

## **Gestión por procesos y definición de indicadores para un agente participante en la Trading Agent Competition SCM**

**Juan José Laviós Villahoz<sup>1</sup>, Ricardo del Olmo Martínez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Dpto. de Ingeniería Civil, Área de Organización de Empresas. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos. Calle Villadiego, s/n 09001. Burgos. [jjlavios@ubu.es](mailto:jjlavios@ubu.es), [rdelolmo@ubu.es](mailto:rdelolmo@ubu.es)

### **Resumen**

*La Trading Agent Competition TAC SCM es una competición entre agentes software que funcionan de forma autónoma y que compiten dentro de un entorno que simula el comportamiento de una cadena de suministro. En este trabajo se describe la metodología que se ha utilizado para el análisis de los procesos que ha de realizar un agente que participe en la competición. Primero se describirá el proceso de definición del agente siguiendo un enfoque de gestión de procesos para pasar posteriormente a la descripción de cómo se ha realizado la aplicación de este enfoque a la definición del funcionamiento del agente, finalizando con la descripción del método utilizado para definir los indicadores de cada uno de los procesos del agente*

**Palabras clave:** Modelado Multiagente, Gestión por procesos, TAC SCM

### **1. Trading Agent Competition SCM**

TAC SCM es una competición entre agentes software que se viene celebrando desde el año 2003 (<http://www.sics.se>). Esta competición pretende el desarrollo de agentes software autónomos, sin intervención humana en sus decisiones, que participen en una cadena de suministro funcionando de forma coordinada y simultánea en mercados interrelacionados: los mercados de venta de productos a clientes y los de compra de componentes a proveedores. Se trata de conseguir agentes software que desarrollen las mejores estrategias en un mercado electrónico (Sadeh *et al* 2003).

El funcionamiento de la competición es el siguiente: En cada juego de la competición participan seis agentes. Cada agente representa un fabricante de ordenadores personales que compite de forma simultánea en el mercado de ordenadores personales como vendedor y en el mercado de componentes como cliente. Tanto la compra de componentes como la venta de productos terminados se realiza mediante RFQs (Request for Quotes) en las que se indican la cantidad solicitada del producto, la fecha de entrega y el precio máximo que se estaría dispuesto a pagar (precio de reserva). Los retrasos en las entregas a clientes suponen una penalización económica. El agente ganador es el que obtiene un mayor beneficio monetario en el juego, obtenido como la diferencia entre las ventas realizadas y los costes de compra de componentes, costes de mantenimiento de inventario y penalizaciones por retrasos en las entregas.

En este trabajo se realiza un estudio de los procesos que debe realizar un agente a lo largo de la competición así como de la definición de los indicadores más adecuados para su gestión. Primero se describirá el proceso de definición del agente siguiendo un enfoque de gestión de procesos para pasar posteriormente a la descripción de cómo se ha realizado la aplicación de

este enfoque a la definición del funcionamiento del agente, finalizando con la descripción del método utilizado para definir los indicadores de cada uno de los procesos del agente.

## 2. Definición del agente siguiendo un enfoque de Gestión por Procesos

La *gestión por procesos* se basa en el modelado de los sistemas como un conjunto de procesos interrelacionados mediante vínculos cliente-proveedor. Un proceso es una secuencia de acciones relacionadas y orientadas a generar valor añadido sobre las entradas, teniendo como resultado salidas que satisfacen al cliente.

El propósito final de la *gestión por procesos* es asegurar que todos los procesos de una organización se desarrollan de forma coordinada, mejorando la eficiencia y eficacia de todas las partes interesadas.

Para definir el agente desde un enfoque de gestión por procesos se han seguido los siguientes pasos:

1º Definición de la misión y de los factores críticos de éxito. La misión es el objetivo final que ha de conseguir el agente, su razón de ser. Los factores críticos de éxito son aquellos que posibilitan la obtención del objetivo fijado en la misión.

2º Definición y clasificación de los procesos. Determinación de sus relaciones. Mapa de procesos.

3º Descripción detallada de los procesos. Se analizan cuáles son las entradas y salidas a cada proceso y que proceso de transformación se produce. También se estudian los parámetros de funcionamiento y los indicadores de control con el fin de alcanzar los factores críticos de éxito.

## 3. Misión y factores críticos de éxito del agente

El objetivo final del agente es quedar en primera posición en cada uno de los juegos en los que participa en la competición TAC SCM. Para poder lograrlo ha de conseguir obtener el máximo beneficio monetario al finalizar el juego.

Se han estudiado cuales son los factores que posibilitan al agente lograr este objetivo. Estos son los *factores críticos de éxito (FCE)*. Se han encontrado que son los siguientes:

- Cumplimiento en las entregas. Las reglas del juego hacen que cada día de retraso en la entrega de un pedido suponga una fuerte penalización. Este es un alto coste que el agente deberá evitar.
- Aprovechamiento máximo de la capacidad de producción. Con el fin de poder utilizar todo el potencial de producción del que dispone, el agente deberá tratar de tener unos niveles de ocupación lo más elevado posible, aunque siempre teniendo en cuenta las necesidades reales del mercado.

- Bajos costes de mantenimiento de inventario. El agente tratará de mantener por todos los medios el inventario mínimo necesario para tener un funcionamiento adecuado. Cada unidad almacenada supone un coste de mantenimiento de inventario, fijado de forma explícita en las normas, y un coste por el capital utilizado, también fijado en las normas.
- Compra de componentes a precios bajos. El agente tratará de obtener los componentes al mínimo precio que permita el mercado. El precio de mercado de los componentes varía diariamente.
- Precio de venta máximo que permita el mercado. Los clientes fijan un precio reserva en cada RFQ que lanzan. Es el precio de máximo que están dispuestos a pagar. El precio de reserva determinará el beneficio potencial máximo que podría obtenerse con cada RFQ. Sin embargo, como existen otros agentes competidores que podrán ofertar a un precio más bajo, el beneficio final obtenido por el agente será menor. Obtendrá la RFQ aquel que oferte un precio menor.
- Reacción ante los cambios de tendencia en la demanda. El agente deberá adaptarse a los aumentos o disminuciones de los niveles de demanda que se produzcan en el mercado. Estos cambios afectarán a los procesos de compra de componentes, de producción y de venta.

#### **4. Definición y clasificación de los procesos. Determinación de sus relaciones. Mapa de procesos**

Se ha realizado un análisis de las tareas que debe llevar a cabo un agente que participe en la en la competición. Para ello se ha estudiado alguno de los agentes que han participado en las últimas ediciones (Sadeh *et al* 2003; Ketter *et al* 2004; He *et al* 2006; Kiekintveld *et al* 2006; Pardoe and Stone 2006). Estos procesos han sido agrupados en tres niveles:

- Procesos estratégicos: son aquellos que están vinculados a detección de las variables de mercado de compra y de venta, y a la determinación de las políticas más adecuadas que deberá llevar el agente en cada caso.
- Procesos operativos: Son los procesos que están directamente implicados en la realización del producto que proporciona la empresa. Engloba los procesos de venta, aprovisionamiento, producción y distribución.
- Procesos de apoyo: Son actividades que dan soporte a los otros procesos.

El proceso seguido ha sido primero la identificación y clasificación de los procesos, determinación de sus relaciones y su representación gráfica mediante el mapa de procesos.

##### **4.1. Procesos estratégicos**

Tienen una importancia fundamental en el funcionamiento del agente. Estos procesos van a estar involucrados en el seguimiento y en la adaptación del comportamiento del agente al entorno. Hemos determinado dos procesos estratégicos básicos:

*Proceso estratégico de negociación.* Su papel será detectar cuáles son las condiciones de mercado. Se debe realizar un análisis de la oferta y la demanda, y determinar los márgenes de beneficio que debe aplicar el agente. Para ello considerará los niveles de demanda en el mercado de clientes (alto/ medio/ bajo). Evaluará si la demanda total supera o no la capacidad de producción diaria del conjunto de agentes competidores, y comprobará la disponibilidad de capacidad libre de proveedores.

*Proceso estratégico de producción.* Su papel es establecer el valor de las variables de funcionamiento del sistema de gestión de la producción (stock de seguridad, niveles de inventario medio, reglas de prioridad a utilizar,...) en función de las condiciones de mercado de clientes y de proveedores. Por ejemplo, unos niveles altos de demanda de clientes sumados a niveles de ocupación de línea elevados de los proveedores, dará lugar previsiblemente a aumento en los retrasos en las entregas de componentes, y será necesaria aumentar los niveles de stock de seguridad.

En los procesos de este nivel sería adecuado aplicar técnicas de Inteligencia Artificial, tal y como sugiere (Ballou 2004), que mediante el reconocimiento de patrones, de forma que se detecten tendencias de desempeño o variaciones respecto de los estándares, el agente debería aplicar respuestas correctoras apropiadas.

## **4.2. Procesos operativos**

Se han identificado los siguientes procesos operativos que el agente debe llevar a cabo:

*Proceso de negociación con clientes.* Es el proceso encargado de dar respuesta a las necesidades generadas en el mercado. Esto se traduce en el lanzamiento diario por parte de los clientes de una serie de RFQs donde se indica la referencia del producto a comprar, la cantidad requerida, el día de entrega requerido y el precio que está dispuesto a pagar.

Este proceso se subdivide en dos fases: En la primera fase el agente deberá evaluar las ofertas lanzadas por los clientes. De las RFQs lanzadas al mercado un día determinado el agente no tiene que responder necesariamente a todas. Es más, deberá considerar todas sus restricciones y determinar la viabilidad de cada RFQ. Estas restricciones vienen dadas por:

- La capacidad: el agente debe disponer de capacidad libre de producción suficiente para poder ensamblar el producto y entregarlo el día comprometido.
- Materiales: el agente debe disponer de los componentes necesarios para poder fabricar el producto o debe poder adquirirlos mediante su compra a los proveedores.
- Beneficio obtenido en la RFQ. El agente deberá tener en cuenta el coste que le supone producir cada unidad de producto solicitada y considerar si le interesa responder con una oferta a la RFQ considerando el precio de reserva marcado en la misma.

La segunda fase del proceso de negociación con clientes será realizar el lanzamiento de las ofertas respondiendo al conjunto de RFQs seleccionadas en el paso anterior. Aquí se trata de establecer un precio ofertado para cada una de las RFQs teniendo en cuenta que se quiere obtener el máximo beneficio posible (idealmente se ofertaría por el precio de reserva marcado por el cliente) y que existen otros agentes compitiendo, por lo que el precio ofertado deberá ser menor.

*Proceso de planificación de la producción.* Este proceso es el que va a permitir determinar planificar qué se va a producir cada día. Se tendrá que considerar que la capacidad de producción está limitada, los componentes de los que se dispone y las entregas de pedidos comprometidos para los próximos días.

*Proceso de planificación de entregas a clientes.* Este proceso permite determinar los pedidos que van a ser entregados a los clientes. Se considerará la disponibilidad de productos terminados, los pedidos con retraso y sus penalizaciones, los pedidos pendientes de entrega inmediata, así como pedidos pendiente con fecha de entrega futura. El objetivo de este proceso es reducir al máximo los costes de penalización por retraso.

*Proceso de planificación de necesidades de componentes.* Este proceso está directamente ligado con el proceso de planificación de la producción. Es el proceso mediante el que se prevén cuales van a ser las necesidades futuras de componentes. Proporcionará al proceso de negociación con proveedores la información que utilizará como base.

*Proceso de negociación con proveedores.* Es el proceso por el que se trata de cubrir las necesidades de componentes con el objetivo de minimizar el coste total de adquisición. Este coste es la suma del precio de compra de los componentes más el coste de mantenimiento de stock. En este proceso se determinará en qué momento se deben lanzar las RFQs de compra a los proveedores y qué cantidad se solicita (*proceso de lanzamiento de RFQs*). Una vez recibidas las ofertas de los proveedores para cada RFQ enviada, el agente escogerá aquella que más le conviene (*proceso de evaluación de ofertas de proveedores*). El agente tendrá en cuenta el precio ofertado y el factor de reputación Este factor hace que si un determinado agente rechaza un porcentaje de ofertas elevado, el proveedor le penalizará ofertándole posteriormente precios más altos que al resto de agentes participantes.

### **4.3. Procesos de apoyo**

Los procesos operativos realizan operaciones no directamente implicadas en el proceso productivo. Los procesos que hemos encontrado son:

*Proceso de previsión de la demanda.* Este proceso le permitirá al agente prever la evolución de la demanda teniendo en cuenta que sigue una distribución de poisson con media variable a lo largo del tiempo.

*Proceso de seguimiento de proveedores.* En la competición, los proveedores determinan su precio en función la capacidad de producción libre de la que disponen. Este proceso tratará de estimar diariamente la capacidad libre del proveedor de forma que sea posible determinar cuáles son los momentos óptimos para realizar un pedido.

### **4.4. Mapa de procesos**

El mapa de procesos permite representar gráficamente la estructura de procesos que debe realizar el agente. Refleja los procesos y sus interrelaciones. Para su realización se ha partido inicialmente de la secuencia marcada por los procesos operativos, identificando para cada uno las relaciones cliente/ proveedor que se producen, para complementarlo posteriormente con los procesos estratégicos y los procesos de apoyo. El resultado aparece en la figura 1.

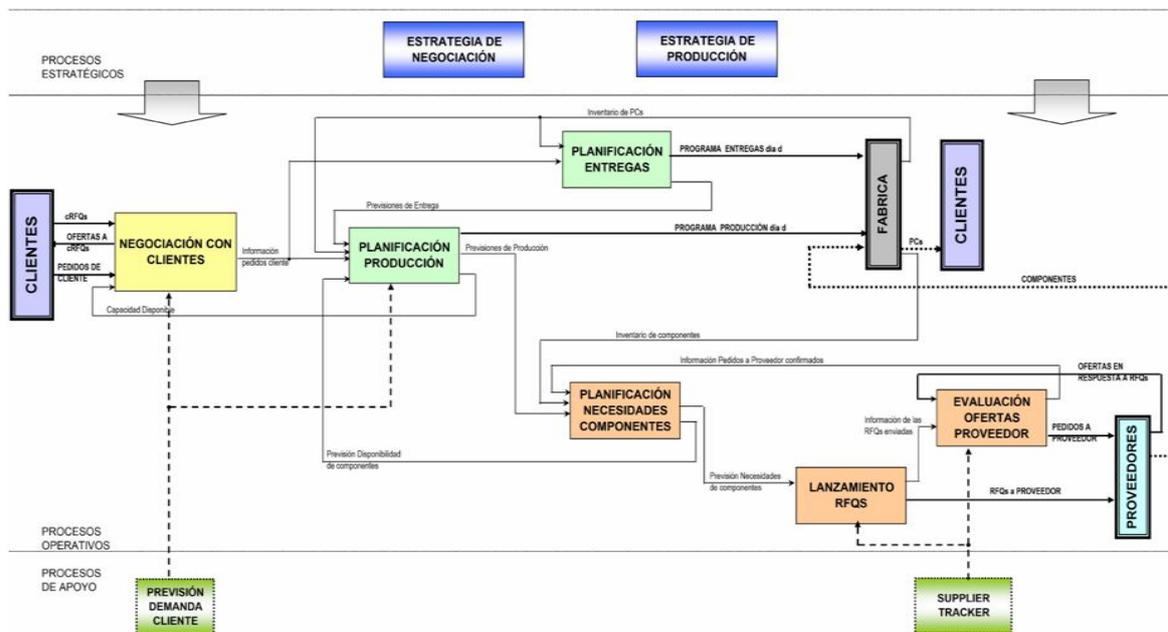


Figura 1. Mapa de los procesos internos del Agente

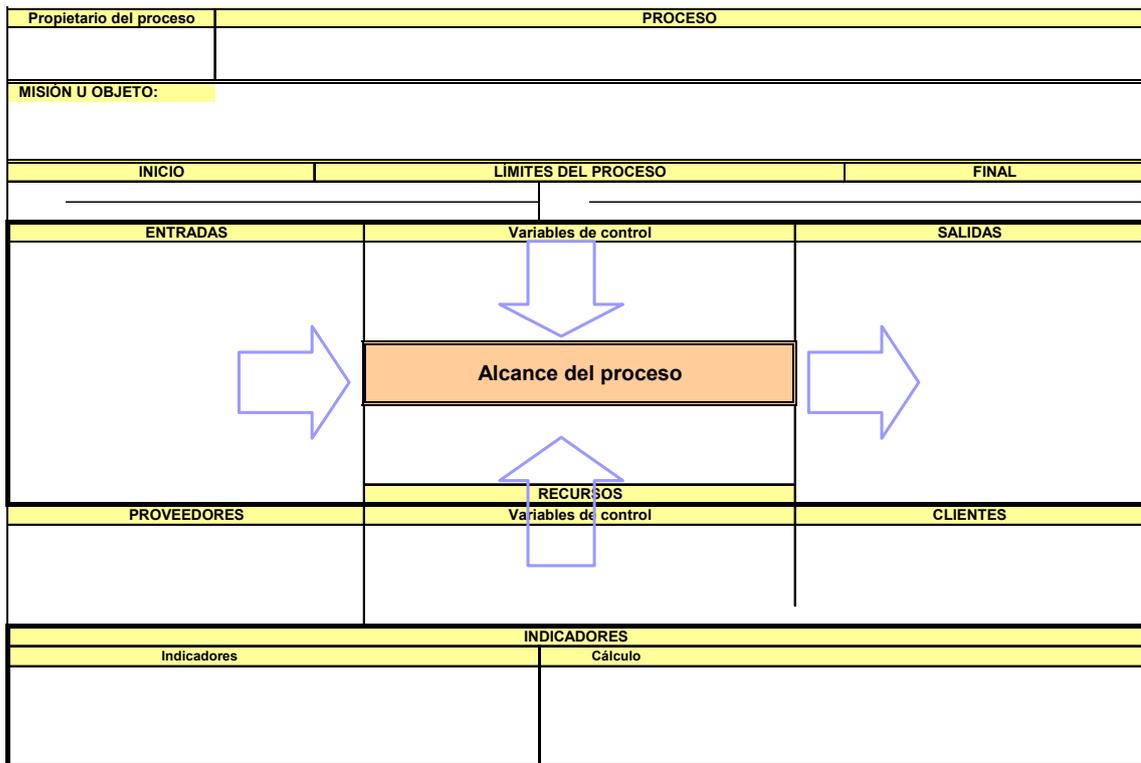
## 5. Descripción de los procesos

Una vez definido el mapa de procesos será necesario describir con más detalle cada uno de los procesos que forman parte del sistema. Esta descripción va a servir para determinar los métodos y los criterios de forma que se asegure que las actividades que conforman el proceso se realizan de manera eficaz. Se describirán las actividades que componen cada proceso, así como las características relevantes que permitan el control de las mismas.

La información que se incluye para cada proceso es:

- Misión: Define cual es el propósito principal del proceso, su razón de ser.
- Propietario del proceso: Es la función a la que se le asigna la responsabilidad del proceso.
- Límites del proceso: Estos límites reflejan el comienzo y el fin del proceso. Aquí se definen cuales son las entradas al proceso y quién las proporcionan (proveedores) y cuales son las salidas del proceso y a quién van dirigidas (clientes). Estos límites aquí definidos serán coherentes con los marcados en el mapa de procesos.
- Alcance del proceso: determina de manera explícita qué actividades forman parte del proceso.
- Recursos: Se definen los elementos con los que debe contar el agente según las especificaciones marcadas en las normas de la competición. Por ejemplo, en el proceso de producción cada agente tiene una capacidad de producción limitada definida por el número de ciclos de producción que puede realizar.

- **Indicadores del proceso:** Son aquellas variables dan referencia de cual es el comportamiento del proceso respecto a lo que se había marcado como objetivo. Los indicadores deben ser reflejo de cual es la evolución y las tendencias del proceso, permitiendo. Van a servir como elementos de información a la hora de tomar las decisiones de gestión del proceso.
- **VARIABLES DE CONTROL:** Son los parámetros sobre los que se tiene capacidad de actuación dentro del proceso y que permiten alterar el funcionamiento del proceso de la forma deseada. Estas variables van a permitir redirigir la posición del agente desde los valores indicados por los indicadores a los que se marquen. Son los grados de libertad del proceso que influyen de la forma prevista en el valor de los indicadores. El propietario del proceso debe tener capacidad de actuación sobre estas variables.



## 6. Indicadores de gestión

El proceso de determinación de los indicadores de gestión trata de establecer cuales son los indicadores más adecuados en cada uno de los módulos que definimos, de forma que el agente sea capaz de autogestionarse de forma adecuada. Estos indicadores hacen posible que el agente adapte su comportamiento a las condiciones que se establezcan en cada momento en el entorno, haciendo que se modifiquen los valores de las variables de control.

En la definición de los indicadores se han tenido en cuenta las condiciones que impone el juego, lo que hace que algunos de los utilizados habitualmente aquí no tenga sentido utilizarlos. Las principales diferencias respecto a un contexto real son:

- no se considera la existencia de empleados, por lo que todos los indicadores que representen la productividad del personal aquí no son aplicables.

- no se consideran los problemas de calidad de producto ni en componentes ni en los productos terminados. Sí que se consideran los problemas de calidad en las entregas de componentes en cuanto a retrasos y a las cantidades entregadas.
- no se tiene en cuenta el valor de los activos utilizados (inversiones en maquinaria, instalaciones, u otro tipo de activos fijos). Los indicadores acerca de la rentabilidad sobre activos tampoco son aplicables. Sin embargo, sí que se deben considerar los desembolsos realizados en compra de material hasta su entrega al cliente.

Los indicadores permiten que el agente evalúe su propio comportamiento, mostrando en qué medida se está acercando o se está alejando de su objetivo final. La guía para conseguir acercarse al objetivo de obtener un máximo beneficio va a estar marcada por los factores críticos de éxito (FCE) analizados inicialmente, por lo que constituyen una base adecuada para el establecimiento de indicadores eficaces para el agente. Es necesario analizar el grado de influencia que tienen los distintos procesos que realiza el agente en la consecución de estos factores. El resultado de este análisis se muestra en la tabla 1.

FCE \ Procesos	en cumplimiento las entregas	Aprovechamiento de capacidad producción	de de mantenimiento inventario bajos	de de bajo coste compra componentes	Precio de venta máximo que admite el mercado	de adaptación a los cambios en la demanda
Negociación con clientes	∇	∇	∇	∇	!	!
Planificación de la producción	!	!	%	%	∇	!
Planificación de las entregas	!	%	!	∇	∇	∇
Planificación de necesidades de componentes	%	%	!	!	∇	!
Evaluación Ofertas de proveedor	!	!	∇	∇	∇	!
Lanzamiento de RFQs	∇	∇	∇	∇	!	∇
Previsión de demanda	∇	∇	%	%	%	!
Seguimiento de proveedores	%	%	∇	!	∇	!

! Relación alta % Relación media ∇ Relación baja/nula

Tabla 1. Relación entre los procesos operativos del agente y los Factores Críticos de éxito

En la tabla 2 se recogen los indicadores de funcionamiento típicos utilizados para la evaluación del funcionamiento. Es interesante considerar la clasificación que aparece en

(Pires y Carretero-Díaz 2007) por la que se distingue entre medidas relativas al cliente, las que le afectan directamente como las entregas en plazo, tiempo de respuesta, fiabilidad en las entregas, y medidas dirigidas a la competencia (comparación con el resto de agentes con medidas como coste de distribución, de fabricación o de inventario, rotación de inventario o ventas totales, donde mientras que las segundas pueden que no interesen nada al cliente, sin embargo son fundamentales para alcanzar las metas establecidas.

Coste	Servicio al cliente	Calidad	Productividad	Gestión de activos
Coste total	Porcentaje de órdenes de clientes que pueden ser satisfechas con el stock actual (fill rate)	Exactitud en las entregas de proveedores	Ocupación de línea de producción	Rotación de inventario de componentes
Coste unitario total	Rupturas de stock	Retrasos en las entregas		Rotación de inventario de productos terminados
Coste como porcentaje de las ventas	Porcentaje de entregas a tiempo	Tiempo de retraso medio en las entregas		Tiempo medio de permanencia de un pedido en línea
Coste de los componentes	Porcentaje de entregas perdidas			
Beneficio potencial de clientes	Porcentaje de entregas retrasadas			
Coste de mantenimiento de inventario	Tiempo de ciclo (para completar un pedido)			
Costes financieros	Exactitud en las entregas			
Coste de los retrasos en las entregas				

Tabla 2. Indicadores típicos. Adaptado de (Bowersox *et al* 2002)

## 7. Conclusiones

En este trabajo se ha aplicado una herramienta habitual en la gestión de empresas, pero que, hasta donde conocemos, no había sido utilizada en la definición de ninguno de los agentes participantes en la competición. Entendemos que su uso es adecuado dentro del ámbito que estamos estudiando cuando queremos entender y optimizar el modo en que se gestiona un agente, siendo necesario utilizar posteriormente herramientas ligadas al ámbito informático (p.ej. UML) para su implementación.

## Referencias

<http://www.sics.se/tac/page.php?id=1>

Ballou, R.H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. Pearson. Prentice Hall.

Bowersox, D.J.; D.J. Closs *et al* (2002). *Supply chain logistics management*. McGraw-Hill.

He, M.H.; A. Rogers *et al* (2006). "Designing and evaluating an adaptive trading agent for supply chain management". *Agent-Mediated Electronic Commerce: Designing Trading Agents and Mechanisms*, 3937:140-156.

Ketter, W.; E. Kryzhnyaya *et al* (2004). "MinneTAC sales strategies for supply chain TAC". *Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, AAMAS 2004*.

Kiekintveld, C.; J. Miller *et al* (2006). "Controlling a supply chain agent using value-based decomposition". *EC '06: Proceedings of the 7th ACM conference on Electronic commerce, ACM*.

Pardoe, D.; P. Stone (2006). *Predictive Planning for Supply Chain Management International Conference on Automated Planning and Scheduling*.

Pires, S.R.I.; L.E. Carretero-Díaz (2007). *Gestión de la cadena de suministros*. McGraw-Hill.

Sadeh, N.; R. Arunachalam *et al* (2003). "TAC-03 - A supply-chain trading competition". *AI Magazine*, 24(1):92-94.