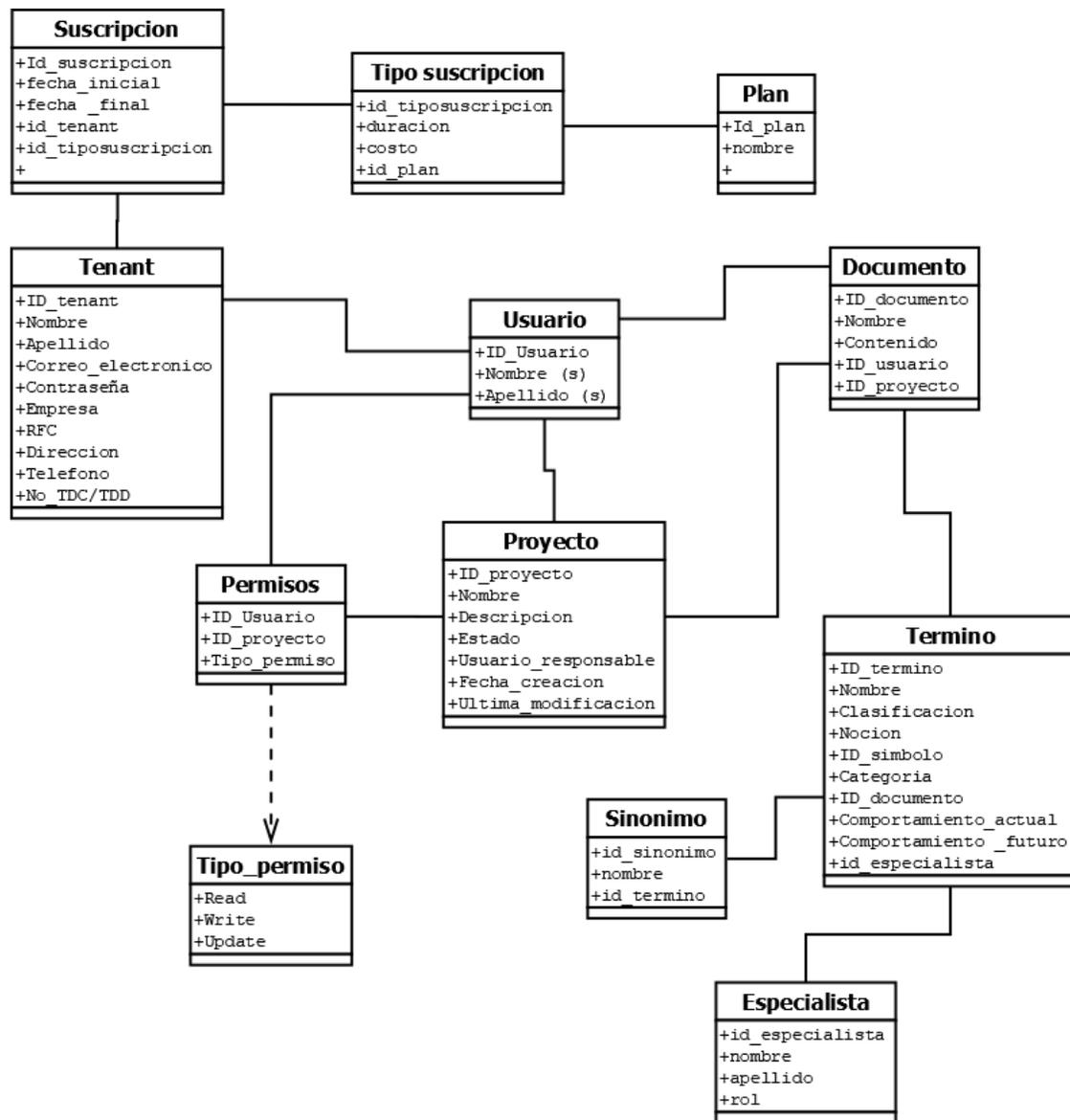


Fig.5 modelo conceptual de la propuesta para el sistema de apoyo al proceso KMoS-RE

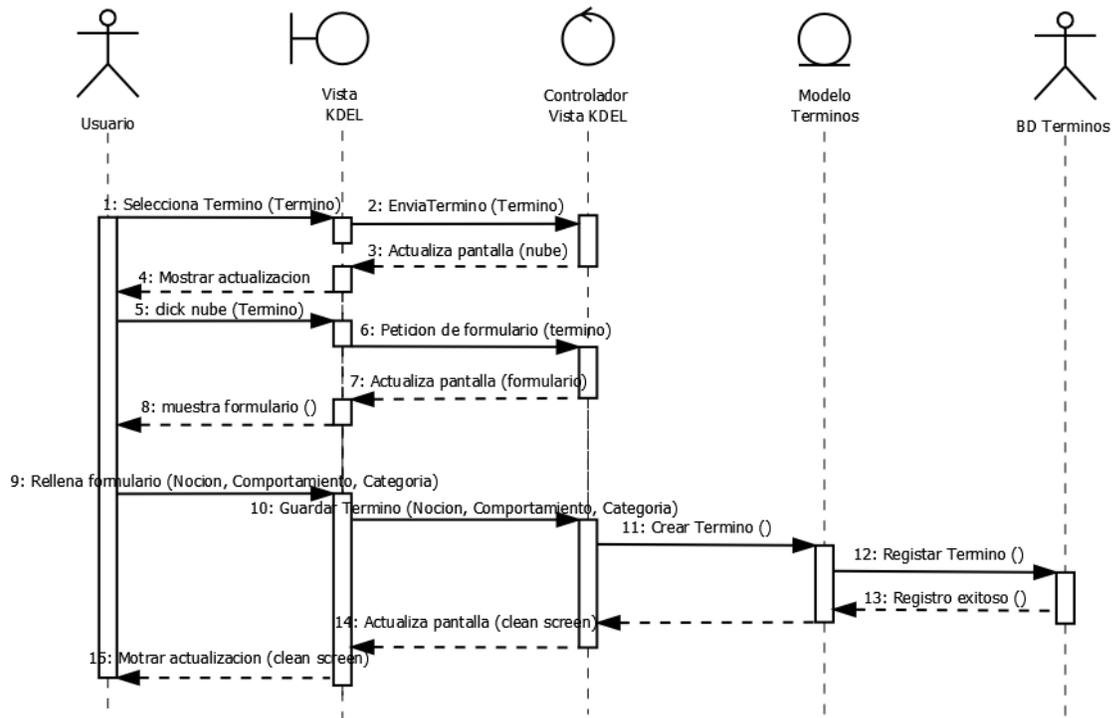


Fig. 9 Diagrama de secuencia para crear un término en KDEL

REFERENCIAS

Akinlolu Olumide Akande, J.-P. V. (2014). Cloud Computing in Higher Education: A snapshot of software as a service. Adaptive Science & Technology (ICAST), 2014 IEEE 6th International Conference, pp. 1-5.

Bravo, Á. H. (2009, 04 1). El SaaS y el Cloud-Computing: una opción innovadora para tiempos de crisis. REICIS. Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, pp. 38-41.

Elías Adriano Nogueira da Silva, D. L. (2012). Software Engineering for the Cloud: A Research Roadmap. 2012 26th Brazilian Symposium on Software Engineering. Natal, Brazil.

Group, O. M. (2008). Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification. OMG. Retrieved from <http://www.omg.org/spec/SPEM/2.0/PDF>

Gurudatt Kulkarni, S. M. (2012). Software as service cloud. 2012 International Conference on Computer Science and Service System, pp. 442-445.

Karla Olmos Sanchez, J. R. (2017). Requirements Engineering Based on Knowledge Management: Theoretical Aspects and a Practical Proposal. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 27(08), 1199-1233.

Karla Olmos, J. R. (2014). KMoS-RE: knowledge management on a strategy to requirements engineering. Springer, 19(4), 421-440.

Karla Olmos-Sánchez, J. R. (2015, 07 08). Requirements engineering based on knowledge: a comparative case study of the KMoS-RE strategy and the DMS process. Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia (77), 4-8.

Luiz Marcio Cysneiros, J. C. (2004). Nonfunctional requirements: from elicitation to conceptual models. IEEE Transactions on Software Engineering, 30(5), 328-350.

Víctor Hugo Menéndez Domínguez, M. E. (2015). SPEM: Software Process Engineering Metamodel. Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software, 3(2), 92-100.

Yanette Díaz González, Y. F. (2012). Patrón Modelo-Vista-Controlador. Revista Telem@tica, 11(1).

Algoritmo para adaptar a daltónicos los colores desplegados en una computadora.

Bruno Castro, Rogelio Florencia, Gilberto Rivera, *Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.*

Introducción—El daltonismo es una condición que afecta al 7% de los hombres y al 1% de las mujeres. Las personas que padecen esta condición no pueden distinguir correctamente algunas tonalidades de colores [1]. Debido a esta deficiencia, los daltónicos se enfrentan con desventajas en el uso de computadoras. En estos dispositivos es común que el software haga uso de color para la representación de información. En este documento se detalla el análisis del estado del arte con la intención de desarrollar una herramienta basada en técnicas de inteligencia artificial para adaptar los colores desplegados en una computadora para que sean más fácil de identificar a usuarios daltónicos.

Index Terms—Daltonismo, Redes Neuronales, Procesamiento. Keywords should be taken from the taxonomy (<http://www.computer.org/mc/keywords/keywords.htm>). Keywords should closely reflect the topic and should optimally characterize the paper. Use about four key words or phrases in alphabetical order, separated by commas (there should not be a period at the end of the index terms)

- Bruno Castro, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Email: al171492@alumnos.uacj.mx.
- Rogelio Florencia, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Email: rogelio.florencia@uacj.mx
- Gilberto Rivera, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Email: gilberto.rivera@uacj.mx

1 INTRODUCCION

E

El daltonismo es una condición que afecta al 7% de los hombres y al 1% de las mujeres. Las personas que padecen esta condición no pueden distinguir algunas tonalidades de colores [1]. Existen distintos tipos de daltonismo, pero los dos tipos más comunes son deuteranomalía y protanomalía que constituyen al 71% de los daltónicos [2]. A pesar de que el daltonismo no es considerado como una condición grave, el efecto en las personas que lo padecen es de gran impacto ya que los inhabilita de realizar actividades básicas de manera efectiva. Las personas que padecen daltonismo se encuentran en una desventaja en áreas importantes de la vida cotidiana, personal y laboral, en las que estén presentes los colores. Esto se debe a que los colores son comúnmente utilizados para representar información. Un ejemplo universal son los semáforos. En estos dispositivos se usan tres colores, verde, amarillo, y rojo, para representar información necesaria para que el conductor tome una decisión, si avanzar o detener su marcha. Un

decisión en la posición de la luz encendida; la luz verde está universalmente en el lado derecho de los semáforos horizontales y abajo en semáforos verticales.

Las limitaciones se extienden a dispositivos como computadoras y celulares inteligentes. En estos dispositivos es común que el software de aplicaciones, así como páginas de internet, están altamente influenciadas por diseño y representen información con color.

Con la finalidad de apoyar a usuarios daltónicos, se han desarrollado herramientas que permitan modificar los colores de los monitores de computadora y celulares para que los usuarios daltónicos pueden distinguir mejor los colores [1] [3]. La mayoría de estas herramientas ofrece una única modificación para todos los daltónicos dicrómatas, sin importar que existan distintos grados de daltonismo. Esto se debe a que sus conos receptores de luz que tienen detrás de su ojo pueden estar dañados en distinta severidad. Incluso puede ser que algunos tengan unos conos funcionando y otros no.

2 PROPUESTA A DESARROLLAR

neuronales, que se ajuste al nivel de daltonismo del usuario y modifique los colores de una imagen para adaptarla a dicho usuario. El ajuste al nivel de daltonismo se pretende lograr realizando una calibración con los colores que el usuario perciba mejor. El proceso de la calibración está aún por definir.

Aparte de adaptarse al usuario, el algoritmo que se propondrá hará uso de una técnica de inteligencia artificial para poder decidir cuándo hacer modificación y cuando no y en qué grado realizar la modificación al color. Esto nos permite que la solución no sea uniforme, sino que en sí la herramienta decida la mejor opción basándose en la calibración del usuario.

3 ESTADO DEL ARTE

Existen herramientas para usuarios daltónicos. Estas herramientas se pueden dividir en las que hacen uso de hardware y las que son meramente software. Entre las herramientas enfocadas en hardware que apoyan a usuarios daltónicos se encuentran ChromaGlasses, los cuales son unos lentes de Google Glass que hacen uso de computación para realizar modificaciones a los colores en tiempo real por medio de realidad aumentada. Otra herramienta basada en hardware conocida es HaptiColor que permite identificar colores y compararlos por medio de vibraciones en una pulsera que usa el usuario. Los lentes Chroma permiten identificar colores en lentes Google Glass, aunque no realizan la identificación en tiempo real como ChromaGlasses.

En conjunto, existen herramientas que permiten apoyar a los usuarios daltónicos principalmente en el uso de dispositivos electrónicos. Estas herramientas de software utilizan un método conocido como Daltonización, el cual consiste en modificar una imagen y adaptarla a usuarios daltónicos. Estas herramientas de recoloramiento de Daltonización son una estrategia popular en el procesamiento de imágenes para mejorar la percepción al color en una persona con daltonismo. Los algoritmos de daltonización realizan modificaciones principalmente al contraste, luminosidad y saturación de una imagen para que el usuario pueda discernir mejor los colores. Algunos de los métodos conocidos de daltonización incluyen recoloramiento, texturización, etiquetado, color-a-sonido y color-a-tacto. Sin embargo, no existe un método universal aceptado como el mejor método de daltonización.

Entre las herramientas de software que realizan modificaciones por medio de daltonización se encuentra Covisance, el cual es un método de daltonización para aplicación móvil probado en tiempo real. Está herramienta también cuenta con una evaluación para detectar el grado de daltonismo.

4 EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA

para mejorar los displays de dispositivos y adaptarlos a usuarios con esta deficiencia. Sin embargo, es necesario definir una evaluación para saber si estos métodos funcionan.

Un método propuesto para la evaluación de estos dispositivos es el método ViSDEM el cual puede validar los métodos de daltonización, así como los métodos de simulación de daltonismo. La evaluación realizada por estos métodos consiste en calificar los tiempos de reacción de los usuarios daltónicos, así como los aciertos que hayan obtenido con cada método de daltonización.

5 CONCLUSIÓN

Se pretende realizar un método de daltonización usando una técnica de inteligencia artificial que permita modificar los colores de una imagen y adaptarlos para un usuario daltónico en específico. Existen trabajos relacionados que hacen uso incluso de hardware, más sin embargo no existe alguno que haga uso de inteligencia artificial y sea customizable para cada usuario.

Desarrollo de un algoritmo heurístico para la resolución de una problemática TTRPTW en un dominio real.

Ing. Luis Cisneros, Dra. Julia Sánchez, Dr. Francisco López y Dr. Jorge Rodas-Osollo

Resumen— El problema de enrutamiento del trailer y su remolque (TTRP, por sus siglas en ingles) es un problema de optimización similar al problema de enrutamiento vehicular (VRP, por sus siglas en ingles). La diferencia que existe entre estos dos problemas recae en que en el TTRP no se puede acceder directamente a los clientes debido a limitaciones físicas. Esta limitante provoca que se tenga que usar bahías de carga y descarga para trasladar la mercancía a un medio de transporte que pueda acceder a los clientes. Dicha problemática se presenta en el centro histórico de Querétaro. El instituto mexicano del transporte (IMT) se ha dado a la tarea de optimizar e lproceso de creacion de rutas por parte de múltiples empresas con clientes en dicha área. Para lograr esto se propone un algoritmo heurístico de tres fases.

Palabras clave— Agrupamiento de clientes, Algoritmo Dijkstra, Algoritmo murciélago, Bahías con capacidad, Duración limitada, Flota heterogénea, Múltiples empresas, IMT, Ventanas de tiempo.

1 INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se han clasificado las técnicas de optimización en métodos exactos y métodos heurísticos. Los métodos exactos tienen como meta encontrar la solución óptima del problema a optimizar. Sin embargo, estos tipos de enfoques resultan ser demasiado costosos en tiempo computacional cuando el espacio de búsqueda de la solución es grande. Es decir, el tiempo de resolución para dichos casos resulta ser demasiado. Es por este motivo que el uso de heurísticas es más conveniente para encontrar una solución de cierta calidad dentro de un lapso de tiempo razonable. Las heurísticas suelen utilizar técnicas de inteligencia artificial en su totalidad o en parte para explorar de manera más eficiente el espacio de soluciones. A diferencia de los métodos exactos, las heurísticas no garantizan encontrar la solución óptima. No obstante, si se usan adecuadamente pueden ofrecer soluciones de buena calidad en un lapso de tiempo considerablemente menor que los métodos exactos [1].

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el centro histórico de la ciudad de Querétaro, existen diversos comercios que no pueden ser accesados directamente por distintos proveedores. Para surtir a estos comercios, los proveedores se ven forzados a utilizar bahías de carga y descarga ubicadas en distintos puntos del centro histórico de la ciudad con el fin de trasladar la mercancía a un medio de transporte capaz de acceder al cliente. Cabe destacar que dichas bahías son compartidas por todos los proveedores.

La gran cantidad de comercios presentes en el centro

proveedores el definir rutas de surtido eficientes. El Instituto Mexicano del Transporte (IMT) se ha dado a la tarea de mejorar las rutas determinadas por los proveedores para surtir mercancías a sus clientes. Para realizar esta mejora se deben tomar en cuenta las siguientes restricciones presentes en el dominio de aplicación:

- El uso compartido de las bahías por varios tráileres.
- El horario en el que se puede surtir a un comercio en específico. Dicho horario puede variar de un comercio a otro.
- La naturaleza heterogénea de la flota de vehículos.
- Un límite de tiempo en la duración de las rutas de abastecimiento.

Formalmente a esta problemática se le denomina *problema de enrutamiento de camión y tráiler* (Truck and Trailer Routing Problem, TTRP), y debido a su complejidad combinatoria requiere de una solución heurística capaz de obtener una solución óptima teniendo en cuenta las limitaciones que se presentan. En la literatura especializada, la mayoría de los trabajos de TTRP giran en torno a datos ficticios, por ejemplo, [2] [3] [4] [5] [6]. Además de que no se ha modelado el TTRP teniendo en cuenta todas las restricciones que se presentan en este dominio real. Por otra parte, algunas de estas restricciones no se han manejado anteriormente en la literatura. Por ejemplo, la participación de múltiples empresas, el manejo de una capacidad máxima en el uso de las bahías y algunas restricciones en la circulación de los vehículos. Se ha identificado a la problemática presente en el dominio como *problema de enrutamiento de camión y tráiler con*

with Time Windows, TTRPTW).

3 OBJETIVOS

3.1 General

Desarrollar un algoritmo heurístico capaz de resolver la problemática TTRP que se presenta en el centro histórico de Querétaro.

3.2 Específicos

- Modelar el problema TTRP de manera que refleje las limitaciones presentes en el dominio.
- Evaluar los resultados del algoritmo.

4 JUSTIFICACIÓN

La resolución de esta problemática resultará en un beneficio económico importante para las empresas proveedoras derivado de un menor gasto de combustible, reducción en las horas laborales necesarias para el servicio a clientes, extensión del tiempo de vida útil del transporte y la posibilidad de atender a un mayor número de clientes. Además, los establecimientos ubicados en la zona centro de la ciudad se verán beneficiados con un sistema de entrega de mercancía más ágil.

Asimismo, la resolución de una problemática del TTRPTW sobre un caso real con múltiples restricciones, algunas de ellas nuevas, representa un aporte significativo a la literatura especializada.

Para la resolución exitosa de esta problemática se está trabajando en conjunto con el IMT en el desarrollo de este proyecto. Así mismo, existe un segundo proyecto de maestría donde se aborda la misma problemática. Esto con el fin de que se realice una investigación más profunda de la literatura. Así como de ampliar el marco de implementación y experimentación de soluciones para la obtención de rutas de abastecimiento factibles.

5 METODOLOGÍA

En esta sección se describe la metodología de solución que seguirá el algoritmo para resolver el esquema de TTRPTW y la metodología de desarrollo para dicho algoritmo.

5.1 Metodología de solución.

Para resolver la problemática TTRPTW que se presenta en este dominio, se utilizará un algoritmo de tres fases de procesamiento. La división del problema en fases acelerará la búsqueda de una solución de calidad. Se planea dividir el problema en las tres fases siguientes: 1) agrupación de clientes, 2) construcción de rutas iniciales, y 3) mejora de las rutas iniciales.

La fase 1 consiste en vincular varios clientes con una bahía, y se hace para facilitar el proceso de generación de rutas. Gracias a esta agrupación, se eliminan los casos donde un cliente puede ser accedido por dos o más bahías.

Durante la fase de construcción se generarán rutas de abastecimiento óptimas para cada empresa. Se ha optado

concluye que provee mejores soluciones que un modelo basado en arcos. Algunos ejemplos de trabajos que utilizan dicho enfoque son [5] [8]. Para la obtención de las rutas se ha optado por la implementación de un algoritmo Dijkstra por sus resultados en [9]. Dado que dicho algoritmo es un método exacto, es necesario aplicarlo en un grafo reducido. De esta manera se reduce la cantidad de rutas posibles, permitiendo la obtención de rutas de abastecimiento en un tiempo razonable.

Finalmente, en la fase de mejora se buscará un arreglo de rutas que respete la capacidad máxima de las bahías mediante un algoritmo murciélago. Dicho algoritmo fue escogido por sus resultados en [6]. Durante esta fase es posible utilizar alternativamente el algoritmo Dijkstra para garantizar la optimalidad de las rutas. El algoritmo de Dijkstra se utilizaría en caso de que las rutas generadas para una empresa en el paso anterior no puedan ser aplicadas sin exceder la capacidad de una o más bahías. De esta manera, se buscaría un nuevo conjunto de rutas que utilicen una serie distinta de bahías. El resultado será un conjunto de rutas eficientes para cada empresa teniendo en cuenta el uso en común de las bahías.

Esta metodología divide las distintas restricciones, simplificando la búsqueda de una solución satisfactoria y abre la posibilidad de implementar distintas mejoras en cada fase.

5.2 Metodología de desarrollo.

Para la resolución de la problemática abordada en este proyecto se propone una metodología de experimentación de tres etapas. Donde, a lo largo del proyecto se implementarán diferentes técnicas para el mejoramiento de cada fase de procesamiento. Esto con el objetivo de llegar a soluciones de mayor calidad que representen un mayor beneficio para los proveedores y comercios de la ciudad de Querétaro. Así mismo, es posible que se experimente con la implementación de distintas heurísticas y algoritmos en alguna de las fases de procesamiento.

Durante la primera etapa se realizará un análisis de la literatura especializada, así como de distintas metodologías de solución. Seguido de esto se construirá un modelo conceptual del dominio de aplicación.

La segunda etapa constará del desarrollo de los algoritmos correspondientes a cada etapa. Es posible que una vez realizados los experimentos sobre la solución resultante se regrese a esta etapa para el desarrollo de algoritmos distintos a implementar.

Finalmente, la tercera etapa constará de la experimentación. En esta etapa se calificarán los resultados del algoritmo, así como la inclusión de distintas técnicas para el mejoramiento de éste. El resultado final será un algoritmo que combine distintas técnicas en una optimización por fases para la optimización de rutas de abastecimiento.

6 IMPACTO

Actualmente, las empresas proveedoras de artículos no

transportan la mercancía, los cuales utilizan su conocimiento empírico para determinar la ruta. La reducción de la longitud total de las rutas de abastecimiento implica un menor gasto de combustible. Esto, a su vez, implica una reducción en las emisiones de CO₂, reduciendo el impacto ambiental.

paths in a time-window network," *Computers & Operations Research*, vol. 31, pp. 499-513, 2004.

7 ALCANCES Y LIMITACIONES

- El proyecto está limitado a un grupo de cuatro empresas con clientes presentes en el centro histórico de Querétaro.
- El esquema de TTRP está limitado al área del centro histórico de la ciudad de Querétaro.
- La duración de la ruta está limitada por el horario laboral.

8 REFERENCIAS

- [1] V. Y. Piqueras, "¿Qué son las metaheurísticas?," Universidad Politécnica de Valencia, 22 Febrero 2015. [Online]. Available: <http://optimizacionheuristica.blogs.upv.es/2015/02/22/que-son-las-metaheuristicas/>. [Accessed Octubre 2018].
- [2] Z. Bian, "2016 International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS)," in *A Hybrid Algorithm for hte Truck-and-Trailer Routing Problem with Time Windows*, Beijing, 2016.
- [3] I. S. Grechikhin, "Heuristic with element of tabu searchfor Truck and Trailer Routing Problem," Cornell university Library, 2016.
- [4] S. Mirmohammadsadeghi and S. Ahmed, "Metaheuristic Approaches for Solving Truck and Trailer Routing Problems with Stochastic Demands: A Case Study in Dairy Industry," *Mathematical Problems in Engineering*, p. 14, 2014.
- [5] S. N. Parragh and J.-F. Cordeu, "Branch-and-price and adaptive large neighborhood search for the truck and trailer routing problem with time windows," *Computers and Operations Research*, pp. 28-44, 2017.
- [6] C. Wang, S. Zhou, C. Liu and Y. Gao, "Aself-adaptivebatalgorithm forthetruckandtrailer routingproblem," *Engineering Computations*, vol. 35, no. 1, pp. 108-135, 2017.
- [7] B. Gendron and F. Semet, "Formulations and relaxations for a multi-echelon capacitated location-distribution problem," *Computers & Operations Research*, vol. 36, pp. 1335-1355, 2009.
- [8] A.-K. Rothenbacher, M. Drexler and S. Irnich, "Branch-and-Price-and-Cut for the Truck-and-Trailer Routing Problem with Time Windows," *Transportation*

Diseño de arquitectura robótica biológicamente inspirada

Gabriela I. Ibarra Fierro, Edgar A. Martínez García, y Ricardo Rodríguez Jorge

Resumen— Este documento describe el diseño de arquitectura robótica para la navegación de un ornitóptero, capaz de procesar información que le permite resolver problemas de vuelo en tiempo real. Además, logra aplicar dichos conocimientos adquiridos a situaciones nuevas. El ornitóptero fue bio-inspirado en un albatros para su diseño aerodinámico, brindándole la ventaja de sustentarse en el aire por periodos de tiempo más largos. El selector de comportamientos está basado en tres tipos de comportamientos: navegación hacia la meta, evasión de obstáculos y, el aterrizaje. Para el diseño del selector de comportamientos se emplearon técnicas de inhibición y supresión, los cuales se basaron en sumas vectoriales y redes neuronales.

Index Terms—Ornitóptero, albatros, navegación, arquitectura reactiva, comportamientos.

1 INTRODUCTION

LOS avances de la robótica han permitido que el desempeño de los robots sea cada vez más eficiente. Sin embargo, aún se sigue trabajando en el desarrollo de robots que tengan la capacidad de funcionar de manera completamente autónoma. Cuando un robot puede ejecutar con autonomía determinadas tareas en entornos dinámicos, se considera un robot inteligente. La creación de robots inteligentes implica el diseño de una estructura mecánica articulada, la elección de los sistemas sensoriales adecuados y de los sistemas efectores [1]. Es por ello que el hombre ha encontrado en la naturaleza, especialmente en los animales, una gran fuente de inspiración para el desarrollo de robots inteligentes [2].

La naturaleza funciona de forma casi perfecta, y es que simplemente en el mundo natural, el concepto de desperdicio no existe como tal. Pues los residuos generados son el sustento de otros, logrando que todo sea aprovechado. Por esta razón, la inspiración biológica ha logrado un gran auge con medida en que la tecnología ha ido evolucionando. Su éxito se debe a las grandes innovaciones tecnológicas desarrolladas [3]. La robótica inspirada en la naturaleza toma más fuerza debido al gran impacto que ha tenido en la resolución de problemas robóticos tradicionales [4].

Los ornitópteros son máquinas en forma de ave con la capacidad de volar emulando la biomecánica de vuelo biológico. Los cuales cuentan con múltiples aplicaciones debido a su rendimiento aerodinámico y al diseño de su

mecanismo de aleteo y direccionamiento [5]. El diseño de la arquitectura robótica juega un papel muy importante en el desarrollo de este tipo de tecnología. Debido a que en la arquitectura se definen los comportamientos del robot según la percepción del ambiente en el que interactúa. Los comportamientos deben de estar coordinados para lograr alcanzar los objetivos establecidos como llegar a una meta o evadir obstáculos. Esto quiere decir que, mediante un selector de comportamientos el ornitóptero es capaz de decidir qué acciones tomar en función a lo que está sensando. La sinergia de la arquitectura robótica con el selector de comportamientos da como resultado un ornitóptero capaz de recibir, elaborar e interpretar la información proveniente de su entorno para lograr una navegación autónoma eficiente.

En el futuro las máquinas con autonomía e inteligencia serán parte de nuestra vida cotidiana. Estará en tendencia la tecnología de diferentes tipos de ornitópteros autónomos interactuando en el espacio aéreo realizando múltiples funciones para servicios e interacción con los humanos. La integración de la tecnología de ornitópteros a la sociedad transformará la forma en que vivimos y nos desenvolvemos en el mundo [6]. Los ornitópteros autónomos tendrán la capacidad de transportar mercancía, sustituyendo a otros medios terrestres, marítimos, y/o aéreos en entornos locales o regionales encargados de entregar paquetería. Existe la posibilidad futura de que sean utilizados como máquinas con dispositivos de multi-comunicación orbitante. Los ornitópteros estarán en la atmósfera proporcionando diversas fuentes de canales de comunicación para proveer múltiples ventajas a los usuarios.

Los ornitópteros también serán empleados como tecnología de estudio biológico para la observación de vida silvestre. Debido a su morfología, los ornitópteros podrán interactuar y desenvolverse en entornos peligrosos para el

- Gabriela I. Ibarra Fierro maestrante en *Cómputo Aplicado del Departamento de Eléctrica y Computación en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. E-mail: gabriela.idali.ibarra@gmail.com.
- Dr. Edgar A. Martínez García (PhD Eng) profesor investigador en el *Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. E-mail: edmartin@uacj.mx.
- Dr. Ricardo Rodríguez Jorge (PhD) profesor investigador en el *Instituto de*

exploración espacial, ya que los ornitópteros podrán realizar estudios con mayor precisión del suelo y de la atmósfera en otros planetas. Con la ventaja de mantenerse por jornadas de trabajo extensas y de autorecuperación de fallos en eventos inesperados [6].

Los ornitópteros como muchas otras tecnologías emergentes transformarán la forma y el paradigma de cómo se diseñan los vehículos aéreos no tripulados (UAVs). Pero para lograr que se efectuó un vuelo de forma óptima, es necesario proveerlos de comportamientos inteligentes. La navegación autónoma es uno de los objetivos más deseados en la creación de este tipo de tecnología y que a su vez representan mayores desafíos.

El objetivo del trabajo es diseñar la arquitectura robótica de un ornitóptero con selector automático de comportamientos. La arquitectura robótica propuesta fue bio-inspirada en la naturaleza de un albatros, con tres tipos de comportamientos de vuelo: navegación hacia una meta, evasión de obstáculos, y el comportamiento de aterrizaje. Se planteó el modelo selector de comportamiento, encargado de que el robot cumpla con sus objetivos. Además, se presentan resultados de navegación a nivel de modelación numérica, donde se muestra la capacidad de autonomía del vuelo.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los desafíos que envuelven a los vehículos aéreos no tripulados es la navegación autónoma. Particularmente, cuando se realizan exploraciones en entornos desconocidos en los cuales no se cuenta con el trazo de una trayectoria segura. A pesar de tratarse de robots aéreos, las posibilidades de colisionar con obstáculos inesperados existen. Bajo estas circunstancias se resalta que la importancia que tienen los comportamientos biológicos reactivos en la navegación es considerablemente alta.

Sin embargo, en la navegación autónoma también se involucra la estructura del robot. Cuando un ornitóptero no tiene alta eficiencia y desempeño motriz, los riesgos de colisionar serán mayores, pues no existe control en sus movimientos, dando como resultado un vehículo aéreo no tripulado ineficiente. Propiedades tales como el tamaño corporal, la masa, las proporciones de las extremidades, la velocidad con la que se desplazan y el comportamiento al caminar son objeto de estudio a la hora de determinar puntos de referencia anatómicos, tales como las articulaciones, los ligamentos, y demás características de la estructura ósea animal [7].

Como antecedentes a este proyecto se tiene como principal referencia el trabajo de tesis [8], en donde se diseñó y se construyó un ornitóptero inspirado en un albatros. Por otra parte, en los trabajos de [2] y [7] se diseñaron robots biológicamente inspirados, los cuales

capacidad de realizar una amplia variedad de comportamientos, permitiéndonos así visualizar cuales son las mejoras necesarias para un robot móvil aéreo. Otro trabajo de inspiración biológica, lo encontramos en [6], donde se diseñó e implementó un ornitóptero con la capacidad maniobrar alrededor y sobre obstáculos en diferentes escenarios. Como se menciona, la navegación autónoma representa un gran desafío. En [9], se realizó un modelo de control en tres niveles para poder tener una navegación inteligente en un entorno dinámico.

De los trabajos investigados, pocos son los trabajos en los que presenta una navegación completamente autónoma puesto que la mayoría de los ornitópteros son tele operados. En los trabajos donde se proponen ornitópteros con navegación autónoma aún existen fallas durante la navegación y, esto sucede principalmente cuando el robot se encuentra en entornos dinámicos.

3 PROPOSTA DE SOLUCIÓN

Esta investigación pretende diseñar y simular un ornitóptero con un modelo diferencial para la navegación autónoma. El ornitóptero estará biológicamente inspirado en un albatros, del cual se tomará como referencia su morfología para el diseño del mecanismo del aleteo y direccionamiento, así como el diseño del sistema motriz para la transferencia de energía entre las alas y el timón. Además, su diseño le permitirá sustentarse en el aire por periodos de tiempo más largos.

El ornitóptero será capaz de procesar información, que le permitirá resolver problemas en tiempo real y a su vez aplicarlos a situaciones nuevas. Esto gracias a la integración sensorial, a los actuadores y, al selector de comportamientos con la cual contará el ornitóptero para su eficiente navegación autónoma.

4 MODELACIÓN

Como herramienta de apoyo para modelar la estructura del proyecto, se realizó la representación en UML (Figura 1). Con el objetivo de visualizar, especificar, construir y documentar las especificaciones de todas las decisiones del análisis, diseño e implementación que deben realizarse al desarrollar el proyecto de tesis. De esta manera se proporciona una mejor comprensión de la tesis.

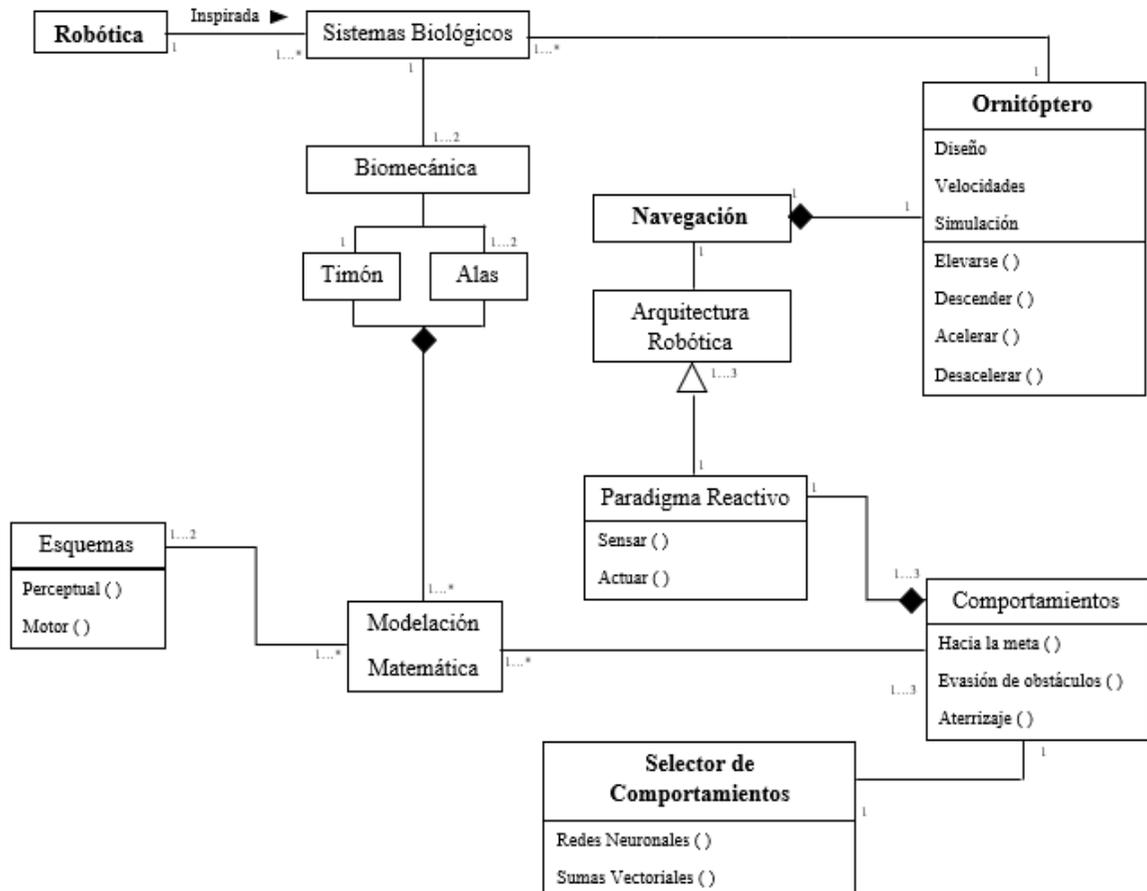


Figura 1. Representación UML del protocolo de tesis.

REFERENCIAS

- [1] C. Stanton and M. Williams, "Robotics: State of the Art and Future Challenges", *Journal of Artificial Intelligence*, vol. 172, no. 18, pp. 1967-1972, 2008.
- [2] E. S. Fortune and N. J. Cowan, "Robot Behavior", Elsevier Preprint, Johns Hopkins University, Baltimore, MD, USA, pp. 87 -90, 2010.
- [3] H. Poor, "A Hypertext History of Multiuser Dimensions," *MUD History*, <http://www.ccs.neu.edu/home/pb/mud-history.html>. 1986. (URL link *include year)
- [4] E. Martínez García, S. Kurutaa, R. Mohan. and R. Ambrosio-Lazaro, "Towards Bio-Inspired Chromatic Behaviours in Surveillance Robots", *Robotics MDPI*, vol. 5, no. 4, pp. 1-15, September 2016.
- [5] J. Dietl and E. Garcia, "Ornithopter Optimal Trajectory Control", *Journal of Aerospace Science and Technology*, vol. 26, pp. 192-199, 2013.
- [6] B. Baggaley, D. Howlett, F. Murphy and J. Rae McKenna, "Ornithopter: Flapping Wings Robot", Worcester Polytechnic Institute, pp. 1-78, 2016.
- [7] R. C. Arkin, K. Ali, A. Weitzenfeld and F. Cervantes, "Behavioral Models of the Praying Mantis as a Basis for Robotic Behavior",

Ornithoptero Subactuado", Thesis, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México, 2018.

- [9] R. Arkin, "Integrating Behavioral, Perceptual, and World Knowledge in Reactive Navigation", *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 6, no. 1, pp. 105-122, 1990.

Gabriela I. Ibarra Fierro egresada de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez del programa Ingeniería en Mecatrónica. Actualmente estudiante de la Maestría de Cómputo Aplicado en el Departamento de Eléctrica y Computación en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ.

Dr. Edgar A. Martínez García (Ph. D.) profesor investigador de tiempo completo en el Instituto de Ingeniería y Tecnología, UACJ desde 2007. Por 9 años consecutivos ha sido nivel-1 en el Sistema Nacional de Investigadores de Conacyt. Las cátedras académicas que imparte o ha impartido son: Robótica, Sistemas de Visión, Modelado y Control de Robots, Computación Científica, y Sensores y Actuadores.

Dr. Ricardo Rodríguez Jorge (Ph. D.) recibió su Ph.D. del Departamento de Instrumentación e Ingeniería de Control de la Universidad Técnica Checa en Praga, Facultad de Ingeniería Mecánica en 2012. Es investigador en el Departamento de Ingeniería Industrial y de Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. Sus intereses de investigación se centran en la predicción de series de tiempo, procesamiento de señales, redes neuronales artificiales. sistemas de control adaptativo.

Desarrollo de un sistema de control difuso para un brazo robotico como sparring de boxeo.

Ivan Carvajal Carlos, Rafael Torres Cordoba, and Edgar Alonso Martinez Garcia

Resumen—En la actualidad los robots se vuelven maquinas autónomas mas complejas para realizar las tareas para las que son diseñados, esto implica la implmentacion de sistemas de control mas complejos para cumplir con estas demandas. Los robots cognitivos se usan en diversas aplicaciones hoy en dia, desde las aplicaciones industriales donde los robtos realizan tareas productivas en el área industrial, hasta aplicaciones militares donde los robots sustituyen a los soldados en situaciones de riesgo. Sin embargo, también se han realizado robots sociales que interactúan con seres humanos de manera natural tanto asi que puede servir como entrenadores deportivos.

Index Terms— Sparring robot, robot, Logica difusa, control, brazo robotico, extremidad, control difuso, grados de libertad, entrenamiento, robot social, robot cognitivo, computo cognitivo

1 INTRODUCTION

HOY en dia existen distintas aplicaciones para los robots cognitivos en este proyecto se propone el desarrollo de un robot cognitivo para una aplicación de uso deportivo. El robot debe asistir en el entrenamiento de personas que practiquen boxeo permitiendo recibir los golpes que la persona lance, esto requiere de un sistema estable que manipule multiples variables en tiempo real. Se han realizado robots con aplicaciones en areas deportivas, incluso existe una patente muy antigua de un robot sparring [7] sin embargo este robot sparring es un sistema de lazo abierto que por lo tanto no requiere la manipulacion de variables para mejorar las acciones de sus actuadores.

El robot cognitivo que se intenta desarrollar consta unicamente de un brazo robotico de 6 grados de libertad equipado con un sensor Kinect que le permite reconocer esqueletos, ademas sera programado con el lenguaje VB.net en una computadora personal i7 7ma generacion con 8 gb de RAM y la integracion de un sensor de presion.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente los robots cognitivos han tenido aplicaciones cada vez mas complejas como la habilidad de caminar e interactuar con los seres humanos de manera natural. Un ejemplo es ASIMO el robot de honda [1]. Aunque el robot humanoide es considerado de los más avanzados del mundo sus movimientos de este robot son algo lentos y mecanizados diferentea los movimientos suaves que realiza un ser humano. Para adaptarse de manera más natural entorno se requieren considerar más variables y un sistema estable. Ahmed K. Noor [2] propone que los robots

lo que habían sido programados previamente. En la era digital las tareas que debían realizar resolvían problemas complejos, pero con la entrada de la era cognitiva ahora deben volverse totalmente autónomos lo que implica que se consideren más grados de libertad. Además, sensores y actuadores que les permitan la interacción con su entorno para poder relacionarse con él. Para poder realizar y controlar los movimientos que estos robots que van a considerar más grados de libertad y por lo tanto la solución es más compleja. Los robots cognitivos actuales se diseñan para realizar las tareas del ser humano e interactuar con ellos y con su entorno. Sin embargo, los robots cognitivos requieren de diferentes sistemas de control para entender en el entorno en donde se encuentran y poder funcionar en tiempo real, de manera natural como lo hace un ser humano de tal manera que puedan pasar la prueba de Turing[5]. Los sistemas de control digital deben poder manipular todas estas variables y además deben hacerlo en tiempo real. Sin mencionar que para el caso de los robots de tipo humanoide, los movimientos que se deben realizar son movimientos suaves, movimientos que parezcan naturales para el ser humano. En ocasiones los modelos matemáticos no existen se vuelven muy complejos para ser resueltos en el tiempo que se requiere. Uno de los usos comunes de un robot son los brazos, actualmente se han realizado distintos trabajos en los que se demuestra que los robots pueden realizar tareas complejas que antes parecían exclusivas del ser humano.

Un ejemplo es el trabajo de Yague Yamamoto [8], etal. Quienes construyeron un robot capaz de insertar tornillos. El robot es un vehiculo que integra un brazo que le permite realizar la tarea de insertar un tornillo y apretarlo en la tuerca. Para conseguir que el robot realice la tarea modelaron matemáticamente la posición del tornillo con el

permiten detectar la posición y fuerza con la que debe insertar el tornillo.

Otro trabajo interesante es el que presenta Azahara, H [4] quien plantea que el aumento de variables en los brazos robóticos representa un problema para los procesadores actuales, por lo que diseña un proceso en paralelo que le permitía controlar un brazo robótico dividiendo las tareas en distintos procesadores para que permita la manipulación de varios movimientos en simultáneo.

Una posible solución para obtener movimientos más naturales puede ser realizar un sistema de control que permita el movimiento de un brazo robótico, de manera natural como lo hace el ser humano, aplicando herramientas de cómputo cognitivo como es en control difuso.

3 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un brazo robótico que por medio de un sistema de visión y la integración de herramientas de cómputo cognitivo pueda reconocer y recibir los golpes de un boxeador para ayudar en su entrenamiento.

3.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- Implementar el Kinect para reconocer los movimientos de un golpe
- Desarrollar un sistema de control digital que permita manipular el robot
- Integrar herramientas de cómputo cognitivo que le permitan autonomía al robot

4 JUSTIFICACIÓN

Los robots actuales no solo están realizando los trabajos duros que el ser humano no quiere realizar, podemos encontrar robots en los deportes como nos muestran] S. Behnke et al.[6] Quienes describen en su artículo, como desarrollaron un robot que juega fútbol, este robot requiere el uso de inteligencia artificial para poder realizar sus funciones. Sin embargo, existen otras aplicaciones deportivas para los robots además del entretenimiento. Por ejemplo, Luises Assenbach et al. [7] muestra un robot social como instructor deportivo. Los autores realizaron ciertas pruebas para ver cómo podría ser la interacción entre un deportista y un robot como entrenador y aunque falta mucho desarrollo en lenguaje e interacción natural, es un primer paso en este ámbito.

En una época en que los robots comienzan a sustituir a los seres humanos en las aplicaciones industriales es necesario pensar en cómo podemos mantener la salud y el bienestar del cuerpo humano. Existen diversas actividades deportivas que las personas disfrutan realizar y los robots podrían impulsarnos en varias de ellas. Por ejemplo, existen una patente de un robot sparring [7] que a pesar de que es antigua y el dispositivo en la actualidad podría parecer muy simple, la integración de sistemas cognitivos a dispositivos de este tipo podría representar una mejora en las aplicaciones deportivas de los robots. ¿Será irónico pen-

REFERENCES

- [1] Y. Sakagami, R. Watanabe, C. Aoyama, S. Matsunaga, N. Higaki and K. Fujimura, "The intelligent ASIMO: system overview and integration, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Lausanne, Switzerland, 2002, pp. 2478-2483 vol.3. doi: 10.1109/IRDS.2002.1041641
- [2] Noor, Ahmed K. "Potential of cognitive computing and cognitive systems. Open Engineering 5.1 (2015), pp. 75-80, DOI 10.1515/eng-2015-0008
- [3] Yamamoto, Y., Maekawa, N., Hida, M., Yang, X., Aoyama, K., Kataoka, T., and Tatsuno, K. (2012, November). Task performance tests on inserting the bolts by an experimental system for power distribution line maintenance-grope action under compliance control. In Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS), 2012 International Symposium on (pp. 290-293). IEEE
- [4] Kasahara, H., and Narita, S. (1985). Parallel processing of robot-arm control computation on a multimicroprocessor system. IEEE Journal on Robotics and Automation, 1(2), 104-113.
- [5] Pinar Saygin 2000, Pinar Saygin, Ayse, Cicekli, Ilyas, Akman, Varol", Turing Test: 50 Years Later", "Minds and Machines", 2000, doi="10.1023/A:1011288000451"
- [6] S. Behnke, M. Schreiber, J. Stuckler, R. Renner and H. Strasdat, "See, walk, and kick: Humanoid robots start to play soccer," 2006 6th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, Genova, 2006, pp. 497-503. doi: 10.1109/ICHR.2006.321319
- [7] Preston, Nicholson Jack. "Sparring device. U.S. Patent No. 3,250,533. 10 May 1966

Desarrollo e implementación de un sistema informático basado en una metaheurística para generar y optimizar la ruta de reparto cuatro empresas asociadas al IMT

Ing. Jared Olmos, Dr. Francisco López, Dr. Rogelio Florencia y Dr. Patricia Sánchez,

Abstract— Las operaciones logísticas, específicamente el problema de enrutamiento del tráiler y su remolque (TTRP por sus siglas en inglés), están recibiendo mucha atención debido a la búsqueda constante de optimización de recursos por parte de las grandes empresas en México. Este artículo describe la necesidad de cuatro empresas establecidas en la ciudad de Querétaro de implementar un sistema informático capaz de generar y optimizar sus rutas de distribución. Se plantea la necesidad, detallando la situación actual y cuatro complicaciones que presentan actualmente, así como los factores que generan estas complicaciones. Así mismo, se describe la propuesta de desarrollo e implementación de un sistema informático basado en una metaheurística para resolver la necesidad mencionada.

Palabras Clave —Problema de enrutamiento del tráiler y su remolque (TTRP), Optimización, Logística, Metaheurística.

1 INTRODUCCIÓN

El enfoque de este documento se centra en realizar una propuesta basada en la aplicación de técnicas de optimización llamadas metaheurísticas para mejorar el proceso de distribución de productos dentro de zonas urbanas. Este proceso de distribución representa una necesidad real de cuatro empresas que entregan producto a tiendas en el centro histórico de la ciudad de Querétaro. Para desarrollar la investigación se toma en cuenta los datos proporcionados por estas empresas a través de un convenio de confidencialidad firmado con el Instituto Mexicano del Transporte (IMT).

A partir de estos datos, se abordan los temas siguientes: logística de ruteo, optimización inteligente, metaheurísticas, problema de ruteo de vehículo (VRP), problema del camión y su remolque (TTRP) y modelación basada en rutas. Se plantea el problema, detallando la situación actual e identificando las necesidades específicas a resolver. Así mismo, se describe la propuesta presentada para resolver la necesidad mencionada.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la ciudad de Querétaro, hoy en día, no existe una planeación adecuada para la logística de distribución de productos de cuatro empresas asociadas al Instituto Mexicano del Transporte (IMT). El IMT es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) que se encarga de proveer soluciones de transporte y logística para empresas. Las empresas asociadas con este problema son Heineken, Bimbo, Jumex y Bonafont. Estas empresas, en conjunto, realizan aproximadamente 252 entregas a la semana a un total de 159 clientes. Los clientes están

distribuidos alrededor del centro histórico de Querétaro.

Para distribuir estos productos, se cuentan con 28 bahías (entiéndase como bahías a estacionamientos disponibles para descarga de productos) que ayudan a que los camiones se estacionen para que el proceso de reparto se lleve a cabo. La manera en como una empresa distribuye su producto es a través de un proceso de descarga y distribución. En primer lugar, el camión con la mercancía llega a una bahía. A partir de esta bahía, o estacionamiento, el personal de la empresa reparte los productos a los clientes cercanos a la bahía. Los clientes a los cuales se pueden alcanzar desde cada bahía no son a priori conocidos por las empresas y sus operarios. La manera en cómo se reparten los productos desde la bahía a cada cliente es a través de una carretilla de carga. Las rutas que los camiones siguen se generan a partir del conocimiento de empírico de cada chofer.

La situación actual de este grupo de empresas asociadas al IMT genera problemas de logística de ruteo para la distribución de productos. El problema principal es la inexistencia de una metodología de generación de las rutas de reparto, la cual provoca cuatro complicaciones principales en el proceso de reparto de productos de las cuatro empresas:

1. El costo total de las empresas es elevado.
2. Se incumple la disponibilidad de uso de bahías.
3. Las ventanas temporales de los clientes no se respetan.
4. El reparto de los costes asociados al compartir la bahía de estacionamiento es desigual.

Los costos totales en la logística de distribución de productos de las empresas Jumex, Heineken, Bimbo y Bonafont son elevados hoy en día. Este costo elevado es produ-

tradicional o por cultura. Así mismo, un chofer experto es quien decide de manera empírica la ruta a seguir. Por último, otro factor que produce un costo elevado en logística, es la falta de un algoritmo o sistema de generación de rutas.

Los costes asociados al compartir las bahías de estacionamiento así como la existencia de un límite de disponibilidad de uso de estas bahías representan un problema a resolver en la ciudad de Querétaro. Los principales motivos de estos problemas con las bahías de estacionamiento disponibles se deben a diversos factores:

1. La falta de buena comunicación entre las empresas origina conflictos para utilizar las bahías.
2. No hay un horario fijo por empresa para el uso de la bahía.
3. La inexistencia de un análisis del tiempo requerido para el uso de la bahía atribuye al problema de costos y limitación del uso de las bahías.
4. El cumplir con las ventanas temporales en donde los clientes pueden recibir sus pedidos necesita mejorar.

Cada cliente en particular posee un horario de disponibilidad para recibir mercancías. Las empresas asociadas al IMT tienen conocimiento de lo anterior pero la falta de una buena metodología para generación y optimización de rutas hace que se incumplan estas restricciones. Así mismo, el conflicto que se genera en las bahías de estacionamiento es otro factor para que no se cumplan con las ventanas temporales de los clientes.

Algunos trabajos relacionados son el de Batsyn & Ponomarenko [1] que propone una heurística para generación y selección de rutas para el problema, que en la literatura se conoce como del camión y su remolque (TTRP por sus siglas en inglés). Sin embargo, Batsyn & Ponomarenko no consideran ventanas de tiempo, restricción que se tiene que abordar. Parragh y Cordeu [2] propone un algoritmo de tipo matheurístico (es decir, que combina métodos heurísticos y exactos) para resolver TTRP con ventanas temporales. Sin embargo, un algoritmo exacto no es factible debido a la gran cantidad de clientes que se deben de satisfacer. En el trabajo de Villegas et al. [3] se aborda un TTRP con una propuesta de metaheurística. No obstante, no se considera un límite en la circulación, es decir no hay una restricción que considere una duración mínima o máxima de la ruta, condición que en nuestro caso si se presenta. En la literatura consultada, no se encontró un trabajo relacionado que involucre todas las restricciones a considerar en el problema.

3 PROPUESTA

Se propone desarrollar un sistema basado en una metaheurística para generar y optimizar la ruta de reparto de las empresas asociadas al IMT. Este sistema generará una ruta óptima que minimizará el costo total asociado a la ruta de reparto de las empresas [4], y que hará que se cumpla tanto la disponibilidad de uso de bahías de estacionamiento, como el cumplimiento de la ventana temporal de los clientes [5], equilibrando los costes asociados a compartir las

ces el desarrollar un sistema informático basado en metaheurística para optimizar una ruta de reparto de mercancías de 4 empresas asociadas al IMT.

Las empresas productoras son importantes en una sociedad debido a que permiten satisfacer las necesidades de los clientes. El proceso total, desde la producción del artículo hasta la entrega a los clientes o usuarios finales, es común entre estas empresas. Al ser un proceso que encontramos en cada una de las empresas, es importante analizar la manera de optimizarlo y mejorarlo. En el IMT su objetivo primordial es encontrar maneras de mejorar la fase final, conocida como la entrega en la última milla, dentro de este canal de distribución. Las empresas Heineken, Bimbo, Jumex y Bonafont realizan esta entrega constantemente para satisfacer la demanda que tienen de sus clientes. La satisfacción del cliente es algo que se busca a lo largo del canal de distribución ya que tiene una relación proporcional con la demanda de los productos. Es por ello que se considera importante contar con un sistema que genere y seleccione rutas optimizadas basadas en metaheurísticas para mejorar el proceso de distribución y logística de estas empresas.

5 METODOLOGÍA

Para el desarrollo y la implementación se llevara a cabo la siguiente metodología:

1. Analizar y evaluar trabajos relacionados con metaheurísticas resolviendo problemas similares.
2. Construir un modelo conceptual del proceso de distribución de las 4 empresas
3. Desarrollar un algoritmo de generación inicial de rutas tomando en cuenta limitaciones puntuales.
4. Aplicar algunos métodos de mejora de la ruta inicialmente generada para cada empresa en el marco de la metaheurística.
5. Evaluar la solución final obtenida

REFERENCIAS

- [1] M. B. a. A. Ponomarenko, «Heuristic for a real-life truck and trailer routing problem,» *Procedia Computer Science*, vol. 31, n° 1, pp. 778-792, 2014.
- [2] J.-F. C. Sophie N. Parragh, «Branch-and-price and adaptive large neighborhood search for the truck and trailer routing problem with time windows,» *Computers and Operations Research*, vol. 83, n° 1, pp. 28-44, 2017.
- [3] C. P. C. P. A. L. M. N. V. Juan G. Villegas, «A matheuristic for the truck and trailer routing problem,» *European Journal of Operational Research*, vol. 230, n° 2, pp. 231-244, 2011.
- [4] W. C. a. W. Yang, «A Survey of Vehicle Routing Problem,» de *MATEC Web of Conferences*, 2017.
- [5] A. G. a. S. Saini, «An Enhanced Ant Colony

Conference on Advanced Computing, Tamil Nadu, 2017.

- [6] M. Ç. a. H. Süral, «Order picking in a parallel-aisle warehouse with turn penalties,» *International Journal of Production Research*, vol. 54, n° 14, p. 4340–4355, 2016.

Jared Olmos

Francisco López

Rogelio Florencia

Patricia Sánchez

Detección de sugerencias en tuits de usuarios y seguidores de aerolíneas con procesamiento de lenguaje natural y aprendizaje automático

Rafael Jiménez Castro, Rogelio Florencia Juárez, Vicente García Jiménez y Jorge Rodas-Osollo

Epítome— La interacción que tienen las personas con las redes sociales han creado un cambio cultural en el cual las empresas basan sus campañas de márketing. En este artículo se muestra cómo la minería de sugerencias puede llegar a ser útil para etiquetar comentarios en sugerencias y no sugerencias. Para ello se construirá un repositorio de comentarios reales a partir de las opiniones emitidas por usuarios de redes sociales de aerolíneas. Sobre el repositorio se utilizarán técnicas de procesamiento de lenguaje natural para normalizar los datos contenidos en ellas y facilitar la extracción de características. Este análisis es importante ya que apoyará a la investigación de minería de sugerencias en español al trabajar en un contexto del idioma que se utiliza en México.

Palabras clave— Minería de sugerencias, Clasificación, Aerolíneas, Redes sociales

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente el nivel de interacción que tienen las personas en redes sociales ha provocado que las campañas de márketing tengan un cambio en su modelo de negocios [1], pasando de crear anuncios en medios de comunicación impresos, la radio y la televisión con los cuales se podía llegar a un gran número de personas fueran clientes o no, a medios digitales en busca de aumentar el alcance a clientes potenciales. Las nuevas plataformas digitales promueven la interacción con el receptor y gratifican con mayor exposición al contenido que se vuelve viral, lo cual crea valor para la marca y al producto [2]. Las redes sociales han pasado de sitios en línea para interactuar con tus amistades a una plataforma en la cual personas, artistas, marcas y hasta presidentes interactúan con multitudes de personas diariamente.

En particular, las aerolíneas son algunas de las empresas que utilizan las redes sociales como Twitter, para interactuar con sus clientes por medio de mensajes con ofertas, recomendaciones de viaje, videos de colaboraciones con *youtubers* y encuestas.

Los usuarios de las redes sociales cuentan con tres opciones para interactuar con los tuits: 1) compartirlo a los seguidores del usuario por medio de un retuit, 2) darle «me

gusta» cuando el tuit de la aerolínea es de su agrado y 3) responder al tuit emitido por la aerolínea con un comentario en donde el usuario expresa su opinión o sugerencia acerca del tuit al que responde, el servicio o de la compañía.

Dentro de las tantas respuestas que dan los usuarios de las aerolíneas a los tuits, se dejan sugerencias de cómo mejorar sus servicios o procesos. Estas sugerencias pueden llegar a perderse entre los cientos o miles de tuits dirigidos a una empresa. El no atender las sugerencias de los usuarios es un problema ya que se estaría perdiendo información valiosa que estos puedan contener, con lo cual, se desaprovecharía la oportunidad de mejorar el servicio ofrecido por la aerolínea y de retroalimentación para la evaluación de la efectividad de las campañas publicitarias que se están realizando. Además, el usuario al sentir que su opinión no esta siendo tomada en cuenta, puede perder confianza en la aerolínea con lo que es posible ver una afectación negativa de futuras ventas.

En este momento se realizan pocas aplicaciones para la minería de sugerencias en comparación con el número de proyectos de minería de opiniones encaminadas al análisis de sentimientos. En comparación con el análisis de sentimientos, el cual tiene el fin de clasificar los comentarios como positivos, negativos o neutros, la minería de sugerencias trata de identificar los comentarios que contengan consejos de manera implícita ó explícita. La minería de sugerencias se ha aplicado a reseñas con dominio abierto [3] [4], en redes sociales [5] [6] y en reseñas del consumidor [7].

Unas de las principales limitaciones de las aplicaciones de minería de sugerencias es el contexto en el que se manejan los comentarios a clasificar, ya que

- F.A. Maestría en Computo Aplicado en Universidad Autonoma de Ciudad Juarez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. E-mail: al182849@alumnos.uacj.mx
- S.B. División Multidisciplinaria en Ciudad Universitaria Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Ciudad Juárez, Chihuahua, México. E-mail: vicente.jimenez@uacj.mx.
- T.C. División Multidisciplinaria en Ciudad Universitaria Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Ciudad Juárez, Chihuahua, México-E-

tecnológico en forma de un prototipo de clasificación que utilice procesamiento de lenguaje natural, que permita extraer las características de los tuits emitidos por los usuarios de redes sociales de aerolíneas, y aprendizaje automático para etiquetar los comentarios en sugerencias y no sugerencias.

2 OBJETIVO

Clasificación de tuits en español emitidos por usuarios de redes sociales implementando un prototipo que combine técnicas de procesamiento de lenguaje natural y aprendizaje automático.

2.2 Objetivos Específicos

1. Crear un repositorio de tuits de usuarios de aerolíneas.
2. Preprocesar el repositorio mediante la selección, integración y formateo de los datos.
3. Construir y evaluar un modelo de clasificación supervisado.

2.3 Justificación

La implementación de un prototipo para la minería de sugerencias en comentarios realizados mediante la plataforma Twitter tendrá efectos favorables para las aerolíneas que utilicen redes sociales, tales como:

- Clasificar de forma automática los tuits en sugerencias y no sugerencias.
- Detectar de una forma automática las ideas consideradas por los usuarios como apropiadas para mejorar el servicio de las aerolíneas. Al tener las ideas detectadas, se evita tener que implementar recursos en estudios de mercados para identificar cuáles son las necesidades actuales de los clientes.
- Detectar las tendencias en las ideas de los clientes y adaptando las campañas de publicidad para cubrir esas tendencias y aumentar su cuota de mercado.
- Mejorar la atención al cliente y al mismo tiempo reforzar la imagen de la empresa al detectar las sugerencias más populares con lo cual se le puede dar retroalimentación al usuario de que la sugerencia está siendo atendida o esta en proceso de implementación si la empresa cree que sea conveniente.

3 METODOLOGIA

La metodología de investigación que se utilizará será *Action Research* [8], la cual está conformada por cinco fases:

1. Identificación del problema: En esta fase se trata de identificar el área que se quiere explorar, así como determinar el enfoque que se trabajará.
2. Recolección y organización de datos: La recolección de información se hace a través de varias fuentes para entender mejor el enfoque de lo que está sucediendo.
3. Interpretación de los datos: Los datos son analizados

- que ayude a realizar cambios y a estudiar ese cambio.
5. Reflexión: Se evalúan los resultados para determinar si hubo una mejora.

4 IMPACTO, ALCANCES Y LIMITACIONES

4.1 Impacto

El prototipo que se creará será de impacto ya que:

- Podrá identificar las sugerencias de los usuarios de forma automatizada en español.
- Apoyará a la investigación de minería de sugerencias en español al trabajar en un contexto del idioma que se utiliza en México, en contraste con la gran mayoría de la literatura la cual abordan problemas y soluciones utilizando el idioma inglés.

4.2 Alcances

- Se implementará un prototipo para la clasificación que apoye en la detección de sugerencias en tuits de usuarios y seguidores de aerolíneas en Twitter.
- Se integrará un clasificador supervisado para identificar los comentarios que contengan sugerencias.
- Para el entrenamiento se utilizarán los tuits en las cuentas de las aerolíneas mexicanas: Aeromar, Aeroméxico, Interjet, Magnicharters, TAR, Viva Aerobus y Volaris.

4.3 Limitaciones

- El prototipo no tendrá conexión a ninguna fuente de información en redes sociales para extraer los comentarios de los usuarios.
- La clasificación sólo podrá utilizar los algoritmos de clasificación incluidos en la librería de herramientas WEKA.
- El usuario tendrá que ingresar de forma manual los comentarios a clasificar.
- Los comentarios para clasificar serán en español mexicano.
- Los comentarios utilizados tendrán un tamaño máximo de 280 caracteres que es el máximo número de caracteres permitidos por Twitter.

4.4 Validación

Para la validación del prototipo se utilizará una validación cruzada con 5 particiones. El método divide el conjunto total de las opiniones, previamente etiquetadas, en \mathcal{K} particiones, donde $\mathcal{K} - 1$ particiones se agrupan para formar el conjunto de entrenamiento y el resto se utiliza como prueba. Este proceso se repite eligiendo una partición diferente como conjunto de prueba.

REFERENCIAS

- [1] M. Saravanakumar y T. SuganthaLakshmi, «Social Media Marketing,» *Life Science Journal*, vol. 9, nº 4, pp. 4444 - 4451, 2012.

brand and value consciousness,» *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, vol. 29, nº 1, pp. 129-144, 2017.

- [3] S. Nagi y P. Buitelaar, «Towards the Extraction of Customer-to-Customer Suggestions from Reviews,» de *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, Lisbon, Portugal, 2015.
- [4] S. Negi, «Suggestion Mining from Opinionated Text,» de *Association for Computational Linguistics*, Berlin, Germany, 2016.
- [5] T. Pitchayawiwat, «A Study on Clustering Customer Suggestion on Online Social Media about Insurance Services by Using Text Mining Techniques,» de *Management and Innovation Technology International Conference*, Bang Saen, Thailand, 2016.
- [6] S. Negi, K. Asooja, S. Mehrotra y P. Buitelaar, «A Study of Suggestions in Opinionated Texts and their Automatic Detection,» de *Conference on Lexical and Computational Semantics*, Berlin, Germany, 2016.
- [7] C. Brun y C. Hagege, «Suggestion Mining: Detecting Suggestions for Improvement in Users' Comments,» *Research in Computing Science*, nº 70, pp. 199-209, 2013.
- [8] E. Ferrance, «Action Research,» 2000. [En línea]. Available: https://www.brown.edu/academics/education-alliance/sites/brown.edu/academics/education-alliance/files/publications/act_research.pdf.

forma en la cual se puede representar. Para fortalecer estos conceptos creamos un mapa conceptual donde se integraba la lógica crips, la inteligencia artificial y las subáreas que la conforman.

5. Modelación Conceptual e Ingeniería de Requisitos: Esta clase nos ayudó a definir el modelo conceptual del dominio de aplicación. Para esto, se cubrieron temas donde se definió que era un modelo mental, los tipos de diagramas, los metamodelos, el dominio de aplicación, y reforzamos la formalidad del lenguaje UML.

Aparte de estas cinco clases, durante el semestre trabajé en mi proyecto de investigación, el cual este contenido en este protocolo. Para lograr este progreso, tuve juntas con mis asesores para determinar el dominio de aplicación e ir revisando lo que iba trabajando durante el semestre.

Reporte Semestral

Durante el semestre cursé cinco clases, las cuales fueron:

1. Matemáticas para Computación: En esta clase se discutieron la teoría y formalidad en temas de funciones, lógica, grafos, probabilidad y estadística y matrices. Así como aplicaciones del mundo real donde se aplican estos conceptos.
2. Innovación y transferencia de tecnología: En esta clase definimos lo que es innovación y que no todos los nuevos productos que salen al mercado son innovadores ya que no tienen un impacto significativo en los esquemas de negocio actualmente utilizados, en lo económico o de impacto social.
3. Seminario de titulación I: En esta clase se nos enseñó a utilizar las fuentes de información que tenemos disponibles, la forma de llevar un registro de los artículos de interés para nuestro proyecto y los tipos de investigación en los cuales nuestro proyecto puede recaer. Además, se trabajó en como ir formando nuestro protocolo de investigación, desde formarmación una introducción hasta como estructurarlo.
4. Seminario de Cómputo Cognitivo: En esta clase

Modelo de distribución de conocimiento tácito a través de redes sociales para la toma de decisiones.

(November 2018)

José Martínez, Jorge Rodas.

Abstract— En el proceso de investigación, necesitamos analizar grandes cantidades de información, otras investigaciones, libros, manuales etc. Cuando gran cantidad de información es obtenida de previas investigaciones, las fuentes de información son de las más recientes o provienen de investigadores con gran conocimiento en el campo, esto nos garantiza que la calidad de nuestra investigación mejorará al estar muy bien fundamentada. Esto nos lleva al hecho de que las publicaciones de artículos hechas en ciertos temas sean un poco redundantes en las referencias o bases de estudio, las cuales a lo largo del tiempo van cambiando abriendo paso a nuevas publicaciones con mayor importancia en el conocimiento, manteniendo algunas otras y desechando aquellas que se han vuelto obsoletas en el tema. Esto probablemente causa que grupos de personas que trabajan en el mismo tema han estado apoyándose mutuamente y sin darse cuenta han formado una red de investigadores en una manera tácita. Con esta investigación vamos a probar la existencia de estas redes de conocimiento y presentarlas en una manera gráfica para visualizarlas y analizar su distribución y así facilitar la toma de decisiones.

Index Terms— knowledge networks, Decision making, social network

1 INTRODUCCION

Durante el desarrollo de proyectos es necesario comenzar una investigación acerca de otras investigaciones en el mismo tema en donde encontremos los avances más novedosos y nuevos en la materia a lo cual dentro de las tesis doctorales llaman “estado del arte” o SoA.

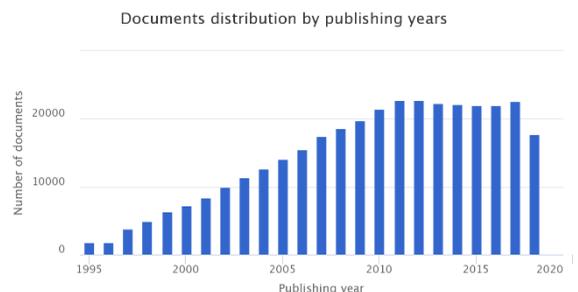
Para poder llegar a resultados satisfactorios y de calidad en la obtención de información necesaria podría tomarnos mucho tiempo, semanas, meses o inclusive años dependiendo el tema y el alcance de la investigación. En ese tiempo los investigadores seleccionan un número determinado de fuentes de conocimiento como muestra, de las cuales obtendrán un listado de artículos que formaran su listado de referencias o base de conocimiento. Pero qué pasaría si esa selección no fuera la más óptima o si pudiera ser más precisa de tal manera que nos ayude a alcanzar mejores objetivos. Si pudiéramos ver de una manera gráfica que elementos forman parte del SoA, cuales son los de mayor relevancia y cuales pudieran excluirse fácilmente por no dar gran contribución en un tema específico.

La existencia de relaciones dentro de los artículos científicos por medio de referencias y sus autores ha creado

una red de conexiones entre ellos que si pudiéramos visualizarla nos mostraría datos de gran interés para el investigador, como la formación de grupos de trabajo a través del tiempo. A estos grupos interconectados vamos a llamarlos redes de conocimiento.

2 GRADES CANTIDADES DE CONOCIMIENTO

De acuerdo a datos obtenidos del portal SciELO.org [1] (Scientific Electronic Library Online por sus siglas en ingles), una de las hemerotecas virtuales más importantes en américa latina. El número de publicación de documentos científicos ya sean en html o pdf ha ido creciendo de manera significativa como muestra en la figura 1.



1. Archivos registrados en SciELO.org por año.

Algunos de los problemas a los cuales se enfrentan los investigadores durante la realización de sus proyectos son:

- Ing. Jose de Jesus Martinez Silva. Maestria en Cómputo aplicado. Universidad Autonoma de Ciudad Juarez. E-mail: jesus_mtz_s@live.com.
- Dr. Jorge Rodas Osollo Universidad Autonoma de Ciudad Juarez. E-mail: jorge.rodas@uacj.mx

los relacionados con su tema de investigación, y este problema con el paso del tiempo se vuelve cada vez más complicado, ya que el número de publicaciones va en aumento constantemente.

Sin embargo estas grandes cantidades de conocimiento no deben verse como un problema, al contrario, gracias a estas grandes cantidades de artículos podemos obtener importantes datos de comportamiento, de ausencia o de explotación de temas entre muchas otras tendencias de interés estadístico.

3 BASES Y FUENTES DE CONOCIMIENTO

Existen múltiples fuentes de bibliotecas virtuales de acceso abierto en web, de los cuales se puede acceder a los artículos en distintos formatos descargándolos directamente de la web que proveedor del servicio, pero existe una iniciativa en la cual se centrará el desarrollo de este proyecto: OAI-MPH Open archives Initiative Protocol for Metadata Harvesting, el cual es un protocolo usado para la extracción de metadatos de repositorios públicos de información de artículos científicos, estos metadatos son compartidos en archivos XML usando este servicio web, de esta manera se podrá acceder de una manera más amplia a las bases de datos publicas sin descargar los documentos enteros de las publicaciones.

Para la realización de pruebas utilizamos la base de datos de la web de aminer.org en su versión V4 [2], esta web publica sets de datos de documentos científicos recopilados a su vez de repositorios públicos con el propósito de su uso en investigaciones. El set de datos utilizado fue: "DBLP-Citation-network V4: 1, 511,035 papers and 2, 084,019 citation relationships (2011-01-08)" en donde los datos están estructurados en texto plano divididos por indicadores de propiedades.

Tabla 1.

<i>DBLP-Citation-network V4: 1,511,035</i>		
# de Papers	# de Citas	Promedio de año de publicacion
1,511,035	2,084,019	2001.7

4 REDES DE CONOCIMIENTO

Con el alto crecimiento de publicaciones científicas y su correcta documentación, en la actualidad encontramos millones de artículos disponibles en librerías electrónicas con acceso al público en general, los cuales individualmente cada uno referencian una lista de artículos que representan el conocimiento base usado durante su desarrollo.

De esa manera se han ido creando enlaces entre todas las publicaciones realizadas, algunos autores ganando mucho más conexiones gracias la importancia o novedad del tema y algunos otros quedando un poco pobres de enlaces, esto es a lo que llamamos redes de conocimiento.

Utilizando estas redes de conocimiento y filtrándolas por

mente los artículos con mayor relevancia en cuando a número de referencias de otros artículos hacia él, tal y como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Artículos con mayor número de referencias en la base de datos de aminer.org usada de prueba.

Título	#Referencias
C4.5: Programs for Machine Learning	360
Modern Information Retrieval	230

Pero si visualizáramos esta red de conocimiento resultante no solo obtendríamos un ranking ordenado por número de referencias, si no que podríamos ver que artículos se encuentran cerca o más lejos de la nube con mayor interés o donde se está desarrollando con mayor fuerza el tema y así poder discriminar aquellos artículos que a pesar de su número de relaciones no se encuentra tan cerca de aquellos que si son parte primordial de la red. Así mismo podremos ver que con el paso del tiempo el desarrollo de estas redes va tomando nuevos horizontes para crear nuevos temas de investigación o expandir los actuales.

5 HERRAMIENTA

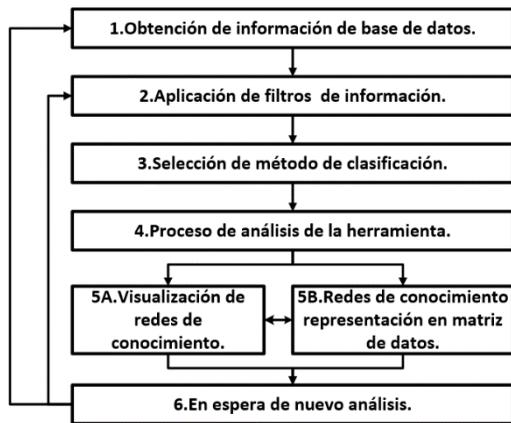
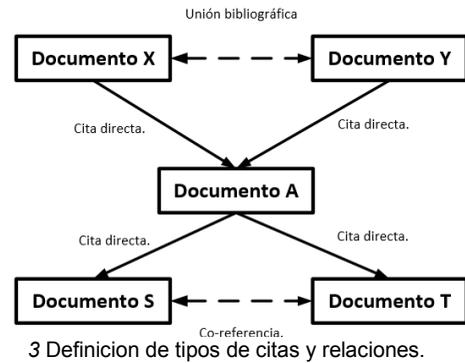
Para poder demostrar la existencia de las redes de conocimiento y al mismo tiempo poder ofrecer una utilidad de búsqueda de artículos científicos usando las redes de conocimiento para la toma de decisiones, hemos desarrollado una herramienta la cual contiene la base de datos de aminer.org que mencionamos anteriormente. El desarrollo del sistema es web utilizando Python 3.6 como el lenguaje que se encargara de la parte del proceso de los datos y la parte grafica será mostrada usando la librería de Python plotly.py, la cual nos ayudara a mostrar las redes de conocimiento por medio de grafos 3D, manipulación del mismo, zoom y la posibilidad de ver el nombre del nodo al situar el puntero sobre el. Esta última librería aparte de encargarse de los gráficos 3D, también nos ayuda a ordenar los nodos en el espacio de tal manera que puedan ser visualizados de la mejor forma y no ocupen el mismo espacio varios nodos, sin embargo se usara la capacidad de categorización de los nodos en base a colores para mostrar las distintas redes de conocimiento que se vayan graficando.

5.1 Modelo.

El proceso de desarrollo está definido en 6 pasos, iniciando con la obtención de datos ya sea desde la base de datos local o alguna fuente de datos externa de algún proveedor de datos usando el protocolo OAI-MPH (*DBLP-Citation-network V4: 1,511,035* para esta investigación). Se continúa con la aplicación de filtros de información que son especificados por el usuario al momento de requerir modelar algún tema o campo de investigación.

estamos buscando y se limitan los datos que se mostraran en el resultado, por ejemplo:

- Metodo de generacion de nodos o matriz de resultados
 - Excluir nodos individuales
 - Mostrar red de conocimiento de mayor rango.
 - Excluir nodos con relaciones menores a x.
- Metodo de relacion entre nodos.
 - Citas directas.
 - Uniones Bibliograficas.
 - Co-referencias.



2 Modelo de ejecución de herramienta.

Se procede a procesar los datos requeridos y metodos seleccionado en donde se evaluaran los nodos y sus relaciones limitando la informacion en base a lo establecido por el usuario y entregar el modelo visual o matriz de resultados.

Para finalizar el sistema esperara si continúa con un nuevo analisis o realiza un segundo analisis en los resultados obtenidos.

6 METODOLOGIA.

Para identificar los nodos y relaciones existentes utilizaremos la definicion de tipos de citas tal y como las nombra (Kose T. & Sakata I. 2018) [4]. En donde las "citas directas" son las que se encuentran dentro de las referencias de cada artículo, las "uniones bibliograficas" son aquellos documentos X, Y que tienen una cita directa a un documento A, entre ellos existe una union bibliografica, por ultimo tenemos las "Co-Referencias", asi llamadas las relacion que existe entre los listados de documentos referenciados S y T en un documento inicial A tal y como se muestra en la figura 4.

6.1 Detección de comunidades.

Antes de que se use un método de análisis de las relaciones existentes en la red, es necesario eliminar los artículos que no contienen ninguna cita directa de o hacia otro artículo y solo la información con relaciones a otros nodos es tomada para el análisis.

El método que usaremos para la identificación de los nodos y relaciones dentro de la base de datos que se analiza para la obtención de las redes de conocimiento será por medio de la detección de comunidades en estas redes sociales.

Para la analizar la estructura de comunidades se pueden utilizar varios métodos que nos pueden brindar exactitud, tiempo o calidad, pero para cada caso nos puede convenir utilizar uno u otro ya que no existe uno que brinde el mejor costo de cómputo y que nos dé el mejor resultado [8].

Uno de los métodos más aceptados y del cual aremos uso es el método de Modularidad Q presentado por Newman y Girvan [9]:

$$Q = \sum_r (e_{rr} - a_r^2)$$

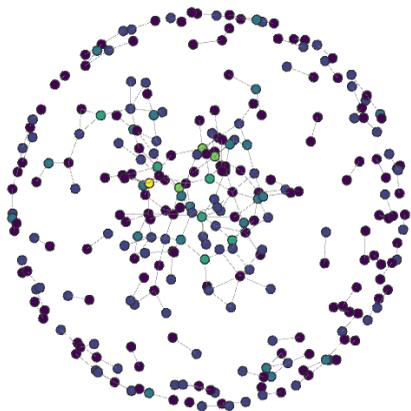
4 Formula de Modularidad Q Newman y Girvan.

Donde e_{rr} son las fracciones de enlaces que conectan dos nodos dentro de una comunidad r , a_r es la fracción de enlaces que tienen uno o ambos vértices dentro de la comunidad r , y la suma se extiende a todas las comunidades en r en dada red. La modularidad es un criterio para evaluar la calidad de dividir una red en clusters [8].

Con el uso de la modularidad Q de Newman y Girvan se identificaran las comunidades en donde sus enlaces son más densos y en donde son muy débiles, para así generar clusters que delimitaran ciertos grupos de relaciones dándonos como resultado las redes de conocimiento. El tipo de relación usado, ya sea referencias directas, uniones bibliográficas o co-referencias influyen directamente en el resultado pero estas opciones son a elección del usuario.

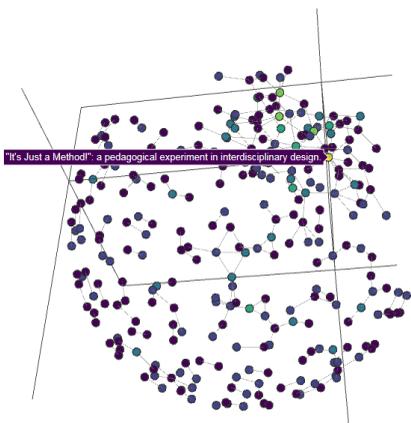
7 PRUEBAS

Usando la base de datos de aminer.org (*DBLP-Citation-network V4*) se realizaron una serie de pruebas en donde se generaron grafos con las relaciones registradas en las referencias directas. La cantidad de datos graficada fue limitada a 800 nodos con referencias, esto debido a que la cantidad de nodos a graficar por la librería de python plotly se limita a cierta cantidad saturando el grafo de información.



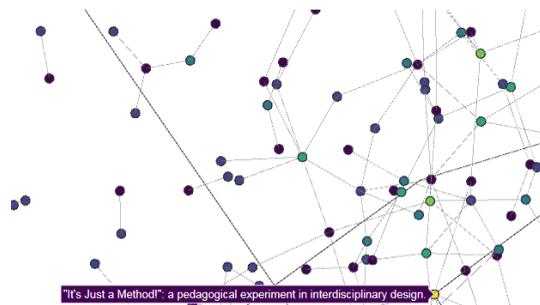
5 Grafo de relaciones DBLP-Citation-network V4 limitada a 800 nodos relacionados (vista 3D).

Gracias a las propiedades de la librería utilizada se pueden realizar análisis interactivo de la red girando y magnificando el grafo según se requiera y utilizando el puntero de la computadora ver el nombre de los artículos referenciados en cada nodo.



6. Grafo de relaciones DBLP-Citation-network V4 limitada a 800 nodos relacionados (vista 2D).

Durante el proceso de los 800 nodos relacionados se identificó en base a clases mediante colores la cantidad de referencias directas encontradas en cada nodo, de este modo, los nodos de color más oscuro contienen menos referencias que los colores más brillantes, en este ejemplo podemos encontrar que el artículo de nombre: "It's Just a Method!: a pedagogical experiment in interdisciplinary design", es el nodo con mayor número de relaciones.



7. Grafo de relaciones DBLP-Citation-network V4 limitado a 800 nodos relacionados (Vista de nodo con mayor número de referencias).

8 CONCLUSIONES

La limpieza de nodos, identificación de relaciones y clasificación por número de referencias fue posible gracias al uso de la herramienta descrita y nos muestra las capacidades para la implementación de los métodos de identificación de comunidades en redes sociales que se quieren utilizar, como lo es el método de modularidad Q descrito en esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] SciELO, hemeroteca virtual conformada por una red de colecciones de revistas científicas en texto completo y de acceso abierto y gratuito: <https://analytics.scielo.org/w/publication/article/2018>.
- [2] Jie Tang, Jing Zhang, Limin Yao, Juanzi Li, Li Zhang, and Zhong Su. ArnetMiner: Extraction and Mining of Academic Social Networks. In Proceedings of the Fourteenth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (SIGKDD'2008). Pp.990-998.
- [3] Tu, Y. N., & Seng, J. L. (2012). Indices of novelty for emerging topic detection. *Information processing & management*, 48(2), 303-325.
- [4] Kose, T., & Sakata, I. (2018). Identifying technology convergence in the field of robotics research. *Technological Forecasting and Social Change*.
- [5] Hashimoto, M., Kajikawa, Y., Sakata, I., Takeda, Y., & Matsushima, K. (2012). Academic landscape of innovation research and National Innovation System policy reformation in Japan and the United States. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 9(06), 1250044.
- [6] Small, H., Boyack, K. W., & Klavans, R. (2014). Identifying emerging topics in science and technology. *Research Policy*, 43(8), 1450-1467.
- [7] Small, H. G. (1977). A co-citation model of a scientific specialty: A longitudinal study of collagen research. *Social studies of science*, 7(2), 139-166.
- [8] Danon, L., Diaz-Guilera, A., Duch, J., & Arenas, A. (2005). Comparing community structure identification. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2005(09), P09008.
- [9] Newman, M. E., & Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical review E*, 69(2), 026113.

HERRAMIENTA DE APOYO A LA DECISIÓN EN PROCESOS DE FINANCIAMIENTO DE PROYECTOS MULTICRITERIALES

Mario Guerrero, Gilberto Rivera y Karla Olmos

Resumen— La selección de cartera de proyectos es una de las estrategias más redituables financieramente para una empresa, tanto en el sector público, como el privado. Ejemplos del problema de selección de cartera se encuentran en las convocatorias de financiamiento gubernamentales realizadas con el fin de apoyar programas de asistencia social, disminución de la pobreza, regulaciones ambientales, entre otros tipos. Sin embargo, aunque es un tema recurrente, carece de metodologías confiables que permitan obtener los mejores resultados, debido a que los métodos en la literatura actual fallan en el manejo a gran escala de las instancias multicriteriales. Con este trabajo de investigación se pretende mejorar los resultados obtenidos en los problemas de cartera, utilizando enfoques híbridos que combinan las técnicas meta-heurísticas y la programación matemática.

Términos— Decisión Multicriterio, Herramienta de decisión multicriterio, Many-Objective Optimization, Programación Matemática, Programación Entera Lineal, Optimización de Colonia de Hormiga, Optimización Multiobjetivo, Selección de Cartera.

1 INTRODUCCIÓN

La selección de cartera de proyectos es uno de los procesos de mayor trascendencia en el crecimiento financiero de una institución. Este problema carece de metodologías genéricas confiables, por lo que generalmente las organizaciones, ante la complejidad de este problema, optan por aplicar procedimientos empíricos y heurísticas organizacionales que, aunque es bien conocido que no garantizan soluciones siquiera cercanas a la óptima (Rivera, 2015; Fernández et al., 2015; Fernández et al., 2011; Sapag et al., 2008), parecen ser actualmente la alternativa más viable si se consideran las dimensiones de los problemas con los que tienen que tratar.

Comúnmente el presupuesto para el financiamiento de proyectos termina siendo insuficiente para apoyar a todos los proyectos propuestos, por lo que la tarea de seleccionar la cartera de proyectos que genere los mayores beneficios acorde a las objetivos organizacionales se queda encomendada a una entidad decisora (*Decision Maker*, DM). El impacto de cada uno de los proyectos es caracterizado en varias categorías de beneficio, las cuales determinan su potencial para recibir financiamiento. Los métodos en la literatura actual fallan en el manejo a gran escala de instancias multicriteriales. Actualmente, existen en la literatura modelos matemáticos que logran lidiar con miles de proyectos (Arrutia, M. et al., 2016), sin embargo estos tienden a relajar el problema integrando los distintos criterios en una función objetivo única, perdiendo de vista los distintos factores de la naturaleza multiobjetivo. Con este trabajo de investigación se pretende mejorar los resultados obtenidos en los problemas de cartera, utilizando enfoques híbridos que combinan las técnicas metaheurísticas y de programación matemática con el fin de mejorar los resultados obtenidos y generar una herramienta que pueda ser utilizada en instancias reales.

2 AVANCES DEL PERIODO

Dentro de las actividades realizadas durante el periodo que comprende agosto a noviembre del 2018, se encuen-

2.1 Avances de la tesis

Se logró completar con la redacción de los fundamentos principales de este trabajo de investigación así como una introducción a la importancia de la problemática que se pretende resolver. Se explicaron adecuadamente las motivaciones y la justificación de este trabajo, así como también los objetivos y las limitaciones que tendrá la realización de este proyecto. Por otra parte el capítulo dos ilustra el marco teórico que es necesario para comprender los conceptos necesarios para poder resolver el problema de cartera en el ámbito multicriterio, además de algunos de los avances existentes en la literatura.

Las últimas secciones del segundo capítulo contienen bastante fundamentación que provee de ideas que pueden ser utilizadas para resolver el problema. Este capítulo cierra con algunas muestras de la literatura existente donde se han logrado hibridar los métodos de programación matemática y las técnicas metaheurísticas. Por otro lado, la investigación realizada de la literatura existente sobre la hibridación de los métodos aun continua, esto con la finalidad de encontrar mas ideas que puedan ser aplicadas a nuestro proyecto.

Dentro de los avances concernientes a la herramienta de ayuda en la selección de cartera, se encuentra la hibridación de uno de los métodos de programación matemática (suma ponderada), dentro de la generación de la población inicial y la experimentación de las combinaciones posibles de los anteriores avances que se tenían con la hibridación en la búsqueda local. Los resultados obtenidos se han estado documentando con el fin de comprobar si hay mejoras en la resolución del problema de cartera, sin embargo aún existen otras ideas que están pendientes de ser implementadas.

2.2 Presentación de artículo en el VII Congreso de la Sociedad Mexicana de Investigación de Operaciones

El artículo es parte de una colaboración en el análisis de implementación de Smart cities para la mejora de calidad

de vida en las ciudades. Ambas técnicas, la programación matemática con el uso de *Goal Programming*, así como también el metaheurístico con colonia de hormigas fueron utilizadas para la resolución de un problema de selección de la cartera que mejor administre los recursos en diferentes áreas del estado de Jalisco.

El problema contenía algunas restricciones que tuvieron que ser modeladas antes de poder ser resueltas por ambos métodos. Se contaba con restricciones de presupuesto, el cual debía ser administrado a 11 áreas (comunicación, Educación, etc.) y regiones, conocidos como polígonos. Se definieron tres objetivos principales: Personas beneficiadas, minimización tiempo de implementación y maximización de duración de los proyectos. Sin embargo, debido a que el problema de polígonos de pobreza tiene el objetivo de reducir la existencia de polígonos más pobres, se tuvieron que subdividir los objetivos asignándolos a cada uno de ellos en 7 categorías por cada uno de los polígonos.

En el anterior periodo de evaluación ya se había enviado a evaluación este artículo con el nombre de " *Comparison of Two Linkable Models of Social Portfolio Problem to Substantially Improve the Quality of Life in Polygons of Poverty in a Smart City* " y tras haber sido aprobado con algunas observaciones, se procedió en este periodo a realizar las correcciones y sugerencias entregadas por el comité. Luego de esta ronda de revisión se volvió a enviar la versión final del trabajo de investigación. Después de preparar la presentación para el congreso, la exposición se llevó a cabo el día 22 de Octubre del 2018. Actualmente, se cuenta con el diploma de participación y en general se recibieron buenos comentarios sobre este trabajo.

2.3 Redacción del artículo "ON-LINE MULTICRITERIA PORTFOLIO ANALYSIS THROUGH MATHEMATICAL PROGRAMMING MODELS BUILT ON THE UNDERLYING PRINCIPLES OF FUZZY OUTRANKING THEORY"

Este artículo tiene la finalidad de mejorar las soluciones multicriterio generadas por cualquier algoritmo, utilizando los métodos de programación matemática y los principios del modelo Electre para tomar en cuenta la preferencia de la Entidad Decisora sobre algunos objetivos.

El modelo consiste de tres fases en las que interactivamente el usuario seleccionara si desea buscar otra solución que mejor se adecue a sus preferencias y el sistema ira presentándole una a una hasta que este quede satisfecho.

La ventaja de este enfoque es que el usuario no tendrá que volver a correr el algoritmo completamente para generar otra solución, si no que, este seleccionara que objetivos quiere priorizar y los métodos de programación matemática partirán de la solución existente.

Actualmente, se continúa con la escritura de artículo, la experimentación continua con diferentes instancias, mientras que este semestre los avances se centran más en la escritura del mismo. Toda la parte de fundamentación,

la experimentación y un ejemplo del funcionamiento para su mejor entendimiento también está documentado.

3 COMPROMISOS PARA EL SIGUIENTE PERIODO

Conforme a la planeación del proyecto de investigación se espera tener los siguientes avances al final del siguiente periodo:

- Publicar el artículo " *On-line Multicriteria portfolio analysis through mathematical programming models built on the underlying principles of fuzzy outranking* ".
- Terminar la redacción de la tesis y presentar los resultados del proyecto de investigación.

REFERENCIAS

- [1] Rivera, G. (2015). Solución A Gran Escala Del Problema De Cartera De Proyectos Caracterizados Con Múltiples Criterios, *Tesis Doctoral*, división de estudios de posgrado e investigación, Instituto Tecnológico de Tijuana.
- [2] Fernández, E., Gomez, C., Rivera, G. & Cruz, L. (2015). Hybrid metaheuristic approach for handling many objectives and decisions on partial support in project portfolio optimization. *Information Sciences*, 315 (1) 102-1.
- [3] Fernández, E., Lopez, E., & Coello, C. (2011). Increasing selective pressure towards the best compromise in evolutionary multi-objective optimization: The extended nsga method. *Information Sciences*, 181(1), (pp. 44-56).
- [4] Sapag, N. & Sapag, R. (2008). Preparación y Evaluación de proyecto. *Mc Graw-Hill*, 5th edition.
- [5] Arratia M., Lopez F., Schaefer S., Cruz-Reyes L. (2016). Static R&D project portfolio selection in public Organizations, *Decision Support Systems*.

Mario Guerrero. Maestrante del programa de cómputo aplicado en la universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), se graduó del programa de sistemas computacionales en la misma institución en Diciembre del 2012. Actualmente, aparte de cursar el programa de maestría, también trabaja en la industria maquiladora como desarrollador y analista de sistemas.

Gilberto Rivera. El doctor Rivera es parte del comité académico de evaluación de la maestría de cómputo aplicado en la UACJ. El grado de doctor en Ciencias en Computación lo obtuvo en el Tecnológico Nacional de México en el 2015 y actualmente se dedica a la docencia e investigación en la UACJ.

Karla Olmos. La doctora Olmos es parte del comité académico de evaluación de la maestría de cómputo aplicado en la UACJ. El grado de doctor en Ciencias en Ingeniería, Análisis de requisitos para soluciones inteligentes lo obtuvo en la UACJ el 2016 y actualmente se dedica a la docencia e investigación en la UACJ.

Metaheurística para optimización de reparto de agua tratada en Ciudad Juárez

Oswaldo Alvarado Amaya, Julia Patricia Sanchez Solis y Gilberto Rivera Zarate, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

RESUMEN —En nuestros días las áreas urbanas están compuestas por redes logísticas muy complejas y compactas por lo que la integración de un sistema urbano de sostenibilidad impacta directamente en el aprovechamiento de modelos que estructuran la ciudad. Actualmente existen modelos de optimización que enfocan sus esfuerzos para la solución de problemas de transporte de productos y transporte de gente. Uno de esos modelos es el problema de enrutamiento de vehículos (por sus siglas en inglés: VRP).

La literatura científica ha demostrado que los algoritmos genéticos (por sus siglas en inglés: GAs) encuentran soluciones aceptables para el VRP. Por otro lado la explotación de áreas específicas del algoritmo genético puede generar mejoras en la aproximación a una solución óptima. Las instancias para el artículo fueron tomadas de un caso de estudio problema real del centro de distribución de agua de la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Ciudad Juárez. Los resultados obtenidos muestran que la implementación de algoritmos genéticos híbridos reduce la distancia recorrida de la solución inicial.

Palabras Clave — Metaheurística, Algoritmo Genético, Híbrido, Problema de enrutamiento de vehículos, caso de estudio del mundo real.



1 INTRODUCCIÓN

Introducción

El origen del Problema de Ruteo de Vehículos (VRP por sus siglas en inglés) viene desde el año de 1959 y es introducido por Dantzing y Ramser [3], los cuales presentaron una aplicación real relacionada con la entrega de gasolina a las estaciones de servicio e hicieron una formulación matemática a este problema. Lo cual surge como una generalización del problema clásico el agente viajero en el que un vendedor tiene que recorrer una serie de clientes una sola vez, para luego volver al lugar de partida.

El diseño de un sistema de transporte es uno de las piezas clave en la mayor parte de las organizaciones, debido al éxito que tenga una cadena de ventas, está estrechamente relacionado, con el óptimo diseño de dicho sistema. Los vehículos son los responsables de mover los productos, las materias primas, a las personas y los clientes se encuentran en diferentes puntos del mapa geográfico, añadiendo la calidad de entrega, el tiempo y las cantidades que son requeridas. De la misma manera si se tiene un cliente satisfecho implica obtener más clientes y más ganancias para la empresa, por ende la logística es uno de los puntos más representativos y sin mencionar que tiene uno de los costos más elevados en empresas que involucren transporte. En esta investigación se aborda el problema de enrutamiento de vehículos aplicando técnicas de investigación aplicada basándose en metaheurísticas tales como algoritmos genéticos. Estructurando cada fase del algoritmo para la exploración de cada una de ellas, teniendo construido un método hiperheurístico que contribuya a la explotación de cada fase del algoritmo genético híbrido. El principal objetivo del algoritmo de optimización es brindar el trazo de rutas de forma eficiente tomando en cuenta aspectos como la capacidad de cada vehículo de transporte de

ruta generada.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad las zonas urbanas están compuestas por redes logísticas que integran una entidad compacta y compleja, cuya integración impacta de forma muy importante para la sostenibilidad del sistema. Actualmente existen varios métodos para la optimización de estas redes, centradas principalmente en el transporte de productos y de personas: TSP (Traveling Salesman Problem), CPP (Chinese Postman Problem) y VRP (Vehicle Routing Problem). Los cuales permiten estructurar y diseñar rutas de transporte, para uno o varios vehículos, que visiten varios puntos de ventas, de entregas o destinos de viajes. Las características más importantes es la posibilidad de conocer las dimensiones del vehículo, la carga máxima, la distancia de cada punto o destino y el origen. La metodología VRP es más utilizada por agencias logísticas de este tipo, donde uno de los casos es la pérdida de ganancias, cierto caso que algún camión tenga sobrepeso o la ruta esté muy larga.

La distribución de agua potable es un problema de gran importancia para todas las ciudades del mundo, específicamente para las ciudades de bajos recursos urbanos. El aumento de la temperatura y el crecimiento de una población tienden a agravar aún más este problema, a tal grado en los países se ven forzados a desplegar contingencias para estabilizar este problema. Durante el verano algunas zonas del mundo elevan extremadamente su temperatura a la par la demanda de agua se agudiza especialmente en zonas desérticas. Según la ONU, el 9% de la población mundial no tiene acceso a agua potable. Se espera que para el 2050 al menos el 25%

continua escasez de agua dulce [1]. México es uno de los primeros siete países con problemas de insuficiencia de agua. Noventa millones de mexicanos que representan el 75% de la población viven con escasez de este recurso. De ese porcentaje 20 millones padecen de falta de este líquido vital durante todo el año, lo que provoca que México aparezca en los primeros lugares de habitantes con una escasez severa durante todo el año [4].

La distribución del agua es necesaria para la calidad de vida de su población. Actualmente existen empresas donde la infraestructura de distribución de agua no llega a todas las zonas de la ciudad. Sin embargo existen sistemas de distribución de agua la cual transportan el vital líquido en vehículos con una cisterna capaz de almacenar gran cantidad de agua para posteriormente visitar a los ciudadanos para la entrega de agua. Si bien un sistema de distribución de agua divide las visitas de cada vehículo a las diferentes colonias, así como los horarios de salida, entrada, cantidad aproximada de combustible, y capacidad de agua para el reparto. La implementación de un algoritmo que permita utilizar métodos de aproximación para tratar de alcanzar un óptimo en asignación de rutas, asignación de horarios, disminución de gastos de operación como tiempo extra, combustible extra, cada uno de estos beneficios delimitara principalmente la eficiencia de cada empresa interna como externamente. Involucrando previamente un objetivo principal que compartirá el algoritmo de optimización para mejora de rutas.

La eficiencia de entrega de un punto a otro estará directamente correlacionada con aspectos que restringen un óptimo en cualquier aspecto. Estas restricciones involucran condiciones geográficas, tiempos de entrega, tiempos de carga y descarga, capacidad de los vehículos y distancias [2]. El enfoque de la investigación es tener estructurado un algoritmo de aproximación mediante la implementación de métodos metaheurísticos como lo son los algoritmos genéticos, con la finalidad de optimizar distancias en las rutas que recorre cada vehículo de transporte de agua y a la par impactar el consumo de combustible por vehículo.

El asentamiento de la población en zonas sin estructura hídrica, aumenta la demanda de agua mediante pipas. En épocas de verano el incremento en la temperatura es directamente proporcional a la demanda y reparto del vital líquido, por ende en estas épocas, la eficiencia en el reparto se ve mermada, por la cantidad de agua solicitada y el número de vehículos con cisterna para entrega de la misma. Las zonas urbanizadas complican una eficiencia en el modelo estructurado para la entrega a cada usuario, esto debido la complejidad geográfica que comparte la red de calles de una ciudad y la localización del domicilio de cada usuario. Las áreas exploradas para la obtención de soluciones aceptables respecto a la generación de rutas, dependen directamente de las características de la población, de la empresa y de la geografía de la zona. Actualmente las soluciones que generan heurísticas no son suficientes para aproximaciones a la solución óptima, sin embargo, la implementación de metaheurísticas tales como los algoritmos genéticos aplicadas en problemas de enrutamiento de vehículos brindan aproximaciones factibles para este tipo de problema.

3 OBJETIVOS

La disminución de la distancia es el principal objetivo para la implementación de modelos metaheurísticos que brinden soluciones aceptables.

4 METODOLOGIA

El VRP consiste en identificar las mejores rutas para visitar n cantidad de clientes para recogerles paquetes. Para poder encontrar las mejores rutas se toman en cuenta distintos factores, tales como: la distancia en la que se encuentra el cliente, el peso del paquete que se recoge, la capacidad del vehículo, el tiempo máximo permitido por ruta, entre otros.

El algoritmo genético debe tomar en cuenta las siguientes especificaciones:

- Existe una n cantidad de clientes y se deben de visitar todos
- A cada cliente se le va a recoger un paquete, el cual tiene un peso. Este algoritmo no contempla delivery, sólo pick-up.
- Los vehículos que recorran las rutas tienen una capacidad máxima y un tiempo de viaje máximo permitidos. Esos valores son asignados por cada problema.
- Para el tiempo, se debe contemplar el tiempo que se toma llegar a un cliente y el tiempo de descarga, así como el tiempo acumulado hasta ese cliente.
- Para el peso, sólo se contempla el peso del paquete que se recogió y el peso acumulado de los paquetes que se han recogido hasta el momento.
- Para el fitness, se contempla únicamente el menor número de rutas de la población. Es decir el que tenga menor número de rutas tiene mayor fitness.
- Para el unfitness, se contempla el sobrepeso y el tiempo excedido. Es decir el que tenga más peso de su capacidad y/o haya excedido su tiempo permitido, tendrá mayor unfitness. Los dos factores tienen un valor de 70% y 30% de su unfitness final.

PASO A PASO

1. Se reciben las coordenadas cartesianas de todos los nodos a recorrer.
2. Las coordenadas cartesianas se convierten en coordenadas polares.
3. Se calcula la matriz distancia entre cada nodo y el depot.
4. Se genera una población inicial de posibles soluciones (cromosomas) tomando en cuenta el límite de distancia y límite de peso de cada nodo.
5. A la población inicial se le calcula el fitness y el unfitness.
6. A la población inicial se le realiza búsqueda local
7. A la población inicial se le realiza OPT
8. Se eligen 2 padres de la población inicial.
 - a. Se eligen 4 individuos
 - b. Se realizan 2 comparaciones 1 vs 1

dos hijos.

10. Se comparan fitness y unfitness de los hijos y se elige el mejor
11. Si los hijos cumplen la siguiente condición se reemplazan.
 - a. A la población inicial se divide en 4 subgrupos
 - b. Subgrupo 1 son todos los miembros con mayor fitness y mayor unfitness en comparación con el hijo
 - c. Subgrupo 2 son todos los miembros con menor fitness y mayor unfitness en comparación con el hijo
 - d. Subgrupo 3 son todos los miembros con mayor fitness y menor unfitness en comparación con el hijo
 - e. Subgrupo 4 son todos los miembros con menor fitness y menor unfitness en comparación con el hijo
 - f. El miembro a ser reemplazado es el miembro con menos unfitness de cualquiera de los primeros 3 subgrupos, tomando en cuenta que el subgrupo no esté vacío y en el orden Subgrupo 1, 2 y por último 3.
 - g. Si no hay nadie hasta el subgrupo 4 el hijo no es reemplazado.
12. Se repiten todos los pasos desde el punto 3 hasta que se cumpla el siguiente criterio:

“El algoritmo genético se detendrá hasta que hayan transcurrido cierto número de iteraciones (depende de la cantidad de nodos) y todos los miembros de la población tengan la misma cantidad de rutas.”

REFERENCIAS

- [1] Propiedad Intelectual de las Naciones Unidas 2017. La Agenda 2030, haciendo frente a una amenaza global. <http://www.onu.org/haciendo-frente-a-una-amenaza-global/>, 2017. [Online; accessed 10-April-2018].
- [2] F. García-Isidro, J. Martínez-Lugo, and A. Ochoa. Implementation of an Algorithm for the transfer of citrus using an intelligent model for train. *Research in Computing Science*, 122:49-62, 2016.
- [3] Olivera, A. (2004). Heurísticas para Problemas de Ruteo de Vehículos. Montevideo, Uruguay: Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería. Universidad de la República.
- [4] Sin embargo. (2016). México está entre los países que enfrentan escasez de agua: 90 millones padecen desabasto. Octubre 2018, de Sin Embargo Sitio web: <http://www.sinembargo.mx/06-03-2016/1630781R>. Nicole, "The Last Word on Decision Theory," *J. Computer Vision*, submitted for publication. (Pending publication)

Oswaldo Alvarado Amaya - Ingeniero en Sistemas Computacionales, egresado de la Universidad Autónoma de Cd. Juárez. Actualmente labora en la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Cd. Juárez (JMAS), en el departamento de desarrollo de sistemas. Fuertemente involucrado con la logística en la distribución del agua tratada en la ciudad, su proyecto más reciente plantea la aplicación de algoritmos inteligentes para el diseño de rutas de la JMAS. Simultáneamente, cursa la Maestría en Cómputo Aplicado, con especialización en Optimización Inteligente.

Julia Patricia Sánchez Solís – Doctorado en Ciencias en Computación egresados de la Tecnológico Nacional de México, actualmente labora como investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el área de optimización inteligente. Maestro de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Gilberto Rivera Zárate - Doctorado en Ciencias en Computación egresados de la Tecnológico Nacional de México, actualmente labora como investigador en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez en el área de optimización inteligente. Maestro de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales. Miembro del Laboratorio Nacional de Tecnologías de la Información.

Multi-Criteria Scheduling in Unrelated Parallel Machines with Preference Incorporation

Raul Gibran Porras Alaniz, Karla Miroslava Olmos Sánchez and Gilberto Rivera Zárate

Index Terms— Scheduling, Preferencias, Multi-Criterio, Pareto Dominancia.

1 RESUMEN

EN la industria del transporte se presentan diversos problemas de logística, por ejemplo, la Planeación del Traslado de Mercancías (PTM), problema que se estudia en esta investigación. El objetivo es optimizar la asignación y la secuenciación de los traslados, para lograr una programación que ofrezca el mejor compromiso entre los siguientes objetivos:

- minimización del tiempo total.
- minimización de la revisión de mercancía.
- minimización de distancia entre traslados.
- maximización la garantía de realización de los traslados.

Este tipo de problema es conocido en la literatura como *Scheduling Problem* (SP), el cual consta de dos conjuntos, tareas (traslados de una mercancía) y máquinas (operadores del medio de transporte). Dependiendo de las características de estos conjuntos, los SP se pueden clasificar de la siguiente manera (Wojakowski & Warzolek, 2014):

- Flow Shop
- Open Shop
- Job Shop
- Identical parallel machines
- Uniform parallel machines
- Unrelated parallel machines

El PTM se clasifica como un *Unrelated parallel machine*, ya que cada máquina tiene diferentes características para realizar una tarea, las cuales son procesadas en paralelo por cada máquina. Adicionalmente, para realizar la programación de la asignación de tareas a máquinas, se deben considerar las siguientes restricciones:

1. Una tarea puede ser procesada por cualquier máquina.
2. Una tarea solo tiene una operación para ser completada.
3. Una máquina solo puede procesar una tarea a un

tiempo.

4. Los costos del procesamiento de una tarea dependen de la máquina a la que fue asignada.
5. Una vez iniciado el proceso de una tarea, éste no puede ser interrumpido.

Además, las asignaciones son aprobadas por un Coordinador de Tráfico (CT), el cual evalúa múltiples criterios en base a su experiencia para realizar la programación, por lo cual, se debe realizar una modelación de preferencias.

De acuerdo con la literatura, los algoritmos evolutivos son populares por ofrecer buenas soluciones a SP, especialmente NSGA II y sus variantes (Manupati, Rajyalakshmi, Chan, & Thakkar, 2017). Sin embargo, para esta investigación se decidió utilizar EDPSO (*Evolutionary Discrete Particle Swarm Optimization*) (Ming-Zheng, Ling-Ling, & Tsan-Ming, 2018), dado que tiene mejor desempeño para generar buenas soluciones al problema de PTM. Asimismo, para realizar la modelación de preferencias se utilizará el método de ELECTRE (Pareto, 1964) por su flexibilidad y fácil adaptación para representar preferencias en casos reales.

Una de las restricciones del problema de PTM, es que, una vez iniciado el proceso de una tarea, este no puede ser interrumpido. Sin embargo, por diversos factores (como el clima, tráfico, accidente vial, mal funcionamiento de una máquina, etc.) se puede violar esta restricción. Para abordar esta situación, se desea utilizar algún método de programación matemática para reconstruir la programación, con el objetivo de minimizar los cambios con respecto de la programación original.

2 COMPROMISOS PARA EL SIGUIENTE PERIODO

- Modelación de las preferencias del CT.
- Programar el algoritmo EDPSO.
- Evaluación de desempeño con las instancias de EDPSO.

EDPSO.

- Experimentación con instancias del problema PTM.
- Adición de la Técnica de programación matemática.
- Modelo matemático de problema PTM.
- Redactar artículo.

REFERENCES

- Manupati, V. K., Rajyalakshmi, G., Chan, F., & Thakkar, J. (2017, Marzo 3). A hybrid multi-objective evolutionary algorithm approach for handling sequence- and machine-dependent set-up times in unrelated parallel machine scheduling problem. *Sadhana*, pp. 391-403.
- Ming-Zheng, W., Ling-Ling, Z., & Tsan-Ming, C. (2018). Bi-Objective Optimal Scheduling Whit Raw Material's Shelf-Life Constraints in Unrelated Parallel Machines Productions. *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEM, MAN, AND CYBERNETICS: SYSTEMS*.
- Pareto, V. (1964). Cours D'Economie Politique. *Cardinal Lemonie: Universite de Laussane*.
- Wojakowski, P., & Warzolek, D. (2014). The clasification of scheduling problems under production uncertainty. *Research in Logistics & production*.