

# Un Enfoque Basado en Modelos para la Toma de Decisiones Colaborativa en la Cadena de Suministro

M.A. Barcelona<sup>1,2</sup>, M.J. Escalona<sup>2</sup>, and I. Ramos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Aragón, c/ María de Luna 7, 50018 Zaragoza,  
mabarcelona@ita.es

<sup>2</sup> Universidad de Sevilla, Av. Reina Mercedes S/N, 41012 Sevilla,  
miguel.barcelona@iwt2.org, mjescalona@us.es, iramos@us.es

**Abstract.** En el entorno empresarial actual la colaboración en la toma de decisiones se ha convertido en un elemento clave para mejorar la competitividad. Hay numerosos estudios orientados a crear modelos formales de procesos en la CdS para analizarlos, simularlos y optimizarlos, si bien no han tenido un enfoque inter-organizacional. La ingeniería del software dirigida por modelos (*MDE*, del inglés *Model Driven Engineering*) se basa en la generación de metamodelos y en transformaciones entre los mismos. Este trabajo propone el uso de un enfoque basado en modelos para representar procesos de una CdS, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones de forma colaborativa y aplicarlo a un entorno real. En este trabajo emergente se presenta el problema a resolver, el estado del arte, la metodología que vamos a seguir y los principales resultados que esperamos obtener con nuestra investigación.

**Keywords:** Gestión de la Cadena de Suministro, Enfoque Basado en Modelos, *Supply Chain Management*, *Model Driven Engineering*

## 1 Introducción

Desde que en 1982 Oliver y Webber[1] empezaron a hablar del término gestión de la cadena de suministro (*SCM*, del inglés *Supply Chain Management*), ha habido mucho interés tanto a nivel industrial como a nivel científico. En el entorno empresarial actual, en el que existen complejas y dinámicas cadenas de suministro, cada vez las decisiones que toma una organización se ven más influenciadas por las que toman otras con las que se relaciona en una cadena de valor, por lo que es preciso colaborar en ese proceso de toma de decisiones[2]. En los últimos años se han realizado numerosos estudios encaminados a mejorar ciertos aspectos en la *SCM* mediante la generación de modelos formales de ciertas actividades y su análisis, simulación y optimización, si bien estos trabajos se han desarrollado desde la perspectiva de una organización individual y no han tenido un enfoque inter-organizacional[3].

En el problema concreto de la toma de decisiones colaborativa, entendido como el proceso de tomar decisiones conjuntamente alcanzando algún tipo de

acuerdo entre varias partes[4], se han desarrollado iniciativas si bien no hay un enfoque homogéneo y términos como integración, colaboración, cooperación y coordinación son a veces complementarios y en ocasiones contradictorios en los diversos estudios[5]. Hay trabajos que se centran en: i) mejorar la visibilidad mediante el intercambio de información, a través de estándares, plataformas y contenidos semánticos; ii) mejorar la integración de los procesos a través de su descripción formal con un enfoque distribuido; iii) definir mecanismos que permitan evaluar las mejoras que la colaboración tiene en la operativa logística y con el resto del negocio. En todos estos estudios sigue faltando una visión holística en la que las decisiones se tomen conjuntamente, algo que sigue siendo un gran reto pendiente[5].

La ingeniería del software dirigida por modelos (*MDE*, del inglés *Model Driven Engineering*) es un paradigma metodológico de desarrollo de software que se centra en la creación y explotación de modelos de dominio (es decir, representaciones abstractas de los conocimientos y las actividades que rigen un dominio de aplicación particular) y no en algoritmos[6]. El metamodelado y la transformación entre modelos son los elementos clave de *MDE*[7]. La arquitectura dirigida por modelos (*MDA*, del inglés *Model Driven Architecture*)[8] es el enfoque *MDE* propuesto y patrocinado por el Object Management Group[9], como una arquitectura que proporciona un conjunto de guías para estructurar especificaciones expresadas como modelos.

El enfoque basado en modelos para representar procesos en un dominio específico presenta una serie de ventajas como[7]: i) tener una forma común de representar procesos; ii) facilita la compatibilidad con otros formalismos; iii) disponer de herramientas de soporte para la ejecución de los mismos; iv) facilita la reutilización de modelos; v) está orientado a crear soluciones específicas de dominio y permite simular modelos como soporte a la toma de decisiones[10].

Sin embargo, a pesar de que en la literatura hay estudios que apuntan el interés futuro en la integración de las TIC o la adopción de un enfoque basado en modelos[11] [12] [13], en los trabajos existentes no han usado el potencial que el paradigma *MDE* tiene para describir procesos a través del metamodelado y de la transformación entre modelos.

Este trabajo emergente propone el uso de un enfoque basado en modelos para representar procesos de una CdS, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones de forma colaborativa y aplicarlo a un entorno real. Nuestra hipótesis de partida es que la ingeniería del software dirigida por modelos es un paradigma válido para definir, ejecutar e integrar procesos en el dominio de la logística y que puede ser utilizada como herramienta para convertir el modelado de procesos en una herramienta de apoyo a la toma de decisiones a nivel práctico[14].

El resto del artículo se estructura como sigue. En la sección 2 se presenta un análisis del estado del arte en la temática. Seguidamente el conjunto de actuaciones previstas se detallan en el apartado 3. Por último, los resultados esperados se enumeran en la sección 4.

## 2 Trabajo relacionado

En la literatura el modelado de procesos en el ámbito de la logística ha sido ampliamente trabajado, si bien en esta sección nos vamos a centrar exclusivamente en aquellos estudios que han abordado la cuestión a través de un enfoque basado en modelos, esto es, metamodelado y transformaciones entre modelos, o siguiendo *MDA*[8].

En primer lugar, existen un conjunto de iniciativas que han propuesto lenguajes para crear modelos, pero que no han profundizado en niveles jerárquicos de meta-metamodelado o en la transformación entre modelos. En 2012 Lu et al.[15] combinan UML y redes de Petri para modelar los procesos de negocio de las CdS de empresas virtuales y luego simular como soporte a la toma de decisiones. En 2012 Tounsi et al.[16] propusieron un metamodelo genérico de aplicación a la CdS que, siguiendo un proceso incremental permite la incorporación de los conceptos, la estructura y las relaciones. Incluyen a su vez el comportamiento dinámico dentro del metamodelo, para lo que utilizan el paradigma de sistemas multiagente. Su enfoque se basa en modelar la cadena desde distintos puntos de vista, a nivel de producto, estructura de la red y procesos. En 2011 Zdravkovic et al.[17] extienden el modelo de referencia SCOR para darle contenido semántico y así poder formalizar la operativa en la CdS. En 2009 Chatfield et al.[18] desarrollaron un lenguaje (SCML), basado en XML, para modelar a nivel cuantitativo la información para mejorar la toma de decisiones operativas en la CdS. En 2007 Hohgxiu et al.[19] presentan un procedimiento para modelar procesos de negocio, un metamodelo para definirlos y una herramienta de soporte, orientado a la colaboración entre empresas. Su propuesta se basa en UML y soporta los requisitos para modelar procesos distribuidos. En 2006 Pundorr et al.[20] proponen un enfoque jerárquico para modelar y simular las operaciones en la CdS utilizando el modelo SCOR, aunque la coordinación de procesos es más a nivel de detalle de los modelos (verticalmente) que a nivel de cooperación entre los participantes de la CdS (horizontal).

Seguidamente presentamos iniciativas que han seguido un enfoque *MDA* para abordar el modelado de procesos en la CdS, aunque no han cubierto en su totalidad el problema de la toma de decisiones colaborativa, quedándose en el intercambio de información o en la simulación como paso previo a tomar decisiones en la práctica. En 2013 Jardim-Goncalves et al.[21] facilitan el intercambio de datos en la industria del mueble, extendiendo la norma ISO 10303. Siguen el paradigma *MDA* aunque su aplicación se centra exclusivamente en el intercambio de información. En 2010 Zhang et al.[22] proponen un lenguaje específico de dominio visual orientado al modelado y simulación de operaciones en la CdS para PYMEs, como herramienta para dar soporte a las decisiones relacionadas con el diseño de una red, si bien el lenguaje y los metamodelos no son presentados. En 2005 Shi et al.[23] persiguen mejorar la comunicación entre el experto de la tecnología y el del proceso de negocio, siguiendo un enfoque *MDA* y en el que se centran en mostrar el valor que tiene el intercambio de información entre los diversos participantes.

Por último mostramos una serie de trabajos que se aproximan a nuestros objetivos, si bien hemos encontrado que su enfoque es demasiado complejo y hace que se aleje de su potencial aplicación práctica y hasta nuestro conocimiento no han tenido continuidad, aunque evidentemente deben ser considerados como punto de partida de nuestro trabajo. En 2008 Choi et al.[24] proponen VECCF (Virtual Enterprise Chain Collaboration Framework), un marco de trabajo basado en el paradigma MDA, que permite describir los procesos de negocio de los participantes en una cadena de valor, presentando como caso práctico un marco de colaboración en CdS. En 2006 Roser et al.[25] proponen el uso de *MDA* para mejorar la interoperabilidad entre empresas desarrollando arquitecturas y herramientas para dar soporte al diseño de procesos de negocio extremo a extremo. Su objetivo es desarrollar modelos ejecutables de colaboraciones entre empresas basados en modelos y en arquitecturas software.

### 3 Plan de trabajo

Para poder alcanzar los resultados anteriores, se plantean las siguientes actividades como líneas de trabajo:

- **T1:** Realizar una revisión sistemática de la literatura para conocer qué estudios se han llevado a cabo en la aplicación del paradigma basado en modelos en el ámbito de la toma de decisiones colaborativa en la cadena de suministro.
- **T2:** Elaborar un caso de estudio real para determinar las necesidades que debe cubrir un modelo de procesos logísticos para facilitar la toma de decisiones colaborativa de forma práctica.
- **T3:** Analizar qué tendencias o estándares en el campo de la logística pueden ser de utilidad para definir nuestros modelos. En particular se plantea un análisis del modelo de referencia SCOR(Supply chain operations reference model)[26], las técnicas para describir procesos de negocio y los métodos formales que han sido usados tradicionalmente para modelar, simular y tomar decisiones en la operativa logística con un enfoque individual.
- **T4:** Analizar qué paradigmas basado en modelos pueden ser de aplicación en la logística y seleccionar el más apropiado para satisfacer las necesidades anteriormente definidas[27]. En particular, se plantea la aplicación del lenguaje unificado de modelado (*Unified Modeling Language, UML v2.4.1*)[28], la Facilidad Meta-Objetos (*OMG's MetaObject Facility, MOF*)[29], y el paradigma de los lenguajes específicos de dominio (*Domain-Specific Languages, DSL*)[30].
- **T5:** En base al paradigma *MDE* seleccionado, construir un meta-metamodelo para crear metamodelos de procesos logísticos.
- **T6:** En base al meta-metamodelo anterior, construir un metamodelo que permita crear modelos de procesos logísticos.
- **T7:** Desarrollar una herramienta basada en modelos que facilite el modelado formal de procesos logísticos en base a los metamodelos anteriores.
- **T8:** Desplegar un caso práctico para elicitar los requisitos para ejecutar los procesos logísticos con soporte de una infraestructura computacional.

- **T9:** Analizar, seleccionar y adaptar las tecnologías existentes que pueden facilitar la ejecución de procesos. En particular haremos un vínculo con aquellas que están siendo utilizadas en el campo de la ejecución de procesos software[31].
- **T10:** Desplegar en un caso real los modelos y herramientas anteriores como mecanismo de validación práctico de las propuestas presentadas y definir las líneas futuras de trabajo en la temática.

## 4 Resultados esperados

Al finalizar el presente trabajo de investigación se plantean tener los siguientes resultados:

- Disponer de un meta-metamodelo que permita crear metamodelos de procesos logísticos.
- Disponer de una herramienta que permita definir metamodelos y modelos de procesos logísticos en base a los lenguajes definidos.
- Integrar herramientas que faciliten la ejecución de los procesos logísticos definidos en un entorno real para mejorar la toma de decisiones colaborativa.
- Tener un conocimiento validado, de forma empírica, del despliegue de los lenguajes y metalenguajes definidos en un entorno real.

## Agradecimientos

Esta investigación ha sido parcialmente financiada por el proyecto NDTQ Framework (TIC5789) de la Junta de Andalucía, el proyecto TEMPROS (Testing Temprano y Modelos de Simulación Híbrida en la Producción de Software) del Ministerio de Educación y Ciencia (TIN201020057C0302) y el proyecto MIDAS (Model and Inference Driven Automated testing of Services Architectures) del Séptimo Programa Marco (FP7-ICT-2012-8/318786).

## References

1. Oliver, R.K., Webber, M.D.: Supply-chain management: logistics catches up with strategy. (1982)
2. Stock, J.R.: A research view of supply chain management: Developments and topics for exploration. (2009)
3. Badole, C.M., Jain, D.R., Rathore, D.A., Nepal, D.B.: Research and opportunities in supply chain modeling: A review. (2013)
4. Noordin, N.A., Bititci, U.S., Van Der Meer, R.: Review on collaborative decision making in supply chain: The relationship between e-collaboration technology and development of inter-organizational trust. (2012)
5. Arshinder, K., Kanda, A., Deshmukh, S.: A review on supply chain coordination: Coordination mechanisms, managing uncertainty and research directions. (2011)
6. Schmidt, D.C.: Model-driven engineering. (2006)

7. Cetinkaya, D., Verbraeck, A.: Metamodeling and model transformations in modeling and simulation. (2011)
8. Soley, R., et al.: Model driven architecture. (2000)
9. OMG: Object management group, <http://www.omg.org>, accessed 2013-06-20
10. Mohagheghi, P., Gilani, W., Stefanescu, A., Fernandez, M.A.: An empirical study of the state of the practice and acceptance of model-driven engineering in four industrial cases. (2013)
11. Min, H., Zhou, G.: Supply chain modeling: past, present and future. (2002)
12. Perego, A., Perotti, S., Mangiaracina, R.: Ict for logistics and freight transportation: a literature review and research agenda. (2011)
13. Pires, S.R., de Camargo Junior, J.B.: Using cloud computing to integrate processes in the supply chain. (2010)
14. Semini, M., Fauske, H., Gran, E.: Use of model-driven decision support methods for supply chain design. (2011)
15. Lu, M., Zhao, H.: Modeling and analysis of the business process of the supply chain of virtual enterprises. (2012)
16. Tounsi, J., Habchi, G., Boissière, J., Azaïez, S.: A multi-agent knowledge model for smes mechatronic supply chains. (2012)
17. Zdravkovic, M., Panetto, H., Trajanovic, M., Aubry, A.: An approach for formalising the supply chain operations. (2011)
18. Chatfield, D.C., Harrison, T.P., Hayya, J.C.: Scml: An information framework to support supply chain modeling. (2009)
19. Hongxiu, W., Gang, W., Xiaoxian, W., Guoan, G.: Business process modeling for multi-enterprise cooperation. (2007)
20. Pundoor, G., Herrmann, J.W.: A hierarchical approach to supply chain simulation modelling using the supply chain operations reference model. *International journal of simulation and process modelling* (2006)
21. Jardim-Goncalves, R., Agostinho, C., Sarraipa, J., Grilo, A., Mendonça, J.P.: Reference framework for enhanced interoperable collaborative networks in industrial organisations. (2013)
22. Zhang, R., Hosking, J., Grundy, J., Mehandjiev, N., Carpenter, M.: Design of a suite of visual languages for supply chain specification. (2010)
23. Shi, X., Han, W., Huang, Y., Li, Y.: Service-oriented business solution development driven by process model. (2005)
24. Choi, Y., Kang, D., Chae, H., Kim, K.: An enterprise architecture framework for collaboration of virtual enterprise chains. (2008)
25. Roser, S., Bauer, B., Muller, J.P.: Model-and architecture-driven development in the context of cross-enterprise business process engineering. (2006)
26. Council, S.C.: Supply chain operations reference model. (2008)
27. Dalgarno, M., Fowler, M.: Uml vs. domain-specific languages. (2008)
28. UML: Unified modeling language 2.4.1 specification, <http://www.omg.org/spec/uml/2.4.1/>, accessed 2013-04-05
29. OMG: Omg's metaobject facility, <http://www.omg.org/mof>, accessed 2013-06-20
30. Chen, K., Sztipanovits, J., Neema, S.: Towards formalizing domain-specific modeling languages. (2004)
31. García-Borgoñon, L., García-García, J.A., Ortega, M.A., Escalona, M.J.: Software process management: A model-based approach. In: 21st International Conference on Information Systems Development. (2012)