

Presentación de Proyecto de Investigación

1. Datos generales

1.1 Título del proyecto

Diseño e Implementación de Estrategias para el Manejo de la Cadena de Suministro Mediante un Sistema con Múltiples Agentes Colaborativos

1.2 Resumen del proyecto

La forma de hacer negocios ha cambiado significativamente en las últimas décadas. La gran cantidad de información y las nuevas tecnologías incrementan las expectativas de los clientes con respecto a los costos y servicios, así como también la competencia global hace que los líderes en las empresas busquen nuevas formas de abordar los negocios. El Internet ha propiciado el cambio de los procesos de negocio individuales, hacia un modelo de negocios más distribuido y colaborativo. Para ser capaces de manejar este modelo, las empresas necesitan una solución, que les permita participar en ambientes de comercio electrónico. Esta solución debe incluir un sistema que ayude en la toma de decisiones y al mismo tiempo se adapte a los cambios; el cual pueda recabar y procesar información de un gran número de fuentes y en diferentes formatos, así como también ayudar a realizar decisiones precisas en condiciones de mercado que son competitivas y cambiantes.

Debido a la necesidad de diseñar estrategias para coordinar e integrar entidades de negocios dentro de ambientes de comercio electrónico distribuido, el objetivo de este proyecto de investigación es desarrollar tales estrategias con tecnología de agentes para ambientes de comercio electrónico. Para implementar y probar dichas estrategias es necesario desarrollar un sistema para manejar cadenas de suministro en ambientes de comercio electrónico distribuido, las cuales se encarguen de negociar con los proveedores para obtener los materiales necesarios para producción, competir por obtener órdenes por parte de los clientes, manejar el inventario, establecer tiempos para la fabricación de productos, y entregar los productos a los clientes.

En este proyecto de investigación se desarrollará un sistema de toma de decisiones, basado en múltiples agentes colaborativos, el cual explorará diferentes estrategias del proceso de producción en su conjunto, y ofrecerá soluciones para manejar cadenas de suministro en ambientes de comercio electrónico distribuidos. Este sistema soportará diferentes tipos de interfaces, que permitan interactuar con los modelos de negocio ya existentes de otros participantes. En ambientes de comercio electrónico, el manejo de la cadena de suministro es concebido como una actividad de resolución de problemas distribuido cooperativo, que es llevado a cabo entre varias entidades de negocio que trabajan juntas para resolver un problema común, utilizando varias tecnologías.

1.3 Nombre y datos personales de los participantes

El grupo de trabajo para este proyecto de investigación está conformado por especialistas de las ciencias de la computación de dos instituciones: la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Cuajimalpa en México, y la Universidad de Essex en el Reino Unido.

1.3.1 Participantes internos al proyecto

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, México
Departamento de Tecnologías de la Información

- Dr. Carlos Roberto Jaimez González (**Responsable del proyecto**)
Experiencia en Tecnologías y Agentes para Comercio Electrónico, Servicios Web, Interoperabilidad de Sistemas y Lenguajes de Programación.
Colaborará en todas las actividades.
Tiempo de dedicación a este proyecto: 5 horas a la semana.
- Mtro. Wulfrano Arturo Luna Ramírez
Experiencia en Inteligencia Artificial, Sistemas Multi-Agente y Procesamiento de Lenguaje Natural y Aprendizaje Automático.
Colaborará en las actividades relacionadas al diseño e implementación de arquitecturas multi-agente y técnicas estadísticas de aprendizaje para las estrategias propuestas.
Tiempo de dedicación a este proyecto: 2 horas a la semana.

1.3.2 Participantes externos al proyecto

Universidad de Essex, Reino Unido
School of Computer Science and Electronic Engineering

- Dra. Maria Fasli
Experiencia en Tecnología de Agentes para Comercio Electrónico.
Colaborará en las actividades relacionadas con el diseño e implementación del sistema multi-agente.

También participarán estudiantes de Licenciatura y Maestría de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa.

1.4 Glosario de términos

Agente: Es un programa que actúa en representación de un usuario u otro programa; es autónomo; tiene un conjunto de actividades y metas que realizar.

Sistema Multi-Agente (SMA): Es un sistema compuesto por múltiples agentes que interactúan entre ellos. Los sistemas multi-agente pueden ser utilizados para resolver problemas que son difíciles o imposibles de resolver por un agente individual.

Agente Colaborativo: Es un tipo de agente que puede comunicarse con otros agentes para establecer acuerdos y efectuar acciones (compartir información o realizar tareas específicas) en pro de un objetivo común.

Manejo de la Cadena de Suministro (SCM del inglés Supply Chain Management): Se refiere a la gestión de las tareas, instalaciones, recursos e información relacionada con el suministro, producción y distribución de bienes o servicios dentro de una organización productiva.

2. Justificación y planteamiento del objeto de estudio

La forma de hacer negocios ha cambiado significativamente en las últimas décadas. La gran cantidad de información y las nuevas tecnologías incrementan las expectativas de los clientes con respecto a los costos y servicios, así como también la competencia global hace que los líderes en las empresas busquen nuevas formas de abordar los negocios. Ya no están en posición de confiar en estrategias de negocio estáticas, sino que deben ser capaces de enfrentarse a ambientes que cambian rápidamente y que en algunas ocasiones son inciertos, tales como los tipos de cambio bancarios que se dan de la noche a la mañana, los cambios en las situaciones políticas, el retraso en la entrega de materiales para producción, las rupturas con proveedores, la falla en instalaciones de producción, la ausencia de trabajadores, la llegada de nuevas órdenes de clientes, la cancelación o cambio de órdenes de clientes, etc.

Las compañías deben llevar a cabo una serie de actividades, tales como el abastecimiento de materiales, la fabricación de productos, la demanda de productos terminados, las ventas y entregas de dichos productos, los servicios al cliente, entre otras. Todas estas actividades deben llevarse a cabo como si fueran un proceso dinámico, de tal forma que se mantenga un balance entre ellas. En una empresa, ésta es precisamente la tarea principal del “Supply Chain Management (SCM)” o “Manejo de la Cadena de Suministro”, el cual se encarga de negociar con los proveedores para obtener los materiales necesarios para producción, compete por obtener órdenes por parte de los clientes, maneja el inventario, establece tiempos para la fabricación de productos, y entrega los productos a los clientes.

Tomando en consideración la globalización del mercado, es común que las empresas tengan negocios distribuidos, donde los proveedores y los clientes se encuentran dispersos alrededor del mundo. El desarrollo de las tecnologías de la información ha propiciado que las organizaciones usen el Internet para participar en el comercio electrónico (E-Commerce); de esta forma reducen sus costos administrativos y transaccionales, incrementan sus utilidades, e interactúan con un mayor número de socios comerciales en diferentes ubicaciones geográficas. El Internet ha propiciado el cambio de los procesos de negocio individuales, hacia un modelo de negocios más distribuido y colaborativo. Para ser capaces de manejar este modelo, las empresas necesitan una solución, tanto a niveles de software como de hardware, que les permita participar en ambientes de comercio electrónico. Esta solución debe incluir un tipo de sistema que ayude en la toma de decisiones y al mismo tiempo se adapte a los cambios; el cual pueda recabar y procesar información de un gran número de fuentes y en diferentes formatos, así como también ayudar a realizar decisiones precisas en condiciones de mercado que son competitivas y cambiantes.

2.1 Relación con las Líneas Emblemáticas de la UAM-C

Sustentabilidad

Uno de los propósitos del E-Commerce es aumentar la competitividad, una demanda generada por el auge de las tecnologías de la información y la comunicación, que permite reducir costos y tiempos de producción, distribución y comercialización. En particular, uno de los mayores beneficios del uso de recursos informáticos y de telecomunicaciones en los sectores productivos es la reducción del impacto ambiental al eliminar o reducir el empleo de archivos físicos (que pueden compartirse, reproducirse y salvaguardarse con mayor facilidad); el desplazamiento de personas, reportes e informes; la comunicación se torna instantánea y de bajo costo; la automatización de procesos incrementa la eficiencia productiva y reduce los costos de mantenimiento, permitiendo enfocar los recursos en la mejora de los procesos administrativos, además de flexibilizar los esquemas de negociación. Como se ha mencionado, un tema esencial dentro del E-Commerce es la

administración de la cadena de suministro, por ende, su optimización es una de las prioridades para los negocios tanto a nivel nacional como internacional, es por ello que se juzga relevante la contribución de este proyecto de investigación a la línea emblemática de sustentabilidad, pues permitiría tener una mayor claridad sobre el tema desde la perspectiva de su implementación con Sistemas Multi-Agente.

Cambio tecnológico

El mundo del desarrollo de sistemas a escala industrial, esto es, sistemas que enfrentan y resuelven problemas complejos reales que ocurren en las organizaciones está migrando hacia el paradigma de los Sistemas Multi-Agente, debido a la flexibilidad, adaptación y robustez que éstos exhiben, además de que sus herramientas de abstracción resultan más poderosas para el análisis, diseño, simulación e implementación de soluciones a problemas complejos y distribuidos, como aquellos que se presentan en el E-Commerce, donde convergen varios usuarios con distintos requerimientos, conectados vía Internet las 24 horas del día, durante todo el año. Es esta línea emblemática en donde el presente proyecto tendría mayor impacto, debido a que promociona el uso del paradigma de vanguardia en el desarrollo de sistemas aplicados a la administración de la cadena de suministro, esencial para la nueva forma de hacer negocios en la actualidad.

Calidad de vida

El aumento del uso de la tecnología de información y comunicación tiene como una de sus consecuencias la transformación de la manera en que realizamos las cosas, desde las actividades productivas, educativas o de entretenimiento. Como consecuencia de esto podemos citar la creación de nuevos puestos en las organizaciones y la redefinición de tareas en donde el riesgo de tecnologías anteriores se ve minimizado por los nuevos esquemas de trabajo. En lo que respecta a este proyecto, una mejor definición del proceso de administración de la cadena de suministro daría la posibilidad de optimizar los resultados obtenidos por organizaciones reales, como el caso de las PyMES o las organizaciones gubernamentales, lo que contribuiría a que tales organizaciones se apegaran a mejores prácticas, disminuyendo la brecha que existe actualmente entre los niveles de apego nacionales y los niveles de clase mundial (con un promedio de 89.4% en México vs. 96-99% en Europa y Estados Unidos para 2009 [21]) en aras de incrementar la calidad y eficiencia de sus servicios mejorando su nivel de servicio al cliente, lo que en el caso de las organizaciones gubernamentales redundaría en una mejora en el servicio público. Es por ello que juzgamos que este proyecto es congruente con la mejora en la calidad de vida, línea emblemática de investigación de nuestra Unidad Cuajimalpa.

3. Antecedentes históricos, teóricos y conceptuales

Esta sección proporciona algunos antecedentes, y resume el estado del arte en el campo del manejo de la cadena de suministro (SCM) y los sistemas de toma de decisiones para SCM. En particular, la tendencia en estas áreas es moverse de los procesos de negocio estáticos, hacia modelos distribuidos y dinámicos. Los sistemas de toma de decisiones para SCM son actualmente diseñados como sistemas multi-agentes, para soportar dichos modelos. Muchos grupos de investigación alrededor del mundo dedican su trabajo a explorar varios problemas dentro del dominio del manejo de la cadena de suministro. Un gran número de estudios en SCM han sido llevados a cabo sobre la plataforma de simulación de TAC SCM, la cual es utilizada ampliamente en investigación, y es descrita al final de esta sección.

3.1 Evolución de SCM

SCM es un proceso complejo, el cual incluye una variedad de actividades interrelacionadas, tales como: negociación con proveedores para obtener materiales, competencia por ganar órdenes de clientes, manejo de inventario, programación de producción, entrega de productos a clientes. Los conceptos de SCM han sido utilizados por compañías desde principios del siglo XX, inclusive en la literatura encontramos discusiones de SCM desde los 50's en [1]. En los 80's, la idea de automatizar procesos de negocio a través de SCM se hizo muy popular, sin embargo los expertos trataron cada una de las entidades de la cadena de suministro como un proceso estático aislado del resto. Muchos trabajos de finales de los 90's aún se concentraban en resolver solamente subáreas separadas de SCM [2], [3]. En [4], se empieza a ver el problema de SCM como un ambiente dinámico, y como un proceso integrado con restricciones [5].

Con el surgimiento del WWW, los sistemas de comercio electrónico se han convertido extremadamente populares, principalmente en la última década. Ya se tienen modelos de comercio electrónico integrados, los cuales incluyen a proveedores, clientes, socios comerciales, agentes de comercio electrónico, etc., dentro de un ambiente electrónico global [6]. Las empresas ya no pueden confiar en las estrategias de negocio estáticas. Recientemente se han propuesto arquitecturas de sistemas para soportar la participación en el comercio electrónico [7]. Muchos investigadores coinciden en que la arquitectura de un sistema de toma de decisiones que soporte SCM debe ser ágil para combatir con la dinámica de los mercados electrónicos, así como también debe ser fácilmente reconfigurable, adaptarse a varios negocios, y soportar varios protocolos de diferentes ambientes comerciales. El enfoque multi-agente ha demostrado ser el más adecuado para cubrir estos requerimientos [8], [9], [10], [11].

3.2 SCM basado en el enfoque multi-agente

Es un hecho que la tecnología de agentes se ha convertido en la herramienta más popular para diseñar sistemas distribuidos para el manejo de la cadena de suministro, ya que proporciona una forma dinámica y adaptable para manejar por separado cada uno de los eslabones de la cadena. A diferencia de los sistemas centralizados, los sistemas de manejo de la cadena de suministro basados en agentes pueden responder rápidamente a los cambios internos o externos a través de la toma de decisiones. En [12] se proporciona una revisión detallada de algunos sistemas basados en agentes, diseñados e implementados con fines industriales.

Otra ventaja de diseñar la solución SCM como un sistema multi-agente es que nos permite separar las diferentes tareas del SCM, explorarlas de manera independiente, y analizarlas en su conjunto. Esta característica es particularmente importante para nuestro proyecto de investigación, ya que nos permite enfocarnos de manera separada en varios aspectos de la cadena de suministro: la parte de la demanda, la cual se refiere a la venta de productos a los clientes; y la parte de la producción, la cual involucra la obtención de los materiales y la fabricación de los productos. En el caso de los vendedores, el principal problema al que se enfrentan cuando manejan sus cadenas de suministro es decidir qué ofertas harán a sus clientes, es decir, qué precios les darán, cuántos productos, cuándo y a quién vendérselos, etc.; todo esto es con el objetivo de incrementar su utilidad. La capacidad de predecir los precios del mercado es crucial para desarrollar mejores estrategias de ventas. La tarea no es fácil de resolver en el contexto del comercio electrónico, donde los precios se establecen dinámicamente.

Es importante señalar que se han propuesto varios enfoques para diseñar sistemas de toma de decisiones para SCM, basados en agentes [10], y se han desarrollado arquitecturas para comercio

electrónico orientadas a agentes [6]. Una descripción de los últimos proyectos que utilizan agentes en el contexto de la cadena de suministro es proporcionada en [13].

3.3 Trading Agent Competition SCM

Es necesario llevar a cabo una serie de experimentos para probar las estrategias de producción y ventas en la cadena de suministro. Las empresas reales no pondrían en riesgo sus negocios para probar las soluciones propuestas. Es muy importante encontrar una forma para explorar las soluciones en ambientes seguros y controlados. Para satisfacer esto, se han llevado a cabo varios intentos de crear herramientas de simulación para SCM, que permitan el estudio y experimentación de diferentes algoritmos. Entre estos intentos, destaca el juego denominado TAC SCM [14], el cual es probablemente la mejor plataforma de experimentación para realizar pruebas de sistemas SCM, ya que encapsula muchos de los problemas que pueden ser encontrados en ambientes SCM reales: restricciones de tiempo, oponentes impredecibles, capacidad de producción limitada, etc. Se propone utilizar esta plataforma para realizar nuestras pruebas, tanto de desempeño de la solución del sistema SCM completo, como de las estrategias de producción y ventas que serán implementadas.

Este juego fue diseñado por la Carnegie Mellon University y el Swedish Institute of Computer Science (SICS) en el 2003 como parte de la competencia internacional de agentes de comercio (International Trading Agent Competition) [15]. Este juego permite la competencia de agentes de software en el contexto de SCM, para evaluar sus diferentes propuestas y algoritmos, los cuales buscan diseñar sistemas de toma de decisiones que sean exitosos. Los agentes que participan en la competencia son desarrollados por diferentes grupos de investigación alrededor del mundo.

En TAC SCM seis agentes compiten entre ellos en una simulación de 220 días, la cual tiene una duración real de 55 minutos. Cada agente es un fabricante que ensambla computadoras, a partir de sus componentes básicos: CPUs, tarjetas madre, memorias RAM, y discos duros. Los CPUs y las tarjetas madre están disponibles en dos familias de productos diferentes: IMD y Pintel. Un CPU Pintel solamente funciona con una tarjeta madre Pintel, mientras que un CPU IMD puede ser incorporado solamente a una tarjeta madre IMD. Los CPUs están disponibles en dos velocidades, 2.0 y 5.0 GHz; las memorias se fabrican en dos tamaños, 1 y 2GB; y los discos duros en dos tamaños, 300 y 500GB. Existen en total diez componentes diferentes, los cuales pueden ser combinados, para tener un total de 16 modelos de computadoras diferentes. Los agentes necesitan obtener estos componentes de 8 proveedores diferentes. Por otro lado, los agentes necesitan asegurar órdenes de clientes todos los días. Una vez que un agente ha recibido una orden, necesita ensamblar el número y modelo de computadora requerido en su fábrica, y subsecuentemente entregar los productos terminados. Todos los agentes comienzan el juego sin dinero en sus cuentas bancarias, sin componentes o computadoras fabricadas en su inventario, y sin órdenes de clientes pendientes de entregar, mientras que tiene crédito ilimitado del banco. Cada modelo de computadora requiere un número diferente de ciclos para que pueda ser fabricado, y un agente tiene una capacidad limitada de 2000 ciclos de producción al día. El servidor TAC simula a proveedores, clientes y banco, y proporciona servicios de producción y almacenamiento a cada uno de los 6 agentes que participan. El agente que logre la mayor utilidad al final del juego es el ganador.

Durante el juego cada agente negocia contratos con los proveedores, mediante el envío de solicitudes RFQ (request for quote), las cuales indican el tipo de componente que se desea. Los proveedores, los cuales son maximizadores de utilidad, responden con ofertas a esas RFQs. En particular, en respuesta a una solicitud RFQ de un agente, los proveedores pueden mandar una oferta completa, la cual iguala la solicitud real del agente, en términos de fecha de entrega y cantidad; o también pueden enviar ofertas parciales que pueden o no igualar la fecha de entrega o

cantidad solicitada. Si el proveedor no puede satisfacer una orden específica, no manda ninguna oferta. Para cada oferta enviada, el agente necesita determinar si la acepta y solicita una orden, o si la rechaza. Sin embargo, si el proveedor ha enviado una oferta parcial y una oferta completa, el agente solamente puede aceptar una de ellas.

Los clientes mandan solicitudes a todos los agentes, indicando el modelo de computadora que desean, la cantidad de computadoras que requieren, especificando una fecha de entrega, y el precio que pagarían. Cada agente responde con una oferta, los clientes evalúan las ofertas de los seis agentes, y se deciden por la oferta por la cual pagarán un menor precio. El agente que tiene la oferta ganadora, debe entregar las computadoras ordenadas en la fecha especificada, de otra forma incurre en una penalización. Un agente es responsable por su producción y cada día necesita mandar una agenda indicando cuántas computadoras y de qué modelo estará fabricando al día siguiente, basado en su capacidad de producción. Para que la producción se lleve a cabo, es necesario que los agentes tengan los componentes necesarios en su inventario para cada modelo de computadora que deseen fabricar. Los componentes pueden ser utilizados a partir del día siguiente de su llegada al inventario. Cada día el agente necesita preparar su agenda de distribución para el día siguiente.

4. Preguntas y supuestos de investigación

Dentro de las preguntas de investigación tenemos las siguientes:

1. ¿En qué se basan las mejores estrategias de producción para un Sistema de Manejo de la Cadena de Suministro?
2. ¿En qué se basan las mejores estrategias de ventas para un Sistema de Manejo de la Cadena de Suministro?
3. ¿Será posible manejar dinámicamente todos los eslabones de un Sistema de Manejo de la Cadena de Suministro?
4. ¿Pueden aplicarse las mismas estrategias para cualquier Sistema de Manejo de la Cadena de Suministro?
5. ¿Qué ventajas tiene implementar el Sistema de Manejo de la Cadena de Suministro como un Sistema Multi-Agente?

Dentro de los supuestos del proyecto tenemos los siguientes:

1. Las estrategias basadas en técnicas estadísticas tienen mejor desempeño que aquellas que no utilizan estadísticas.
2. En ciertos casos es posible manejar dinámicamente todos los eslabones de un Sistema de Manejo de la Cadena de Suministro.
3. Las estrategias basadas en técnicas estadísticas y el manejo dinámico de los eslabones de un Sistema de Manejo de la Cadena de Suministro, tienen un buen desempeño en el contexto de la Trading Agent Competition.
4. Los Sistemas Multi-Agente ofrecen la flexibilidad y robustez necesarias para implementar las estrategias propuestas.

5. Objetivo(s)

Debido a la necesidad de diseñar estrategias para coordinar e integrar entidades de negocios dentro de ambientes de comercio electrónico distribuido, el objetivo de este proyecto de investigación es desarrollar tales estrategias con tecnología de agentes para ambientes de comercio electrónico. Para

implementar y probar dichas estrategias es necesario desarrollar un sistema para manejar cadenas de suministro en ambientes de comercio electrónico distribuido.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo general el siguiente: **desarrollar un sistema de toma de decisiones, basado en múltiples agentes colaborativos, el cual explore diferentes estrategias del proceso de producción en su conjunto, y ofrezca soluciones para manejar cadenas de suministro en ambientes de comercio electrónico distribuidos.**

Este sistema soportará diferentes tipos de interfaces, que permitan interactuar con los modelos de negocio ya existentes de otros participantes, a través del manejo e integración de la cadena de suministro cooperativa. En ambientes de comercio electrónico, SCM es concebido como una actividad de resolución de problemas distribuida cooperativa, que es llevada a cabo entre varias entidades de negocio que trabajan juntas para resolver un problema común, utilizando varias tecnologías de Internet. Debido a que el mercado electrónico es un modelo de negocios recientemente establecido, el problema de diseñar sistemas SCM se ha vuelto muy importante.

6. Metodología

En esta sección se describe la arquitectura del sistema propuesto, su comportamiento, las fases metodológicas, así como las técnicas y principios que serán utilizados para desarrollar este sistema. El sistema será desarrollado utilizando los principios de los sistemas multi-agente. De esta forma, varios problemas que son encontrados en el dominio de SCM pueden ser sistemáticamente estudiados. Aunque planeamos que el sistema sea diseñado para competir en el juego organizado por TAC SCM, la arquitectura del mismo será genérica, de tal forma que pueda ser adaptada a ambientes similares, así como también pueda ser reconfigurada para cumplir los requerimientos de un negocio específico. Asegurándonos que se tenga un sistema multi-agente para SCM que sea reconfigurable, podremos explorar diferentes problemas que surjan en el desarrollo de las diferentes etapas del proyecto. La investigación de estrategias se enfocará en la parte de la demanda y de la producción solamente.

6.1 Arquitectura del sistema

Todas las entidades en la cadena de suministro están altamente conectadas y son dependientes. El hecho de que un área de la cadena de suministro sea exitosa, no necesariamente garantiza que habrá un mejoramiento en su desempeño general. Es necesario definir un mecanismo para separar las diferentes tareas y explorarlas independientemente y en su relación entre ellas. El sistema a desarrollar tendrá una arquitectura multi-agente, genérica y reconfigurable, de tal forma que se puedan examinar los diferentes problemas de la cadena de suministro por separado; al mismo tiempo que el sistema pueda ser también adaptado a las necesidades particulares de una empresa o ambiente comercial.

El manejo de la cadena de suministro se expande a muchos procesos de negocios, así como áreas geográficas [16]. Normalmente las funciones que están separadas en la cadena de suministro, son ejecutadas por departamentos diferentes, los cuales pueden estar ubicados en diferentes localidades, por lo cual nuestro sistema debe prever la comunicación y soporte de coexistir con sistemas legados, los cuales pueden estar en uso y ser proporcionados por otras partes involucradas en la cadena de suministro. Para llevar a cabo esto, se propone la utilización de una arquitectura basada en servicios Web, mediante la cual se permita la convivencia de otros sistemas (agentes) desarrollados con otras tecnologías u otros lenguajes de programación.

Durante cada día el sistema tiene que producir ciertas decisiones en la adquisición de materiales, ventas, producción, y entrega de los productos. Para tomar esas decisiones, el sistema debe completar varias tareas, las cuales pueden depender del resultado de otras o ser independientes. Debido a que hay restricción de tiempo para la toma de decisiones, las tareas que son independientes deben de realizarse en paralelo para ahorrar tiempo. Así es como la idea de especialización surge, módulos separados pueden actuar en paralelo, produciendo diferentes decisiones simultáneamente. Sin embargo, estos modelos no están aislados, se necesitan comunicar, y compartir datos entre ellos. El abordar el problema desde una perspectiva basada en agentes es adecuada para cumplir estos requerimientos, y es por ello que los más recientes sistemas de toma de decisiones para el manejo de la cadena de suministro, son diseñados como sistemas multi-agente. A través de la coordinación y colaboración, los agentes son capaces de manejar las actividades distribuidas a lo largo de la cadena de suministro. El enfoque multi-agente es “una forma natural de modularizar sistemas complejos” [13], tal como los sistemas para el manejo de la cadena de suministro.

El sistema puede ser partido en bloques, y cada bloque puede concentrarse en una actividad particular de la cadena de suministro. Reemplazando estos bloques por otros, nos permite combinarlos en formas diferentes, y tener varias versiones del sistema. De esta forma la influencia de cambios en el comportamiento de cada eslabón de la cadena puede ser sistemáticamente estudiada. Si se tiene un número grande de agentes se ahorra tiempo en el procesamiento, porque se dividen las tareas, y contribuye a un sistema genérico; pero por otro lado, se vuelve un sistema más complejo que requiere mayor comunicación entre los diferentes agentes.

El sistema que proponemos consiste de seis agentes, cinco de ellos corresponden a cada una de las entidades en la cadena de suministro: Agente de Demanda, Agente de Suministro, Agente de Inventario, Agente de Producción, y Agente de Entrega; el sexto agente es el Agente Coordinador, el cual se encarga de coordinar el desempeño del sistema, así como también se comunica con el ambiente exterior. Teniendo agentes separados nos permite la reutilización del sistema por partes, y experimentar con ellas en un amplio espectro de aplicaciones SCM reales, ya que cada agente puede ser fácilmente incluido o quitado del sistema sin arruinar el desempeño del sistema completo.

Aunque cada agente tiene sus propias metas, los agentes trabajan en cooperación para alcanzar la meta global común: maximizar la utilidad total. Esta meta, a su vez puede ser dividida en submetas: maximizar la utilidad en ventas, minimizar los precios de compra de materiales, minimizar los costos de almacenamiento de materiales, y minimizar las penalizaciones por entregas tardías. A continuación se da una breve descripción de los agentes que serán desarrollados como parte de nuestro sistema.

Agente Coordinador. Este agente es responsable de la comunicación con el ambiente externo (en nuestro caso es el responsable de estar en contacto con el servidor TAC SCM), y de coordinar al resto de los agentes. En particular, este agente tiene las siguientes responsabilidades: actualizar el inventario; actualizar el status de la cuenta bancaria; recibir las ofertas de los proveedores; recibir las solicitudes y órdenes de los clientes; enviar ofertas a los clientes; enviar solicitudes y órdenes a los proveedores; compartir las agendas de producción y entrega de productos con otros agentes; recibir reportes del mercado y de precios; llevar un registro de solicitudes, ofertas, órdenes, agendas de producción y entrega de productos, reportes, y otra información compartida por los otros agentes; y coordinar el desempeño del sistema completo.

Agente de Demanda. El Agente de Demanda se encarga de las ventas de productos a los clientes. Diariamente recibirá las solicitudes y órdenes de los clientes del Agente Coordinador. Para cada una de las solicitudes de los clientes, el agente decide el precio que se le ofrecerá al cliente, mediante la

predicción de precios. En la siguiente sección consideramos algunas estrategias que pueden ser implementadas para la predicción de precios de órdenes para los clientes. El Agente de Demanda debe estar en comunicación con el Agente de Producción, para determinar si la fabricación de productos será suficiente para satisfacer las órdenes futuras de los clientes. La meta del Agente de Demanda es maximizar la utilidad a partir de las órdenes de los clientes.

Agente de Suministro. Este agente se encarga del abastecimiento de materiales de los proveedores. El Agente de Suministro genera solicitudes de materiales a los proveedores, considerando la demanda de materiales, el nivel actual del uso de los materiales, y el stock disponible. Este agente debe de utilizar estrategias para enviar solicitudes de materiales con fechas de entrega diferentes, y hacer predicciones para garantizar que exista suficiente stock, para que el Agente de Producción sea capaz de fabricar productos a partir de los materiales disponibles. Este agente es encargado de realizar un análisis de los precios de los materiales y determinar cuándo ordenarlos para minimizar el precio que se paga por ellos; este análisis puede estar basado en los precios pagados recientemente, los precios actuales, y los precios proporcionados en el reporte del mercado. Una vez que el Agente de Suministro recibe ofertas de parte de los proveedores, está en posición de generar una orden. Cabe señalar que si un proveedor no puede satisfacer los requerimientos de la solicitud del Agente de Suministro, puede proporcionarle una oferta con menor cantidad de material (oferta parcial), o una fecha de entrega más lejana. Esta comunicación se lleva a cabo a través del Agente Coordinador.

Agente de Inventario. Este agente se encarga del inventario: de la llegada de materiales de los proveedores; de la llegada de los productos terminados enviados por el Agente de Producción; del envío de materiales para fabricar productos; y del envío de productos terminados a los clientes. El Agente de Inventario lleva un registro de los materiales y productos solicitados por los Agentes de Producción y de Entrega, respectivamente, e intenta evitar que el inventario caiga por debajo de un límite establecido, para poder satisfacer las demandas. Para minimizar los costos de almacenamiento, el agente debe de ajustar el límite de materiales y productos de manera dinámica. Este agente se encuentra en comunicación con los Agentes de Producción y de Suministro, a través del Agente Coordinador, para mantener el stock disponible, tanto de productos como de materiales.

Agente de Producción. El Agente de Producción es responsable de programar la producción actual y proyectar la producción hacia el futuro. Dado que tiene información acerca de las solicitudes y órdenes de los clientes (la cual obtiene del Agente de Demanda), y acerca del stock de materiales del inventario (la cual obtiene del Agente de Inventario), este agente puede programar su producción para satisfacer a sus clientes. Para intentar maximizar la utilidad obtenida, debe considerarse que cada agente tiene una capacidad de producción limitada. Diariamente el agente programa las órdenes de producción dependiendo de sus fechas de entrega, utilidad y disponibilidad de materiales en stock, para posteriormente realizar más solicitudes de materiales si son necesarias (mediante el Agente de Suministro). Teniendo buenas estrategias de producción puede maximizarse la utilidad que se obtiene, al mismo tiempo que se minimizan costos de almacenamiento.

Agente de Entrega. La tarea de este agente es la entrega de los productos a los clientes, de acuerdo a las órdenes. Para evitar penalizaciones por entregas tardías, este agente programa la entrega de órdenes activas tan pronto como los productos estén listos por parte de la producción. Este agente se encarga de revisar todas las órdenes de entrega, las ordena por fecha, y realiza las entregas conforme los productos estén disponibles en el inventario.

6.2 Estrategias de Ventas

La generación dinámica de precios se ha convertido en un concepto importante que regula las relaciones entre vendedores y sus clientes, en los ambientes de comercio electrónico. Las estrategias de ventas con listas de precios fijos para todos los clientes ya no funcionan, ya que los clientes tienen la posibilidad de comparar precios en minutos utilizando diferentes sitios Web. Los vendedores tienen que ser capaces de reaccionar inmediatamente a los cambios en la situación del mercado, incluyendo cambios en los volúmenes de demanda, las estrategias de sus competidores, y las preferencias de los clientes. Los vendedores también deben de tomar en cuenta sus volúmenes de stock, sus capacidades de fabricación de productos, así como las relaciones con sus proveedores. Estos factores, y algunos otros producen incertidumbre en el proceso comercial.

Las subastas en línea han demostrado ser los mecanismos de generación dinámica de precios más eficientes, que permiten regular estas incertidumbres y ayudan a vendedores y compradores a llegar a un acuerdo en los precios cuando participan en actividades de comercio electrónico. Existen diferentes tipos de subastas en línea que definen diferentes protocolos de negociación entre vendedores y compradores, las cuales incluyen: las subastas English, las subastas Dutch, las subastas Vickrey, las subastas de sobre cerrado, las subastas en reversa, y las subastas combinatoriales. Uno de los problemas más discutidos acerca de las subastas en línea, es la determinación del ganador de la subasta. Las soluciones que se han propuesto para resolver este problema son diferentes dependiendo del tipo de subasta. Algunos ejemplos pueden ser encontrados en [17], [18], [19] y [20]. Sin embargo, tomando en cuenta la gran variedad de subastas que existen y los dominios en donde pueden ser aplicadas, hay mucho espacio para la investigación en este campo. En particular, en este proyecto de investigación se busca atacar el problema de predecir los precios que serán dados a las órdenes de los clientes, utilizando el tipo de subastas conocidas como “first price sealed bid reverse auctions” en el dominio del manejo de la cadena de suministro. De acuerdo a este tipo de subasta, la apuesta de cada apostador es enviada en sobre cerrado, y la apuesta con el menor precio gana la subasta. En el contexto de SCM, el siguiente escenario se lleva a cabo: un número determinado de fabricantes ofrecen al cliente sus precios del producto que solicitó; sin saber entre ellos los precios que cada uno ofrece al cliente. El cliente hace la orden al fabricante que le ofrece el menor precio. La capacidad de un fabricante para predecir el precio más bajo propuesto por sus oponentes es crucial, ya que así se puede tener una estrategia exitosa que les ayude a maximizar su utilidad. Este proyecto de investigación propone una serie de estrategias para atacar el problema de qué precios ofrecer a los clientes, y garantizar que esos precios sean aceptados por ellos, y así maximizar la utilidad al mismo tiempo.

Las estrategias que serán exploradas e implementadas son descritas muy brevemente a continuación. La primera estrategia es predecir la probabilidad de que el precio ganador de la subasta esté en un intervalo determinado, y realizar una apuesta de acuerdo al precio más probable. La segunda estrategia es predecir los precios basados en los detalles de las solicitudes de los clientes (request for quotes RFQs), la situación del mercado, y los resultados de subastas previas, y apostar de acuerdo al precio de la predicción. La tercera estrategia consiste en predecir los precios más alto y más bajo de las órdenes de los clientes, para cada producto, basados en una serie de tiempo para esos precios, y apostar entre los valores predichos. La última estrategia es modelar el comportamiento del competidor, predecir los precios que ofrece, y apostar justo por debajo de ellos. Estas estrategias serán comparadas y se debe detectar la más exitosa, es decir, la que proporcione mayor utilidad. Durante el curso del proyecto pueden surgir otras estrategias, las cuales también serán consideradas.

Para llevar a cabo lo anterior se propone utilizar técnicas estadísticas y de aprendizaje, (tales como redes neuronales, y programación genética), para intentar resolver el problema de predicción de

precios. A diferencia de los métodos tradicionales de análisis técnico y estadístico, los métodos de aprendizaje pueden reaccionar a las irregularidades del mercado más exitosamente, y así proporcionar resultados más adecuados, en las condiciones de un SCM dinámico. En el proyecto se busca también analizar la influencia de la variación de parámetros, así como los métodos para procesar los datos de entrada, y el desempeño de los algoritmos de aprendizaje. Se buscará que la mejor combinación de ellos sea implementada en un número de modelos de predicción de precios, así como también se analizará el efecto de estos modelos en el desempeño de sistema SCM en su totalidad. Se espera que estas estrategias no solamente mejoren el desempeño de una compañía en su cadena de suministro, sino que también se puedan aplicar a predecir varios instrumentos financieros y apuestas ganadoras en subastas en línea.

6.3 Estrategias de Producción

Uno de los grandes problemas dentro de la cadena de suministro es determinar cuándo ordenar materiales, para fabricar los productos que han sido solicitados por los clientes. Por ejemplo, si un fabricante ordena materiales para que lleguen en un futuro lejano, esto trae el beneficio de la reducción de costos de almacenamiento, ya que los materiales no estarían en bodega. Por otro lado, esto puede traer la incertidumbre de si los materiales llegarán en la fecha determinada, además de que la demanda del cliente es desconocida, y no puede darse una predicción al respecto. Las necesidades de producción pueden satisfacerse más adecuadamente si conocemos la demanda de los clientes por adelantado. Adicionalmente a estos problemas, es necesario considerar los riesgos que existen en el caso de que los proveedores se nieguen a vender materiales (debido a su capacidad de producción limitada y a la competencia en el mercado), o entreguen los materiales después de la fecha en la que eran requeridos. Estos problemas impactan directamente la producción, y existen diferentes formas de abordarlos.

Una estrategia de abastecimiento mixta, puede consistir de que el agente coloque una combinación de órdenes con un tiempo largo y con un tiempo corto, de tal forma que si el resto de los agentes que están compitiendo ordenan materiales con tiempos cortos, entonces el proveedor tendrá poca capacidad de producción libre, y de esa manera los precios correspondientes serán mayores que aquéllos de las órdenes con tiempo largo. En esta estrategia debe de observarse la importancia de un agente para ser capaz de automáticamente cambiar su estrategia, entre el abastecimiento cercano o lejano, ya que habrá que analizar las estrategias de los otros agentes competidores.

Relacionado con la producción, también está el manejo del inventario. Una estrategia debe también considerar el nivel del inventario, tanto en materiales como en productos terminados. Por ejemplo, puede mantenerse un nivel de inventario basado en la demanda esperada del cliente por un número de días determinado, de tal forma que el límite del inventario sea calculado a partir de los productos solicitados en un determinado número de días. Otra estrategia relacionada con el inventario, sería mantener el inventario y ordenar materiales solamente después de haber ganado las órdenes de productos de los clientes, de esta forma también se reducen costos de almacenamiento, ya que tan pronto como se llegan los materiales, pasan a producción, y tan pronto como son fabricados, son entregados al cliente. Sin embargo, esta estrategia es riesgosa, ya que la inestabilidad de las entregas de los proveedores puede ocasionar penalizaciones por no entregar los productos terminados en las fechas comprometidas. Una predicción adecuada de la capacidad de los proveedores y de los tiempos de retraso en las entregas, ayudaría de mucho para resolver el problema.

Durante el curso del proyecto se irán ajustando las estrategias para la parte de producción, las cuales deben incluir información de las entregas de materiales por parte de los proveedores, así como de las órdenes de los clientes, ya que éstas últimas indican las necesidades de producción de los

agentes. Se buscarán estrategias que permitan de manera dinámica ajustar las agendas de producción, tomando en cuenta los factores ya mencionados.

7. Bibliografía

- [1] J. W. Forrester. Industrial dynamics—a major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, 36(4):37–66, 1958.
- [2] F. Cheng, M. Ettl, and G. Lin. Inventory-service optimization in configure-to-order systems. Technical Report RC 21781, IBM, 2001.
- [3] J. Hu and P. Wellman. Multiagent reinforcement learning: Theoretical framework and an algorithm. In the Fifteenth International Conference on Machine learning, pages 242–250, 1998.
- [4] J.M. Swaminathan, S.F. Smith, and N.M. Sadeh. Modeling supply chain dynamics: A multiagent approach. *Decision Science*, 29(30):607–632, 1998.
- [5] J. Sun and N.M. Sadeh. Coordinating multi-attribute reverse auctions subjects to finite capacity considerations. Technical report CMU-ISRI-03-105, Carnegie Mellon University, 2004.
- [6] H. Ghenniwa, J. Dang, M. Huhns, and W. Shen. Multiagent-Based Supply Chain Management, chapter eMarketPlace Model: An Architecture for Collaborative Supply Chain Management and Integration, pages 29–62. Springer-Verlag, 2006.
- [7] M. Wang, J. Liu, H. Wang, W. K. Cheung, and X. Xie. On-demand e-supply chain integration: A multi-agent constraint-based approach. *Expert Systems with Applications: An International Journal*, 34(4):2683–2692, 2008.
- [8] N.R. Jennings and M.J. Wooldridge. *Agent Technology: Foundations, Applications, and Markets*. Springer, 1998.
- [9] M. He, N. R. Jennings, and H. Leung. On agent-mediated electronic commerce. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 15:985–1003, 2003.
- [10] B. Chaib-draa and J.P. Muller. Multiagent-Based Supply Chain Management, volume 28 of *Studies in Computational Intelligence*. Springer-Verlag, 2006.
- [11] Y. Wang and L. Fang. Design of an intelligent agent-based supply chain simulation system. *Systems, Man and Cybernetics*, page 1836 1841, 2007.
- [12] W. Shena, Q. Haoa, H. J. Yoona, and D. H. Norrie. Applications of agent-based systems in intelligent manufacturing: An updated review. *Advanced Engineering Informatics*, 20(4): 415–431, 2006.
- [13] T. Moyaux, B. Chaib-draa, and S. D’Amours. Multiagent based Supply Chain Management, chapter Supply Chain Management and Multiagent Systems: An Overview, pages 1–27. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

- [14] J. Collins, R. Arunachalam, N. Sadeh, J. Eriksson, N. Finne, and S. Janson. The supply chain management game for the 2007 trading agent competition. Technical Report CMU-ISRI-07-100, Carnegie Mellon University, 2006.
- [15] Trading Agent Competition. Disponible en: <http://www.sics.se/tac/>. Ultimo acceso en Febrero de 2014.
- [16] P. Pontrandolfo, A. Gosavi, O.G. Okogbaa, and T.K. Das. Global supply chain management: A reinforcement learning approach. *International Journal of Production Research*, 40(6):1299–1317, 2002.
- [17] D. Lim, P. Anthony, and C. M. Ho. Agent and Multi-Agent Systems: Technologies and Applications, volume 4953/2008 of *Lecture Notes in Computer Science*, chapter Predictor Agent for Online Auctions, pages 381–390. Springer Berlin / Heidelberg, 2008.
- [18] R. Bapna, P. Goes, A. Gupta, and G. Karuga. Predicting bidders' willingness to pay in online multiunit ascending auctions: Analytical and empirical insights. *Inform Journal on Computing*, 20(3):345–355, 2008.
- [19] M. Bosnjak, D. Obermeier, and T. L. Tuten. Predicting and explaining the propensity to bid in online auctions: A comparison of two action-theoretical models. *Journal of Consumer Behaviour*, 5(2):102–116, 2006.
- [20] M. Skitmore. Predicting the probability of winning sealed bid auctions: the effects of outliers on bidding models. *Construction Management & Economics*, 22(1):101–109, 2004.
- [21] Informe sobre la Encuesta de Evaluación de la Cadena de Suministro en México 2008. Análisis A. T. Kearney. 16/12/2008. Consultado por última vez en 07/07/2014. Disponible en: [http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAC/00%20Aeronautica/Aviaci%F3n%20de%20Carga/DMCS_sep_10_\(Tula_Tepeji\).pdf](http://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAC/00%20Aeronautica/Aviaci%F3n%20de%20Carga/DMCS_sep_10_(Tula_Tepeji).pdf)

8. Metas (expresadas en productos de investigación)

Este proyecto generará cuatro tipos de resultados a lo largo de sus tres años de duración: el desarrollo de un sistema multi-agente con la implementación de las estrategias propuestas, la publicación de estos resultados en congresos (nacionales e internacionales) y en revistas indexadas, y la formación de recursos humanos mediante la dirección de proyectos terminales.

1. Prototipos: A lo largo del proyecto se desarrollarán diversas versiones de un sistema multi-agente de toma de decisiones para el manejo de la cadena de suministro, basado en las estrategias propuestas, en el contexto de la plataforma de experimentación descrita en este proyecto.

2. Publicaciones en Congresos: La publicación de los resultados de este proyecto será plasmada en al menos tres artículos en congresos arbitrados nacionales o internacionales, tales como la *International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, la *International Conference on Agent-Mediated Electronic Commerce and Trading Agents Design and Analysis*, la *International Conference on Agents and Artificial Intelligence*, la *International Conference on Intelligent Systems and Agents*, el *Congreso Mexicano de Inteligencia Artificial (COMIA)*, la

Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICAI), o el Congreso Internacional de Ciencias de la Computación.

3. Publicaciones en Revistas Indexadas: Se tendrán dos publicaciones en revistas indexadas, tales como el *Journal Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (JCR-Springer)*, el *Journal Expert Systems with Applications (JCR-Elsevier)*, o el *Journal Research in Computing Science (Latindex)*.

4. Dirección de Proyectos Terminales: Se dirigirán al menos 2 proyectos terminales de Licenciatura, asociados a los temas de investigación y desarrollo de este proyecto. También se buscará la posibilidad de dirigir un proyecto terminal de Maestría.

9. Cronograma de actividades (trimestral y anual)

Este proyecto tiene una duración prevista de tres años.

Primer año, Primer trimestre:

- Estudio de los sistemas de toma de decisiones para el manejo de la cadena de suministro. Revisión amplia de la literatura sobre temas como: el manejo de la cadena de suministro, los sistemas multi-agente, y los sistemas de toma de decisiones en el contexto del manejo de la cadena de suministro.
- Desarrollo de los diagramas de flujo, diagramas UML, y documentación, que dará el soporte del diseño y proporcionarán la especificación del sistema. Esto permitirá la futura reutilización del sistema desarrollado (esta actividad se lleva a cabo durante los tres años).

Primer año, Segundo trimestre:

- Estudio de las publicaciones dedicadas a la competencia internacional TAC SCM, lo cual incluye un análisis de los agentes participantes, sus arquitecturas, estrategias y comportamiento.
- Diseño e implementación inicial del sistema multi-agente de toma de decisiones para el manejo de la cadena de suministro, el cual podrá ser utilizado en varios escenarios reales de SCM.

Primer año, Tercer trimestre:

- Estudio de la descripción y reglas de la plataforma TAC SCM, la cual será utilizada para probar el sistema que será desarrollado en este proyecto.
- Instalación y configuración de la plataforma TAC SCM localmente, para realizar experimentación previa a las competencias internacionales.

Segundo año, Primer trimestre:

- Estudio y evaluación de técnicas estadísticas y de aprendizaje para ser utilizadas en la predicción de subastas en línea y en la predicción de precios para las órdenes de los clientes, en el contexto de SCM.
- Exploración del problema de la generación dinámica de precios en mercados financieros, lo cual incluye una revisión amplia de las estrategias y métodos para definir precios de venta óptimos, algoritmos para predicción de subastas en línea y series del tiempo financieras.

Segundo año, Segundo trimestre:

- Aplicación de técnicas de aprendizaje a las estrategias de producción y ventas propuestas, en el contexto de SCM; así como desarrollo de las herramientas para entrenamiento de predicción de modelos y análisis de bitácoras de registro para los juegos sobre la plataforma TAC SCM.

Segundo año, Tercer trimestre:

- Continuación del diseño e implementación del sistema multi-agente de toma de decisiones para el manejo de la cadena de suministro, con la incorporación de las estrategias propuestas.
- Participación en la competencia TAC SCM, para realizar pruebas en contra de otros agentes. Realizar un análisis de los resultados obtenidos.

Tercer año, Primer trimestre:

- Comparación de estrategias de ventas y producción, lo cual permita maximizar la utilidad de los fabricantes.
- Continuación del diseño e implementación del sistema multi-agente de toma de decisiones para el manejo de la cadena de suministro, con la incorporación de las comparaciones de las estrategias propuestas.

Tercer año, Segundo trimestre:

- Análisis de métodos de procesamiento de datos de entrada, para determinar si tienen una influencia en la predicción y en el desempeño del sistema en su totalidad.
- Análisis de la relación entre la precisión de las predicciones obtenidas para los precios de las órdenes de los clientes, y la utilidad total generada.
- Análisis de los problemas que existen tanto en la producción como en la venta de productos, en la cadena de suministro.

Tercer año, Tercer trimestre:

- Puesta a punto del sistema, y participación en la competencia TAC SCM, para realizar pruebas en contra de otros agentes. Realizar un análisis de los resultados obtenidos.

- Evaluación global del desempeño del sistema con las estrategias propuestas, y conclusiones finales.

10. Requerimientos y justificación de los recursos solicitados

10.2 Infraestructura, equipamiento y recursos materiales (expresados en rubros de gasto)

A partir de esta propuesta de proyecto de investigación, se ha elaborado el siguiente presupuesto. Los montos aproximados por año, son los siguientes:

Primer año

Inscripción a congreso internacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación. Posibles congresos: la <i>International Conference on Agent-Mediated Electronic Commerce and Trading Agents Design and Analysis</i> , la <i>International Conference on Agents and Artificial Intelligence</i> , o la <i>International Conference on Intelligent Systems and Agents</i> .	\$10,000
Gastos de viaje. Pasaje de avión (ida y vuelta) para asistir a congreso internacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación.	\$22,000
Viáticos para asistir a congreso internacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación.	\$13,000
TOTAL	\$45,000

Segundo año

Inscripción a congreso internacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación. Posibles congresos: la <i>International Conference on Agent-Mediated Electronic Commerce and Trading Agents Design and Analysis</i> , la <i>International Conference on Agents and Artificial Intelligence</i> , o la <i>International Conference on Intelligent Systems and Agents</i> .	\$10,000
Gastos de viaje. Pasaje de avión (ida y vuelta) para asistir a congreso internacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación.	\$22,000
Viáticos para asistir a congreso internacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación.	\$13,000
Inscripción a congreso nacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación. Posibles congresos: <i>Congreso Mexicano de Inteligencia Artificial (COMIA)</i> , <i>Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICAI)</i> , <i>Congreso Internacional de Ciencias de la Computación</i> .	\$5,000
Gastos de viaje. Transporte para asistir a congreso nacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación.	\$4,000
Viáticos para asistir a congreso nacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación.	\$4,000
TOTAL	\$58,000

Tercer año

Inscripción a congreso internacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación. Posibles congresos: la <i>International Conference on Agent-Mediated Electronic Commerce and Trading Agents Design and Analysis</i> , la <i>International Conference on Agents and Artificial Intelligence</i> , o la <i>International Conference on Intelligent Systems and Agents</i> .	\$10,000
Gastos de viaje. Pasaje de avión (ida y vuelta) para asistir a congreso internacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación.	\$22,000
Viáticos para asistir a congreso internacional especializado, en el cual se presentará un artículo de investigación.	\$13,000
Profesores invitados - Gastos de viaje. Organización de coloquio con un profesor invitado, especialista en el área de los sistemas multi-agente.	\$22,000
Profesores invitados - Viáticos para profesor invitado, especialista en el área de los sistemas multi-agente.	\$7,000
TOTAL	\$74,000

10.3 Opciones adicionales de financiamiento

Se planea someter este proyecto para obtener aprobación y financiamiento de instituciones nacionales, tales como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT); el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (antes Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) de la Secretaría de Educación Pública (SEP)); o la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación del Distrito Federal.

11. Vinculación con los planes y programas de estudio de la División y de la Unidad.

Este proyecto de investigación se vincula de manera directa con algunas de las UEA que se imparten en la Licenciatura en Tecnologías y Sistemas de Información, y en la Licenciatura en Ingeniería en Computación, de la UAM Cuajimalpa. Específicamente está vinculado con UEA's tales como Programación Estructurada; Estructuras de Datos; Programación Orientada a Objetos; Integración de Sistemas; Laboratorios Temáticos I, II, III, y IV; y Proyectos Terminales I, II, y III.

En el caso de los Laboratorios Temáticos, los cuales son UEA's integradoras de conocimientos y trabajo en equipo principalmente, pueden plantearse sub-proyectos a partir de este proyecto, en los cuales los alumnos puedan desarrollar algunas de las estrategias propuestas, mediante agentes para comercio electrónico, los cuales pueden ponerse a prueba en alguna de las competencias internacionales mencionadas en este documento. En el caso de los Proyectos Terminales, también pueden definirse sub-proyectos para ser realizados de manera individual por los alumnos de la Licenciatura en Tecnologías y Sistemas de Información.

12. Vinculación institucional

Se tiene colaboración en este proyecto con la Dra. Maria Fasli, de la Universidad de Essex, en el Reino Unido. La Dra. Fasli visitó nuestra Unidad en Octubre de 2012, para dar dos conferencias relacionadas con los sistemas multi-agente y sus aplicaciones.