



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados,

Investigación y Consultoría

Departamento de Ingeniería

Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

Título de la Tesis: Modelo de Integración de Cadenas de Suministro
Colaborativas.

Tesis para obtener el Grado de Doctor en
Logística y Dirección de la Cadena de Suministro

Presenta
Horacio Bautista Santos

Puebla, Puebla, México

Marzo de 2015.



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyła**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

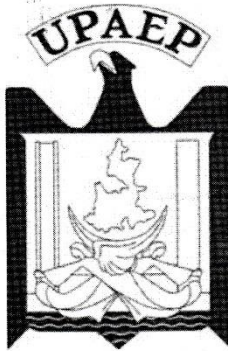
DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados,
Investigación y Consultoría

Departamento de Ingeniería

Doctorado en Logística y Dirección de la
Cadena de Suministro

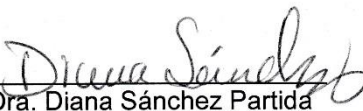
Se aprueba la Tesis:

MODELO DE INTEGRACIÓN DE CADENAS DE SUMINISTRO
COLABORATIVAS

Comité Doctoral


Dr. José Luis Martínez Flores
Director de Tesis


Dra. María Beatriz Bernabé Loranca
Asesora


Dra. Diana Sánchez Partida
Asesora

Puebla, México.

Marzo del 2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar al Dr. José Luis Martínez Flores, que me brindó la confianza para ingresar al Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro, y aceptó ser mi Director de Tesis. Mi agradecimiento infinito por todos sus consejos y comentarios.

A la Dra. María Beatriz Bernabé Loranca, por su apoyo y asesorías, tanto como mi Maestra, así como siendo mi Asesora de tesis.

A la Dra. Diana Sánchez Partida, con la que compartí cuatro años de amistad y se integró en la parte final de este trabajo, siendo una de mis Asesoras de tesis.

A todos los Doctores que me impartieron clases, asesorías y consejos en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, gracias por estos cuatro años de atenciones, especialmente al Dr. Elías Olivares Benítez.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla por haberme permitido matricularme como estudiante de Doctorado.

Y un agradecimiento especial al Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, que me brindó todas las facilidades para afrontar esta empresa, en especial al Director General M.C. Francisco Javier Hernández Luna y al Director Académico M.C. José Jaime González Elizondo.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a todas las personas importantes en mi vida:

A mi esposa Fabiola Sánchez Galván, por el apoyo incondicional que siempre me ha brindado en todos los proyectos que he emprendido tanto en mi vida personal como profesional, por más disparatados que han parecido en su momento.

A mis hijos: Bruno Horacio, Fabiola Itzel y Alan Horacio, esperando que esta tesis sea una fuente de inspiración para sus futuros logros profesionales.

A mis padres: Horacio Bautista Hernández y Olga Santos Zumaya.

A mis hermanos: Olga Ethel, Diana Marlene, Omar y Lissie Lisbeth.

A mis suegros: Delfino Sánchez Galván y Elba Galván Medeles.

A mis cuñados: Rosa Elba, Delfino, Alejandro y Carlos Federico.

Así mismo a toda mi familia por el apoyo y la unidad que siempre me han manifestado.

ÍNDICE	Pág.
CAPÍTULO I. GENERALIDADES.	
Antecedentes.	7
Justificación del problema	9
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
Hipótesis	13
Metodología.	13
CAPÍTULO II: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE MODELO MATEMÁTICO BASADO EN LÓGICA DIFUSA QUE DETERMINE EL NIVEL DE PLANIFICACIÓN COLABORATIVA EN CADENAS DE SUMINISTRO.	
Resumen	14
Introducción	14
Materiales y métodos	16
Conclusiones	20
Referencias bibliográficas	20
CAPÍTULO III. MODELO DE INTEGRACIÓN DE CADENAS DE SUMINISTRO COLABORATIVAS.	
Abstract	22
Resumen	22
Introducción	23
Revisión literaria	23
Materiales y métodos	26
Diseño del modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas	26
Estructuración y validación del instrumento de medición	28
Implementación de la solución del modelo utilizando lógica difusa	29
Aplicación del modelo en distintas empresas	34
Resultados y discusión	34
Validación del instrumento de medición	34
Niveles de integración alcanzados por las empresas encuestadas	37
Conclusiones	38
Referencias	39
CAPÍTULO VI. METHODOLOGY FOR DETERMINING THE INTEGRATION LEVEL OF COLLABORATIVE SUPPLY CHAIN.	
Abstract	43
Introduction	43
The Supply Chain	44
Traditional Supply Chain	44
The Integrated Supply Chain	44
Methodology	45
Review of the literature to structure the theoretical framework	45

ÍNDICE (continuación)	Pág.
Design of the collaborative supply chains integration model	46
Integration Level of the Supply Chain	47
Implementation model	48
Conclusions	49
References	49
CAPÍTULO V. A FUZZY EXPERT SYSTEM FOR THE INTEGRATION OF COLLABORATIVE SUPPLY CHAINS.	
Abstract	52
Introduction	52
Literature review	53
Integration of the supply chain	53
Expert systems and fuzzy logic	56
Materials and methods	58
Design of the collaborative supply chains integration model	58
Structuration and validation of the measurement instrument	60
Implementation of the fuzzy expert system	63
Results and discussion	65
Conclusions	67
References	68
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	71
BIBLIOGRAFÍA	73
APENDICE	76

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

Antecedentes

Las cadenas de suministro (CS) abarcan las empresas y las actividades empresariales necesarias para diseñar, fabricar, entregar y utilizar un producto o servicio. Las empresas dependen de sus CS para lograr su permanencia en el mercado y prosperar. Cada negocio encaja en una o más CS y desempeña un papel diferente en cada una (Hugos, 2003).

Stevens (1989) define que el objetivo de la integración de la cadena de suministro (ICS) es sincronizar los requerimientos del cliente con los flujos de materiales de los proveedores, con el fin de efectuar un balance entre el servicio al cliente, la inversión en inventarios y el costo unitario del producto. El diseño y la operación de una CS eficaz, son de importancia fundamental para todas las empresas.

En un nivel, la ICS se ocupa de cuestiones estratégicas, tales como la integración de los procesos de negocio internos y externos, el desarrollo de vínculos estrechos entre los socios del canal, la gestión de los productos y la información, a medida que avanzan a través de fronteras organizativas y empresariales; en otro nivel, la ICS también puede ser una herramienta táctica y operativa aplicada a la gestión de las actividades operacionales en curso. Estas actividades pueden incluir: el servicio al cliente, el control de los flujos de entrada y salida de materiales e información, la eliminación de las ineficiencias de los canales y los costos, que se extienden desde la adquisición de materias primas hasta la fabricación, la distribución, el consumo y el retorno final a través del canal por medio de reciclaje o eliminación (Institute of Management Accountants, 1999).

Crespo Márquez (2010) indica que se requieren cuatro premisas principales para la ICS: compartir información, colaborar para un pronóstico común, realizar una planeación común y automatizar las transacciones financieras. Asimismo, especifica que se necesitan herramientas categorizadas en las siguientes cinco clases: en el manejo de información acerca de los flujos de materiales gestionados por excepciones en tiempo real, compartir documentos en tiempo real, pronóstico colaborativo, planeación colaborativa e implementación de pagos automático.

Algunos de los logros que brinda una integración exitosa de la CS son, entre otros: una colaboración genuina entre todas las partes de la CS, con información y recursos compartidos; costos más bajos debido a operaciones equilibradas, menor nivel de inventarios, economías de escala, la eliminación de actividades que no agregan valor. Asimismo, se mejora el rendimiento debido a pronósticos más precisos, una mejor planificación y la mejora del flujo de materiales; mejor servicio al cliente, con tiempos de entrega más cortos, entregas más rápidas y más personalización. También se logra una mayor flexibilidad, permitiendo a las organizaciones reaccionar más rápido a las condiciones cambiantes; procedimientos estandarizados, evitando la duplicación de esfuerzos, información y planificación entre otros. Se obtiene una calidad confiable y una menor cantidad de inspecciones con programas de gestión de calidad integrados (Waters, 2010).

Las negociaciones son fundamentales en todos los eslabones de la CS, ya que garantizan la eficiencia en el movimiento de mercancías y productos. Es importante considerar variables tales como proveedores y clientes en los diferentes niveles de la cadena. En las cadenas tradicionales, la negociación era considerada como un proceso largo y delicado; en la actualidad esta tarea se ha simplificado debido al

uso de las tecnologías de la información, las cuales han permitido el desarrollo de modelos informáticos que permiten administrar estratégicamente la cadena. Existen diferentes técnicas y métodos para solucionar el problema de la negociación dentro de la cadena, por ejemplo el sistema multi-agentes (SMA), es un sistema que está compuesto por múltiples agentes inteligentes que interactúan entre ellos, los agentes que intervienen pueden realizar negociaciones y llegar a acuerdos entre otros, se obtienen mejoras en el servicio y el nivel de beneficios de los miembros de la CS (Hernández et al, 2014; López y Coelho, 2010; Saberi y Makatsoris, 2008; Putten et al, 2006; Chao et al, 2010).

Kolka et al, 2008, indican que la asociación entre empresas representa toda vinculación temporal por contratos especiales o por colaboración económica, que introduce a acciones coordinadas o a tareas propias de comportamiento como grupo económico. La mayoría de las asociaciones entre empresas están directamente vinculados a las actividades básicas de las empresas (comprar para producir y vender) o centradas en las actividades de la CS o sector al que pertenecen. La asociación se constituye con el fin de lograr un mejor desarrollo de obras, servicios o suministros, pudiéndose agrupar tanto sociedades como empresarios individuales.

La cooperación implica la alineación de los integrantes de la CS hacia un objetivo común y un propósito compartido; la cooperación no sugiere una estrecha relación de trabajo operativo, sino más bien una actitud positiva hacia los demás integrantes de la cadena. Empujadas por la globalización y el consiguiente aumento de la competencia, las diferentes empresas que integran las CS han entendido la importancia del intercambio de información, la toma de decisiones conjunta y la cooperación; y por consiguiente, la forma de sincronizar las actividades locales a través de los procesos globales y la forma de establecer una relación de colaboración en la CS, permitiendo identificar disfunciones en el proceso de cooperación, sobre todo cuando están involucradas empresas grandes y pequeñas (Ming et al, 2014, Yong et al, 2011 y Hülsman et al 2008).

Por coordinación se identifica el grado y forma de interrelación de las diferentes actividades de la CS. La coordinación se basa en una situación de ganar-ganar para todas las partes involucradas. Un mínimo grado de coordinación indica autonomía e independencia de las actividades en cada lugar, contradiciendo en parte la propia naturaleza de la empresa global. Por el contrario, un alto grado de coordinación será mayor cuanto más elevado sea el grado de globalización de la empresa. Los modelos de coordinación más comunes funcionan bajo esquemas centralizados o descentralizados, activados con mecanismos de coordinación implícitos o explícitos. Los mecanismos de coordinación son aplicados para lograr minimizar los costos totales de la CS (Moussawi-Haidara et al, 2014; Arshinder y Deshmukh, 2008; Ximin et al, 2014; Ma et al, 2013).

La colaboración se basa en el intercambio de información, de funciones, de conocimiento y procesos de negocio, con el objetivo de crear una ventaja competitiva para todos los participantes de la comunidad de negocio en la CS, incluye empleados, clientes, proveedores y socios (Ashayeri y Kampstra, 2003). La colaboración entre los socios comienza cuando llegan a interiorizar que el éxito de cada uno de los miembros depende de los otros, y de cómo se logra satisfacer al cliente final (Sablón-Cossío, 2014 y Hao et al, 2013). Frente a la competencia global intensificada, las empresas se esfuerzan para lograr una mayor colaboración en la CS mediante el aprovechamiento de los recursos y el conocimiento de los principales proveedores y clientes valiosos (integrantes estratégicos de la CS) para reducir la incertidumbre, minimizar costos de operación, intercambio de información, aprovechar las oportunidades para el aprendizaje, la creación de conocimiento y mejorar la posición competitiva (Mei-Cao et al, 2010 y VICS, 2010).

Chao et al, (2010) especifican que la colaboración implica una coordinación simultánea de las decisiones efectuadas por centros decisionales del mismo nivel temporal (integración espacial) y por centros decisionales de niveles temporales diferentes (integración temporal). La colaboración en la CS es una estrategia que permite mejorar el desempeño de las empresas, las cuales mediante acciones conjuntas logran obtener sinergias que las llevan a reducir costos, mejorar la satisfacción de los clientes y hacer frente a los retos de competitividad requeridos para ser exitosos en el entorno actual (Sablón-Cossío, 2014 y Arango-Serna et al, 2013). Como el enfoque último de los niveles de integración de una cadena de suministro, la colaboración se distingue por los tipos de objetos que se intercambian entre los distintos dominios en que se establecen los planes colaborativos, se hace énfasis en compartir información concerniente a: planes y estrategia de negocios conjuntos, objetivos, contratos, proveedores, compras, inventarios, demanda (pronósticos), distribución, rutas, clientes, indicadores y las excepciones que puedan presentarse a los contratos (Sablón-Cossío, 2014; VICS, 2010 y Ta-Ping et al, 2013).

Como una forma de resolver los retos de la gestión y administración en las CS, han surgido teorías, enfoques y metodologías que utilizan herramientas de inteligencia artificial para obtener soluciones confiables que se adapten con facilidad a los cambios de los parámetros de la imprecisión (Peidro et al., 2009; Wang, 2009; Yuh-Wen et al., 2010; Adarme-Jaimes et al., 2013).

Justificación del problema

La integración la CS adquiere un auge en la actualidad, por la necesidad que tiene cada actor dentro de la cadena de integrar los procesos y tareas, para mejorar los indicadores de desempeño de los actores involucrados en su conjunto. Se requiere la integración debido a que la comunicación puede ser deficiente, se pueden tener diferentes expectativas de rendimiento, pronósticos insuficientes, exceso de inventario, niveles de servicio deficientes o pobre calidad, entre otros.

El interés en la integración de la CS se ha incrementado constantemente debido a que las empresas han reconocido los beneficios de una relación de trabajo colaborativa más que competitiva entre todos los integrantes de la CS en la que están inmersas.

La integración de la CS se refiere tanto a la CS interna, que gestiona todos los procesos entre los departamentos de una organización única, como a la gestión de las relaciones externas con clientes directos e indirectos y proveedores de primero y segundo nivel de la empresa.

En el enfoque tradicional, las empresas realizaban las actividades de pronosticar la demanda, compras, gestión de almacenes o planificación de la producción de una manera fragmentada, de tal forma que no era raro encontrarlas como funciones separadas que no compartían información. En la actualidad las empresas se han cuenta de la obsolescencia de ese enfoque.

Las empresas deben de desarrollar su estrategia (enfoque de negocios) pensando en los objetivos estratégicos de los integrantes clave de la CS donde está inmersa. A partir de estos objetivos de nivel superior, se pueden desarrollar un conjunto de objetivos detallados para cada uno de los procesos en la CS. De esta manera, se integrarían los procesos de la CS en la misma dirección que los objetivos de la empresa y se proporcionarían medidas de control y ejecución específicas. Todos los integrantes de la CS deben estar alineados con los objetivos estratégicos.

Pires y Carretero (2007) y Sablón-Cossío (2014), aseveran que la ICS se desarrolla desde la etapa de negociación hasta la etapa de colaboración. Las negociaciones de mercado, que incluyen discusiones enfocadas hacia el precio y las relaciones entre socios y adversarios; la asociación donde se establecen acuerdos económicos; la cooperación que busca establecer contratos a largo plazo con pocos proveedores; la coordinación del intercambio con apoyo de las TIC; la colaboración, donde se manifiesta la integración de la cadena, se realiza la planificación conjunta y se comparte la tecnología.

Albrecht (2010), indica que desde una perspectiva de economía de la empresa, la tarea de la ICS requiere de la coordinación de materiales, la información y los flujos financieros con el fin de cumplir las demandas de los clientes; el objetivo es la mejora de la competitividad, generando un plan integrado de la CS en su conjunto. La planeación a largo plazo es el objetivo estratégico para el diseño de la CS, contempla la cooperación, localización de planta, sistemas de producción, la distribución física de planta, entre otros; las tareas de planificación a mediano plazo están cubiertas por compras, planeación de requerimientos de materiales, la demanda (pronóstico) e inventarios; la planificación a corto plazo contempla la planificación del transporte, la distribución y programación de la producción.

La gestión eficiente de una CS para cumplir con el nivel de servicio requerido por el cliente es muy difícil, ya que existen diversas fuentes de incertidumbre y complejas interrelaciones en los distintos niveles entre sus integrantes; además, el diseño de las redes de las CS es una tarea difícil debido a la complejidad intrínseca de los principales subsistemas de estas redes y las muchas interacciones entre estos subsistemas. Se encuentra incertidumbre en el suministro, que está relacionada con el desempeño de los proveedores debido a los retrasos en las entregas o materias primas fuera de especificaciones; incertidumbre resultante de los procesos de producción dentro de las empresas y, la incertidumbre en la demanda de productos debido a un pronóstico inexacto (Hokey y Gengui, 2002; Campuzano-Bolarín et al., 2010; Mirzapour et al, 2011 y Wassick et al, 2009).

Cano-Olivos et al, 2013, afirma que es importante que las empresas busquen la optimización de su gestión logística en toda la cadena de suministro, donde se agilicen los flujos de productos e información, de tal manera que se minimicen los costos y la información fluya sin interrupciones. Propone un modelo de gestión logística para PYMES de manufactura textil, integrado por 4 áreas operativas: inventarios, almacenamiento, producción y distribución, así como la aplicación de herramientas que mejorarán el desempeño logístico de la CS en su conjunto.

En un estudio realizado por Fliedner, E. (2006), determina que el intercambio rápido de información entre los socios comerciales contempla pronósticos a largo plazo de la demanda en la cadena de suministro y una mayor capacidad para sincronizar su planificación y ejecución. Los resultados reales de varias iniciativas piloto de la CS en colaboración, destacan los posibles beneficios en el pronóstico, donde los minoristas obtendrán mayores ventas, niveles de servicio más altos y los inventarios bajos. Muchas empresas están empezando a utilizar su intranet para mejorar la colaboración en los procesos internos con los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP). Mientras los sistemas ERP están siendo utilizados con éxito para estandarizar las necesidades de procesamiento de transacciones financieras internas de una organización, el siguiente paso es la participación en las asociaciones de distribuidores que utilizan las tecnologías de Internet para estandarizar las necesidades de procesamiento de transacciones financieras externas, tendiendo con esto, a la integración de la CS.

Togar M. Simatupang y Ramaswami Sridharan (2008), proponen el diseño de cinco elementos en la arquitectura de colaboración de la cadena de suministro: el rendimiento del sistema de colaboración, sincronización de decisiones, intercambio de información, la alineación de incentivos y procesos innovadores de la cadena de suministro. Analizan un caso de estudio para ilustrar la aplicabilidad del marco. Los resultados muestran que el diseño de colaboración facilita a los miembros de la cadena una visión más amplia para desarrollar y garantizar una colaboración eficaz.

Se han desarrollado varios estudios que demuestran que compartir información y coordinar las acciones entre los actores de la cadena logística son estrategias que permiten tomar mejores decisiones en cuanto a la planeación de la producción, abastecimiento y capacidad, optimizando el desempeño de la cadena logística (Huang et al., 2003).

Una de las herramientas que puede dar soporte a la sincronización y colaboración que deben lograr los miembros de la cadena de suministro es el internet (Attaran y Attaran, 2007). Sin embargo, a pesar de conocerse los beneficios que trae consigo implementar la estrategia de integración entre los miembros de la cadena y el impacto positivo alcanzado en las medidas de desempeño global de la CS, la estrategia de integración, en la realidad, ha sido difícil de implementar por falta de: tecnología, confianza, claridad en su aplicación y decidir con quién colaborar.

En resumen, algunas de las áreas operativas en las que han trabajado los diversos autores estudiados son las siguientes:

- Administración de la cadena.
- Intercambio de información.
- Negociaciones cliente – proveedor.
- Planes de negocios.
- Compras.
- Demanda.
- Pronósticos.
- Capacidad.
- Inventarios.
- Transporte.
- Distribución.
- Diseño de la red logística.
- Reabastecimiento.
- Ruteo.
- Excepciones

No se encontró evidencia en la revisión literaria de un modelo que contemplara la integración de la CS desde las perspectivas estratégica, táctica y operativa; además de generar una medición del nivel de integración de la cadena.

Por lo anterior, se justifica el diseño de un modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas que permita a las empresas:

A nivel estratégico:

- Diseñar la estrategia (Plan de negocios) de la empresa tomando en cuenta la funcionalidad global de la cadena y las estrategias propias de cada integrante.
- Definir y acordar la información que se debe de intercambiar con los integrantes estratégicos de la CS.
- Diseñar la planificación global de la cadena en conjunto con todos los integrantes estratégicos, considerando sus planes de negocio individuales.
- Diseñar los contratos tomando en cuenta los criterios de los integrantes estratégicos de la CS, considerando cláusulas de seguridad de la información, recompensas y penalizaciones.

A nivel táctico:

- Contar con un sistema de información entre los integrantes estratégicos de la CS que permite conocer las ventas reales y los ajustes del pronóstico en tiempo real en todos los eslabones de la CS.
- Estandarizar los criterios de selección de proveedores y orientarlos a los objetivos y planes de la empresa.
- Contar con proveedores certificados y confiables y evaluarlos en tiempos establecidos.
- Realizar las compras de acuerdo a las políticas, normas y procedimientos establecidos entre la empresa y sus proveedores, con base en el plan de producción; realizar ajustes de acuerdo a necesidades en tiempo real.
- Contar con información en tiempo real de los inventarios de almacén, seguridad, en tránsito y órdenes de compras no surtidas aún, que les ayuden a determinar cuándo comprar.
- Contar con un sistema de información que permita conocer los productos, cantidad y costos del inventario para su control en tiempo real, permitiendo la toma de decisiones entre los proveedores y clientes.

A nivel operativo:

- Contar con un sistema de información en tiempo real que permita planear, controlar, gestionar y coordinar la distribución de mercancías de cada integrante dentro de la cadena en el momento en que se necesite.
- Contar con un sistema de información que permita a todos los integrantes de la CS relacionar el producto final con el origen del mismo y los procesos en los que ha estado involucrado.
- Contar con un sistema de información que permita planear y compartir, entre los diferentes integrantes de la cadena, las rutas más adecuadas a partir de parámetros tales como distancia, tiempos de entrega, flujos y restricciones de tránsito, entre otros.

Para la medición del desempeño (retroalimentación):

- Estandarizar los indicadores de desempeño que permitan evaluaciones comparativas con la competencia y se comparten con los integrantes estratégicos de la CS.
- Conocer los indicadores estratégicos en tiempo real de todos los integrantes de la CS en todo momento, permitiendo hacer frente de forma inmediata a las desviaciones detectadas.
- Contar con un sistema de información en tiempo real donde los integrantes de la CS comuniquen las irregularidades o desviaciones detectadas y se propongan y acuerden soluciones en conjunto.
- Documentar las irregularidades o desviaciones detectadas por los integrantes de la CS y negociar su inclusión en los contratos realizados entre los miembros estratégicos de la cadena.

Objetivo general

Diseñar e implementar un modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas.

Objetivos específicos

- Realizar una revisión literaria en materia de integración de la cadena de suministro.
- Definir las variables a utilizar en el modelo de integración de cadenas de suministro.
- Diseñar un modelo conceptual que interrelacione las variables definidas.
- Diseñar y validar un instrumento de medición que permita medir cada una de las variables.
- Resolver el modelo diseñado mediante el uso de lógica difusa.

Hipótesis

Se puede diseñar un modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas que permita mejorar el nivel de integración de las empresas que lo apliquen.

Metodología

Los pasos metodológicos que se realizarán para llevar a cabo este trabajo doctoral son:

- Revisión de la literatura para determinar el estado del arte de la integración de cadenas de suministro.
- Determinación de las variables e indicadores de desempeño en las cadenas de suministro integradas.
- Diseño del modelo conceptual de integración de cadenas de suministro colaborativas.
- Diseño de un instrumento que permita la medición del nivel de integración de cadenas de suministro colaborativas.
- Validación del instrumento de medición.
- Definición de la interrelación de las variables para integrar un modelo de lógica difusa que resuelva el modelo diseñado.
- Aplicación del modelo de integración en distintas empresas.
- Medición de resultados.
- Retroalimentación y mejoras del modelo.
- Definición final del modelo.
- Elaboración del reporte de investigación.

CAPÍTULO 2 PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL DISEÑO DE MODELO MATEMÁTICO BASADO EN LÓGICA DIFUSA QUE DETERMINE EL NIVEL DE PLANIFICACIÓN COLABORATIVA EN CADENAS DE SUMINISTRO.

*M.I.I. Horacio Bautista Santos, Dr. José Luis Martínez Flores,
M.I.I Fabiola Sánchez Galván y MS.c. Neyfe Sablón Cossío*

Resumen — La planificación colaborativa en el contexto de la cadena de suministro adquiere un gran auge en la actualidad, debido a la necesidad que tiene cada involucrado dentro de la misma, de integrar todos los procesos y tareas, para mejorar los indicadores de desempeño de los actores en conjunto. Se requiere la colaboración debido a que la comunicación puede ser deficiente, se pueden tener diferentes expectativas de rendimiento, pronósticos insuficientes, exceso de inventario, niveles de servicio deficientes o pobre calidad, entre otros. Esta propuesta metodológica pretende brindar las bases para el desarrollo de un modelo matemático que permitirá determinar el nivel de planificación colaborativa en cadenas de suministro, como parte de un proyecto de investigación integral, que detecte las áreas de oportunidad en los eslabones de la cadena, además de indicar cuáles son las variables que se deben mejorar en cada uno de ellos.

Palabras clave — Planificación colaborativa, cadena de suministro, modelo de lógica difusa.

Introducción

Se entiende por cadena de suministro colaborativa, si dos o más compañías autónomas establecen relaciones a largo plazo, trabajan cerca y, establecen metas comunes para planear y ejecutar operaciones dentro de la cadena de suministro, con más beneficios de los que puedan conseguir si actúan independientemente (Montoya-Torres, Ortiz-Vargas, 2011).

Al implementar la planificación colaborativa, las empresas pueden mejorar drásticamente la eficacia de la cadena de suministro con la demanda de planificación, programación de la producción sincronizada, la planificación logística y diseño de nuevos productos; esto obliga a los proveedores a innovar partiendo de fuertes relaciones uno a uno, que impulsan formas más inteligentes de hacer las cosas. La mayoría de las empresas e industrias se pueden beneficiar de la planificación colaborativa (Mohsen Attaran, Sharmin Attaran, 2007). Los esfuerzos colaborativos en la cadena de suministro incluyen coordinar las decisiones, coordinar prácticas, desarrollar e innovar productos, intercambiar información relacionada con pronósticos de demanda y entregas programadas, estrategias y objetivos.

En la actualidad existen dos herramientas de planificación colaborativa, las cuales son: Planificación Colaborativa, Pronósticos y Reaprovisionamiento (CPFR: por sus siglas en inglés Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment), que se dedica al sector de comercio; y la Ingeniería Simultánea Centrándose en el Desarrollo de Productos (CDCM: por sus siglas en inglés Collaborative Development Chain Management) a través de sistemas basados en la tecnología web.

A partir de 1998, CPFR es considerado un estándar industrial global representado por VICS (por sus siglas en inglés Voluntary Inter-Industry Commerce Solutions, una entidad de EE.UU.), con el objetivo de hacer énfasis en la planificación dentro del proceso de colaboración (VICS 2004; VICS 2008). La planificación colaborativa, pronóstico y reabastecimiento es la iniciativa de gestión más reciente que ofrece colaboración en la cadena de suministro.

El modelo CPFRR permite construir las bases para compartir información entre los actores en una cadena de suministro específica, anticipando variaciones en la demanda para aumentar la disponibilidad del producto, reduciendo así los costos de inventario, transporte y gestión administrativa (VICS, 2004).

Desde la publicación de las pautas VICS para la CPFRR en 1998, más de 300 empresas a nivel mundial han puesto en marcha el proceso dentro de sus ámbitos. El consumidor es el enfoque común de las prácticas CPFRR, permitiendo que se establezcan relaciones de confianza entre proveedor y cliente, ya que se convienen conjuntamente objetivos, estrategias y mediciones que garanticen la satisfacción del consumidor final, al encontrar éste su producto a la venta cuando quiera que lo necesite, permitiendo el perfeccionamiento gradual de los procesos de pronóstico y planeación entre los socios comerciales, mejorando el desempeño de eslabones en la cadena de suministro. Numerosos estudios de proyectos CPFRR han mostrado mejoras de los inventarios de los productos en las tiendas del 2 al 8%, acompañados de reducciones de inventario de 10 a 40% en toda la cadena de suministro.

Acevedo Suárez (2008), define un modelo de red de valor que consta de 15 variables, de las cuales en 12 de los módulos se mencionan elementos de la planificación colaborativa; de 121 indicadores 46 se relacionan con la planificación colaborativa que representan el 38,01% del total de ítems. En la misma medida, Sablón Cossío (2013) propone un modelo estratégico de Planificación Colaborativa, en donde establece un instrumento de medición del nivel de planificación colaborativa en la cadena de suministro, punto de partida de esta investigación en curso. El instrumento utilizado es una lista de chequeo compuesta por 91 indicadores distribuidos en cuatro variables, las cuales son: planificación colaborativa, pronóstico colaborativo, reaprovisionamiento colaborativo y desempeño colaborativo.

La herramienta propuesta permite medir el nivel de la planificación colaborativa e identificar sus debilidades y fortalezas como medio para la mejora del desempeño de la red, constituye un avance en el desarrollo de la temática de planificación colaborativa, en especial en Cuba; lo que permite realizar los primeros acercamientos a la temática en el país y en Latinoamérica. Sablón Cossío (2013), analiza la capacidad de la cadena de suministro del puré de tomate en la provincia de Matanzas, Cuba, desde un enfoque colaborativo y determina los puntos limitantes de la misma. Lo anterior refleja la necesidad de contar con un experto que interprete los resultados del estudio y detecte áreas de oportunidad para la mejora de los eslabones de la cadena.

En relación, Acevedo Urquiaga (2013), propone un modelo de Gestión Colaborativa del Flujo Logístico, el cual se dedica a la parte táctica operativa de la planificación colaborativa en las cadenas de suministro. Por lo que, ambos modelos se refieren a varios elementos de la planificación colaborativa en distintos niveles de planificación, buscando la mejora de los socios comerciales en una cadena de suministro.

En México, las micro, pequeñas y medianas empresas (MIPYMES), constituyen la columna vertebral de la economía, por los acuerdos comerciales que se han realizado en los últimos años y; asimismo, por su alto impacto en la generación de empleos y en la producción nacional. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, en México existen aproximadamente 4 millones 15 mil unidades empresariales, de las cuales 99.8% son MIPYMES que generan 52% del Producto Interno Bruto (PIB) y 72% del empleo en el país (Secretaría de Economía).

La Secretaría de Economía ha patrocinado estudios para evaluar el desempeño de las cadenas de suministro en diferentes sectores, cuyo objetivo fue el desarrollo de un sistema de medición del

desempeño en servicio al cliente de la cadena de suministro que permita identificar las brechas actuales tanto en indicadores como en prácticas contra mejores prácticas, y la evolución del nivel de servicio y prácticas de la gestión de la cadena de suministro.

En dicho estudio se seleccionaron seis sectores tomando en cuenta su importancia, relevancia y complejidad logística: bienes de consumo / alimentos y bebidas, automotriz, eléctrico / electrónico, farmacéutico, comercio y MIPYMES. Se aplicó una encuesta con 283 reactivos a 53 empresas participantes. Las dimensiones de gestión de la cadena de suministro empleadas fueron: estrategia, planeación, operación y soporte.

El estudio determinó que para que las cadenas de suministro en México se acerquen a niveles de clase mundial, las principales oportunidades se presentan en algunos procesos de gestión estratégica y planeación, así como en elementos de soporte.

En estrategia de la cadena las principales oportunidades se observan en manufactura, red logística y manejo de complejidad.

En planeación, las principales oportunidades de mejora se observan en la planeación de la demanda, planeación de ventas y operaciones (S&OP) y suministros.

En operaciones las brechas son menores, aunque se observan oportunidades en la administración del transporte y en gestión del servicio al cliente.

En elementos de soporte, existe una oportunidad generalizada de mejora en organización, tecnologías de la información y medición del desempeño.

Con relación a las MIPYMES participantes en el estudio, se encuentran entre un nivel estándar y avanzado en la mayoría de los indicadores analizados. Los resultados arrojados indican en promedio una mayor brecha entre las MIPYMES y otros sectores estudiados (que se encuentran entre niveles avanzados y de clase mundial).

Por la importancia de las MIPYMES, es trascendental instrumentar acciones y desarrollar herramientas que permitan mejorar el entorno económico y apoyar directamente a las empresas, con el propósito de crear las condiciones que contribuyan a su establecimiento, crecimiento y consolidación.

Materiales y métodos

Marco teórico consultado: el modelo CPFR presenta los aspectos en los que se centran las industrias, proporciona un marco básico para el flujo de información, bienes y servicios. Un comprador y un vendedor, como contrapartes, trabajan juntos para satisfacer las demandas de un cliente final, que se ubica en el centro del modelo.

Como se muestra en la figura 1, los pasos a seguir para implementar el modelo CPFR en una organización son:

Estrategia y planeación, el acuerdo participativo es el proceso de fijar las metas de negocio que incumben a la relación comercial, definiendo el alcance de colaboración y la asignación de roles, responsabilidades, puntos de control y procedimientos para atender mayores compromisos. Después de ello, el plan de ubicación de negocio identifica los acontecimientos significativos que afectan el abastecimiento y la demanda en el periodo planificado.

La administración de la demanda y el abastecimiento, está dividida en el pronóstico de ventas que proyecta la demanda del consumidor en los puntos de ventas y la planeación de pedidos / pronóstico,

que determina los requisitos de las órdenes y despachos de productos futuros; esto basado en el pronóstico de ventas, estado de inventarios, tiempos muertos de tránsito y otros factores.

La ejecución consiste en la generación de la orden, que confirma los pronósticos de demanda realizados, y en el cumplimiento de la orden, es decir, el proceso de producir, transportar, entregar y almacenar los productos para que estén listos para el momento de la compra por parte del consumidor final.

Las tareas de análisis incluyen la gestión de excepciones, la supervisión activa de la planeación y operación de las condiciones no contempladas, y la determinación del desempeño, a través del cálculo de las métricas dominantes para evaluar el logro de las metas de negocio, para descubrir tendencias o para desarrollar estrategias.

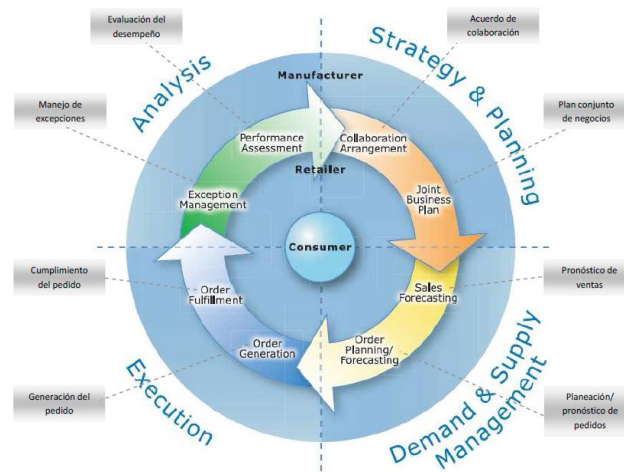


Figura 1. Pasos a seguir para implementar el modelo CPFR
Fuente: Voluntary Inter-Industry Commerce Solutions, CPFR:
An overview, 2004, pg. 9.

Los beneficios de implementar el modelo CPFR son:

1. Relaciones con asociados:
 - Facilita a construcción de relaciones flexibles.
 - Facilita una colaboración más profunda con interdependencias, sistemas comunes y procesos.
2. Inventario:
 - Disminuye los niveles de inventario corriente y de seguridad.
 - Disminuye los costos de almacenaje y financiamiento.
 - Disminuye la obsolescencia.
3. Rentabilidad:
 - Reducción de deficiencias y sobre stocks y por ende de costos de oportunidad.
 - Mayor eficiencia con las promociones.
 - Aumento de las ventas por un mejor servicio al cliente.
4. Eficiencias en el proceso:
 - Mejora de la exactitud del pronóstico.
 - Administración de pedidos.
 - Compras.
 - Control de inventarios.
 - Mano de obra del área de producción.
5. Gestión del transporte:
 - Administración estratégica de fletes.
 - Administración táctica de fletes.

- Consolidación de pedidos menores a un camión o contenedor.
- Optimización de la capacidad de carga.

Autores como Ribas y Companys (2007), realizaron un análisis del estado del arte actual de la planificación colaborativa en la cadena de suministro, en el que revisaron los artículos que estudian el tema tanto con visión estratégica como con visión táctica. Desde el enfoque estratégico se analizan las posibles formas de colaboración (estimación de la demanda, compra, inventarios o capacidad colaborativa), la relación de colaboración que deben establecer los diferentes socios y los beneficios que dicha colaboración les puede aportar. Son varios los artículos que concluyen que compartir información es beneficioso y posible actualmente, gracias a las tecnologías de la información, estando más justificado lo segundo que lo primero. Esta afirmación la basan en los resultados obtenidos mediante simulaciones construidas sobre diferentes modelos, normalmente muy simples.

La aplicación de la estrategia de colaboración ha cambiado el paradigma tradicional de negociación entre los miembros de la cadena para conseguir materiales a un precio más bajo e incrementar los márgenes de ganancias de todos los miembros que conforman la cadena logística (Simatupang y Sridharan, 2008).

Togar M. Simatupang y Ramaswami Sridharan (2008), proponen el diseño de cinco elementos en la arquitectura de colaboración de la cadena de suministro: el rendimiento del sistema de colaboración, sincronización de decisiones, intercambio de información, la alineación de incentivos y procesos innovadores de la cadena de suministro. Analizan un caso de estudio para ilustrar la aplicabilidad del marco. Los resultados muestran que el diseño de colaboración facilita a los miembros de la cadena una visión más amplia para desarrollar y garantizar una colaboración eficaz. Finalizan determinando que se requiere investigación adicional para obtener datos primarios mediante entrevista o grupo de enfoque que representa los principales actores de la cooperación para el propósito de la mejora de la cadena de suministro.

Se han desarrollado varios estudios que demuestran que compartir información y coordinar las acciones entre los actores de la cadena logística son estrategias que permiten tomar mejores decisiones en cuanto a la planeación de la producción, abastecimiento y capacidad, optimizando el desempeño de la cadena logística (Huang et al., 2003).

Una de las herramientas que puede dar soporte a la sincronización y colaboración que deben lograr los miembros de la cadena de suministro es el internet (Attaran y Attaran, 2007). Sin embargo, a pesar de conocerse los beneficios que trae consigo implementar la estrategia de colaboración entre los miembros de la cadena y el impacto positivo alcanzado en las medidas de desempeño global de la cadena de suministro, la estrategia de colaboración, en la realidad, ha sido difícil de implementar por falta de: tecnología, confianza, claridad en su aplicación y decidir con quién colaborar.

Metodología propuesta: la metodología que se propuso para la realización de esta investigación se desglosa a manera de 10 pasos como se muestra a continuación:

1. Revisión de la literatura para estructurar el marco teórico.
2. Selección de la información relacionada con la planificación colaborativa en las cadenas de suministro.
3. Determinación de las variables e indicadores de desempeño colaborativo en cadenas de suministro.
4. Definición de la interrelación de las variables para integrar un modelo de lógica difusa.

5. Determinación de entradas y salidas para diseñar el sistema experto.
6. Realización de una prueba piloto del sistema experto en una cadena de suministro de MIPyME específica.
7. Medición de resultados.
8. Retroalimentación y mejoras del modelo.
9. Evaluación de resultados.
10. Elaboración del reporte de investigación.

Los objetivos planteados para el desarrollo de esta investigación son:

- Identificar los diferentes enfoques en materia de planificación colaborativa de la cadena de suministro, mediante la construcción del estado del arte y la práctica de la investigación.
- Definir las variables e indicadores de desempeño colaborativo en cadenas de suministro de MIPYMES Mexicanas.
- Desarrollar un modelo de lógica difusa que determine la interrelación de variables e indicadores que permitan evaluar el nivel de planificación colaborativa en cadenas de suministro de MIPYMES Mexicanas.
- Integrar un sistema experto basado en lógica difusa para evaluar el nivel de planificación colaborativa en cadenas de suministro de MIPYMES Mexicanas.
- Aplicar el sistema experto de planificación colaborativa diseñado en cadenas de suministro de MIPYMES Mexicanas.

Justificación de la investigación: en México, a pesar de ser una fuente muy importante en la economía del país, las MIPYMES no cuentan con muchos de los recursos necesarios para que se desarrollen de una manera plena y existen en el país grandes problemas que las afectan en gran medida. Entre las problemáticas de las pequeñas y medianas empresas podemos resaltar que sus inversiones para tecnología, infraestructura, seguridad, entre otras, son de un 0.5% y 0.7%, respectivamente, estancando su propio crecimiento. Por lo anterior resulta lógico que aproximadamente 70% de las Pymes no cuenten con base tecnológica instalada teniendo temor de no poder solventar los costos de inversión y operación que esto implica; aunque también existen razones menos aceptables a esto como la resistencia al cambio, el desconocimiento de los sistemas de información, la falta de infraestructura y la carencia de visión sobre los beneficios que la tecnología puede traer a una empresa (INEGI, 2005).

Las necesidades de mejora en las MIPYMES según resultados del estudio realizado por la Secretaría de Economía (2009 y 2011) son:

- Elevar la responsabilidad del desarrollo de la estrategia de la cadena de suministro a niveles efectivos.
- Incrementar sofisticación en el desarrollo de pronósticos.
- Fortalecer el desarrollo y ejecución de políticas de planeación de inventarios.
- Formalizar un proceso planeación de operaciones y ventas (S&OP) que integre a distintas áreas de la cadena y donde existan responsabilidades claras de los participantes.
- Estandarizar y automatizar el proceso de pedidos, tanto hacia proveedores como de clientes.
- Fortalecer el uso de métricas para la evaluación de proveedores, así como de sistemas formales de recompensa y penalización.
- Llevar a cabo una mejor programación y despacho de pedidos alineado a requerimientos de clientes.
- Incrementar la automatización de los procesos de la cadena de abasto mediante un mayor uso de sistemas de información especializados.

- Introducir el uso de tableros de control con métricas para la evaluación del desempeño de la cadena de suministro.

Como se puede apreciar, las necesidades detectadas apuntan a que de forma general, se busque mejorar la interacción entre todos los involucrados en la cadena de suministro de la MIPYME en específico, pero no indican cuáles son los socios comerciales (eslabones) en donde se encuentran las debilidades, dificultando el desarrollo de acciones inmediatas para corregir las desviaciones encontradas.

Por lo anterior, se justifica el diseño de un sistema experto que permita determinar el nivel de planificación colaborativa en cadenas de suministro de MIPYMES mexicanas, permitiendo determinar sus debilidades específicas y detectar qué eslabones requieren atención especial, además de indicar cuáles son las variables o indicadores que se deben de mejorar en cada uno de ellos.

Conclusiones

Con base en el análisis de la literatura e investigación realizada en diversas fuentes, se puede determinar que algunas de las áreas de oportunidad de mejora que tienen las MIPYMEs son, entre otras:

- La planificación colaborativa en las MIPYMEs es de un 30% aproximadamente, cuando el promedio en otros sectores (electrónico, automotriz, comercio, farmacéutico) es del 68% (indicando que se requiere reforzar el uso de esta práctica en las cadenas de suministro de MIPYMEs).
- Las MIPYMEs cuentan con prácticas de colaboración poco desarrolladas (falta desarrollo de planificación colaborativa).
- No se desarrollan y/o comparten los planes y pronósticos (falta o deficiencia en el Pronóstico colaborativo).
- Los niveles de inventario en MIPYMEs siguen estando lejos de mejores prácticas (Reaprovisionamiento colaborativo).
- Los procesos de ventas y operaciones tiene bajo desempeño (Desempeño colaborativo).
- La revisión del desempeño de proveedores es baja (Desempeño colaborativo).
- No se realizan encuestas sobre el nivel de satisfacción de los clientes (Desempeño colaborativo).
- No se puede o es difícil acceder a métricas de desempeño en tiempo real (Desempeño colaborativo).
- La etapa actual en la que se encuentra esta investigación es en el desarrollo de las variables que sirvan para medir el nivel de planificación colaborativa para integrar el modelo de lógica difusa.

Referencias bibliográficas

- Acevedo Suárez, J. A. y Gómez Acosta, M. I. La Gestión Integrada de las Cadenas de Suministros (GICS): una nueva y requerida etapa del desarrollo de la gestión empresarial cubana. Laboratorio de Logística y Gestión de la Producción., 2010: pp - 27.
- Acevedo Suárez, J.; Gómez Acosta, M. I.; Urquiaga Rodríguez, A. J., et al. La Logística Moderna en la Empresa. La Habana. Cuba: Editorial Félix Varela, (2010). p. ISBN:978-959-07-1135-0.
- Acevedo Urquiaga, Ana J. (2010), "Modelos de capacidad y flujo logístico aplicados a la cadena de aceite comestible", 15ta Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, La Habana, Cuba.
- Avelar Sosa, L; García Alcaraz, J. L.; Sifuentes de la Hoya, E.; Olmo Contreras, J., (2012), "La cadena de suministro: atributos y evaluación del desempeño", Revisión bibliográfica. Congreso Internacional de Investigación. ISSN 1946-5351, Academia Journals, Volumen 4, No. 2.
- Fliedner, E. (2006) "Collaborative Supply Chain Forecasting: A Lean Framework", Alliance Journal of Business Research, vol. 2, no. 1, pp. 33-48.

- Mohsen Attaran, Sharmin Attaran, (2007), "Collaborative supply chain management: The most promising practice for building efficient and sustainable supply chains", *Business Process Management Journal*, Vol. 13 Iss: 3, pp.390 – 404.
- Montoya-Torres, Ortiz-Vargas, (2011) “Análisis del concepto de colaboración en la cadena de suministro: una revisión de la literatura científica”, Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development, August 3-5, Medellín, Colombia
- Ribas Vila, I; Companys Pascual, Ramón, (2007), “Estado del arte de la planificación colaborativa en la cadena de suministro: contexto determinista e incierto”. *Intangible Capital*, 91-121 - ISSN: 1697-9818
- Sablón Cossío, Neyfe (2013), “Análisis de la capacidad de la cadena de suministro del puré de tomate en la provincia de Matanzas, Cuba”.
- Secretaría de Economía, México, “Evolución del desempeño logístico de las cadenas de suministro en México: presentación de resultados”, México, D.F., 24-11-2011.
- Togar M. Simatupang, Ramaswami Sridharan, (2008) "Design for supply chain collaboration", *Business Process Management Journal*, Vol. 14 Iss: 3, pp.401 – 418
- Voluntary Inter-Industry Commerce Solutions (VICS), “Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment” (CPFR), 2004.

CAPÍTULO III. MODELO DE INTEGRACIÓN DE CADENAS DE SUMINISTRO COLABORATIVAS

INTEGRATION MODEL OF COLLABORATIVE SUPPLY CHAIN

*Horacio Bautista-Santos^a, José Luis Martínez-Flores^b, Gregorio Fernández-Lambert^c,
María Beatriz Bernabé-Loranca^d, Fabiola Sánchez-Galván^e & Neyfe Sablón-Cossío^f*

^a *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla - Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, México. horacio_bautista@hotmail.com*

^b *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México. joseluis.martinez01@upaep.mx*

^c *Instituto Tecnológico Superior de Misantla, México. gfernandezl@itsm.edu.mx*

^d *Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. beatriz.bernabe@gmail.com*

^e *Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, México. fsgalvan@hotmail.com*

^f *Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Cuba. neyfe@infomed.sld.cu*

Abstract

The strategic members of collaborative supply chain have been looking for actions to synchronize their links. The purpose is to improve the customer service and fulfill the challenges of the globalized competitiveness. This trend is known as integrated supply chain and improves the companies performance as a whole. In this paper, an integration model of collaborative supply chain was developed considering the strategical, tactical and operational perspectives. To implement it, a measurement instrument was designed and validated statistically. Also a mathematical model using fuzzy logic was designed and applied among 36 small, medium and large Mexican companies to determine their integration level and propose specific actions that allow them to improve it.

Keywords: integrated supply chain; levels of integration; integration model.

Resumen

Los integrantes estratégicos de las cadenas de suministro colaborativas han buscado realizar acciones conjuntas que les permitan sincronizar los eslabones, para mejorar el servicio al cliente y hacer frente a los retos de competitividad globalizada del entorno actual; esta tendencia se conoce como integración de la cadena de suministro y permite mejorar el desempeño de las empresas en su conjunto. En este trabajo se presenta un modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas considerando las perspectivas estratégica, táctica y operativa. Para su implementación se diseñó un instrumento de medición, el cual fue validado estadísticamente y se formuló un modelo matemático utilizando lógica difusa para su resolución. El modelo se aplicó en 36 empresas Mexicanas entre pequeñas, medianas y grandes, determinando su nivel de integración, con base en los resultados se propusieron acciones específicas a implementar para mejorar el nivel de integración alcanzado.

Palabras clave: cadena de suministro integrada; niveles de integración; modelo de integración.

1 Introducción

La cadena de suministro (CS) es una red de proveedores, fábricas, almacenes, centros de distribución y ventas al por menor; a través de los cuales se adquieren y se transforman las materias primas, para entregar al cliente productos o servicios [1].

El objetivo de la integración de la cadena de suministro (ICS) es sincronizar los requerimientos del cliente con los flujos de materiales de los proveedores, con el fin de efectuar un balance entre el servicio al cliente, la inversión en inventarios y el costo unitario del producto. El diseño y la operación de una CS eficaz, son de importancia fundamental para todas las empresas [2].

En un nivel, la ICS se ocupa de cuestiones estratégicas, tales como la integración de los procesos de negocio internos y externos, el desarrollo de vínculos estrechos entre los socios del canal, y la gestión de los productos y la información a medida que avanzan a través de fronteras organizativas y empresariales; en otro nivel, la ICS también puede ser una herramienta táctica y operativa aplicada a la gestión de las actividades operacionales en curso. Estas actividades pueden incluir: el servicio al cliente, el control de los flujos de entrada y salida de materiales e información, la eliminación de las ineficiencias de los canales y los costos, que se extienden desde la adquisición de materias primas hasta la fabricación, la distribución, el consumo y el retorno final a través del canal por medio de reciclaje o eliminación [1].

Las funciones tácticas y operativas de toma de decisiones se integran a través de la CS y se monitorean frecuentemente a través de indicadores de desempeño específicos, acordados por los integrantes claves de cada CS, para determinar el correcto funcionamiento de la misma y retroalimentar el proceso con base en los resultados obtenidos.

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un modelo de ICS que contempla la integración a nivel estratégico, táctico y operativo. El artículo está estructurado de la siguiente manera: en primera instancia se presenta la introducción, en la segunda sección se realiza la revisión de literatura para conceptualizar el sustento teórico del presente trabajo. En el tercer apartado se hace referencia a los materiales y métodos, donde se detallan la metodología de la investigación y las herramientas científicas utilizadas. En la sección cuatro se describen los resultados y se realiza la discusión de los mismos. Como último apartado se exponen las conclusiones del estudio; se incluyen también las referencias bibliográficas consultadas.

2 Revisión de literatura

Se requieren cuatro premisas principales para la ICS: compartir información, colaborar para un pronóstico común, realizar una planeación común y automatizar las transacciones financieras. Asimismo, se necesitan herramientas categorizadas en las siguientes cinco clases: en el manejo de información acerca de los flujos de materiales gestionados por

excepciones en tiempo real, compartir documentos en tiempo real, pronóstico colaborativo, planeación colaborativa e implementación de pagos automáticos [3].

Algunos de los logros que brinda una integración exitosa de la CS son, entre otros: una colaboración genuina entre todas las partes de la CS, con información y recursos compartidos; costos más bajos debido a operaciones equilibradas, menor nivel de inventarios, economías de escala, la eliminación de actividades que no agregan valor. Asimismo, se mejora el rendimiento debido a pronósticos más precisos, una mejor planificación y la mejora del flujo de materiales; mejor servicio al cliente, con tiempos de entrega más cortos, entregas más rápidas y más personalización. También se logra una mayor flexibilidad, permitiendo a las organizaciones reaccionar más rápido a las condiciones cambiantes; procedimientos estandarizados, evitando la duplicación de esfuerzos, información y planificación entre otros. Se obtiene una calidad confiable y una menor cantidad de inspecciones con programas de gestión de calidad integrados [4].

Desde una perspectiva de economía de la empresa, la tarea de la ICS requiere de la coordinación de materiales, la información y los flujos financieros con el fin de cumplir las demandas de los clientes; el objetivo es la mejora de la competitividad, generando un plan integrado de la CS en su conjunto. La planeación a largo plazo es el objetivo estratégico para el diseño de la CS, contempla la cooperación, localización de planta, sistemas de producción, la distribución física de planta, entre otros; las tareas de planificación a mediano plazo están cubiertas por compras, planeación de requerimientos de materiales, la demanda (pronóstico) e inventarios; la planificación a corto plazo contempla la planificación del transporte, la distribución y programación de la producción [5].

La ICS se desarrolla desde la etapa de negociación hasta la etapa de colaboración. Las negociaciones de mercado, que incluyen discusiones enfocadas hacia el precio y las relaciones entre socios y adversarios; la asociación donde se establecen acuerdos económicos; la cooperación que busca establecer contratos a largo plazo con pocos proveedores; la coordinación del intercambio con apoyo de las TIC; la colaboración, donde se manifiesta la integración de la cadena, se realiza la planificación conjunta y se comparte la tecnología. [6,7].

Las negociaciones son fundamentales en todos los eslabones de la CS, ya que garantizan la eficiencia en el movimiento de mercancías y productos. Es importante considerar variables tales como proveedores y clientes en los diferentes niveles de la cadena. En las cadenas tradicionales, la negociación era considerada como un proceso largo y delicado; en la actualidad esta tarea se ha simplificado debido al uso de las tecnologías de la información, las cuales han permitido el desarrollo de modelos informáticos que permiten administrar estratégicamente la cadena. Existen diferentes técnicas y métodos para solucionar el problema de la negociación dentro de la cadena, por ejemplo el sistema multi-agentes (SMA), es un sistema que está compuesto por múltiples agentes inteligentes que interactúan entre ellos, los agentes que intervienen pueden realizar negociaciones y llegar a acuerdos entre otros, se obtienen mejoras en el servicio y el nivel de beneficios de los miembros de la CS [8-12].

La asociación entre empresas representa toda vinculación temporal por contratos especiales o por colaboración económica, que introduce a acciones coordinadas o a tareas propias de comportamiento como grupo económico. La mayoría de las asociaciones entre empresas están directamente vinculados a las actividades básicas de las empresas (comprar para producir y vender) o centradas en las actividades de la CS o sector al que pertenecen. La asociación se constituye con el fin de lograr un mejor desarrollo de obras, servicios o suministros, pudiéndose agrupar tanto sociedades como empresarios individuales [13].

La cooperación implica la alineación de los integrantes de la CS hacia un objetivo común y un propósito compartido; la cooperación no sugiere una estrecha relación de trabajo operativo, sino más bien una actitud positiva hacia los demás integrantes de la cadena. Empujadas por la globalización y el consiguiente aumento de la competencia, las diferentes empresas que integran las CS han entendido la importancia del intercambio de información, la toma de decisiones conjunta y la cooperación; y por consiguiente, la forma de sincronizar las actividades locales a través de los procesos globales y la forma de establecer una relación de colaboración en la CS, permitiendo identificar disfunciones en el proceso de cooperación, sobre todo cuando están involucradas empresas grandes y pequeñas [14-16].

Por coordinación se identifica el grado y forma de interrelación de las diferentes actividades de la CS. La coordinación se basa en una situación de ganar-ganar para todas las partes involucradas. Un mínimo grado de coordinación indica autonomía e independencia de las actividades en cada lugar, contradiciendo en parte la propia naturaleza de la empresa global. Por el contrario, un alto grado de coordinación será mayor cuanto más elevado sea el grado de globalización de la empresa. Los modelos de coordinación más comunes funcionan bajo esquemas centralizados o descentralizados, activados con mecanismos de coordinación implícitos o explícitos. Los llamados mecanismos de coordinación son aplicados para lograr minimizar los costos totales de la CS [17-21].

La colaboración se basa en el intercambio de información, de funciones, de conocimiento y procesos de negocio, con el objetivo de crear una ventaja competitiva para todos los participantes de la comunidad de negocio en la CS, incluye empleados, clientes, proveedores y socios [22]. La colaboración entre los socios comienza cuando llegan a interiorizar que el éxito de cada uno de los miembros depende de los otros, y de cómo se logra satisfacer al cliente final [7,23]. Frente a la competencia global intensificada, las empresas se esfuerzan para lograr una mayor colaboración en la CS mediante el aprovechamiento de los recursos y el conocimiento de los principales proveedores y clientes valiosos (integrantes estratégicos de la CS) para reducir la incertidumbre, minimizar costos de operación, intercambio de información, aprovechar las oportunidades para el aprendizaje, la creación de conocimiento y mejorar la posición competitiva [24,25].

La colaboración implica una coordinación simultánea de las decisiones efectuadas por centros decisionales del mismo nivel temporal (integración espacial) y por centros decisionales de niveles temporales diferentes (integración temporal) [26]. La colaboración en la CS es una estrategia que permite mejorar el desempeño de las empresas, las cuales mediante acciones conjuntas logran obtener sinergias que las llevan a reducir costos, mejorar la satisfacción de los clientes y hacer frente a los retos de competitividad requeridos para ser

exitosos en el entorno actual [7,27]. Como el enfoque último de los niveles de integración de una cadena de suministro, la colaboración se distingue por los tipos de objetos que se intercambian entre los distintos dominios en que se establecen los planes colaborativos, se hace énfasis en compartir información concerniente a: planes y estrategia de negocios conjuntos, objetivos, contratos, proveedores, compras, inventarios, demanda (pronósticos), distribución, rutas, clientes, indicadores y las excepciones que puedan presentarse a los contratos [7,25,28].

3 Materiales y Métodos

Este trabajo se llevó a cabo en 5 etapas: (1) revisión literaria acerca de la ICS (visto en el apartado dos de este documento), (2) diseño del modelo de integración, (3) estructuración y validación de un cuestionario que se utiliza para alimentar el modelo diseñado, (4) implementación de la solución del modelo utilizando lógica difusa y (5) aplicación del modelo en distintas empresas.

3.1 Diseño del modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas.

A partir de la revisión bibliográfica se definieron las variables a utilizar en el modelo de ICS como se muestra en la fig. 1. La integración estratégica contempla: la estrategia de la empresa, la información, los planes y los contratos; la integración táctica contempla el pronóstico de la demanda, los proveedores, las compras y los inventarios. La integración operativa incluye la distribución y las rutas. La retroalimentación del modelo (medición del desempeño) incluye los indicadores y las excepciones encontradas a los contratos.

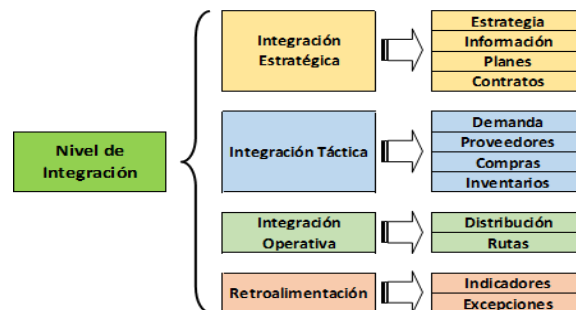


Figura 1. Esquema del modelo de ICS.

Fuente: elaboración propia.

Con base en el esquema mostrado en la figura 1, se formuló un modelo de ICS colaborativas conformado por una entrada, un proceso y una salida (fig. 2).

a. Entrada:

Considera la CS que se evaluará, donde existe una empresa central que busca integrar todos los procesos y actores a su estrategia, objetivos y planes; para lo cual es necesario que se realicen acuerdos, se comparta información con los integrantes estratégicos de la cadena y se

determine en dónde empieza y termina la misma, lo anterior para definir la cantidad de actores y eslabones.

Se tiene como entrada también un cuestionario que sirve de información para alimentar el modelo.

b. Proceso:

En este bloque se definen tres etapas del proceso de integración de la cadena:

Nivel estratégico: tiene que ver con la planeación a largo plazo y contempla la estrategia del plan de negocios de la empresa, los objetivos, el determinar y regular el flujo de información, definir los planes de colaboración y las cláusulas de los contratos a realizar con los integrantes estratégicos de la CS.

Nivel táctico: es alimentado por el nivel estratégico y contempla la planeación a mediano plazo, incluye el pronóstico de la demanda, los proveedores y su desempeño, la planeación de las compras y su relación con los niveles de inventarios. La salida de este nivel alimenta al nivel operativo.

Nivel operativo: Considera la distribución de las mercancías y su trazabilidad dentro de la CS; así mismo, considera también el ruteo de vehículos.

c. Salida:

Muestra el nivel de ICS, determinando si se encuentra en la etapa de negociación, asociación, cooperación, coordinación o colaboración. La salida también proporciona información sobre los indicadores estratégicos de la CS y las excepciones encontradas a los contratos establecidos. El modelo se retroalimenta y los indicadores se utilizan para corregir las desviaciones a nivel táctico y operativo, mientras que las excepciones encontradas retroalimentan el nivel estratégico.

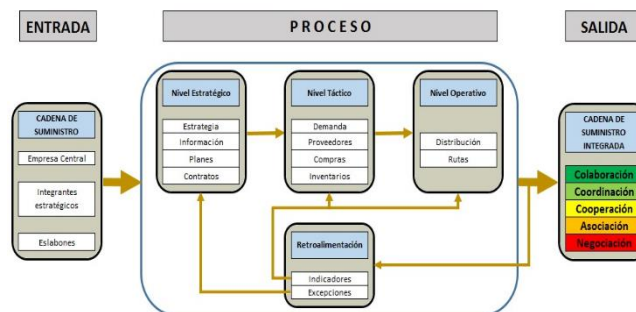


Figura 2. Modelo de ICS propuesto.
Fuente: elaboración propia.

La aplicación de este modelo de ICS permitirá a las empresas a *nivel estratégico*:

- Mejorar la estrategia y el plan de negocios conjunto entre los integrantes estratégicos de la CS.
- Definir y optimizar el flujo de información.
- Integrar y mantener actualizados los planes y contratos realizados.

A nivel táctico:

- Mejorar la precisión del pronóstico de la demanda.
- Optimizar las compras.
- La reducción de inventarios.
- Ciclos de reposición más rápidos.
- Mejor comunicación y respuesta con los proveedores.
- Disminuir los costos logísticos.

A nivel operativo:

- Mejorar la planificación de la distribución de las mercancías.
- Conocer la ubicación de su mercancía dentro de la CS.
- Optimizar las rutas de distribución de mercancías.
- Disminuir las demoras en el cumplimiento de órdenes.

3.2 Estructuración y validación del instrumento de medición.

Se diseñó un instrumento de medición a manera de cuestionario para evaluar el nivel de ICS, mismo que considera cada una de las variables utilizadas en el modelo propuesto; se retroalimentó con expertos del área académica de los países de México y Cuba con estudios de doctorado en Logística, CS e Ingeniería Industrial; así como por personal del área de logística y CS de algunas de las empresas encuestadas.

El instrumento de medición se dividió en 3 secciones, la primera consta de información general de la empresa encuestada y del responsable del llenado de la misma, también permite conocer entre otras cosas el sector en que se desempeña la empresa, perfil del encuestado, tiempo de permanencia en el mercado, si se cuenta con un plan de negocios establecido y si se tienen contratos con clientes y proveedores.

En la segunda sección se encuentra el cuestionario que sirve como entrada al modelo de ICS desarrollado, consta de 18 preguntas de opción múltiple con una escala ordinal de cinco niveles, que permiten al encuestado ubicar rápidamente a su empresa en una etapa de integración por cada variable específica. La tercera sección permite al responsable del llenado del instrumento, escribir comentarios que han servido de retroalimentación para mejorar el mismo.

Para su aplicación se diseñó una herramienta computacional programada en lenguaje java, que permitió enviarlo por correo electrónico a distintas empresas; la herramienta valida que todas las preguntas sean contestadas y que se devuelvan las respuestas de forma automática.

La metodología utilizada para determinar la validez y confiabilidad del instrumento de medición fue en primera instancia, evaluar la confiabilidad del instrumento mediante el estadístico alfa de Cronbach; después se realizó la evaluación de la validez mediante un análisis factorial, con los resultados obtenidos se reestructuró el cuestionario y se realizaron las adecuaciones al modelo de ICS planteado [29].

En la evaluación de la confiabilidad del instrumento se utilizó el estadístico alfa de Cronbach que brinda una medida de confiabilidad de consistencia interna, es el promedio de todos los coeficientes posibles de división por mitades que resultan de las diferentes divisiones de los reactivos de la escala. El método de cálculo requiere una sola administración del instrumento de medición, se aplica la medición y se calcula el coeficiente. [30,31].

La validez del instrumento se realizó a través de un análisis de factores, que nos indica cuántas dimensiones integran a una variable y qué ítems conforman cada dimensión. El análisis factorial es una técnica de reducción de datos que sirve para encontrar grupos homogéneos de variables a partir de un conjunto numeroso de variables; los reactivos que no pertenezcan a una dimensión, quiere decir que están “aislados” y no miden lo mismo que los demás ítems; por tanto, deben eliminarse. [30,31].

3.3 Implementación de la solución del modelo utilizando lógica difusa.

La gestión eficiente de una CS para cumplir con el nivel de servicio requerido por el cliente es muy difícil, ya que existen diversas fuentes de incertidumbre y complejas interrelaciones en los distintos niveles entre sus integrantes; además, el diseño de las redes de las CS es una tarea difícil debido a la complejidad intrínseca de los principales subsistemas de estas redes y las muchas interacciones entre estos subsistemas. Se encuentra incertidumbre en el suministro, que está relacionada con el desempeño de los proveedores debido a los retrasos en las entregas o materias primas fuera de especificaciones; incertidumbre resultante de los procesos de producción dentro de las empresas y, la incertidumbre en la demanda de productos debido a un pronóstico inexacto [32-35].

La lógica difusa tiene sus raíces en la teoría de conjuntos difusos desarrollada por Zadeh en la década de los 60's; dicha teoría propone que un elemento siempre pertenece en un cierto grado a un conjunto y nunca pertenece del todo al mismo, esto permite establecer una manera eficiente para trabajar con datos inciertos o con conocimiento subjetivo, así como para acondicionar el conocimiento en forma de reglas lingüísticas hacia un plano cuantitativo; los más populares sistemas de lógica difusa son Mamdani y Takagi-Sugeno.

Como una forma de resolver los retos de la gestión y administración en las CS, han surgido teorías, enfoques y metodologías que utilizan herramientas como la lógica difusa para obtener soluciones confiables que se adapten con facilidad a los cambios de los parámetros de la imprecisión [36-40].

La lógica difusa tiene dos grandes componentes: funciones de membresía y reglas difusas, mediante su uso es posible representar expresiones lingüísticas como expresiones matemáticas; lo anterior es muy útil cuando es necesario modelar la experiencia de un experto [41]. Las funciones de pertenencia nos indican el grado en que cada elemento de un universo dado, pertenece a dicho conjunto; es decir, la función de pertenencia de un conjunto A sobre un universo X será de la forma: $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$, donde $\mu_A(x) = r$, si r es el grado en que x pertenece a A. En la ecuación (1) se muestra la función de pertenencia para un conjunto difuso triangular.

$$A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x - a)/(m - a), & x \in (a, m] \\ (b - x)/(b - m), & x \in (m, b) \\ 1, & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

Para aplicarse en distintos entornos, las funciones de pertenencia pueden tomar diferentes formas de acuerdo a la experiencia y preferencias del diseñador. A la hora de determinar una función de pertenencia, normalmente se eligen funciones sencillas, para que los cálculos no sean complicados; las más utilizadas son las funciones triangulares y las trapezoidales. En la fig. 3 se muestra la gráfica de una función de pertenencia triangular para un conjunto difuso dado.

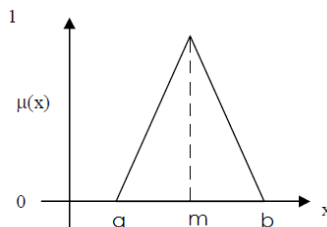


Figura 3. Función de pertenencia triangular para un conjunto difuso.
Fuente: adaptado de [41].

Esencialmente, un sistema difuso es una estructura basada en conocimiento, definida a través de un conjunto de reglas difusas del tipo SI-ENTONCES (antecedente y consecuente); las cuales, contienen una cuantificación lógica difusa de la descripción lingüística del experto. En este trabajo se hizo uso de la función triangular debido a la naturaleza de las variables utilizadas, ya que es la función que mejor se ajustó a los datos de entrada y salida del modelo. Se utilizó el sistema de lógica difusa tipo Mamdani porque tanto el antecedente como el consecuente de las reglas están dadas por expresiones lingüísticas [42,43].

El sistema tipo Mamdani (fig. 4) está compuesto de cuatro bloques:

1. *Fuzzificador*: las entradas del sistema Mamdani son valores normalmente numéricos, que provienen de algún tipo de sensor o son resultados de un proceso; para poder operar este valor, los sistemas Mamdani traducen dicho valor en un valor “difuso” que puede ser operado por los mecanismos de inferencia. Esta traducción es realizada por el fuzzificador, que convierte los valores numéricos en valores difusos que representan el nivel de pertenencia de las diferentes variables del sistema en cada conjunto difuso.
2. *Base de reglas difusas*: es la forma en que los sistemas difusos Mamdani representan la experiencia y el conocimiento lingüístico para resolver el problema. Es un conjunto de sentencias SI-ENTONCES que contiene dos partes: antecedente y conclusión (dados por expresiones lingüísticas).
3. *Mecanismo de inferencia*: una vez que el fuzzificador ha traducido los valores difusos, éstos tienen que ser procesados para generar una salida difusa. La tarea del mecanismo de inferencia es tomar valores difusos y generar una salida difusa basada en una base de reglas difusas.

4. *Defuzzificación*: la salida de inferencia del sistema es una salida difusa, por lo que no puede ser interpretada por un elemento externo que sólo opere datos numéricos. Para hacer posible la utilización de estos datos, la salida se traduce a un formato numérico por el defuzzificador, usando los procedimientos del centro de gravedad o centros promediados.

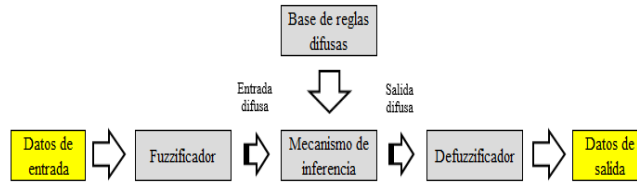


Figura 4. Sistema de lógica difusa tipo Mamdani.
 Fuente: adaptado de [41].

La etapa de fuzzificación del modelo de ICS, se muestra en el diagrama a bloques de la fig. 5. Se puede apreciar que la integración estratégica está dada por la combinación de las variables estrategia, información, planes y contratos, que a su vez son alimentadas por los resultados del cuestionario aplicado a las empresas para tal fin; así mismo, podemos ver cómo quedan definidas la integración táctica, la integración operativa y la retroalimentación del modelo.

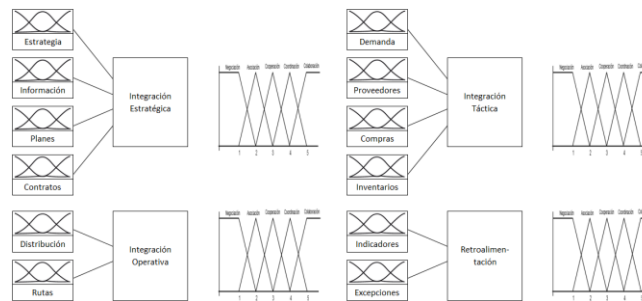


Figura 5. Etapa de fuzzificación de las variables de entrada.
 Fuente: elaboración propia.

El nivel global de la cadena de suministro es mostrado en la fig. 6; está constituido por las salidas difusas de la integración estratégica, táctica, operativa y la retroalimentación, dándonos como resultado un valor difuso que se convierte a valor lingüístico (difuzzificación) y nos indica si la CS está en el nivel de negociación, asociación, cooperación, coordinación o colaboración, según sea el resultado específico de la valoración realizada.

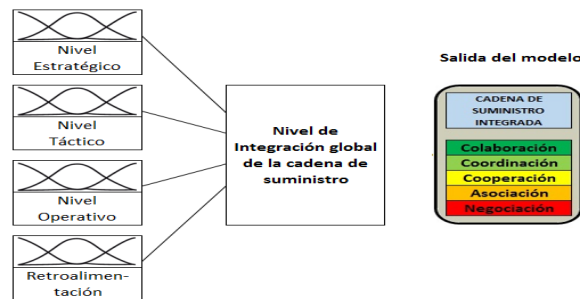


Fig. 6. Etapa de difuzzificación a la salida del modelo de ICS.
 Fuente: elaboración propia.

Las reglas difusas son un modo de representar estrategias o técnicas apropiadas cuando el conocimiento proviene de la experiencia o de la intuición, están compuestas por variables lingüísticas que forman la premisa de la condición y una conclusión, son escritas como pares antecedentes–consecuentes de oraciones SI–ENTONCES y guardadas en forma tabular. La combinación de las etiquetas lingüísticas de las variables difusas forma la base de reglas difusas. En este trabajo se definieron 275 reglas de inferencia a través de expertos académicos para determinar la relación entre las distintas variables de entrada; se contemplaron todas las posibles combinaciones en las entradas y se asignó una conclusión a cada una.

El mecanismo de inferencia utiliza el criterio máximo–mínimo para calcular el valor difuso de salida; en primera instancia se considera a los valores de entrada y a la base de reglas difusas para determinar el conjunto de reglas que se activan y las conclusiones relacionadas (conjuntos difusos de la variable de salida). Para conocer el valor difuso de la regla activada se utilizan las operaciones entre conjuntos difusos, la ecuación (2) se emplea para determinar el valor difuso de una regla activada (entrada del mecanismo de inferencia) y la ecuación (3) nos muestra la unión para determinar el valor difuso de un conjunto de reglas activadas (salida del mecanismo de inferencia).

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (2)$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \quad (3)$$

El proceso de defuzzificación sirve para convertir la salida del mecanismo de inferencia a información que pueda ser interpretada por cualquier persona. Se utilizó el método del centro geométrico (centroide), con el siguiente procedimiento:

- a) La salida difusa se descompone en figuras regulares, de acuerdo a los grados de pertenencia de dos conjuntos difusos adyacentes (se busca generar triángulos y rectángulos para facilitar el cálculo de dichas áreas).
- b) Se calcula la superficie de cada figura obtenida en el inciso a.
- c) Se determina el centroide de cada figura.
- d) Se calcula el centroide total (CT) de acuerdo a la fórmula mostrada en la ecuación (4).

$$CT = \frac{\sum_{i=1}^I \{[Superficie (A_i)][Centroide (A_i)]\}}{\sum_{i=1}^I [Superficie (A_i)]} \quad (3)$$

- e) Se determina la expresión lingüística para la variable de salida de acuerdo al valor del centroide encontrado.

Para ejemplificar los cálculos desarrollados, a continuación se muestra el cálculo del nivel de integración operativo.

1. Tomando los resultados de la aplicación del cuestionario en una de las empresas encuestadas para las variables distribución y rutas, y como consecuencia de la aplicación de la ecuación (1) se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 1. Los valores de entrada están en una escala ordinal del 1 al 5, mientras que los valores difusos se encuentran en una escala de 0 a 1.

Tabla 1.

Valores obtenidos de la fuzzificación de las variables distribución y rutas.

Distribución			Rutas		
Valor de entrada		4.500	Valor de entrada		4.000
Valor difuso	NE	0.000	Valor difuso	NE	0.000
	AS	0.000		AS	0.000
	CP	0.000		CP	0.000
	CR	0.500		CR	1.000
	CL	0.500		CL	0.000

De donde: NE=etapa de negociación, AS=etapa de asociación, CP=etapa de cooperación, CR=etapa de coordinación, y CL=etapa de colaboración.

- Se determinaron, con el apoyo de expertos, las reglas de inferencia entre las variables distribución y rutas del nivel de integración operativo. En la tabla 2 se muestran las 25 reglas de inferencia definidas para las diferentes combinaciones de las variables de entrada; por ejemplo, si la variable distribución estuviera en NE y la variable rutas en CP, entonces la salida difusa será AS (regla 3). Si la variable distribución estuviera en CP y la variable rutas en CR, entonces la salida sería CR (regla 14).

Tabla 2.

Reglas de inferencia para el nivel de integración operativo.

		Variable: Rutas				
		NE	AS	CP	CR	CL
Variable: Distribución	NE	NE	NE	NE	AS	CP
	AS	NE	AS	AS	CP	CP
	CP	NE	AS	CP	CR	CR
	CR	AS	CP	CR	CR	CL
	CL	CP	CP	CR	CL	CL

- Al aplicar el mecanismo de inferencia dado por la ecuación (2), de las 25 reglas de inferencia diseñadas para relacionar las dos variables tratadas, se activaron las reglas 19 (etapa CR) y 24 (etapa CL). Para encontrar la salida difusa del nivel de integración operativo se aplica la ecuación (3) a los resultados anteriores, obteniéndose los valores mostrados en la tabla 3; se puede apreciar que las etapas de integración CR y CL tiene un valor difuso de 0.5 y los demás valores se mantuvieron en 0.

Tabla 3. Etapas de integración difusas resultantes.

Nivel de integración	Valor difuso
Negociación	0.0
Asociación	0.0
Cooperación	0.0
Coordinación	0.5
Colaboración	0.5

4. Para encontrar el valor de difuzzificación y determinar el nivel de integración, se aplica la ecuación (4), obteniéndose un valor de 4.3429, correspondiente al centroide de la parte sombreada de la fig. 5. La etapa de integración correspondiente al valor difuso obtenido, dado como variable lingüística es COORDINACIÓN (CR). En la fig. 7, las áreas sombreadas corresponden a las utilizadas para el cálculo del centroide.

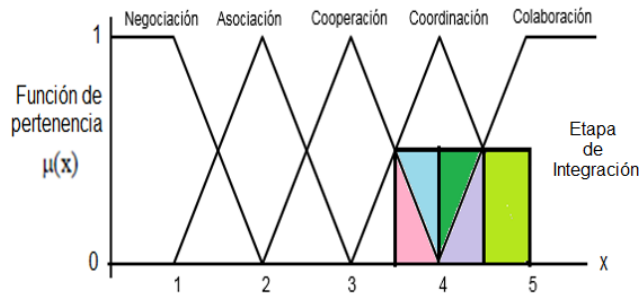


Fig. 7. Áreas resultantes para el cálculo del centroide.

3.4 Aplicación del modelo en distintas empresas.

La aplicación del modelo se llevó a cabo entre los meses de mayo y agosto del año 2014. Se seleccionó una muestra de 36 empresas para validarlo [30], entre pequeñas, medianas y grandes empresas [44]. Las empresas se contactaron a través de las cámaras locales de comercio, los Departamentos de Vinculación de distintas escuelas de nivel superior y profesionales que brindan servicios en el área de logística a las mismas. Las empresas se encuentran ubicadas en los Estados de Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo, todos ellos en México.

4 Resultados y Discusión

4.1 Validación del instrumento de medición.

Para la realización de los análisis de confiabilidad y validez se utilizó el software IBM SPSS Statistics, versión 20. El resultado del análisis de confiabilidad (coeficiente Alfa de Cronbach) se muestra en la tabla 4, valores mayores de 0.75 se consideran aceptables y arriba de 0.9 son de una confiabilidad elevada [31]. Con base en los resultados obtenidos se puede aseverar que el instrumento es confiable de forma global y en cada una de las dimensiones que lo integran.

Tabla 4. Coeficiente alfa de Cronbach calculado.

Aplicado a:	Elementos	Ítems	Alfa de Cronbach
Todo el instrumento.	18	Todos	0.970
Integración estratégica.	5	1, 2, 3, 4, 5	0.880
Integración táctica.	6	6, 7, 8, 9, 10, 11	0.901
Integración operativa.	3	12, 13, 14	0.846
Retroalimentación.	4	15, 16, 17, 18	0.917

Para realizar el análisis de la validez del instrumento (análisis factorial), en primer lugar se realizó el cálculo de dos estadísticos que permiten valorar la bondad de ajuste o adecuación de los datos analizados a un modelo factorial: la medida de adecuación muestral de Kaiser–

Meyer–Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett. En la tabla 5 se muestran los resultados de ambas pruebas, valores mayores de 0.6 en la prueba KMO y menores de 0.05 en la prueba de Bartlett justifican la realización de un análisis factorial [29]; una vez analizados los resultados se concluye que el análisis factorial se puede aplicar de forma adecuada.

Tabla 5. Resultados de las pruebas KMO y Bartlett.

Prueba		Resultado
Medida de adecuación KMO.		0.855
Prueba de esfericidad de Bartlett.	Chi-cuadrado aproximado.	621.327
	Gl	153
	Sig.	0.000

En la aplicación del análisis factorial se puede utilizar el método de análisis de componentes principales, debido a que el objetivo es condensar la mayoría de la información original en un número de factores para propósitos de predicción. Los factores a extraer son aquellos que tengan autovalores mayores a uno [29]. Se analizaron las 18 variables del instrumento diseñado obteniéndose los resultados mostrados en la tabla 6, en donde se observa que dos factores obtienen valores mayores de 1, por lo que es la cantidad de factores que se extrae.

En la tabla 7 se muestra la solución factorial encontrada; contiene las correlaciones entre las variables originales y cada uno de los factores. Se puede apreciar que a excepción de la pregunta P03, todas las demás saturan al factor uno dentro de la matriz de correlaciones (valores mayores de 0.71). La pregunta P03 es la única que presenta un valor significativo (0.704) en la carga del factor 2.

Tabla 6. Varianza total explicada.

Factor	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones		
	Total	% var.	% acum.	Total	% var.	% acum.
1	12.046	66.924	66.924	12.046	66.924	66.924
2	1.045	5.808	72.732	1.045	5.808	72.732
3	0.916	5.092	77.824			
4	0.626	3.476	81.299			
5	0.564	3.134	84.434			
6	0.481	2.674	87.108			
7	0.393	2.183	89.291			
8	0.372	2.066	91.357			
9	0.306	1.702	93.059			
10	0.268	1.488	94.548			
11	0.241	1.338	95.885			
12	0.193	1.074	96.960			
13	0.152	0.844	97.804			
14	0.138	0.765	98.569			
15	0.095	0.527	99.096			
16	0.083	0.461	99.557			
17	0.051	0.285	99.842			
18	0.028	0.158	100.000			

Tabla 7. Solución factorial encontrada.

Pregunta	Factor	
	1	2
P15	0.904	0.060
P18	0.874	-0.002
P17	0.867	-0.062
P16	0.866	-0.272
P07	0.865	0.038
P05	0.860	-0.026
P01	0.833	-0.253
P02	0.831	-0.095
P04	0.831	0.074
P09	0.827	0.265
P06	0.827	0.282
P11	0.818	0.061
P10	0.811	-0.391
P08	0.808	-0.221
P14	0.780	-0.094
P12	0.745	0.155
P13	0.740	-0.006
P03	0.583	0.704

Analizando los resultados de la tabla 7, se decidió trabajar con una sola variable denominada *nivel de integración global*. Para determinar si se puede eliminar del cuestionario la pregunta P03, se excluye su información y se repite el proceso de extracción; el resultado (tabla 8) muestra niveles de carga mayores de 0.71 para cada factor que se consideran excelentes [29], por lo que se determina utilizar todas las preguntas (excepto la pregunta P03 que fue eliminada) para alimentar el modelo de ICS diseñado.

Analizando la carga factorial de cada pregunta en la tabla 8 y reagrupándolas por carga factorial, se obtienen los nuevos valores para el coeficiente alfa de Cronbach de las distintas dimensiones del modelo de ICS. La pregunta P07 que se consideraba como parte de la medición del nivel de integración táctico se reagrupó en el nivel de integración estratégico por la carga factorial que representa.

Tabla 8. Cargas factoriales recalculadas.

Items	Carga factorial	Items	Carga factorial
P15	0.903	P10	0.824
P16	0.875	P09	0.821
P18	0.872	P06	0.820
P17	0.866	P11	0.818
P05	0.862	P08	0.815
P07	0.861	P14	0.782
P02	0.836	P12	0.743
P01	0.836	P13	0.735
P04	0.831		

En la tabla 9 se muestra la nueva distribución de preguntas que alimentan al modelo y los correspondientes coeficientes alfa de Cronbach obtenidos.

Tabla 9. Reestructuración del modelo de ICS.

Aplicado a:	Elementos	Ítems	Alfa de Cronbach
Todo el instrumento.	17	Todos excepto P03	0.971
Integración estratégica.	5	1, 2, 4, 5, 7	0.914
Integración táctica.	5	6, 8, 9, 10, 11	0.905
Integración operativa.	3	12, 13, 14	0.758
Retroalimentación.	4	15, 16, 17, 18	0.931

Fuente: los Autores.

Con los resultados obtenidos del análisis realizado, quedó determinada la validez y confiabilidad del instrumento de medición.

4.2 Niveles de integración alcanzados por las empresas encuestadas.

Una vez alimentado el modelo de ICS, con las respuestas del cuestionario aplicado a las distintas empresas, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 10; de las 36 empresas encuestadas se encontraron 11 en la etapa de negociación, 8 en asociación, 8 en cooperación, 7 en coordinación y 2 en colaboración. Se puede apreciar que la mayoría de las empresas valoradas se encuentran en las etapas centrales de integración (AS, CP y CR), mientras que la etapa de colaboración es el más difícil de alcanzar para las empresas.

Tabla 10. Etapas de integración obtenidos por empresa.

Etapas de integración	Cantidad de empresas por etapas de integración
NE	11
AS	8
CP	8
CR	7
CL	2

Fuente: los Autores.

Analizando los niveles estratégico, táctico, operativo y la retroalimentación (medición del desempeño por medio de indicadores y excepciones) por separado, se obtienen los resultados mostrados en la tabla 11; se aprecia que a nivel estratégico la mayoría de las empresas encuestadas se encuentran en las etapas bajas del proceso de integración (25 empresas entre las etapas de NE, AS y CP), mientras que a nivel táctico, operativo y en medición del desempeño se encuentran en las etapas medias del proceso de integración (AS, CP y CR con una cantidad de 25, 24 y 23 empresas respectivamente).

Aunque el nivel de integración global máximo (colaboración) lo alcanzaron solamente 2 empresas, en la tabla 11 se puede ver que en la etapa CL, a nivel estratégico se encuentran 3

empresas, 2 empresas a nivel táctico, una empresa a nivel operativo y 2 en la medición del desempeño y excepciones.

Tabla 11. Niveles de integración estratégico, táctico y operativo desglosados.

Etapa	Integración			
	Estratégica	Táctica	Operativa	Retroalim.
NE	12	9	11	11
AS	10	6	7	7
CP	5	14	11	11
CR	6	5	6	5
CL	3	2	1	2

Fuente: los Autores.

5 Conclusiones

Para la formulación del modelo, se realizó una revisión bibliográfica sobre el estado del conocimiento de la ICS en más de 120 artículos científicos, tesis doctorales y libros especializados, logrando establecer los elementos conceptuales que permitieron definir un modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas desde los niveles estratégico, táctico y operativo; así mismo, se definieron las características que determinan las etapas de integración como salida del modelo y su interacción conjunta.

El instrumento de medición se validó estadísticamente con información proporcionada por 36 empresas entre pequeñas, medianas y grandes; los resultados indican que el modelo puede aplicarse a cualquier empresa que desee medir y mejorar el nivel de integración de la CS en la que está inmersa.

Para la resolución del modelo se empleó la lógica difusa, que es una técnica de la inteligencia artificial, que permite modelar expresiones lingüísticas como expresiones matemáticas y definir por expertos la relación entre las variables en un plano cuantitativo; además de que se adapta con facilidad a la incertidumbre asociada a las variables utilizadas.

Como resultado de la aplicación del modelo se determinó que la mayoría de las empresas se encuentran por debajo de la media (etapa de cooperación) en su nivel de integración y que deben de implementar acciones, sobre todo a nivel estratégico (nivel donde se encuentra la etapa de integración más baja de las empresas encuestadas en su conjunto). Las acciones se deben de implementar en conjunto con los integrantes estratégicos de la CS y enfocarse en mejorar la estrategia y el plan de negocios conjunto, acordar y optimizar el flujo de información, e integrar y mantener actualizados los planes y contratos de acuerdo a los indicadores y las excepciones operativas encontradas a los contratos.

Como trabajos futuros se buscará aplicar el modelo de ICS en empresas de sectores productivos específicos, para verificar que el modelo desarrollado se pueda implementar en dichos sectores. Así mismo, se desarrollará una aplicación computacional, con un sistema experto embebido, que permita a las empresas monitorear en tiempo real su nivel de

integración y les muestre los indicadores que requieren su atención para mejorar su nivel de integración actual.

Referencias

- [1] Institute of Management Accountants, 1999. Implementing Integrated Supply Chain Management for Competitive Advantage. Disponible: <http://www.imanet.org/PDFs/Public/Research/SMA/Implementing%20Integrated%20Supply%20Chain.pdf>, [Consulta: 20 de enero de 2014].
- [2] Stevens, Graham C. Integrating the Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, Vol. 19 (8), pp. 3-8, 1989.
- [3] Crespo Marquez, A. *Dynamic Modelling for Supply Chain Management*. Ed. Springer London, 2010, pp 171-188.
- [4] Waters, D. *Logistics: an introduction to supply chain management*. Ed. Plagrave Macmillan, England, 2003, pp 27-54.
- [5] Albrecht, M. *Supply Chain Coordination Mechanisms, New Approaches for Collaborative Planning*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Ed. Springer Germany, 2010, pp. 5-62.
- [6] Pires, S. y Carretero, L. *Gestión de la Cadena de Suministros*, Ed. Mc Graw Hill España, 2007.
- [7] Sablón-Cossio, N. *Modelo de Planificación Colaborativa Estratégico en Cadenas de Suministros en Cuba*. Tesis en opción al grado de Doctora en Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Matanzas: Matanzas. 2014.
- [8] Hernández, J., Mula, J., Poler, R. and Lyons, A. Collaborative Planning in Multi-tier Supply Chains Supported by a Negotiation-Based Mechanism and Multi-agent System, *Group Decision and Negotiation*, vol. 23 (2), pp 235-269, 2014.
- [9] Lopez, F., and Coelho, H. (2010). Bilateral Negotiation in a Multi-agent Supply Chain System. *EC-Web*, pp. 195-206, 2010.
- [10] Saberi, S., and Makatsoris, C. Multi agent system for negotiation in supply chain management. *The 6th International Conference on Manufacturing Research (ICMR08)*, pp. 311-317, 2008.
- [11] Putten, S. V., Robu, V., Poutré, H. L., Jorritsma, A., and Gal, M. Automating Supply Chain Negotiations using Autonomous Agents: a Case Study in Transportation Logistics. *AAMAS*, pp. 8-12, 2006.
- [12] Chao, Y., Lin, H. W., and Murata, T. Negotiation Based Collaborative Planning In Two-tier Supply Chain. *Proceedings of International Multiconference of Engineers and Computer Scientists*, vol. 3, 2010.
- [13] Kolka, A., Van Tulderb, R. and Kostwinderc, E. Business and partnerships for development. *European Management Journal*, vol. 26 (4), pp. 262-273, 2008.
- [14] Ming, Y., Grabot, B. and Raymond, H. A typology of the situations of cooperation in supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 67, pp 56-71, 2014.
- [15] Yong, Y., Chen-Guang, L. and Ikou K. Cooperation and leadership policies in a serial supply chain. *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 30 (1), pp. 1-7, 2011.

- [16] Hülsman, M., Grappa, J. and Li, Y. Strategic adaptivity in global supply chains - Competitive advantage by autonomous cooperation. *International Journal of Production Economics*, vol. 114 (1), pp. 14–26, 2008.
- [17] Moussawi-Haidara, L., Dbouka, W., Jaber, M. and Ibrahim H. Osman. Coordinating a three-level supply chain with delay in payments and a discounted interest rate. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 69, pp. 29-42, 2014.
- [18] Arshinder, Kanda, A. and Deshmukh, S. Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics*, vol. 115 (2), pp 316-335, 2008.
- [19] Ximin, H., Jia-Wen, G., Wai-Ki, Ch. and Tak-Kuen, S. Impact of secondary market on consumer return policies and supply chain coordination. *Omega*, vol. 45, pp. 57-70, 2014.
- [20] Ma, P., Wang, H. and Shang, J. Contract design for two-stage supply chain coordination: Integrating manufacturer-quality and retailer-marketing efforts. *International Journal of Production Economics*, vol. 146 (2), pp. 745-755, 2013.
- [21] Arya, A., Löffler, C., Mittendorf, B. and Pfeiffer, T. The middleman as a panacea for supply chain coordination problems. *European Journal of Operational Research*, vol. 240 (2), pp. 393-400, 2015.
- [22] Ashayeri, J. and Kampstra, P. Collaborative Replenishment: A Step-by-Step Approach. *Dynamic Green Logistics*, vol. 14, 2003.
- [23] Hao, H., Xinggen, W. and Hongyu, L. Research on the Collaborative Plan of Implementing High Efficient Supply Chain. *Energy Procedia*, volume 16, pp. 1118-1123, 2012.
- [24] Mei-Cao, Vonderembse, M., Zhang, O. and Ragu-Nathan, T. Supply chain collaboration: conceptualisation and instrument development. *International Journal of Production Research*, vol. 48 (22), pp. 6613-6635, 2010.
- [25] VICS (Voluntary Interindustry Commerce Standards). Business Planning, Linking CPFR and SOP: A Roadmap to Integrated Business Planning, 2010.
- [26] Alemany-Díaz, M., Alarcón-Valero, F., Lario-Esteban, F., et al. Herramienta informática para el diseño y ejecución del proceso de planificación colaborativa en cadenas de suministro (1ª parte). *Dyna*, vol. 85 (1), pp. 61-70, 2010.
- [27] Arango-Serna, M. D., Adarme-Jaimes, W. and Zapata-Cortes, J. A. Collaborative inventory in supply chain optimization. *Dyna*, vol. 181, pp. 71-80. 2013.
- [28] Ta-Ping, L., Trappey, A., Yi-Kuang, C. and Yu-Da, C. Collaborative design and analysis of supply chain network management key processes model. *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 36 (6), pp. 1503-1511, 2013.
- [29] Cano-Olivos, P., Orue-Carrasco, F., Martínez-Flores, J. L., Mayett-Moreno, Y. and López-Nava, G. Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México. *Contaduría y Administración*, próxima publicación, 2013.
- [30] Malhotra, N. Investigación de mercados, Ed. Prentice Hall México, 2008.
- [31] Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. and Baptista-Lucio, M. Metodología de la investigación, Ed. Mc Graw Hill México, 2010.
- [32] Hokey, M. and Gengui, Z. Supply chain modelling: past, present and future. *Computers & industrial engineering*, vol. 43, pp. 231-249, 2002.

- [33] Campuzano-Bolarín, F., Martínez-Caro, E. and Ros-McDonell, L. Cadenas de suministro tradicionales y colaborativas. Análisis de su influencia en la gestión de la variabilidad de la demanda. *Dyna*, vol. 85 (1), pp. 33-40, 2010.
- [34] S.M.J.-Mirzapour, A., Malekly H. and Aryanezhad, M.B. A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, vol. 134 (1), 28-42, 2011.
- [35] You, F., Wassick, J. M. and Grossmann, I. E. Risk management for a global supply chain planning under uncertainty: models and algorithms. *American Institute of Chemical Engineers Journal*, vol. 55, pp. 931-946, 2009.
- [36] Peidro, D., Mula, J., Polera, R. and Verdegayb, J.L. Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 160 (18), pp. 2640–2657, 2009.
- [37] Wang, J.L. A supply chain application of fuzzy set theory to inventory control models – DRP system analysis. *Expert Systems with Applications: an international journal*, vol. 36, pp. 9229–9239, 2009.
- [38] Yuh-Wen, C., Larbani, M. and Chen-Hao, L. Simulation of supply chain game with multiple fuzzy goals. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 161 (11), pp. 1489–1510, 2010.
- [39] Ghane, M and Jafar, M. Multi-objective design of fuzzy logic controller in supply chain. *Journal of Industrial Engineering International*, vol. 8 (10), 2012.
- [40] Peidro, D., Mula, J., Jimenez, M. and Botella, M. M. A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment. *European Journal of Operational Research*, vol. 295 (1), pp. 65-80, 2010.
- [41] Aguilar-Lasserre, A., Lafarja-Solabac, M., Hernandez-Torres, R., Posada-Gómez, R., Juárez-Martínez, U. and Fernández-Lambert, G. Expert System for Competences Evaluation 360° Feedback Using Fuzzy Logic. *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2014, pp. 18, 2014.
- [42] Adarme-Jaimes, W., Arango-Serna, M. D. and Cogollo-Flórez, J. M. Medición del desempeño para cadenas de abastecimiento en ambientes de imprecisión usando lógica difusa. *Ingeniería y Universidad* [Online]. 16 (1), 2012. [8 de noviembre de 2013] Disponible: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47723297006>.
- [43] Escobar-Gómez, E., Díaz-Núñez, J. and Taracena-Sanz L. Modelo para el ajuste de pronósticos agregados utilizando lógica difusa. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. 11(3), pp. 289-302, 2010.
- [44] Micro, pequeña, mediana y gran empresa: estratificación de los establecimientos: Censos Económicos 2009 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México, 2011.

H. Bautista-Santos es alumno del Doctorado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla y cursa el último cuatrimestre. Cursó una Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (México). Es Profesor–Investigador en el Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz (México) en el que labora desde el año 1995.

J. L. Martínez-Flores es Profesor Investigador del Posgrado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (México).

Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores nivel 1, recibió el Premio Nacional de Logística en el área Académica en el año 2013, ha publicado diversos artículos relacionados con la logística y cadena de suministro en revistas con índice JCR, además de haber dirigido más de 10 tesis doctorales y desarrollado diversos trabajos de consultoría en empresas de clase mundial.

G. Fernández-Lambert es Doctor en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro, obtuvo una mención honorífica de mérito a la investigación en su trabajo de investigación doctoral. Es Profesor–Investigador en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Veracruz (México) en el que labora desde el año 1994. Brinda asesoría a empresas exportadoras del sector agroalimentario. A publicado diversos trabajos en revistas indizadas con referencia a cadenas de suministro agroalimentarias utilizando redes neuronales, algoritmos genéticos y lógica difusa.

M. B. Bernabé-Loranca es Doctora en Investigación de Operaciones por la Universidad Nacional Autónoma de México. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores nivel 1. Ha publicado diversos artículos en el área de modelación matemática, optimización combinatoria y diseño territorial en revistas indizadas. Realizó estudios de posdoctorado en la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (México). Es Profesora–Investigadora de la facultad de Ciencias de la Computación en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (México) desde el año 1995.

F. Sánchez-Galván es Profesora–Investigadora en el Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz (México) en el que labora desde el año 1998. Cursó una Maestría en Ingeniería Industrial en el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (México) y una Maestría en Redes y Sistemas Aplicados en el Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (México). Ha desarrollado aplicaciones computacionales para elaboración de horarios en Instituciones Educativas, evaluación de Riesgo Laboral y ha publicado en revistas arbitradas y congresos internacionales.

Neyfe Sablón-Cossío es Doctora en Ciencias Técnicas por la Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas (Cuba). Brinda consultoría a diversas empresas Cubanas y es especialista en planificación colaborativa. Ha realizado diversas estancias técnicas en México, impartiendo cursos a nivel maestría. Es Profesora–Investigadora en la Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas (Cuba) en el Departamento de Ingeniería Industrial.

CAPÍTULO IV. METHODOLOGY FOR DETERMINING THE INTEGRATION LEVEL OF COLLABORATIVE SUPPLY CHAIN

Horacio Bautista-Santos¹, José Luis Martínez-Flores², María Beatriz Bernabé-Loranca³,
Diana Sánchez-Partida²

¹ Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla - Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, México. horacio_bautista@hotmail.com

² Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México.
joseluis.martinez01@upaep.mx, diana.sanchez@upaep.mx

³ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. beatriz.bernabe@gmail.com

Abstract

The supply chain integration acquires a boom today, owing the need for the companies to integrate all the processes and activities to improve their performance indicators. The supply chain integration is necessary when the communication is poor into the company, when it has different performance expectations, bad forecasts, excess inventory, poor customer service or low quality level, among others.

In this paper was developed a methodology that provides the basis for the development and implementation of an integration model of collaborative supply chains. This methodology is a part of a comprehensive research project. It will allow determine the supply chain integration level and it will detect opportunity areas in all their links. This methodology will indicate which variables that must be addressed in order to improve the global level integration in the supply chain.

Keywords

Supply chain integration, integration model, collaborative supply chains.

1. Introduction

The supply chain (SC) covers all the activities associated with the flow and transformation of goods and associated information from the raw materials phase until the end user; it's essentially a set of connected providers and customers, where each customer is as well provider for the next organization until the finished product reaches the final user [1].

Currently, it's evident that the industrial paradigm based on optimizing the processes of the SC as if they were isolated functions is obsolete, the enterprises must evolve from the industrial approach based on the internal efficiency of the processes to a paradigm oriented towards the added value that is given to the customers, having a global vision of the SC.

The factor that catalyzes these changes is without a doubt, the increment of an increasingly demanding and personalized customer demand. Furthermore, the global competition stimulates this change and obliges the manufacturers to seek new ways to produce, according to the changing and personalized needs of the market, while at the same time trying to keep the lowest production and distribution costs possible. All of that is forcing the enterprises to find new ways of collaboration that improve the integrations and synchronization of the different functions and stages of the SC of their products [2,3].

In this work we propose the methodology used in the design of a model of integration of collaborative supply chains considering the strategic, tactic and operative perspectives, that enables the enterprises to have a genuine collaboration between all the parts of the SC, with shared information and resources; lower costs because of the equilibrated operations, lower stock levels, economies of scale and the elimination of activities that don't add value, among others.

2. The Supply Chain

2.1 Traditional Supply Chain

Consists in a decentralized logistical structure where each member makes its decisions independently from the decisions of its associates. In this case, the enterprises make operational decisions to maximize their local goals and therefore emit orders based only on their own stock level without considering the situation of the other members. The only information that a generic member receives from its associates are its direct customer's orders. The providers don't interact directly with the final consumer and therefore don't know the real sales data, but the provider foresees the market tendency only in function of the orders that it receives from the retailer [4].

The lack of transparency of the market demand blocks a synergic coordination between all the actors involved in the process of creating value for the final customer. Furthermore, the product order-delivery process between retailer and provider is characterized by a set of delays because of the production and transportation costs, just as the eventual delays in the flow of information. Said delays inevitably contribute to generating asynchronous relationships and incoordination in the SC. The direct consequence is a global inefficiency of the production-distribution network.

It has been estimated that in a traditional SC where the market demand is characterized by a variability lower than 10%, the product orders can surpass the 26% of variability and in a big volume distribution, the products ordered each week to the provider can be up to five times bigger than the sales to the final consumer [5]. The traditional chain is prone to the sequels of the lack of coordination because of its structural characteristics, where only a deep reformulation of the alliances and of the coordination mechanisms can limit the appearance of the whip effect.

2.2 The Integrated Supply Chain

Consists in a centralized logistical structure, where all the members make orders in a coordinated way. The members transmit information to each other in real time about their stock levels, in-transit products and data about the sales to the consumer. The provider emits the production orders in function of the market demand, considering all the stocks of the chain as one single stock [6].

The information shared is used to generate said synchronized orders that improve the performances of the chain, creating an extended benefit for all the members. This result is attained by managing all the stocks as one single entity. By adopting the synchronization

strategy the whip effect is eliminated and the stock levels and the relative costs are reduced up to 50% without compromising the customer service [5].

The interest in the integration of the SC has constantly increased in recent years when the benefits of a collaborative rather than competitive work relationship between the organizations were recognized. The integration of the SC refers to the internal SC, concerned about managing the processes between the departments of a single organization, as well as the management of the external relationships with customers and providers for the enterprise.

In the traditional approach, the directors of the enterprises used to make the activities related to predicting the demand, purchasing, managing warehouses or planning the production in a fragmented way, such that it wasn't unusual to find them under separated functions that didn't share information. Currently the enterprises have realized the obsolescence of this approach.

Many authors consider the supply chains as a network of enterprises and activities that carry out the functions of product development, obtaining materials from the providers, moving materials between facilities, product production, distributing finished goods to the customers and after-sales service. This approach is consistent with the integrated way in that the directors from today plan and control the flow of goods and services towards to market.

The enterprises must develop their strategy (business approach) thinking about the strategic goals of the key members of the SC where the enterprise is involved. From these superior level goals, a set of detailed goals can be developed for each one of the processes of the SC. In this way, the processes of the SC would be integrated to the general management of the enterprise and control and execution measures would be provided. All the members of the SC must be aligned with the strategic goals [2-4].

3. Methodology

The methodology used to make this research project is described below:

3.1 Review of the literature to structure the theoretical framework.

In this work we proposed the measurement of the integration level in collaborative supply chains through the design and implementation of an integration model that considers the strategic, tactic and operative perspectives.

The theoretical conceptualization of the model is based on the analysis of more than 120 scientific articles published in high impact journals, made by distinct authors that have worked in SC integration topics, below we list the operative areas inside the chain on which they have focused [7-12]:

- Chain management
- Information interchange
- Negotiation
- Business plans
- Purchases
- Demand

- Stocks
- Transport
- Distribution
- Logistical network design
- Restocking
- Routing
- Exceptions

3.2 Design of the collaborative supply chains integration model.

From the bibliographic review, the variables to use in the integration model of the supply chain (ISC model) were defined as the fig. 1 shows. The strategic integration considers: the strategy of the enterprise, the information, the plans and the contracts; the tactic integration considers the demand forecast, the providers, the purchases and the stocks. The operative integration includes the distribution and the routes. The feedback of the model (performance measurement) includes the indicators and the exceptions found in the contracts[13-15].

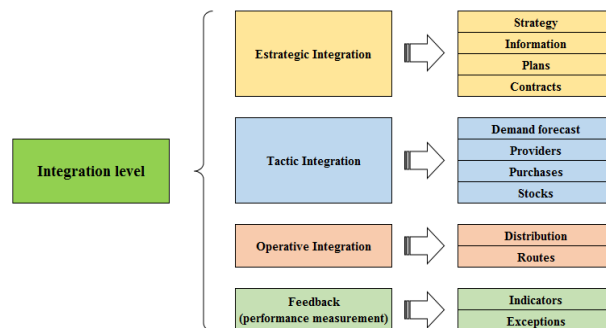


Figure 1. ISC model scheme.

Based on the scheme shown in fig. 1, a collaborative ISC model was formulated, formed by an input, a process and an output (fig. 2).

Input

Considers the SC that will be evaluated, where there is a central enterprise that seeks to integrate all the processes and actors to its strategy, objectives and plans; for which is necessary to make agreements, share information with the strategic members of the chain and determine where the chain begins and ends, in order to define the amount of actors and links. We also have as input a questionnaire that works as information to feed the model.

Process:

In this block we define three stages of the integration process of the chain:

Strategic level: it has to do with the long-term planning and the considers the business plan strategy of the enterprise, the objectives, determining and regulating the flow of information, defining the collaboration plans and the clauses of the contracts to make with the strategic members of the SC.

Tactic level: is fed by the strategic level and considers the mid-term planning, includes the demand prediction, the providers and their performance, the purchase planning and its relationship with the stock levels. The output of this level feeds the operative level.

Operative level: Considers the merchandise distribution and its traceability inside the SC; additionally, considers the vehicles routing as well.

Output

Shows the ISC level to determine if the enterprise is in the negotiation, association, cooperation, coordination or collaboration stage. The output also provides information about the strategic indicators of the SC and the exceptions found in the contracts established. The model feeds back and the indicators are used to fix the tactic and operative level deviations, while the exceptions found feedback the strategic level.

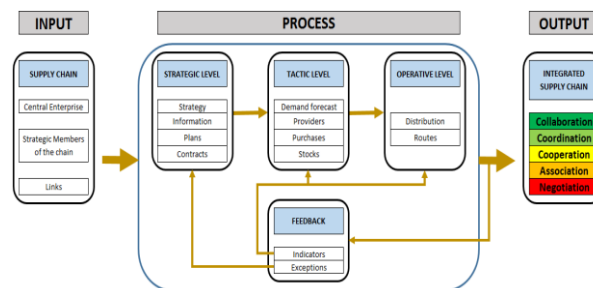


Figure 2. Proposed ISC model.

The application of this ISC model will allow the enterprises in a *strategic level*:

- Improve the joint business strategy and plan between the strategic members of the SC.
- Define and optimize the flow of information.
- Integrate and maintain updated the plans and contracts made.

In a tactic level:

- Improve the demand prediction accuracy.
- Optimize purchases.
- Reduce stocks.
- Faster reposition cycles.
- Better communication and response with the providers.
- Reduce logistics costs.

In an operative level:

- Improve the merchandise distribution planning.
- Know the location of their merchandise inside the SC.
- Optimize the merchandise distribution routes.
- Reduce the delays when fulfilling orders.

3.3 Integration Level of the Supply Chain

In table 1 the integration stages are shown, defined based on the bibliographic review to measure the level of global integration of the SC. The negotiation stage represents the lowest

integration level of the SC, while the collaboration level is the highest stage of the integration level [16-29].

Table. 1 Integration stages of the supply chain.

Integration stage	Characteristic
Collaboration	Joint planning.
Coordination	Interchange with support of the TICs.
Cooperation	Long-term contracts.
Association	Short-term economic agreements.
Negotiation	Price-focused relationship.

3.4 Implementation model

To implement the ISC model the enterprises should perform the following activities to improve the strategic integration level

- Design the strategy (business plan) of the enterprise taking into account the global functionality of the chain and the strategies proper of each member.
- Define and agree on the information that must be interchanged with the strategic members of the supply chain.
- Design the global planning of the chain as a whole with all the strategic members, considering their individual business plans.
- Design the contracts taking into account the criteria of the strategic members of the SC, considering information security clauses, rewards and penalizations.

In a tactic level:

- Having an information system between the strategic members of the supply chain that allows knowing the real sales and the adjustments of the prediction in real time in all the links of the SC.
- Standardize criteria to select providers and guide the objectives and plans of the enterprise.
- Having certified and reliable providers and evaluate them in stablished times.
- Make the purchases according to the politics, norms and procedures stablished between the enterprise and its providers, based on the production plan; make adjustments according to the needs in real time.
- Having real time information about the warehouse stocks, security, in transit and purchase orders not yet supplied, that will help them to determine when to purchase.
- Having an information system that allows knowing the products, amount and stock costs for its real time control, allowing making decisions between providers and customers.

In an operative level:

- Having a real time information system that allows planning, controlling, managing and coordinating the distribution of merchandise of every member inside the chain at the necessary moment.
- Having an information system that allows all the members of the supply chain to relate the final product with the origin of the same and the processes where it has been involved.

- Having an information system that allows planning and sharing, between the members of the chain, the most appropriate routes according to parameters such as distance, delivery times, transit flows and restrictions, among others.

For the performance measurement (feedback):

- Standardize the performance indicators that allow comparative evaluations with the competence and share them with the strategic members of the supply chain.
- Know the strategic indicators in real time of all the members of the supply chain at all moments, allowing to immediately facing the deviations detected.
- Having a real time information system where the members of the SC communicate the irregularities or deviations detected and propose and agree on joint solutions.
- Document the irregularities or deviations detected by the members of the supply chain and negotiate the inclusions of the contracts made between the strategic members of the chain.

4. Conclusions

The integration of the SC must be an approach with strategic implications for the enterprises beyond the integral logistic; its success will depend on the ability to efficiently satisfy the customers' demands. An integrated SC is the most effective method to eliminate the whip effect, allowing reaching a stock stability and high levels of customer satisfaction simultaneously.

More and more, the companies from all over the world are resorting to the SC as the latest methodology to reduce costs, increase customer satisfaction, improve the use of the assets and build new incomes. The SC management consists in the integration of these activities through the improved relationships in the chain, to acquire a sustainable competitive edge. In this definition, the SC management includes the information systems management, supply and purchases, production programming, orders processing, stock management, storing, customer service and after-sales service. Is a management approach that proposes the integration and coordination of all the key processes of the enterprise comprised between the final user and the initial providers, with the goal of creating and delivering value to that final user, in the form of finished products and services.

The implementation of this ISC model will allow, among others: a genuine collaboration between all the parts of the SC, with shared information and resources; lower costs because of equilibrated operations, lower stock levels, economies of scale, elimination of the activities that don't add value. Additionally, the performance is improved because of more precise predictions, a better planning and the improvement of the flow of materials; better customer service, with shorter delivery times, faster deliveries and more customization; standardized procedures, avoiding the duplication of efforts, information and planning.

References

Adarme-Jaimes, W., Arango-Serna, M. D. and Cogollo-Flórez, J. M. Medición del desempeño para cadenas de abastecimiento en ambientes de imprecisión usando lógica difusa. *Ingeniería y Universidad* [Online]. 16 (1), 2012. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47723297006>.

- Campuzano-Bolarín, F., Martínez-Caro, E. and Ros-McDonell, L. Cadenas de suministro tradicionales y colaborativas. Análisis de su influencia en la gestión de la variabilidad de la demanda. *Dyna*, vol. 85 (1), pp. 33-40, 2010.
- Hugos, M. Essentials of supply chain managements. Ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2003.
- Institute of Management Accountants, 1999. Implementing Integrated Supply Chain Management for Competitive Advantage. [Online]. www.imanet.org/PDFs/Public/Research/SMA/Implementing%20Integrated%20Supply%20Chain.pdf
- Holweg, M.; Disney, S.M.; Holmström, J.; Småros, J., 2005. Supply chain collaboration: making sense of the strategy continuum. *European Management Journal*, Vol. 23, núm. 2, p. 170-181.
- Mei-Cao, Vonderembse, M., Zhang, O. and Ragu-Nathan, T. Supply chain collaboration: conceptualisation and instrument development. *International Journal of Production Research*, vol. 48 (22), pp. 6613-6635, 2010.
- Peidro, D., Mula, J., Polera, R. and Verdegayb, J.L. Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 160 (18), pp. 2640–2657, 2009.
- Stevens, Graham C. Integrating the Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, vol. 19 (8), pp. 3-8, 1989.
- Wang, J.L. A supply chain application of fuzzy set theory to inventory control models – DRP system analysis. *Expert Systems with Applications: an international journal*, vol. 36, pp. 9229–9239, 2009.
- Yuh-Wen, C., Larbani, M. and Chen-Hao, L. Simulation of supply chain game with multiple fuzzy goals. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 161 (11), pp. 1489–1510, 2010.
- Escobar-Gómez, E., Díaz-Núñez, J. and Taracena-Sanz L. Modelo para el ajuste de pronósticos agregados utilizando lógica difusa. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. 11(3), pp. 289-302, 2010.
- Olugu, E. U., Yew-Wong, K. An expert fuzzy rule-based system for closed-loop supply chain performance assessment in the automotive industry. *Expert Systems with Applications*, Volume 39 (1), pp. 375–384, 2012.
- Hokey, M. and Gengui, Z. Supply chain modelling: past, present and future. *Computers & industrial engineering*, vol. 43, pp. 231-249, 2002.
- S.M.J.-Mirzapour, A., Malekly H. and Aryanezhad, M.B. A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, vol. 134 (1), 28-42, 2011.
- You, F., Wassick, J. M. and Grossmann, I. E. Risk management for a global supply chain planning under uncertainty: models and algorithms. *American Institute of Chemical Engineers Journal*, vol. 55, pp. 931-946, 2009.
- Putten, S. V., Robu, V., Poutré, H. L., Jorritsma, A., and Gal, M. Automating Supply Chain Negotiations using Autonomous Agents: a Case Study in Transportation Logistics. *AAMAS*, pp. 8-12, 2006.
- Chao, Y., Lin, H. W., and Murata, T. Negotiation Based Collaborative Planning In Two-tier Supply Chain. *Proceedings of International Multiconference of Engineers and Computer Scientists*, vol. 3, 2010.

- Kolka, A., Van Tulderb, R. and Kostwinder, E. Business and partnerships for development. *European Management Journal*, vol. 26 (4), pp. 262-273, 2008.
- Ming, Y., Grabot, B. and Raymond, H. A typology of the situations of cooperation in supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 67, pp 56-71, 2014.
- Yong, Y., Chen-Guang, L. and Ikou K. Cooperation and leadership policies in a serial supply chain. *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 30 (1), pp. 1–7, 2011.
- Hülsman, M., Grappa, J. and Li, Y. Strategic adaptivity in global supply chains - Competitive advantage by autonomous cooperation. *International Journal of Production Economics*, vol. 114 (1), pp. 14–26, 2008.
- Moussawi-Haidara, L., Dbouka, W., Jaber, M. and Ibrahim H. Osman. Coordinating a three-level supply chain with delay in payments and a discounted interest rate. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 69, pp. 29-42, 2014.
- Arshinder, Kanda, A. and Deshmukh, S. Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics*, vol. 115 (2), pp 316-335, 2008.
- Ximin, H., Jia-Wen, G., Wai-Ki, Ch. and Tak-Kuen, S. Impact of secondary market on consumer return policies and supply chain coordination. *Omega*, vol. 45, pp. 57-70, 2014.
- Ma, P., Wang, H. and Shang, J. Contract design for two-stage supply chain coordination: Integrating manufacturer-quality and retailer-marketing efforts. *International Journal of Production Economics*, vol. 146 (2), pp. 745-755, 2013.
- Arya, A., Löffler, C., Mittendorf, B. and Pfeiffer, T. The middleman as a panacea for supply chain coordination problems. *European Journal of Operational Research*, vol. 240 (2), pp. 393-400, 2015.
- Ashayeri, J. and Kampstra, P. Collaborative Replenishment: A Step-by-Step Approach. *Dynamic Green Logistics*, vol. 14, 2003.
- Hao, H., Xinggen, W. and Hongyu, L. Research on the Collaborative Plan of Implementing High Efficient Supply Chain. *Energy Procedia*, volume 16, pp. 1118-1123, 2012.
- VICS (Voluntary Interindustry Commerce Standards). *Business Planning, Linking CPFR and SOP: A Roadmap to Integrated Business Planning*, 2010.

CAPÍTULO V. A FUZZY EXPERT SYSTEM FOR THE INTEGRATION OF COLLABORATIVE SUPPLY CHAINS

Horacio Bautista-Santos¹, José Luis Martínez-Flores², María Beatriz Bernabé-Loranca³,
Diana Sánchez-Partida²

¹ Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla - Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, México. horacio_bautista@hotmail.com

² Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, México.
joseluis.martinez01@upaep.mx, diana.sanchez@upaep.mx

³ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. beatriz.bernabe@gmail.com

ABSTRACT

The integration of the supply chain has become a global operations strategy for many enterprises because it allows them to improve the customer service, minimize operative costs, synchronize the links and face the challenges of the current globalized competitiveness, improving the performance of the enterprises as a whole. In this work we present the design and implementation of an expert system for the integration of collaborative supply chains. For its implementation we designed a measurement instrument that was statistically validated and its mathematical model was formulated using fuzzy logic for its solution. The fuzzy expert system was applied in 44 small, medium and big-sized Mexican enterprises, determining their integration level and based on the results specific actions were proposed so the enterprises improve the integration level attained.

Keywords: integrated supply chain; integration levels; expert system; fuzzy logic.

1. INTRODUCTION

The supply chains (SC) encompass the enterprises and the business activities necessary to design, manufacture, deliver and use a product or service. The enterprises depend on their SC to be able to stay in the market and prosper. Each business fits into one or more SC and plays a different role in each one [1].

The goal of the integration of the supply chain (ISC) is to synchronize the customer's requirements with the flow of materials from the providers and the end of achieving a balance between the customer service, the stock investment and the unit cost of the product. The design and operation of an effective SC are of essential importance for all the enterprises [2]. In a level, the ISC deals with strategic issues, such as the integration of the internal and external business processes, the development of tight links between the associates of the channel, the management of the products and the information. As they move forward through the business and organizational frontiers; in another level, the ISC can also be a tactic and operative tool applied to the management of the operational activities in course. These activities can include: the customer service, the control of the input and output flows of materials and information, the elimination of the inefficiencies of the channels and the costs, that extend from the acquisition of raw materials to the manufacture, distribution, consuming and the final return through the channel by means of recycling or elimination [3].

The tactical and operative functions of decision making are integrated through the SC and are frequently monitored by means of specific performance indicators, set by the key members of each SC, to determine the correct operation of the same and provide feedback for the process based on the results obtained.

The efficient management of a SC to meet the required service level by the customer is very difficult, because diverse uncertainty sources exist as well as complex interrelations in the different levels between its members. Furthermore, the design of the networks of the SC is a difficult task because of the intrinsic complexity of the main subsystems of these networks and the several interactions between these subsystems. Uncertainty is found in the supply, which is related with the providers' performance because of the delays in the deliveries or raw materials out of specifications; uncertainty resulting from production processes within the enterprises and, the uncertainty in the products demand because of an inaccurate prediction [4-7].

As a way of solving the management and administration challenges in the SC, theories have arisen, approaches and methodologies that use artificial intelligence tools to obtain reliable solutions that adapt with ease to the changes of the parameters of the inaccuracy [8-14].

In this work we present the design and implementation of an expert system based on fuzzy logic that allows determining the integration level in collaborative supply chains. The article is structured in the following way: as first instance we present the introduction, in the second section we review the literature to conceptualize the theoretic sustain of the present work. In the third section we make reference to the materials and methods, where the research methodology and the scientific tools used are detailed. In section four we describe and discuss the results. At the last section the conclusions of the study are revealed; the consulted bibliographic references are also included.

2. LITERATURE REVIEW

2.1 Integration of the supply chain.

Four main premises are required for the ISC: share information, collaborate for a common prediction, make a common planning and automate the financial transactions. Additionally, tools categorized in the following five classes are needed: in the management of information about the flow of materials managed by real time exceptions, sharing documents in real time, collaborative prediction, collaborative planning and implementation of automated payments [15].

Some of the achievements that a successful SC integration provides are, among others: a genuine collaboration between all the parts of the SC, with shared information and resources; lower costs because of equilibrated operations, lower stock levels, economies of scale, elimination of non-value activities. Additionally, the performance is improved because of more precise predictions, a better planning and the improvement of the flow of materials; better customer service, with shorter delivery times, faster deliveries and more customization. Also a higher flexibility is attained, allowing the organizations to react faster to the changing conditions; standardized procedures, avoiding the duplication of efforts, information and

planning among others. A reliable quality is obtained and less inspections with integrated quality management programs [16].

From an economy perspective of the enterprise, the task of the ISC requires of the coordination of materials, the information and the financial flows with the end of fulfilling the customers' demands; the objective is improving the competitiveness, generating an integrated plan of the SC as a whole. The long term planning is the strategic objective for the design of the SC, considers the cooperation, facility localization, production systems, the facility physical distribution, among others; the planning tasks in mid-term are covered by purchases, material requirements planning, the demand (prediction) and stocks; the planning in short-term considers the transport planning, the distribution and programming of the production [17].

The ISC is developed from the negotiation stage until the collaboration stage. The market negotiations, that include discussions focused on the price and the relationships between associates and adversaries; the association where economic agreements are established; the cooperation that seeks to establish long-term contracts with other providers; the interchange coordination with the support of the information technologies (TIC); the collaboration, where the integration of the chain is manifested, the joint planning is made and the technology is shared [18,19].

The negotiations are essential in all the links of the SC, since the merchandise and products movement is guaranteed. It's important to consider variables such as providers and customers in the different levels of the chain. In the traditional chains, the negotiation was considered as a long and delicate process; currently this task has been simplified because of the use of information technologies, which have allowed the development of informatics models that allow to strategically managing the chain. There are different techniques and methods to solve the negotiation problem inside the chain, for example the multi-agents system (MAS), is a system that consists of multiple intelligent agents that interact with each other, the agents that intervene can make negotiations and reach agreements between others, the service and the level of benefits of the members of the SC are improved [20-24].

The association between enterprises represents a whole temporal link by special contracts or by economic collaboration, which introduces coordinated actions or tasks proper of behavior as economic group. The majority of the associations between enterprises are directly linked to the basic activities of the enterprises (purchasing to produce and sell) or centered in the activities of the SC or sector to which they belong. The association is constituted with the end of achieving a better constructions, services or supplies development, being possible to group societies as well as individual entrepreneurs [25].

The cooperation implies aligning the members of the SC towards a common goal and a shared purpose; the cooperation does not suggest a tight operative work relationship, but a positive attitude towards the rest of the members of the chain. Pushed by the globalization and the resulting increased competitiveness, the different enterprises that integrate the SC have understood the importance of the information interchange, the joint decision making and the cooperation; and consequently, the way of synchronizing the local activities through the

global processes and the way of establishing a collaborative relationship in the SC, allowing to identify malfunctions in the cooperation process, especially when big and small enterprises are involved [26-28].

By coordination, the degree and the way of interrelation of the different activities of the SC are identified. The coordination is based on a win-win situation for all the parts involved. A minimum coordination degree indicates autonomy and independence of the activities in every place, partly contradicting the nature of the global enterprise. On the contrary, a high coordination degree will be bigger as the globalization degree of the enterprise is higher. The most common coordination models work under centralized or decentralized schemes, activated by implicit or explicit coordination mechanisms. The coordination mechanisms are applied to minimize the total costs of the SC [29-33].

The collaboration is based on the information, functions, knowledge and business processes interchange, with the goal of creating a competitive advantage for all the participants of the business community in the SC, which includes employees, customers, providers and associates [34]. The collaboration between the associates starts when they acknowledge that the success of each member depends on the others, and on how they succeed to satisfy the final customer [19,35]. In front of the intensified global competitiveness, the enterprises make efforts to reach a bigger collaboration in the SC through the utilization of the resources and the knowledge of the main providers and valuable customers (strategic members of the SC) to reduce the uncertainty, minimize operation costs, interchanging information, taking the opportunities to learn, the creation of knowledge and improving the competitive position [36-38].

The collaboration implies a simultaneous coordination of the decisions made by the decisional centers of the same temporal level (spatial integration) [24]. The collaboration in the SC is a strategy that allows to improve the performance of the enterprises, which through joint actions obtain synergies that reduce costs, improve the customer satisfaction and faces the competitiveness challenges required to be successful in the current environment [19,39]. As the last approach of the integration levels of the supply chain, the collaboration is distinguished by the kinds of objects that are interchanged between the different domains where the collaborative planes are established, an emphasis is made on sharing concerning information to: joint business plans and strategies, objectives, contracts, providers, purchases, stocks, demand (predictions), distribution, routes, customers, indicators and the exceptions that could show up to the contracts [19,37,40].

In table 1 the integration stages are shown, defined based on the bibliographic review to measure the level of global integration of the SC, and that were used to determine the inference rules of the fuzzy expert system. The negotiation stage represents the lowest integration level of the SC, while the collaboration level is the highest stage of the integration level.

Table. 1 Integration stages of the supply chain.

Integration stage	Characteristic
Collaboration	Joint planning.
Coordination	Interchange with support of the TICs.
Cooperation	Long-term contracts.
Association	Short-term economic agreements.
Negotiation	Price-focused relationship.

2.2 Expert systems and fuzzy logic.

The expert systems emulate the behavior of a human expert on the solution of a problem; they work so they store concrete knowledge about a determined field through logic deduction of conclusions. With them an improvement in the quality and response speed is sought, giving place to a productivity increase of the enterprise [41].

Each expert system consists of two main parts: the knowledge base and the reasoning or inference motor. They can store new knowledge into relational databases and form new inductive learning rules [42].

The fuzzy logic has its roots in the fuzzy sets theory developed by Zadeh in the 60's; this theory proposes that an element always belongs in a certain way to a set and never completely belongs to it, which allows to establish an efficient way to work with uncertain data or with a subjective knowledge, and also to prepare the knowledge in form of linguistic rules towards a quantitative plane [43]; the most popular fuzzy logic systems are Mamdani and Takagi-Sugeno.

The fuzzy logic has two big components: membership functions and fuzzy rules, with their use it's possible to represent linguistic expressions as mathematical expressions; this is useful when it's necessary to model the experience of an expert [44]. The membership functions indicate the extent to which every element of a given universe, belongs to said set; this is, the membership function of a set F over a universe U will be of the form: $\mu_F: U \rightarrow [0,1]$, where $\mu_F(u) = r$, if r is the extent to which u belongs to F .

The fuzzy sets that act over discrete universes are defined as:

$$F = \{(u, \mu_F(u)) | u \in U\} \quad (1)$$

The notation for the elements associated to a discrete fuzzy set is:

$$F = \frac{\mu_F(u_1)}{u_1} + \frac{\mu_F(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{\mu_F(u_n)}{u_n} \quad (2)$$

Where $\mu_F(u)$ is the membership function of the fuzzy set F , so that it can be represented as:

$$\sum_{u \in U} \frac{\mu_F(u)}{u} \quad (3)$$

To be applied in different environments, the membership functions can take different forms according to the designer's experience and preferences. In eq. (4) the membership function for a triangular fuzzy set is shown.

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ (x - a)/(m - a), & x \in (a, m] \\ (b - x)/(b - m), & x \in (m, b) \\ 0, & x \geq b \end{cases} \quad (4)$$

At the time of determining a membership function, usually simple functions are selected, so that the calculations aren't complicated; the most used are the triangular and the trapezoidal functions. In fig. 1 the graph of a triangular membership function for a given fuzzy set is shown.

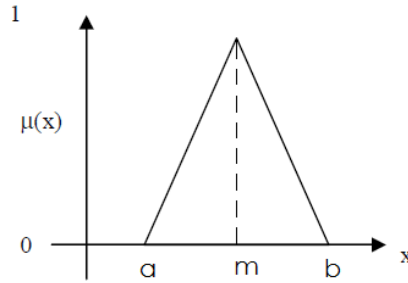


Figure 1. Triangular membership function for a fuzzy set.

The Mamdani type system (fig. 2) is formed by four blocks:

1. *Fuzzification*: the inputs of the Mamdani system are usually numerical values, which come from some sort of sensor or are the results of a process; to be able to operate this value, the Mamdani systems translate this value into a "fuzzy" value that can be operated by the inference mechanisms. This translation is made by the fuzzificator, which converts the numerical values into fuzzy values that represent the membership level of the different system variables in every fuzzy set.
2. *Fuzzy rules base*: is the way that the fuzzy Mamdani sets represent the experience and the linguistic knowledge to solve a problem. Is a set of IF-THEN sentences that contains two parts: antecedent and conclusion (given by linguistic expressions).
3. *Inference mechanism*: once the fuzzificator has translated the fuzzy values, these have to be processed to generate a fuzzy output. The task of the inference mechanism is to take fuzzy values and generate a fuzzy output based on fuzzy rules base. The inference mechanism uses the maximum-minimum criterion to calculate the output fuzzy value; in first place the input values and the fuzzy rules base are considered to determine the set of rules that become active and the related conclusions (fuzzy sets of the output variable). To know the fuzzy value of the activated rule the operations between fuzzy sets are employed, the eq. 6 is used to determine the fuzzy value of an activated rule (inference mechanism input) and the eq. 7 shows us the union to determine the fuzzy value of the set of activated rules (inference mechanism output).
4. *Defuzzification*: the inference output of the system is a fuzzy output; therefor it can't be interpreted by an external element that only operates numerical data. To make the use of these data possible, the output is translated to a numerical format by the defuzzificator, using the gravity center procedures (centroid) or averaged centers.

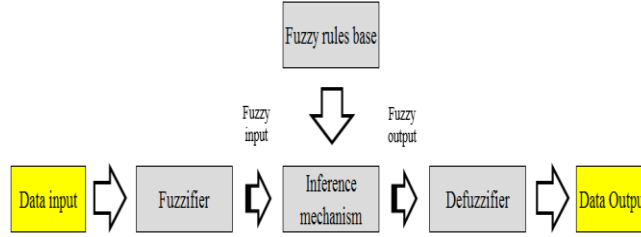


Figure 2. Mamdani type fuzzy logic system.

The centroid method is calculated as follows:

- The fuzzy output is decomposed into regular figures, according to the membership degrees of two adjacent fuzzy sets (generating triangles and rectangles is sought to ease the calculation of said areas).
- The surface is calculated for every figure obtained in part a.
- The centroid is determined for each figure.
- The total centroid (TC) is calculated according to the formula shown in eq. (8).

$$CT = \frac{\sum_{i=1}^I \{ [Superficie (A_i)] [Centroide (A_i)] \}}{\sum_{i=1}^I [Superficie (A_i)]} \quad (8)$$

- The linguistic expression is determined for the output variable according to the value of the centroid found.

Essentially, a fuzzy expert system is a structure based on knowledge, defined through a set of fuzzy rules of the IF-THEN kind (antecedent and consequent); which contain a fuzzy logic quantification of the expert's linguistic description. In this work it was determined to use the triangular functions because of the nature of the variables employed, considering that they are the functions that best adjust to the input and output data of the model. The Mamdani type fuzzy logic system was used because the antecedent as well as the consequent of the rules is given by linguistic expressions.

The defuzzification process is used to convert the inference mechanism output to information that can be interpreted by any person. In this work the gravity center method (centroid) was employed.

3. MATERIALS AND METHODS

3.1 Design of the collaborative supply chains integration model.

From the bibliographic review, the variables to use in the ISC model were defined as the fig. 3 shows. The strategic integration considers: the strategy of the enterprise, the information, the plans and the contracts; the tactic integration considers the demand forecast, the providers, the purchases and the stocks. The operative integration includes the distribution and the routes. The feedback of the model (performance measurement) includes the indicators and the exceptions found in the contracts.

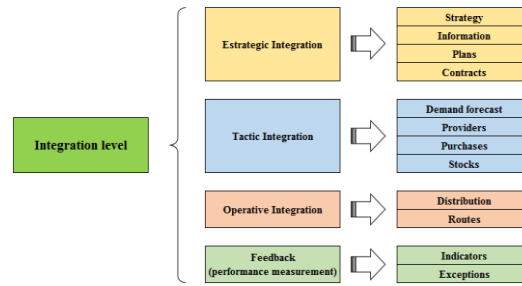


Figure 3. ISC model scheme.

Based on the scheme shown in fig. 3, a collaborative ISC model was formulated, formed by an input, a process and an output (fig. 4).

a. Input:

Considers the SC that will be evaluated, where there is a central enterprise that seeks to integrate all the processes and actors to its strategy, objectives and plans; for which is necessary to make agreements, share information with the strategic members of the chain and determine where the chain begins and ends, in order to define the amount of actors and links. We also have as input a questionnaire that works as information to feed the model.

b. Process:

In this block we define three stages of the integration process of the chain:

Strategic level: it has to do with the long-term planning and the considers the business plan strategy of the enterprise, the objectives, determining and regulating the flow of information, defining the collaboration plans and the clauses of the contracts to make with the strategic members of the SC.

Tactic level: is fed by the strategic level and considers the mid-term planning, includes the demand prediction, the providers and their performance, the purchase planning and its relationship with the stock levels. The output of this level feeds the operative level.

Operative level: Considers the merchandise distribution and its traceability inside the SC; additionally, considers the vehicles routing as well.

c. Output:

Shows the ISC level to determine if the enterprise is in the negotiation, association, cooperation, coordination or collaboration stage. The output also provides information about the strategic indicators of the SC and the exceptions found in the contracts established. The model feeds back and the indicators are used to fix the tactic and operative level deviations, while the exceptions found feedback the strategic level.

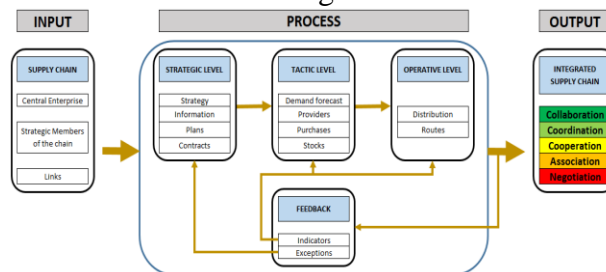


Figure 4. Proposed ISC model.

3.2 Structuration and validation of the measurement instrument.

We designed a measurement instrument in the form of a questionnaire to evaluate the ISC level, same that considers each of the variables used in the proposed model; it was fed back by academic experts from Mexico and Cuba with PhD's in Logistics, SC and Industrial Engineering; and also by personnel from the logistics and SC department of some of the enterprises surveyed.

The measurement instrument was divided into 3 sections, the first consists of general information about the surveyed enterprise and about the responsible of answering it, also it allows to know among other things the sector where the enterprise operates, profile of the surveyed person, time in the market, if they have a stablished business plan and if they have contracts with customers and providers.

In the second section there is a questionnaire that is used as input for the ISC model developed, consists of 18 multiple choice questions with a five level ordinal scale, that allow the surveyed person to quickly locate its company in an integration stage for each specific variable. The third section allows the surveyed person, to write comments that have been used to improve the instrument.

For its application we designed a computational tool programmed in java, that sends the questionnaire to different enterprises by e-mail; the tool validates that the questions are answered and that the answers are automatically sent back.

In Mexico 163,653 Economic Units exist; between small, medium and big-sized enterprises [45], to validate the input questionnaire for the ISC model we determined a sample. We obtained a calculated sample size $n = 35.759$, that was rounded up to $n = 36$ enterprises to survey. The application of the questionnaire was made between the months of May and August of 2014. The enterprises were contacted through the local commerce chambers, the Link Departments of different professional and higher education schools that provide logistics services to the enterprises. The enterprises are located in the states of Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí and Hidalgo, all of them in Mexico.

The methodology used to determine the validity and reliability of the measurement instrument was in first place, evaluating the instrument through the Cronbach alpha statistic; later an evaluation through a factorial analysis was made, with the results obtained the questionnaire was restructured and the modifications were made to the ISC model proposed [46].

The alpha coefficient calculation method requires a single administration of the measure instrument, the measure is applied and the coefficient is calculated. The desirable to create a reliable scale is that the items are correlated with each other. Values of α greater than 0.75 are considered acceptable and above 0.9 are of high reliability [47,48].

In table 2 the results obtained are shown. It can be asserted that the instrument is reliable and of global form and in each of the dimensions that form it.

Table 2. Calculated Cronbach alpha coefficient.

Applied to:	N° of elements	Items	Alpha
The entire instrument	18	All	0.970
Strategic integration	5	1, 2, 3, 4, 5	0.880
Tactic integration	6	6, 7, 8, 9, 10, 11	0.901
Operative integration	3	12, 13, 14	0.846
Feedback	4	15, 16, 17, 18	0.917

The validity of the instrument was made through a factors analysis that indicates us how many dimensions integrate a variable and what items form each dimension. The factorial analysis is a data reduction technique that is used to find homogeneous groups of variables from a numerous set of variables; the test items that don't belong to a dimension, means that they are "isolated" and their measure is not the same as the rest; therefor, they must be eliminated [47,48].

To make the analysis of the validity of the instrument (factorial analysis), in first place the calculation was made with the help of the SPSS ver. 20.0 software, of two statistics that enable to value the adaptation or adjustment goodness of the analyzed data to a factorial model: the Kaiser-Meyer-Olkin's sample adaptation measure (KMO) and the Bartlett's sphericity test.

In table 3 the results of both tests are shown, values greater than 0.6 in KMO and less than 0.05 in Bartlett justify the realization of a factorial analysis [46]; having analyzed the results we conclude that that the factorial analysis can be properly applied.

Table 3. KMO and Bartlett tests results.

Test		Result
KMO adaptation measure		0.855
Bartlett's sphericity test.	Approximated Chi-square	621.327
	G1	153
	Sig.	0.000

In the factorial analysis application the principal components method can be used, because the objective is to condense most of the original information into a number of factors for prediction purposes. The factors to extract are those that have auto-values greater than one [46]. The 18 variables of the designed instrument were analyzed; obtaining the results shown in table 4, where we observe that two factors get values greater than 1, this is the number of factors that will be removed.

In table 5 the factorial solution found is shown, contains the correlations between the original variables and each of the factors. It can be observed that excluding question P03, the rest saturate factor one inside the correlations matrix (values greater than 0.71). The question P03 is the only one that presents a significate value (0.74) in the load of factor 2.

Table 4. Total variance explained.

Factor	Initial Auto-values			Saturation Sum		
	Total	% var.	% accu.	Total	% var.	% accu.
1	12.046	66.924	66.924	12.046	66.924	66.924
2	1.045	5.808	72.732	1.045	5.808	72.732
3	0.916	5.092	77.824			
4	0.626	3.476	81.299			
5	0.564	3.134	84.434			
6	0.481	2.674	87.108			
7	0.393	2.183	89.291			
8	0.372	2.066	91.357			
9	0.306	1.702	93.059			
10	0.268	1.488	94.548			
11	0.241	1.338	95.885			
12	0.193	1.074	96.960			
13	0.152	0.844	97.804			
14	0.138	0.765	98.569			
15	0.095	0.527	99.096			
16	0.083	0.461	99.557			
17	0.051	0.285	99.842			
18	0.028	0.158	100.000			

Analyzing the results from table 5, we decided to work with only one variable named *global integration level*. To determine if the question P03 can be removed from the questionnaire, its information is excluded and the extraction process is repeated; the result (table 6) shows load levels greater than 0.71 for every factor considered as excess [46], for this reason we determined to use all questions (except for P03 that was eliminated) to feed the designed ISC model.

Table 5. Factorial solution found.

Test item	Factor		Test item	Factor	
	1	2		1	2
P15	0.904	0.060	P09	0.827	0.265
P18	0.874	-0.002	P06	0.827	0.282
P17	0.867	-0.062	P11	0.818	0.061
P16	0.866	-0.272	P10	0.811	-0.391
P07	0.865	0.038	P08	0.808	-0.221
P05	0.860	-0.026	P14	0.780	-0.094
P01	0.833	-0.253	P12	0.745	0.155
P02	0.831	-0.095	P13	0.740	-0.006
P04	0.831	0.074	P03	0.583	0.704

With the results obtained from the analysis made, we have determined the validity and reliability of the measurement instrument.

3.3 Implementation of the fuzzy expert system.

1. *Fuzzification stage*: Taking the results from the application of our questionnaire to one of the enterprises under study, for the distribution variable we have a value of 2.85 and 3.25 the routes variable. The application of eq. (4) allows us to determine the membership degree for each fuzzy set, where x = distribution.

In the fig. 7 we can see that the intersection of the two fuzzy sets for the distribution variable and its respective membership degrees.

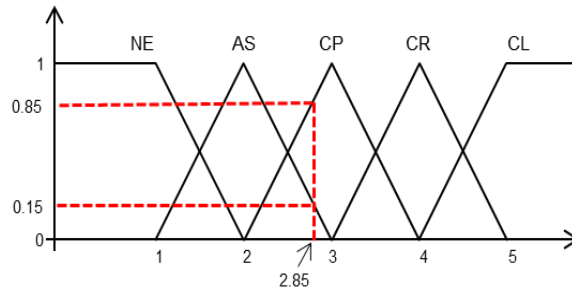


Figure 7. Fuzzification stage for the distribution variable.

Analogously, the calculations were made for the routes variable obtaining the results shown in table 8.

Table 8. Values obtained from fuzzification.

Variable: Distribution			Variable: Routes		
Valor de entrada	2.850		Valor de entrada	3.250	
Fuzzy value	<i>NE</i>	0.000	Fuzzy value	<i>NE</i>	0.000
	<i>AS</i>	0.150		<i>AS</i>	0.000
	<i>CP</i>	0.850		<i>CP</i>	0.750
	<i>CR</i>	0.000		<i>CR</i>	0.250
	<i>CL</i>	0.000		<i>CL</i>	0.000

2. *Fuzzy rules base*: this rules were defined with the help of experts, that are a way of representing appropriate strategies or techniques when the knowledge comes from experience or intuition, they are composed by linguistic variables that form the premise of the condition and a conclusion, they are written as antecedents-consequents IF-THEN sentences pairs and saved in tabular form. The combination of the linguistic tags of the fuzzy variables forms the fuzzy rules base.

The values in the cells from table 9 represent the consequent that describes each combination and corresponds to the linguistic categories or tags from the fuzzy subsets of the output variable, then: **NE** corresponds to the negotiation level, **AS** to the association level, **CP** to the cooperation level, **CR** to the coordination level, and **CL** to the collaboration level.

For example, if the distribution variable was in **NE** and the routes variable was in **CP**, then the inference rule that is activated is the number 3 (**AS**). If the distribution variable was in **CP** and the routes variable in **CR**, then the rule that becomes active would be 14 (**CR**). For the development of the expert system 275 inference rules were defined to determine the relationship between the different input variables; all the possible input combinations were considered and a conclusion was assigned to each of them.

Table 9. Inference rules for the operative integration level.

		Variable: Routes				
		NE	AS	CP	CR	CL
Variable: Distribution	NE	NE	NE	NE	AS	CP
	AS	NE	AS	AS	CP	CP
	CP	NE	AS	CP	CR	CR
	CR	AS	CP	CR	CR	CL
	CL	CP	CP	CR	CL	CL

3. *Inference mechanism*: to determine the inference rules that become active with the fuzzy inputs, the eq. (6) is applied to the 25 defined rules, taking into account the input combinations. The activated rules are the ones that generate values greater than zero.

In table 10 we can see the values generated from the application of eq. (4) for every input combination. The output of the inference mechanism is obtained by applying the eq. (7) to the inference rules according to the values from table 9:

Table 10. Values obtained from the inference mechanism.

Rule No.	Activated rule	Fuzzy value	Rule No.	Activated rule	Fuzzy value
1		0.000	14	CR	0.250
2		0.000	15		0.000
3		0.000	16		0.000
4		0.000	17		0.000
5		0.000	18		0.000
6		0.000	19		0.000
7		0.000	20		0.000
8	AS	0.150	21		0.000
9	CP	0.150	22		0.000
10		0.000	23		0.000
11		0.000	24		0.000
12		0.000	25		0.000
13	CP	0.750			

4. *Defuzzification*: to find the defuzzification value and determine the integration level, we apply eq. (8), through the following procedure:

The fuzzy output is decomposed into regular figures; according to the membership degrees of two adjacent fuzzy sets as is shown in fig. 8 (generating triangles and rectangles to ease the calculation of said areas is sought).

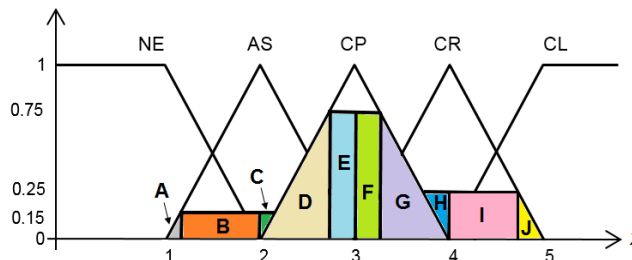


Figure 8. Decomposition of the area into regular shapes.

The total centroid (TC) is calculated according to eq. (8), obtaining a value of 3.0972, which corresponds to the linguistic variable CP (COOPERATION).

Globally, the expert system indicates the variables that need to be improved so the enterprises can improve the integration level of the supply chains where they involved.

4. Results and discussion

Once the measurement instrument was validated, the expert system for the integration of collaborative supply chains was fed with the answers from the questionnaire applied to the different enterprises, we obtained the results shown in table 11; from the 44 surveyed enterprises 11 were found in the negotiation stage, 8 in association, 8 in cooperation, 7 in coordination and 2 in collaboration. We can see that most of the valued enterprises are found in the central integration stages (AS, CP and CR), while the collaboration stage is the most difficult to reach for the enterprises.

Table 11. Integration stages obtained by the enterprise.

Integration stage	Amount of enterprises per integration stage
NE	12
AS	11
CP	10
CR	9
CL	2

Analyzing the strategic, tactic, operative levels and the feedback (measurement of the performance through indicators and exceptions) separately, we obtain the results shown in table 12; we can see that in a strategic level most of the surveyed enterprises are found in the low stages of the integration process (34 enterprises between the NE, AS and CP stages), while in a tactic and operative level and in measuring the performance they are found in the medium stages of the integration process (AS, CP and CR with an amount of 32, 32 and 28 enterprises respectively).

Although the maximum global integration level (collaboration) was reached only by 2 enterprises, in table 12 we can see that in the CL stage, in a strategic level 3 enterprises are found, 2 enterprises in a tactic level, one enterprise in operative level and 2 in the measurement of the performance and exceptions.

Table 12. Strategic, tactic and operative integration levels.

Stage	Integration			
	Strategy	Tactic	Operative	Feedback
NE	13	10	11	14
AS	16	11	13	11
CP	5	15	12	11
CR	7	6	7	6
CL	3	2	1	2

The recommendations that the expert system emitted for the enterprises to improve the strategic integration level, are the following:

- Design the strategy (business plan) of the enterprise taking into account the global functionality of the chain and the strategies proper of each member.
- Define and agree on the information that must be interchanged with the strategic members of the supply chain.
- Design the global planning of the chain as a whole with all the strategic members, considering their individual business plans.
- Design the contracts taking into account the criteria of the strategic members of the SC, considering information security clauses, rewards and penalizations.

In a tactic level it recommended:

- Having an information system between the strategic members of the supply chain that allows knowing the real sales and the adjustments of the prediction in real time in all the links of the SC.
- Standardize criteria to select providers and guide the objectives and plans of the enterprise.
- Having certified and reliable providers and evaluate them in stablished times.
- Make the purchases according to the politics, norms and procedures stablished between the enterprise and its providers, based on the production plan; make adjustments according to the needs in real time.
- Having real time information about the warehouse stocks, security, in transit and purchase orders not yet supplied, that will help them to determine when to purchase.
- Having an information system that allows knowing the products, amount and stock costs for its real time control, allowing making decisions between providers and customers.

In an operative level it recommended:

- Having a real time information system that allows planning, controlling, managing and coordinating the distribution of merchandise of every member inside the chain at the necessary moment.
- Having an information system that allows all the members of the supply chain to relate the final product with the origin of the same and the processes where it has been involved.
- Having an information system that allows planning and sharing, between the members of the chain, the most appropriate routes according to parameters such as distance, delivery times, transit flows and restrictions, among others.

For the performance measurement (feedback) it recommended:

- Standardize the performance indicators that allow comparative evaluations with the competence and share them with the strategic members of the supply chain.
- Know the strategic indicators in real time of all the members of the supply chain at all moments, allowing to immediately facing the deviations detected.
- Having a real time information system where the members of the SC communicate the irregularities or deviations detected and propose and agree on joint solutions.

- Document the irregularities or deviations detected by the members of the supply chain and negotiate the inclusions of the contracts made between the strategic members of the chain.

5. CONCLUSIONS

The integration of the SC must be an approach with strategic implications for the enterprises beyond the integral logistic; its success will depend on the ability to efficiently satisfy the customers' demands. An integrated SC is the most effective method to eliminate the whip effect, allowing reaching a stock stability and high levels of customer satisfaction simultaneously.

In this work we proposed the measurement of the integration level in collaborative supply chains through the design and implementation of an integration model that considers the strategic, tactic and operative perspectives.

The theoretical conceptualization of the model is based on the analysis of scientific articles published in high impact journals, made by distinct authors that have worked in SC integration topics, achieving to stablish the conceptual elements that allowed us to define a collaborative supply chains integration model from the strategic, tactic and operative levels; in the same way, we defined the characteristics that determine the integration stages as output of the model and their joint interaction.

The measurement instrument was statistically validated with information provided by 36 enterprises among small, medium and big-sized; the results indicate that the model can be applied to any enterprise that wishes to measure and improve the integration level of the SC where it is absorbed.

For the expert system solution we employed the fuzzy logic, which is an artificial intelligence technique, that allows to model linguistic expressions as mathematical expressions and define by experts the relationship between the variables in a quantitative plane; furthermore that it adapts with ease to the uncertainty associated to the variable used.

As a result of the application of the expert system we determined that most of the enterprises are found below the average (cooperation stage) in their integration level and they must implement actions, mostly in a strategic level (level where the lowest integration stage of the surveyed companies as a whole is). The actions must be implemented together with the strategic members of the SC and focus on improving the joint business strategy and plan, agreeing and optimizing the flow of information, and integrate and keep the plans and contracts updated according to the indicators and operative exceptions found in the contracts. As future work we will try to apply the expert system in enterprises of specific productive sectors, to verify that the model developed can be implemented in those sectors. Additionally, a computational application will be developed, with the expert system embedded, that allows the enterprises to monitor in real time their integration level and that shows them the indicators that require their attention to improve their current integration level.

REFERENCES

- [1] Hugos, M. Essentials of supply chain managements. Ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2003.
- [2] Stevens, Graham C. Integrating the Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, vol. 19 (8), pp. 3-8, 1989.
- [3] Institute of Management Accountants, 1999. Implementing Integrated Supply Chain Management for Competitive Advantage. <http://www.imanet.org/PDFs/Public/Research/SMA/Implementing%20Integrated%20Supply%20Chain.pdf>, [20/01/2014].
- [4] Hokey, M. and Gengui, Z. Supply chain modelling: past, present and future. *Computers & industrial engineering*, vol. 43, pp. 231-249, 2002.
- [5] Campuzano-Bolarín, F., Martínez-Caro, E. and Ros-McDonell, L. Cadenas de suministro tradicionales y colaborativas. Análisis de su influencia en la gestión de la variabilidad de la demanda. *Dyna*, vol. 85 (1), pp. 33-40. 2010.
- [6] S.M.J.-Mirzapour, A., Malekly H. and Aryanezhad, M.B. A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, vol. 134 (1), 28-42, 2011.
- [7] You, F., Wassick, J. M. and Grossmann, I. E. Risk management for a global supply chain planning under uncertainty: models and algorithms. *American Institute of Chemical Engineers Journal*, vol. 55, pp. 931-946, 2009.
- [8] Peidro, D., Mula, J., Polera, R. and Verdegayb, J.L. Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 160 (18), pp. 2640–2657, 2009.
- [9] Wang, J.L. A supply chain application of fuzzy set theory to inventory control models – DRP system analysis. *Expert Systems with Applications: an international journal*, vol. 36, pp. 9229–9239, 2009.
- [10] Yuh-Wen, C., Larbani, M. and Chen-Hao, L. Simulation of supply chain game with multiple fuzzy goals. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 161 (11), pp. 1489–1510, 2010.
- [11] Ghane, M and Jafar, M. Multi-objective design of fuzzy logic controller in supply chain. *Journal of Industrial Engineering International*, vol. 8 (10), 2012.
- [12] Peidro, D., Mula, J., Jimenez, M. and Botella, M. M. A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment. *European Journal of Operational Research*, vol. 295 (1), pp. 65-80, 2010.
- [13] Adarme-Jaimes, W., Arango-Serna, M. D. and Cogollo-Flórez, J. M. Medición del desempeño para cadenas de abastecimiento en ambientes de imprecisión usando lógica difusa. *Ingeniería y Universidad* [Online]. 16 (1), 2012. [8 de noviembre de 2013] Disponible: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47723297006>.
- [14] Escobar-Gómez, E., Díaz-Núñez, J. and Taracena-Sanz L. Modelo para el ajuste de pronósticos agregados utilizando lógica difusa. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, vol. 11(3), pp. 289-302, 2010.
- [15] Crespo Marquez, A. Dynamic Modelling for Supply Chain Management. Ed. Springer London, 2010, pp 171-188.
- [16] Waters, D. Logistics: an introduction to supply chain management. Ed. Plagrave Macmillan, England, 2003, pp. 27-54.

- [17] Albrecht, M. Supply Chain Coordination Mechanisms, New Approaches for Collaborative Planning, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Ed. Springer Germany, 2010, pp. 5-62.
- [18] Pires, S. y Carretero, L. Gestión de la Cadena de Suministros, Ed. Mc Graw Hill España, 2007.
- [19] Sablón-Cossio, N. Modelo de Planificación Colaborativa Estratégico en Cadenas de Suministros en Cuba. Tesis en opción al grado de Doctora en Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Matanzas: Matanzas. 2014.
- [20] Hernández, J., Mula, J., Poler, R. and Lyons, A. Collaborative Planning in Multi-tier Supply Chains Supported by a Negotiation-Based Mechanism and Multi-agent System, *Group Decision and Negotiation*, vol. 23 (2), pp 235-269, 2014.
- [21] Lopez, F., and Coelho, H. (2010). Bilateral Negotiation in a Multi-agent Supply Chain System. *EC-Web*, pp. 195-206, 2010.
- [22] Saberi, S., and Makatsoris, C. Multi agent system for negotiation in supply chain management. The 6th International Conference on Manufacturing Research (ICMR08), pp. 311-317, 2008.
- [23] Putten, S. V., Robu, V., Poutré, H. L., Jorritsma, A., and Gal, M. Automating Supply Chain Negotiations using Autonomous Agents: a Case Study in Transportation Logistics. AAMAS, pp. 8-12, 2006.
- [24] Chao, Y., Lin, H. W., and Murata, T. Negotiation Based Collaborative Planning In Two-tier Supply Chain. Proceedings of International Multiconference of Engineers and Computer Scientists, vol. 3, 2010.
- [25] Kolka, A., Van Tulderb, R. and Kostwinderc, E. Business and partnerships for development. *European Management Journal*, vol. 26 (4), pp. 262-273, 2008.
- [26] Ming, Y., Grabot, B. and Raymond, H. A typology of the situations of cooperation in supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 67, pp 56-71, 2014.
- [27] Yong, Y., Chen-Guang, L. and Ikou K. Cooperation and leadership policies in a serial supply chain. *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 30 (1), pp. 1–7, 2011.
- [28] Hülsman, M., Grappa, J. and Li, Y. Strategic adaptivity in global supply chains - Competitive advantage by autonomous cooperation. *International Journal of Production Economics*, vol. 114 (1), pp. 14–26, 2008.
- [29] Moussawi-Haidara, L., Dbouka, W., Jaber, M. and Ibrahim H. Osman. Coordinating a three-level supply chain with delay in payments and a discounted interest rate. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 69, pp. 29-42, 2014.
- [30] Arshinder, Kanda, A. and Deshmukh, S. Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics*, vol. 115 (2), pp 316-335, 2008.
- [31] Ximin, H., Jia-Wen, G., Wai-Ki, Ch. and Tak-Kuen, S. Impact of secondary market on consumer return policies and supply chain coordination. *Omega*, vol. 45, pp. 57-70, 2014.
- [32] Ma, P., Wang, H. and Shang, J. Contract design for two-stage supply chain coordination: Integrating manufacturer-quality and retailer-marketing efforts. *International Journal of Production Economics*, vol. 146 (2), pp. 745-755, 2013.
- [33] Arya, A., Löffler, C., Mittendorf, B. and Pfeiffer, T. The middleman as a panacea for supply chain coordination problems. *European Journal of Operational Research*, vol. 240 (2), pp. 393-400, 2015.

- [34] Ashayeri, J. and Kampstra, P. Collaborative Replenishment: A Step-by-Step Approach. *Dynamic Green Logistics*, vol. 14, 2003.
- [35] Hao, H., Xinggen, W. and Hongyu, L. Research on the Collaborative Plan of Implementing High Efficient Supply Chain. *Energy Procedia*, volume 16, pp. 1118-1123, 2012.
- [36] Mei-Cao, Vonderembse, M., Zhang, O. and Ragu-Nathan, T. Supply chain collaboration: conceptualisation and instrument development. *International Journal of Production Research*, vol. 48 (22), pp. 6613-6635, 2010.
- [37] VICS (Voluntary Interindustry Commerce Standards). Business Planning, Linking CPFR and SOP: A Roadmap to Integrated Business Planning, 2010.
- [38] Alemany-Díaz, M., Alarcón-Valero, F., Lario-Esteban, F., et al. Herramienta informática para el diseño y ejecución del proceso de planificación colaborativa en cadenas de suministro (1ª parte). *Dyna*, vol. 85 (1), pp. 61-70, 2010.
- [39] Arango-Serna, M. D., Adarme-Jaimes, W. and Zapata-Cortes, J. A. Collaborative inventory in supply chain optimization. *Dyna*, vol. 181, pp. 71-80. 2013.
- [40] Ta-Ping, L., Trappey, A., Yi-Kuang, C. and Yu-Da, C. Collaborative design and analysis of supply chain network management key processes model. *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 36 (6), pp. 1503-1511, 2013.
- [41] Olugu, E. U., Yew-Wong, K. An expert fuzzy rule-based system for closed-loop supply chain performance assessment in the automotive industry. *Expert Systems with Applications*, Volume 39 (1), pp. 375–384, 2012.
- [42] Jin, C., Rong, W. Modeling of expert system of quality standard in supply chain. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 27 (1), pp. 56–61, 2011.
- [43] Zadeh, L. A. Fuzzy sets. *Information and Control* Vol. 8, pp 338–353, 1965.
- [44] Aguilar-Lasserre, A., Lafarja-Solabac, M., Hernandez-Torres, R., Posada-Gómez, R., Juárez-Martínez, U. and Fernández-Lambert, G. Expert System for Competences Evaluation 360° Feedback Using Fuzzy Logic. *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2014, pp. 18, 2014.
- [45] Micro, pequeña, mediana y gran empresa: estratificación de los establecimientos: Censos Económicos 2009 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México, 2011.
- [46] Cano-Olivos, P., Orue-Carrasco, F., Martínez-Flores, J. L., Mayett-Moreno, Y. and López-Nava, G. Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México. *Contaduría y Administración*, próxima publicación, 2013.
- [47] Malhotra, N. Investigación de mercados, Ed. Prentice Hall México, 2008.
- [48] Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. and Baptista-Lucio, M. Metodología de la investigación, Ed. Mc Graw Hill México, 2010.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES

Cada vez más, las compañías de todo el mundo están acudiendo a la CS como la última metodología para reducir costos, incrementar la satisfacción del cliente, utilizar mejor los activos y construir nuevos ingresos. La gestión de la CS consiste en la integración de estas actividades a través de relaciones mejoradas en la cadena, para adquirir una ventaja competitiva sostenible; en este sentido, la integración de la CS incluye la gestión de los sistemas de información, aprovisionamiento y compras, programación de la producción, tramitación de pedidos, gestión de inventarios, almacenamiento, servicio al cliente, y servicio posventa. Es un enfoque de la gestión que propone la integración y coordinación de todos los procesos clave de la empresa comprendidos entre el usuario final y los proveedores iniciales, con el fin de crear y entregar valor a ese usuario final, en la forma de productos terminados o de servicios.

La ICS debe verse como un enfoque estratégico para las empresas, el éxito de su implementación dependerá de la habilidad de las empresas para generar alianzas colaborativas con los integrantes estratégicos de la CS. Una CS integrada es el método más efectivo para eliminar el efecto látigo, permitiendo alcanzar una estabilidad de los inventarios y simultáneamente altos niveles de satisfacción del cliente.

Para la formulación del modelo, se realizó una revisión bibliográfica sobre el estado del conocimiento de la ICS en artículos científicos publicados en revistas de alto impacto a nivel mundial, tesis doctorales y libros especializados, logrando establecer los elementos conceptuales que permitieron definir un modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas desde las perspectivas estratégica, táctica y operativa; así mismo, se definieron las variables y su interrelación conjunta. Además, se establecieron las características que determinan las etapas de integración negociación, asociación, cooperación, coordinación y colaboración, que son los niveles de salida del modelo.

Se diseñó un instrumento de medición que se validó estadísticamente con información proporcionada por 36 empresas entre pequeñas, medianas y grandes. La confiabilidad se determinó mediante el estadístico alfa de Cronbach, que brinda una medida de confiabilidad

de consistencia interna del instrumento. La evaluación de la validez se llevó a cabo mediante un análisis factorial, que nos indica cuántas dimensiones integran a una variable y qué ítems conforman cada dimensión; con los resultados obtenidos se reestructuró el cuestionario y se realizaron las adecuaciones al modelo de ICS planteado. Para la aplicación del instrumento se programó una aplicación en lenguaje JAVA que asegura que todos los ítems del instrumento sean contestados antes de ser enviadas las respuestas de forma automática por correo electrónico.

Para la resolución del modelo se empleó la lógica difusa, que es una técnica de la inteligencia artificial, que permite modelar expresiones lingüísticas como expresiones matemáticas y definir por expertos la relación entre las variables en un plano cuantitativo; además de que se adapta con facilidad a la incertidumbre asociada a las variables utilizadas.

Una vez generado el modelo de lógica difusa se construyó un sistema experto que fue alimentado con las respuestas proporcionadas por las empresas participantes, como resultado se obtuvo que la mayoría de las mismas se encuentran por debajo de la media (etapa de cooperación) en su nivel de integración y que deben de implementar acciones, sobre todo a nivel estratégico (nivel donde se encuentra la etapa de integración más baja de las empresas encuestadas en su conjunto). Las acciones se deben de implementar en conjunto con los integrantes estratégicos de la CS y enfocarse en mejorar la estrategia y el plan de negocios conjunto, acordar y optimizar el flujo de información, e integrar y mantener actualizados los planes y contratos de acuerdo a los indicadores y las excepciones operativas encontradas a los contratos.

Como trabajos futuros se buscará aplicar el sistema experto en empresas de sectores productivos específicos, para verificar que el modelo desarrollado se pueda implementar en dichos sectores. Así mismo, se desarrollará una aplicación computacional, con el sistema experto embebido, que permita a las empresas monitorear en tiempo real su nivel de integración y les muestre los indicadores que requieren su atención para mejorar su nivel de integración actual.

BIBLIOGRAFÍA:

- Adarme-Jaimes, W., Arango-Serna, M. D. and Cogollo-Flórez, J. M. Medición del desempeño para cadenas de abastecimiento en ambientes de imprecisión usando lógica difusa. *Ingeniería y Universidad* [Online]. 16 (1), 2012. [8 de noviembre de 2013] Disponible: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47723297006>.
- Albrecht, M. *Supply Chain Coordination Mechanisms, New Approaches for Collaborative Planning*, Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Ed. Springer Germany, 2010, pp. 5-62.
- Aleman-Díaz, M., Alarcón-Valero, F., Lario-Esteban, F., et al. Herramienta informática para el diseño y ejecución del proceso de planificación colaborativa en cadenas de suministro (1ª parte). *Dyna*, vol. 85 (1), pp. 61-70, 2010.
- Arango-Serna, M. D., Adarme-Jaimes, W. and Zapata-Cortes, J. A. Collaborative inventory in supply chain optimization. *Dyna*, vol. 181, pp. 71-80. 2013.
- Arshinder, Kanda, A. and Deshmukh, S. Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics*, vol. 115 (2), pp 316-335, 2008.
- Arya, A., Löffler, C., Mittendorf, B. and Pfeiffer, T. The middleman as a panacea for supply chain coordination problems. *European Journal of Operational Research*, vol. 240 (2), pp. 393-400, 2015.
- Ashayeri, J. and Kampstra, P. Collaborative Replenishment: A Step-by-Step Approach. *Dynamic Green Logistics*, vol. 14, 2003.
- Campuzano-Bolarín, F., Martínez-Caro, E. and Ros-McDonell, L. Cadenas de suministro tradicionales y colaborativas. Análisis de su influencia en la gestión de la variabilidad de la demanda. *Dyna*, vol. 85 (1), pp. 33-40. 2010.
- Cano-Olivos, P., Orue-Carrasco, F., Martínez-Flores, J. L., Mayett-Moreno, Y. and López-Nava, G. Modelo de gestión logística para pequeñas y medianas empresas en México. *Contaduría y Administración*, próxima publicación, 2013.
- Chao, Y., Lin, H. W., and Murata, T. Negotiation Based Collaborative Planning In Two-tier Supply Chain. *Proceedings of International Multiconference of Engineers and Computer Scientists*, vol. 3, 2010.
- Crespo Marquez, A. *Dynamic Modelling for Supply Chain Management*. Ed. Springer London, 2010, pp 171-188.
- Ghane, M and Jafar, M. Multi-objective design of fuzzy logic controller in supply chain. *Journal of Industrial Engineering International*, vol. 8 (10), 2012.
- Hokey, M. and Gengui, Z. Supply chain modelling: past, present and future. *Computers & industrial engineering*, vol. 43, pp. 231-249, 2002.
- Hugos, M. *Essentials of supply chain managements*. Ed. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA, 2003.
- Hernández, J., Mula, J., Poler, R. and Lyons, A. Collaborative Planning in Multi-tier Supply Chains Supported by a Negotiation-Based Mechanism and Multi-agent System, *Group Decision and Negotiation*, vol. 23 (2), pp 235-269, 2014.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. and Baptista-Lucio, M. *Metodología de la investigación*, Ed. Mc Graw Hill México, 2010.

- Hülsmanna, M., Grappa, J. and Li, Y. Strategic adaptivity in global supply chains - Competitive advantage by autonomous cooperation. *International Journal of Production Economics*, vol. 114 (1), pp. 14–26, 2008.
- Hao, H., Xinggen, W. and Hongyu, L. Research on the Collaborative Plan of Implementing High Efficient Supply Chain. *Energy Procedia*, volume 16, pp. 1118-1123, 2012.
- Institute of Management Accountants, 1999. Implementing Integrated Supply Chain Management for Competitive Advantage. Disponible: <http://www.imanet.org/PDFs/Public/Research/SMA/Implementing%20Integrated%20Supply%20Chain.pdf>, [Consulta: 20 de enero de 2014].
- Kolka, A., Van Tulderb, R. and Kostwinderc, E. Business and partnerships for development. *European Management Journal*, vol. 26 (4), pp. 262-273, 2008.
- Lopez, F., and Coelho, H. (2010). Bilateral Negotiation in a Multi-agent Supply Chain System. *EC-Web*, pp. 195-206, 2010.
- Ma, P., Wang, H. and Shang, J. Contract design for two-stage supply chain coordination: Integrating manufacturer-quality and retailer-marketing efforts. *International Journal of Production Economics*, vol. 146 (2), pp. 745-755, 2013.
- Malhotra, N. Investigación de mercados, Ed. Prentice Hall México, 2008.
- Mei-Cao, Vonderembse, M., Zhang, O. and Ragu-Nathan, T. Supply chain collaboration: conceptualisation and instrument development. *International Journal of Production Research*, vol. 48 (22), pp. 6613-6635, 2010.
- Ming, Y., Grabot, B. and Raymond, H. A typology of the situations of cooperation in supply chains. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 67, pp 56-71, 2014.
- Moussawi-Haidara, L., Dbouka, W., Jaberb, M. and Ibrahim H. Osman. Coordinating a three-level supply chain with delay in payments and a discounted interest rate. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 69, pp. 29-42, 2014.
- Peidro, D., Mula, J., Jimenez, M. and Botella, M. M. A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment. *European Journal of Operational Research*, vol. 295 (1), pp. 65-80, 2010.
- Peidro, D., Mula, J., Polera, R. and Verdegayb, J.L. Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 160 (18), pp. 2640–2657, 2009.
- Pires, S. y Carretero, L. Gestión de la Cadena de Suministros, Ed. Mc Graw Hill España, 2007.
- Putten, S. V., Robu, V., Poutré, H. L., Jorritsma, A., and Gal, M. Automating Supply Chain Negotiations using Autonomous Agents: a Case Study in Transportation Logistics. *AAMAS*, pp. 8-12, 2006.
- Saberi, S., and Makatsoris, C. Multi agent system for negotiation in supply chain management. *The 6th International Conference on Manufacturing Research (ICMR08)*, pp. 311-317, 2008.
- Sablón-Cossio, N. Modelo de Planificación Colaborativa Estratégico en Cadenas de Suministros en Cuba. Tesis en opción al grado de Doctora en Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Matanzas: Matanzas. 2014.
- Stevens, Graham C. Integrating the Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, vol. 19 (8), pp. 3-8, 1989.
- S.M.J.-Mirzapour, A., Malekly H. and Aryanezhad, M.B. A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply

- chain under uncertainty. *International Journal of Production Economics*, vol. 134 (1), 28-42, 2011.
- Ta-Ping, L., Trappey, A., Yi-Kuang, C. and Yu-Da, C. Collaborative design and analysis of supply chain network management key processes model. *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 36 (6), pp. 1503-1511, 2013.
- VICS (Voluntary Interindustry Commerce Standards). *Business Planning, Linking CPFR and SOP: A Roadmap to Integrated Business Planning*, 2010.
- Wang, J.L. A supply chain application of fuzzy set theory to inventory control models – DRP system analysis. *Expert Systems with Applications: an international journal*, vol. 36, pp. 9229–9239, 2009.
- Waters, D. *Logistics: an introduction to supply chain management*. Ed. Plagrave Macmillan, England, 2003, pp. 27-54.
- Ximin, H., Jia-Wen, G., Wai-Ki, Ch. and Tak-Kuen, S. Impact of secondary market on consumer return policies and supply chain coordination. *Omega*, vol. 45, pp. 57-70, 2014.
- Yong, Y., Chen-Guang, L. and Ikou K. Cooperation and leadership policies in a serial supply chain. *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 30 (1), pp. 1–7, 2011.
- You, F., Wassick, J. M. and Grossmann, I. E. Risk management for a global supply chain planning under uncertainty: models and algorithms. *American Institute of Chemical Engineers Journal*, vol. 55, pp. 931-946, 2009.
- Yuh-Wen, C., Larbani, M. and Chen-Hao, L. Simulation of supply chain game with multiple fuzzy goals. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 161 (11), pp. 1489–1510, 2010.

APÉNDICE:

1. Constancia de participación en el **“CONGRESO INTERNACIONAL DE LOGÍSTICA Y MARKETING LOG MARK 2013”** organizado por la **“SOCIEDAD CUBANA DE LOGÍSTICA Y MARKETING (ANEIC)”**, realizado en la Habana, Cuba, los días 21 y 22 de noviembre de 2013.
2. Correo de envío del artículo **“MODELO DE INTEGRACIÓN DE CADENAS DE SUMINISTRO COLABORATIVAS”** al journal **“DYNA COLOMBIA”** y que está en proceso de revisión.
3. Correo de aceptación del artículo **“METHODOLOGY FOR DETERMINING THE INTEGRATION LEVEL OF COLLABORATIVE SUPPLY CHAIN”** al Congreso Internacional **“Industrial and Systems Engineering Research Sessions (ISERC)”**.
4. Correo de envío del artículo **“A FUZZY EXPERT SYSTEM FOR THE INTEGRATION OF COLLABORATIVE SUPPLY CHAINS”** al journal **“THE SOUTH AFRICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING”** y que está en proceso de asignación de revisores.

**CONGRESO INTERNACIONAL DE LOGÍSTICA Y MARKETING LOG MARK
2013**

A.N.E.C. SOCIEDAD CUBANA DE LOGÍSTICA

**LA SOCIEDAD CUBANA DE LOGÍSTICA Y MARKETING
de la ASOCIACIÓN NACIONAL DE ECONOMISTAS Y
CONTADORES DE CUBA.**

OTORGAN EL PRESENTE

CERTIFICADO

A: MII. Horacio Bautista Santos, Dr. José Luis Martínez Flores, MII Fabiola Sánchez Galván y MSc. Neyfe Sablón Cossío

EN CALIDAD DE: Ponente

Por la presentación del trabajo: "Propuesta metodológica para el diseño de modelo matemático basado en lógica difusa que determine el nivel de planificación colaborativa en cadenas de suministro"

ISBN – 978 – 959 – 7191 – 72 – 8

LOG-MARK 2013

Dado en la ciudad de La Habana a los 21 días del mes de Noviembre del 2013.

Dr. Ing. Héctor C. Conejero González.
Presidente SCLM de la ANEC y del Comité Organizador del Log-Mark 2013

A.N.E.C. SOCIEDAD CUBANA DE LOGÍSTICA Y MARKETING

REVISTA DYNA UNIVERSIDAD NACIONAL MEDELLÍN
ID: 47370

[DYNA] Envío recibido

Horacio Bautista Santos:

Gracias por enviarnos su manuscrito, "Modelo de integración de cadenas de suministro colaborativas" a DYNA. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

URL del manuscrito:

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/author/submission/47370>

Nombre de usuario/o: horacio_bautista

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Coordinación Editorial

DYNA

Revista DYNA Universidad Nacional Medellín

dyna@unal.edu.co

Teléfono 4255068

<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna>

**INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING RESEARCH SESSIONS (ISERC
2015) ID: I757**

ISERC 2015 Abstract Acceptance

Dear Horacio,

Abstract ID: I757

Abstract Title: Methodology for Determining the Integration Level of Collaborative
Supply Chain

Dear Colleague,

Congratulations, the abstract that you submitted for the ISERC 2015 Conference has been
accepted! We look forward to a high-quality program of research presentations this year.

In this e-mail, you will find: (1) deadlines, (2) important notes, and (3) full paper
submission guidelines. Although paper submission is optional, we strongly urge you to
submit a paper to the conference.

Deadlines - Please note that these dates will be strictly enforced.

2015 Deadlines

Submission of papers (optional but encouraged) January 30, 2015

Notification of acceptance/declines of papers February 27, 2015

Final paper due March 13, 2015

Presenting author registration due March 22, 2015

Regards,

Program Chairs

Jennifer Ryan ryanj6@rpi.edu

Sila Cetinkaya sila@smu.edu

**THE SOUTH AFRICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING.
ID: 1154**

[SAJIE] Submission Acknowledgement

Horacio Bautista-Santos:

Thank you for submitting the manuscript, "A FUZZY EXPERT SYSTEM FOR THE INTEGRATION OF COLLABORATIVE SUPPLY CHAINS" to The South African Journal of Industrial Engineering.

With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <http://sajie.journals.ac.za/pub/author/submission/1154>
Username: horacio_bautista

Please note that your article will now be reviewed for appropriateness, language usage and formatting. It will also be tested for plagiarism. If accepted, you will be informed and will be required to pay a submission fee before the article is entered into the review process. The current submission fee is R1 000 for South African articles and \$150 for non South African articles.

Once your submission fee has been paid, two reviewers will be appointed to conduct a blind peer review.

You should also note that a publication fee is charged upon final acceptance and final publication. The publication fee is R2 000 for South African articles and \$250 for non South African articles.

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Prof Corne Schutte
The South African Journal of Industrial Engineering

South African Journal of Industrial Engineering
<http://sajie.journals.ac.za>
admin@saie.co.za

The integrity and confidentiality of this email is governed by these terms / Hierdie terme bepaal die integriteit en vertroulikheid van hierdie epos.
<http://www.sun.ac.za/emaildisclaimer>