



## EL PROBLEMA DE LA GESTIÓN DE EVENTOS EN EL NODO PORTUARIO

---

*LORENA BEARZOTTI, ROSA GONZALEZ-RAMIREZ, PABLO MIRANDA GONZALEZ*

*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso*

*Av. Brasil 2241 Piso 5, Valparaíso*

*lorena.bearzotti@gmail.com*

*rosa.gonzalez@ucv.cl*

*pablo.miranda@ucv.cl*

*+56 (32)-2273715*

*Fax: +56-(32)-2273806*

### **Abstract**

*El nodo portuario es un punto de convergencia en la circulación de la carga, siendo un punto neurálgico al participar en múltiples cadenas de suministro. En este contexto el uso de conceptos provenientes de la gestión de la cadena de suministro favorecería el flujo información, de recursos así como también la integración interorganizacional.*

*En este trabajo se presenta una propuesta basada en el concepto de gestión de eventos para la cadena logística portuaria, considerando la cadena de suministro extendida donde el nodo portuario es el foco principal. Lo que se busca es contar con una herramienta autónoma y de apoyo a la toma de decisión para gestionar los eventos de una manera integral, y de esta manera contribuir en la reducción de los costos logísticos e incrementar la competitividad de la cadena logística portuaria.*

### **Keywords**

---

Operación portuaria, Gestión de eventos, Gestión de Riesgos, Cadena Logística Portuaria, Sistemas Multi-Agentes



## EL PROBLEMA DE LA GESTIÓN DE EVENTOS EN EL NODO PORTUARIO

---

### Introducción

El puerto es un punto de convergencia entre la circulación de carga de dos dominios: marítimo y terrestre (Rodrigué, 2009). Las terminales portuarias manejan las cantidades más grandes de carga que otro tipo de terminales pudiéndose clasificar en público o en privados, o de acuerdo a su carga: contenedores, granel, materiales peligrosos y líquidos.

Sin embargo, con el fin de mejorar la competitividad cada vez se han generado más y mayores exigencias a todos los nodos de la cadena de comercio exterior, en cuanto a su capacidad de agilidad y de respuesta a eventos imprevistos. En este contexto el uso de conceptos provenientes de gestión de la cadena de suministro favorece el flujo de información y de recursos, además de estrechar los lazos entre los actores que conforman la cadena logística portuaria. Estas demandas son particularmente importantes en los puertos, al ser éstos nodos críticos que participan en múltiples cadenas de suministro, donde contar con un sistema que permita responder a los cambios en los planes comienza a aparecer como una herramienta de gran necesidad, puesto que en la actualidad se requiere de cadenas de suministro resilientes, es decir, que sean lo menos vulnerable posible ante la ocurrencia de eventos disruptivos.

El problema que surge es que la resiliencia se basa en los conceptos de agilidad y visibilidad, conceptos no fáciles de conseguir en ambientes altamente distribuidos y con componentes autónomos como el caso logístico portuario. Además, la resiliencia se ve afectada por otros factores como la globalización, descentralización, outsourcing, reducción en el número de proveedores, etc. (Trkman, 2009; Tuncel, 2010). De esta manera dentro de una cadena de suministro global la gestión de eventos se entiende como el componente de los sistemas de gestión de la cadena de suministro que reduce la brecha entre los procesos de planificación y los de ejecución, con el objetivo de minimizar el impacto de una excepción en un plan que se encuentra en ejecución, permitiendo a su vez la visibilidad y agilidad con la consecuente resiliencia (Bearzotti et al, 2008).

Este trabajo busca caracterizar el problema de la gestión de eventos en la cadena logística portuaria, donde una propuesta de solución busca brindar no solo monitoreo de las actividades que se desarrollan sino también control, actuando como un sistema de soporte a la toma de decisiones o como un sistema de control autónomo. Este sistema de gestión de eventos de la cadena logística portuaria debe trabajar colaborativamente con los otros sistemas de gestión de eventos de la cadena de suministro (Bearzotti et al, 2008), siendo necesario una especificación del problema en el nodo portuario y de la propuesta de solución para el mismo dadas las características particulares que lo distinguen del resto de actores de la cadena logística portuaria. Este sistema basado en agentes recibirá por parte del sistema de planificación los planes a ser monitoreados junto con las holguras disponibles y por parte de los sistemas de ejecución los eventos que se van produciendo, donde el resultado es la generación de una acción de control autónoma o bien las propuestas evaluadas que no pudieron ser implementadas para que el decisor tome la decisión con mayor conocimiento de los escenarios que se han evaluado. La metodología de investigación a utilizar se basa en una revisión bibliográfica sobre propuestas de solución relacionadas, realización de entrevistas con los actores relevantes de la actividad portuaria y su posterior análisis para la elaboración de un modelo conceptual que permita caracterizar el problema. Dentro de los resultados esperados se encuentra la formulación de un modelo conceptual especializado para la cadena logística portuaria y el planteamiento de un modelo basado en agentes de un sistema de gestión de eventos que actúe colaborativamente con



los sistemas de gestión de eventos de los otros nodos de la red de suministro, siendo el estudio, y el planteamiento de los modelos aportes significativos ya que en trabajos relacionados se menciona la importancia de brindar robustez a los puertos para mejorar el rendimiento de la cadena global.

El trabajo se organiza de la siguiente manera, la Sección 1 se centra en la introducción al problema de la gestión de eventos y en particular en la cadena logística portuaria; el análisis de trabajos relacionados se presenta en la Sección 2, donde se destaca que la mayor parte de los trabajos de gestión de eventos en la cadena de suministro se focalizan en el monitoreo de órdenes, pero se observa una ausencia de trabajos en el área de las terminales portuarias, cuando diversos autores han señalado que los nodos portuarios tienen un gran impacto en el desempeño global de la cadena de suministro requiriendo por lo tanto un esfuerzo en la gestión de los riesgos que atentan al rendimiento global (Pleszko, 2009). En la Sección 3 se describe la cadena logística portuaria con sus principales actores y operaciones, identificando los riesgos y sus causas. En la Sección 4, se propone un modelo conceptual y un modelo multi-agente para la gestión de eventos en el puerto. Finalmente en la Sección 5 las conclusiones y futuros trabajos son presentados.

## Trabajos Relacionados

En los últimos años conceptos tales como riesgos, interrupciones y eventos han sido estudiados tanto por la industria como la academia en el contexto de la cadena de suministro (Pereira, 2009; Craighead et al, 2007; Tang, 2006; Trkman and McCormack, 2009; Sarimveis et al, 2008; Tuncel and Gülgün, 2010). Algunas de las propuestas más relevantes se describen a continuación.

PROVE (Prototype Reasoning about Operations in Virtual Enterprise) (Szirbik et al, 2000) es un prototipo que realiza el tracking y monitoreo de órdenes, y soporta la negociación entre empresas cuando una de ellas no es capaz de realizar una orden prometida, el prototipo consiste en el desarrollo de un sistema basado en agentes móviles.

DIALOG (Kärkkäinen et al, 2003) es un sistema basado en agentes que comparte datos para facilitar el seguimiento de las órdenes ofreciendo información sobre su estado. Lo que brinda es visibilidad de las órdenes que se encuentran en ejecución.

ECTL-Monitor (Hoffmann et al, 1999) es un sistema basado en agentes que provee la posibilidad de tracking and tracing de las órdenes. Este sistema provee elementos proactivos de notificación pero no de reunión de la información. El proceso de monitoreo es iniciado a demanda del usuario.

PAMAS (Zimmermann, 2006) es un sistema de gestión de eventos en la cadena de suministro (SCEM - Supply Chain Event Management) basado en el monitoreo de órdenes mientras ellas se mueven en la cadena de suministro, detectando cuando se producen eventos disruptivos que afectan a una o más órdenes. El sistema usa perfiles de órdenes adaptativos con el fin de identificar aquellas órdenes a ser monitoreadas al presentar algunas características que las torna más vulnerables. PAMAS es un sistema de alarma basado en una arquitectura multi-agente, donde las acciones de control no son parte de la solución propuesta.

CoS.MA (Teuteberg and Schreber, 2005) es otro sistema de alarma basado en una arquitectura peer-to-peer que integra datos desde los miembros dándole visibilidad para todos los miembros de la cadena de suministro. El seguimiento de las órdenes se realiza usando Auto-Id y tecnología móvil.



El prototipo FORWIN (Bavarian Research Network for Information Systems) (Speyerer and Zeller, 2004) es un sistema de monitoreo y alarma basado en la detección de desviaciones, analiza las posibles causas de estas desviaciones y la generación de posibles medidas de mitigación para reducir esas desviaciones. Esta propuesta está focalizada en la gestión de alto nivel de la cadena de suministro, el monitoreo y el control de la ejecución de las órdenes está fuera del ámbito de este trabajo.

SChEMA (Schoenthaler and Alvarenga, 2003) es un sistema que modela los procesos de SCEM basado en el conocimiento previo de eventos disruptivos que pueden ocurrir y cómo ellos afectan la normal operación de la cadena de suministro. En este trabajo se reconoce que identificar todos los posibles eventos disruptivos es una tarea demasiado ardua.

SCEMMA (Bearzotti et al, 2008) es un modelo multi-agente para realizar el proceso SCEM que se basa en la identificación de las posibles fuentes de eventos disruptivos y definir sobre estas fuentes puntos de control que permitan la detección de desvíos y la generación e implementación de medidas de control tendientes a minimizar el desvío detectado en caso de ser posible, o la notificación del desvío al Sistema de Planificación para revisar el plan que se ha tornado obsoleto. De esta manera la identificación de eventos disruptivos y cómo ellos afectan el plan es un proceso dinámico.

Actualmente, los sistemas de Tracking and Tracing son el status quo en la mayoría de las empresas, pero ellos no satisfacen totalmente los requerimientos para ser una solución SCEM, siendo indicado como el siguiente paso un sistema SCEM que busque e implemente de manera autónoma soluciones cuando un desvío se produce en el plan que se encuentra en ejecución. Los nuevos sistemas SCEM deben tener método proactivo y sistemático de predicción y reacción a situaciones disruptivas. Además en los estudios detallados se evidencia que las propuestas se orientan a cadenas de suministro donde los puertos y terminales portuarias no son consideradas, sin embargo, estos juegan un rol clave en el transporte de bienes y personas, representando un 80% del comercio internacional a nivel mundial, por lo que es relevantes considerar cómo desarrollar la gestión de eventos en este nodo particular, para lograr un desarrollo sustentable y competitivo (Mokhtari, 2011). De esta manera contar con un sistema SCEM colaborativo de la cadena de suministro completa sería un importante aporte para el desarrollo regional.

## **La Cadena Logística Portuaria**

El puerto es normalmente entendido como el conjunto de obras, instalaciones y servicios que proporcionan el espacio necesario para la estancia de los buques, mientras se realizan las operaciones de carga, descarga y almacenaje de las mercancías. Más aún, hoy en día es un importante nodo de convergencia en el transporte y el comercio internacional, es el punto de contacto intermodal entre el transporte terrestre y el marítimo al que se dirigen gran número de vehículos para la carga de mercancía que será exportada o el retiro de productos que ingresan al país.

Todas esas actividades son planificadas para la realización de los procesos de importación y exportación de mercadería que es soportada por una cadena logística integrada entre los distintos actores que en ella se involucra para la realización del comercio internacional. El objetivo de este trabajo es conocer mediante una metodología orientada al estudio de la Cadena de Suministro, un diagnóstico actual de la cadena logística portuaria para la determinación de los principales actores involucrados, los procesos desarrollados y realizar propuestas de optimización bajo un análisis de procesos con un enfoque integral.

Para maximizar el valor de la cadena de suministro se debe considerar primero la integración de las operaciones de todas empresas involucradas. En segundo lugar se



requiere la colaboración entre todos los actores que en ella interactúan. Y en tercer lugar, la sincronización de la cadena de suministro en una sola empresa lógica, operando completamente unida y con sus capacidades optimizadas desde los proveedores hasta los consumidores. Sin lugar a dudas, en este aspecto, la tecnología juega un papel protagónico, al permitir establecer nexos de comunicación entre las partes de forma expedita

El deseo de maximizar el valor de la cadena de suministro, es contrapuesto con las desviaciones que ocurren a lo largo de toda la cadena, y que a veces generan una disrupción total de ella. La determinación de qué riesgos son los que afectan las operaciones portuarias, cuáles son sus causas y qué impacto tendrá sobre la cadena, son preguntas que los actores de esta cadena debiesen responder para así disminuir la ocurrencia de estos eventos e incluso mitigar el impacto una vez sucedido el evento, y a continuación se podrá establecer una guía para responder estas preguntas para así ir convirtiendo a la cadena portuaria en una cadena robusta y resiliente que pueda seguir operando y entregando el valor a todos los participantes de esta cadena.

## **Principales Actores**

Una característica importante del funcionamiento de un Sistema Portuario es que los procesos involucrados dependen de un gran número de actores de diferentes tamaños, tanto públicos como privados, los cuales deben coordinarse (coordinación inter-empresarial) para poder satisfacer a los “clientes”. Comprendiendo esto se observa que no sólo es fundamental el rol que cumplen los exportadores y productores, sino también el papel desempeñado por los miembros del sistema portuario (coordinación intra-empresarial), ya que son un importante factor en las actividades y decisiones involucradas dentro de los procesos del puerto. Es por esto que se considera fundamental entender los principales actores participantes en este sistema y cuáles son los roles que desempeña cada uno de estos.

Los exportadores e importadores son los usuarios o clientes del sistema logístico – portuario, ya que participan en éste de manera directa o a través de un representante. Su retorno no proviene de alguna de las actividades portuarias como tal, a diferencia de los otros actores de la Cadena de Suministro, sino que éstos la utilizan como un medio para el cumplimiento de su propósito final, considerando su principal objetivo el poder transportar sus productos en el menor tiempo, mayor seguridad y menor precio posible, y de esta manera lograr retornos importantes derivados de comercialización de los productos importados y exportados.

Los organismos fiscalizadores son los encargados de hacer cumplir la normativa vigente en el país y se valen para ello con métodos tanto documentales como físicos. Los entes fiscalizadores más importantes son: SAG (Servicio Agrícola Ganadero), SII (Servicio de Impuestos Internos), Dirección General del Territorio Marítimo, Policía de Investigaciones, Servicio Nacional de Aduanas, Sernapesca, Servicio nacional de Salud (SNS), etc.

La labor de las autoridades portuarias es administrar, explotar, desarrollar y conservar el puerto, así como los bienes que posee a cualquier título, incluidas todas las actividades conexas inherentes al ámbito portuario e indispensable para su debido cumplimiento. Su infraestructura cuenta con sitios de atraque y diversas instalaciones que le permiten prestar servicios a clientes nacionales e internacionales.

El negocio de las navieras radica, principalmente, en el transporte marítimo realizado en las distintas rutas del mercado nacional e internacional, limitado en la oferta de espacio con la que cuenta cada nave. El control del gasto, que tradicionalmente se ha centrado en la explotación del buque, va a extenderse a todos los departamentos de la empresa naviera,

determinando estructuras más pequeñas para todos los niveles de la empresa y otorgando una mayor flexibilidad y agilidad a la operativa del buque, siendo éste uno de los aspectos más importantes de la explotación naviera.

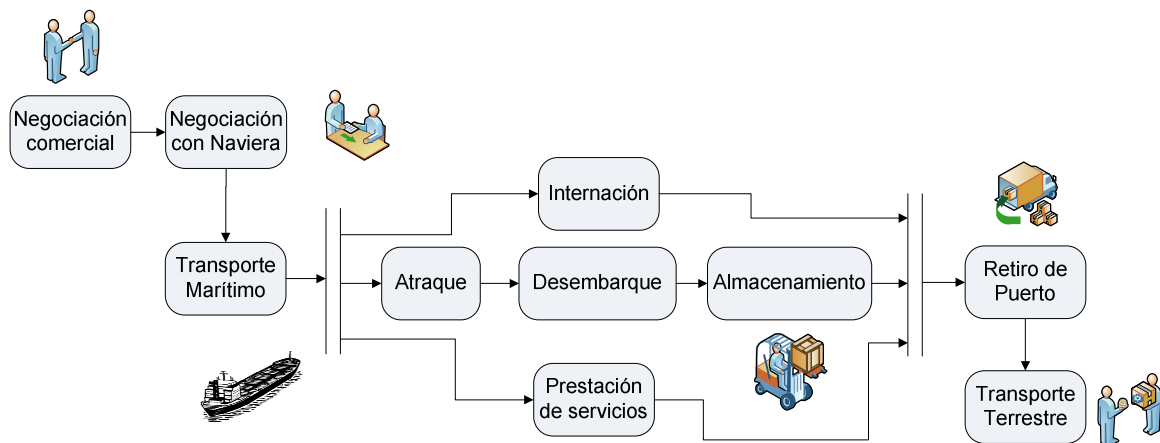
Otro actor relevante son los transportistas terrestres, tanto ferroviarios como rodoviarios, para los cuales la forma de obtener rendimientos está directamente relacionada con la cantidad de carga movilizada, cobrando por el tamaño, distancia y peso de ésta.

## Principales Operaciones

Se consideraron dos casos de estudio: Puerto Valparaíso y Puerto de San Antonio. Para ambos casos, los procesos que realiza para participar en el intercambio comercial entre dos partes separadas geográficamente y en las cuales participan los actores mencionados anteriormente se detallan a continuación. Tanto el proceso de importación como el de exportación necesitan un alto grado de sincronización entre todos los participantes, para un continuo flujo de mercaderías e información, entre otros.

La importación es el ingreso legal al territorio nacional de una mercancía extranjera para su uso o consumo en el país. Este proceso se inicia cuando un actor dentro del país desea internalizar mercadería, para ello se realiza el subproceso de Negociación donde ambas partes, tanto el fabricante en el extranjero y el importador en el país, definen las condiciones contractuales de la importación, además el importador debe contactarse con la Aduana para realizar los trámites que aprueben la internalización de la carga, en la figura 1 se detalla una descripción del proceso de importación.

Figura 1: Diagrama General del proceso de importación



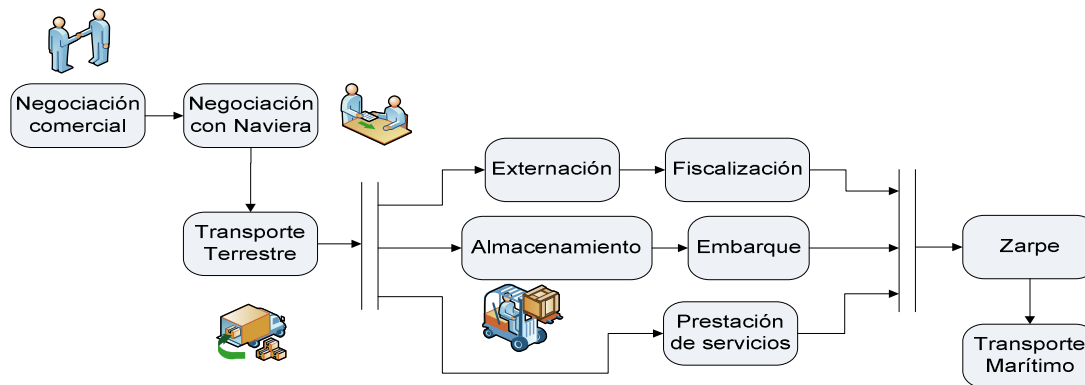
Fuente: Elaboración Propia

El otro proceso general que se realiza en el Sistema Portuario es la exportación (Figura 2) que es el envío legal de mercancías nacionales o nacionalizadas para su uso o consumo en el exterior. Este proceso comienza cuando existe la necesidad de un exportador para el traslado fuera del país de la carga nacional hacia un tercero, esta



necesidad parte de una negociación entre los miembros que regulan las condiciones contractuales para la venta de productos.

**Figura 2: Diagrama General del proceso de exportación**



Fuente: Elaboración Propia

## Identificación de los principales riesgos

Para conocer los riesgos que están presentes a lo largo de la cadena portuaria se estudiaron todos los actores que participan en la cadena, sus operaciones e interacciones con el resto de la cadena y con actores externos a ella, junto con la actuación de toda la cadena evaluada. El análisis de estos actores permite conocer las probables desviaciones que se enfrentan normalmente en las operaciones que deben desarrollar para cumplir con lo planificado tanto individualmente como colectivamente con el resto de la cadena. Estas desviaciones, que son producidas por una concreción de los riesgos, impactan de diversas formas tanto a las entidades de un actor, un actor en sí, a un grupo de ellos o a toda la cadena de suministro provocando un corte temporal del flujo normal de productos desde el origen hasta el destino final.

Una vez determinados los riesgos que pueden afectar a la cadena portuaria, éstos fueron clasificados según la fuente de origen de éstos, para así conocer la raíz de este riesgo y poder estar más atento a ellos e incluso tomar medidas preventivas ante su ocurrencia. Pero también, se debe determinar el impacto de ellos a lo largo de la cadena, si será un cambio de parámetros de operación, una indisponibilidad de algún recurso o un tanto extremista, la disrupción global de ella. Por lo anterior, se requiere realizar una segunda clasificación para conocer el impacto de estos eventos y saber en qué eventos, los actores de la cadena deben enfocar el esfuerzo para disminuir la desviación de lo que se está realizando, con respecto a la planificación realizada.

Todo plan se encuentra sujeto a variabilidades inesperadas en su ejecución y esta variabilidad genera pequeños desequilibrios en la cadena estudiada. El motivo de esta desviación respecto a lo planeado, se debe a eventos no previstos en la planificación de la operación de la cadena portuaria que puede pasar casi desapercibido, hasta afectar drásticamente la cadena. Bajo la Gestión de Eventos de la Cadena de Suministro se han detectado 5 fuentes de estos eventos, la demanda, suministros, la red en sí, los procesos y el ambiente.

La fuente de riesgo de Suministro, se relaciona al impacto que genera la errada planificación de abastecimiento que impacta al inicio de las operaciones de algún actor. Es decir, si existe un problema en la planificación de los recursos disponibles para realizar las



faenas la fuente de riesgo asociada a dicho evento que generó el problema, es la fuente de riesgo de suministro. Para la cadena estudiada se presentan los siguientes riesgos: Falta de disponibilidad de contenedor adecuado para transportar la carga y falta de espacio para almacenar la carga

Otra fuente de riesgos es la generada por la ejecución de las operaciones de los actores, donde la eficiencia del actor se ve disminuida por la ocurrencia de estos eventos. La realización de las labores propias del actor, presentan una variabilidad inherente al proceso, es el caso de la mala utilización de alguna maquinaria, o de una reingeniería productiva. Al estudiar la cadena portuaria, se encontraron los siguientes riesgos asociados a procesos:

- \* Algún sistema computacional deja de operar (ej., recepción de camiones en ZEAL o la Zona de Extensión de Actividades Logísticas del Puerto de Valparaíso, sistema de aduanas, etc.).

- \* Algún sistema tecnológico de apoyo deja de operar (ej., pórtico, RFID, comunicación ZEAL-Puerto, conexión reefer).

- \* Necesidad adicional de descargar el buque una vez que ha sido cargado dada una replanificación la estiba y cargarlo nuevamente.

- \* Falta de combustible/energía para mantener condiciones adecuadas de traslado de los productos en carretera.

- \* Atraso de buque más allá de lo normal le impide atracar (se juntan varios buques).

- \* Falla en grúa Gantry u otro activo de uso intensivo.

- \* El vehículo que debe transportar la carga, presenta falla inesperada.

- \* Atraso en bajar los contenedores de la nave.

Los riesgos relacionados a la demanda, se refieren a aquellos eventos inesperados que provienen de una modificación de las condiciones normales de demanda, es decir, un aumento/disminución no prevista de los requerimientos de la demanda que es contraproducente con la capacidad instalada de la oferta, en este caso el puerto. Dado lo anterior, un evento con fuente del riesgo desde la demanda es el aumento en la demanda por sobre la capacidad instalada o planificada.

Cuando un evento inesperado ocurre y afecta a dos o más actores dentro de la cadena, se define como fuente de riesgo de la cadena, y puede deberse a la pobre visión entre los participantes y/o a la poca comunicación entre ellos. Lo anterior, y como se ha mencionado, afecta a toda la cadena analizada. Otros eventos pueden ser:

- \* Carga dañada en algún punto de la cadena de suministro.

- \* Carga no reúne las condiciones (documentación, condiciones de consolidación, entre otros) para ser exportada.

- \* Carga no reúne las condiciones (documentación, condiciones de consolidación, entre otros) para ser importada.

- \* Camión dañado en algún punto de la cadena de suministro.

- \* Atraso en documentación en agencia de aduanas.

- \* Huelgas (trabajadores portuarios, SAG, aduana, etc.).

- \* Paro nacional del gremio de los transportistas.





Por último, se encuentra la fuente de riesgo del ambiente, producida por agentes externos a la cadena y que por ende, no pueden ser controlados directamente. Ejemplo de eventos pertenecientes a este tipo de fuentes de riesgo son:

- \* Cambio en la legislación en materia relativa a importación o exportación.
- \* Nuevas reglas a nivel internacional para importar o exportar productos.
- \* Incendio o accidente en dependencias del puerto (o ZEAL) pone en peligro las instalaciones, los sistemas o la carga.
- \* Nuevos tratados de libre comercio.
- \* Buque no cumple con las normas legales para zarpar.
- \* Accidente en la carretera provoca atraso sistematizado de camiones que vienen al puerto a entregar/retirar carga

## **Propuesta multi-agente para la Gestión de Eventos en el nodo portuario**

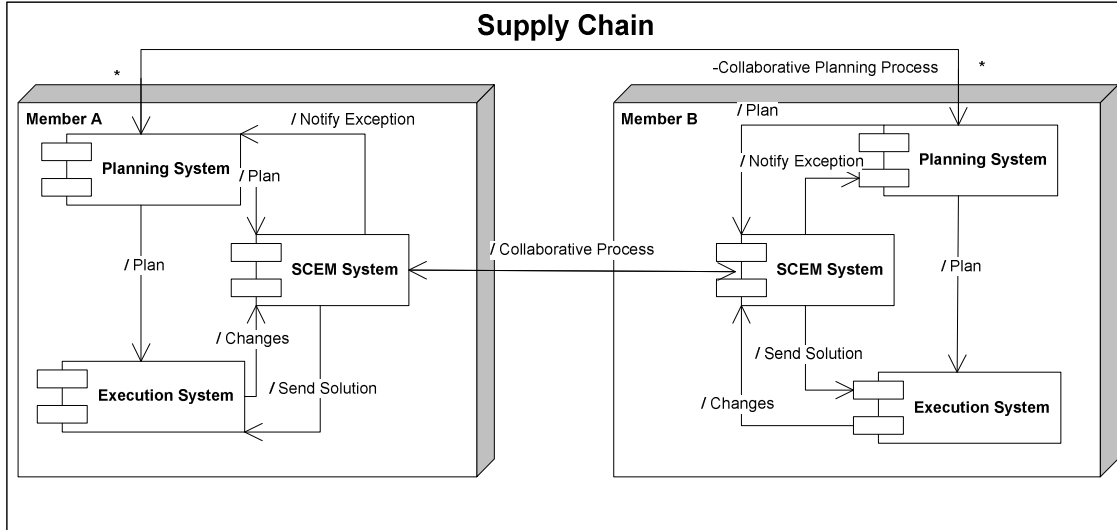
La visión SCEMMA (Bearzotti et al, 2008; Bearzotti et al 2011) se basa en la implementación de un modelo multi-agente para la gestión de eventos en la cadena de suministro. Los sistemas multi-agente naturalmente son vistos como sistemas distribuidos y heterogéneos, por lo que fácilmente pueden representar realidades similares, por ejemplo la cadena logístico-portuaria en estudio en este trabajo, la visión de SCEMMA es detallada en la Figura 3.

Para cada uno de los actores relevantes (Importadores, Exportadores, Agentes de Aduana, Fiscalizadores, Autoridades Portuarias, Navieras, Empresas de Transporte Terrestre, Puerto) es necesario llevar a cabo un proceso de instanciación de SCEMMA, atendiendo las características especiales de estos actores, ya que en su mayoría lo que se brinda es un servicio, por lo que el proceso de instanciación no es directo sino que necesita de una adaptación del modelo a los dominios específicos con los que se trabaje. Sin embargo de todos los actores el que requiere una mayor adaptación es el nodo portuario por la complejidad inherente a él mismo. Esta es la razón que nos impulsó a focalizarnos en este actor además de ser el nodo focal por el que atraviesan múltiples cadenas.

El modelo propuesto, al que hemos denominado SGEP (Sistema para la Gestión de Eventos en el nodo logístico Portuario), consiste de un sistema basado en agentes, siendo éstos los componentes básicos, que interactuarán con los sistemas SCEMMA de los otros actores para colaborativamente hallar una solución a un evento que se produjera. De esta manera existirá un sistema SCEMMA por cada actor relevante en la cadena logística portuaria, siendo necesaria la interacción y colaboración entre ellos para lograr la visibilidad y agilidad necesaria para enfrentar y solucionar los eventos no planificados.

Además y de acuerdo a lo que se especifica en la Figura 3, SGEP también tendrá que interaccionar con los Sistemas de Ejecución (recibiendo los eventos que se producen mientras los planes son ejecutados y notificando los cambios al plan que se hayan acordado) y los Sistemas de Planificación del Nodo Portuario (recibiendo los planes y las holguras asociadas a los mismos, mientras que en caso de identificarse una disrupción que no pudo ser solucionada los escenarios evaluados que servirá como herramienta para el decisor). De esta manera la salida esperada del sistema la podemos clasificar como una replanificación local en caso de ser hallada una solución a una disrupción o un informe sobre los escenarios analizados cuando la disrupción no pudo ser solucionada. La integración con los demás actores no es considerada en este trabajo, quedando como trabajo futuro.

**Figure 3: Relación entre los SCEM de los miembros de una cadena de suministro**



Fuente: Elaboración Propia

En términos generales, se definieron siguientes actores, los cuales se traducirán en agencias SCEMMA:

\* Agencia Cliente: esta agencia representa a los exportadores e importadores y su figura se materializa a través de los agentes de aduana.

\* Agencia Nodo: este tipo de agencia representa a aquellos actores dentro de la cadena que posee ciertas responsabilidades, ya sea de control, coordinación o fiscalización. Los dos tipos son: Fiscalizador: su figura se materializa en actores como SAG (Servicio Agrícola y Ganadero), Servicio de Impuestos Internos (SII), etc. El otro tipo es Puerto: su figura se materializa a través de organismo como STI (San Antonio Internacional), TPS (Terminal Pacífico Sur) o ZEAL.

\* Agencia Enlace: representan actores que si bien tiene cierta responsabilidad, pero mostrando cierto nivel de dependencia; se han identificado dos tipos, Naviero: son los responsables del transporte marítimo de la carga y Transportista: son los responsables del transporte terrestre de la carga.

En todas estas agencias se evidencia la necesidad del uso de recursos para la realización de sus actividades, así por ejemplo contamos con los recursos portuarios, tales como tractores, generadores de energía, sistemas computacionales, y que tiene un rol importante de apoyo intra-portuario. Es importante destacar estos elementos ya que frecuentemente suelen ser una fuente de eventos asociados con riesgos operacionales que repercuten en la calidad del servicio de la cadena global.

**Tabla 1: Simbología para representar las agencias**

Tipo de Agencia	Representación
-----------------	----------------

Cliente		
Nodo	 Fiscalizador	 Puerto
Enlace	 Naviero	 Transportista
Recurso		

Fuente: Elaboración propia

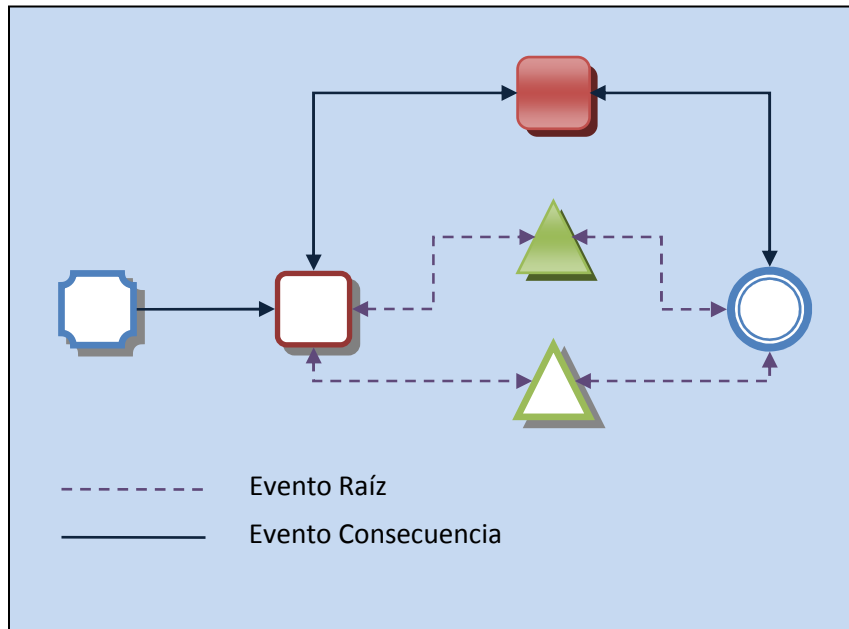
La Figura 4 muestra los tipos de eventos que podrían producirse en el dominios de cada tipo de agencia y a quien afecta dicho evento. Las líneas continua y segmentada se utilizan para representar los tipos de eventos.

Los Eventos Consecuencia, también pueden ser llamados eventos espontáneos, son aquellos eventos que por su naturaleza, o por las características del medio, no son detectados sino hasta que suceden, es decir, el riesgo que se materialicen está siempre presente, pero no se conoce la probabilidad de ocurrencia. Generalmente un evento de este tipo puede producirse por un sin número de causas, por lo que resulta más conveniente estudiar el efecto más que el evento original. Algunos ejemplos de este tipo de evento son: falla en grúa Gantry u otro activo de uso intensivo; necesidad de descargar el buque, replanificar la estiba y cargarlo nuevamente; atraso de buque más allá de lo normal le impide atracar; aumento en la demanda por sobre la capacidad instalada o planificada; carga no reúne las condiciones (documentación, condiciones de consolidación, entre otros) para ser exportada/importada; incendio o accidente en dependencias del puerto (o ZEAL para el caso de Puerto Valparaíso) pone en peligro las instalaciones, los sistemas o la carga, etc.

Los Eventos Raíz se denominan así porque su ocurrencia en sí no representa, en la gran mayoría de los casos ningún tipo de disturbio en la cadena logística, sin embargo son capaces de desencadenar otros eventos que sí tienen un gran impacto. En este caso, dado que se tiene un solo evento de origen y muchas posibles consecuencias, la atención se centra en la fuente del evento para evitar su ocurrencia. Algunos ejemplos de este tipo de evento: algún sistema computacional deja de operar (ej., recepción de camiones en ZEAL, recepción de camiones en STI, sistema de aduanas, etc.); algún sistemas tecnológico de apoyo deja de operar (ej., pórtico, RFID, comunicación ZEAL-Puerto, conexión reefer); falta de combustible/energía para mantener condiciones adecuadas de traslado de los productos en carretera; el vehículo que debe transportar la carga, presenta falla inesperada; atraso en documentación en agencia de aduanas; cambio en la legislación en materia relativa a importación o exportación; etc.

De la Figura 4 se desprende que los eventos Raíz se producen en los enlaces (Transporte y Naviero), en cambio los eventos espontáneos se dan básicamente en los recursos del puerto, entre éste y los fiscalizadores, y entre estos últimos y los clientes.

**Figura 4: Modelamiento de cadena logística portuaria bajo el enfoque SCEMMA**



Fuente: Elaboración propia

De esta manera el trabajo colaborativo de las agencias correspondientes a los principales actores relevantes permitiría la gestión oportuna de eventos operativos que se detecten en la ejecución de los planes, brindando visibilidad a la cadena logística portuaria, lo que se traduce en mayor información y de mejor calidad para la toma de decisión, así como también la posibilidad de generar acciones de control de manera autónoma por parte de las agencias en caso de ser posible.

## Conclusiones y Futuros Trabajos

Los servicios de importación y exportación desarrollados en los puertos requieren sin duda alguna de gran coordinación y colaboración entre los actores que participan en los distintos procesos, definiendo la eficiencia del servicio entregado y por ende del valor entregado al cliente que lo ha solicitado.

El trabajo presentado se sustentó en un estudio de la cadena logística portuaria tomando como fuente de información los puertos de Valparaíso y San Antonio, buscando caracterizar sus principales actores así como los procesos que en ella se desarrollan con el fin de detectar los eventos que puedan afectar el normal flujo de la cadena logístico-portuaria produciendo desvíos en los planes. De todos los nodos relevantes de la cadena logística portuaria, el puerto en sí mismo se convierte en un nodo crítico debido a la confluencia de múltiples cadenas de abastecimientos tanto de importación como de exportación, presentando debido a esto un alto grado de complejidad en las actividades que en él se desarrollan. Cabe mencionar que una característica esencial que se desea preservar en toda propuesta de solución es la de preservar la autonomía de cada uno de los miembros de la cadena, por ende no es factible definir un sistema centralizado.



El estudio y la identificación de los riesgos son actividades importantes, ya que al concretarse un riesgo (denominado evento), puede provocar una alteración importante en la ejecución de los planes y afectar a todos los actores de la cadena. Los riesgos pueden ser clasificados de acuerdo a su impacto en: desastres, interrupciones y desvíos, los dos últimos pueden ser operacionales, de una alta frecuencia de ocurrencia y un mediano impacto, siendo requerido contar con una herramienta que permita llevar a cabo una adecuada gestión de los mismos.

La propuesta desarrollada en este trabajo consiste en especificar un sistema colaborativo basado en la interacción de sistemas de gestión de eventos para cada uno de los actores de la cadena, estos sistemas son derivados a partir del modelo propuesto por (Bearzotti et al, 2008), que pudiese disminuir el impacto de los eventos de tipo operacional. De estos actores nos focalizaremos en una primera etapa de desarrollo en el nodo portuario debido a su complejidad en cuanto a los procesos que en él se llevan a cabo, donde además la complejidad se ve incrementada al considerarlo un elemento clave en la cadena logística portuaria. Este modelo se basa en la perspectiva de la tecnología Multi-Agente que tratan de modelar sistemas de control complejo, con actores autónomos y heterogéneos ofreciendo un soporte comunicacional en la colaboración inter-empresas, lo que entrega a la cadena estudiada: visibilidad, robustez, flexibilidad y agilidad.

La función principal del sistema colaborativo propuesto, es atenuar el impacto de las excepciones o eventos en la planificación de la cadena, para que los planes no se tornen inviable en su ejecución, donde el sustento trascendental del modelo, radica en la detección y control en la ocurrencia de los eventos, y que por un procesos de búsqueda de soluciones puedan mitigar su impacto. Finalmente, este modelo busca aumentar la visibilidad de la cadena a todos sus participantes, controlar eventos que puedan afectar el proceso normal de la cadena, gestionarlos tanto individualmente como colaborativamente, pero sin que los actores pierdan su autonomía. Estas características se traducen en una mejora de la calidad de servicio y de la competitividad, y en consecuencia del nivel de desempeño de la cadena logística portuaria como un todo.

Cada uno de los sistemas de gestión de eventos de cada actor reciben como entrada los planes y las holguras a gestionar y por otro lado los eventos que ocurren (internos cuando son propios, externos cuando provienen de un sistema de gestión de eventos de otro actor relacionado o de frontera cuando se corresponden a situaciones asociadas a actores que no forman parte de la cadena), los agentes que conforman el sistema son los responsables de hallar colaborativamente una solución al problema que se ha detectado, produciendo dos salidas posibles: una solución a ser implementada o los escenarios de solución que han sido evaluados y no adoptados.

Como tareas a desarrollar se encuentra la instanciación y adaptación del modelo SCEMMA (Bearzotti et al, 2011) para cada actor de relevancia en la cadena, atendiendo las características específicas de cada dominio; siendo el primer actor a ser estudiado con detalle será el nodo portuario caracterizando sus procesos para determinar cuáles son sus eventos a gestionar. También es importante la implementación de sistemas basados en estos modelos y su integración con otras propuestas que buscan incorporar los conceptos provenientes de las cadenas de suministro en la cadena logística-portuaria, tales como Gestión de la Demanda, Gestión de Vehículos y Gestión de Órdenes (Ascencio, et al., 2011), ya que estos sistemas serán fuente natural de información acerca de los planes que se han elaborado de manera colaborativa como así también de la ejecución de los mismos. Por lo que existe un desafío en cómo lograr la integración de estos nuevos sistemas con el modelo propuesto y con los sistemas preexistentes.



## Referencias

Ascencio L.M, González-Ramírez, R.G., Bearzotti, L., Guerrero, I., Metodología basada en administración de la cadena de suministro para una cadena logística portuaria. Actas de la Conferencia IAME-2011, Trabajo en proceso.

Bearzotti, L., Salomone, E., Chiotti, O. Collaborative Negotiations in Supply Chain Event Management Multi-Agent System. Actas de las Jornadas Chilenas de Computación 2008, Workshop en Agentes y Sistemas Colaborativos, Noviembre 2008, Punta Arenas, Chile.

Bearzotti, Lorena A., Enrique Salomone, Omar J. Chiotti, An autonomous multi-agent approach to supply chain event management, International Journal of Production Economics, Available online 12 September 2011, ISSN 0925-5273, 10.1016/j.ijpe.2011.08.023.(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552731100377X>)

Craighead, C., Blackhurst, J. Rungtusanatham, M. J. and Handfield, R. 2007. The severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities. Decision Sciences, Volume 38 Number 1. February 2007.

Hoffmann, O., Deschner, D., Reinheimer, S. and Bodendorf, F., 1999. Agent-Supported Information Retrieval in the Logistic Chain. In proceeding of the 32nd Hawaii International Conference on System Sciences, Maui.

Kärkkäinen, M., Främling, K. And Ala-Ri, M., 2003. Integrating material and information flows using a distributed peer-to-peer information system. In Collaborative System Production Management (Jaddev H.S., Wortmann, J.C., Pets H.J. Eds), pp 305-319, Kuwer Academic Publishers, Boston.

Meydanoglu, E., 2009. The rol of supply chain event management systems for supply chain risk management. In European and Mediterranean Conference on Information Systems 2009 (EMCIS 2009). July 13-14 2009, Izmir.

Mokhatari, K et al., Application of a generic bow-tie based risk analysis framework on risk management of sea ports and offshore terminals. J. Hazard Mater(2011), doi:10.1016/j.jhazmat.2011.05.035.

Pereira, J., 2009. The new supply chain's frontier: Information management. In International Journal of Information Management 29, 372- 379.

Rodrigue, J. P., & Notteboom, T. (2009). The Terminalization of Supply Chains: Reassessing the Role of Terminals in Port / Hinterland Logistical Relationships. Maritime Policy and Management, 36(2), 165-183.

Sarimveis, H., Patrinos, P., Tarantilis, C. and Kiranoudis C., 2008. Dynamic modeling and control of supply chain systems: A review. In Computers & Operations Research 35, 3530 – 3561.

Schoenthaler, R and Alvarenga, C., 2003. A New Take on Supply Chain Event Management. In Supply Chain Management Review. March/April 2003.

Speyerer, J. and Zeller, A., 2004. Managing Supply Networks: Symptom Recognition and Diagnostic Analysis with Web Services. Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciencies – 2004.

Szirik, N.B., Wortmann, J.C., Hammer, D.K., Goosenaerts, J.B. M. and Aerts, A.T.M., 2000. Mediating Negotiations in a Virtual Enterprise via Mobile Agents. In Proceedings of the Academia/Industry Working Conference on Research Challenges (IEEE Computer Society Eds.), pp. 237-242, Buffalo, NY, 2000.





Tang, C., 2006. Perspectives in supply chain risk management. In *International Journal Production Economics* 103 (2006) 451 – 488.

Teuteberg F and Schreber, D., 2005. Mobile Computing and Auto-ID Technologies in Supply Chain Event Management – An Agent-Based Approach In *Proceedings of the Thirteenth European Conference on Information Systems* (Bartmann D, Rajola F, Kallinikos J, Avison D, Winter R, Ein-Dor P, Becker J, Bodendorf F, Weinhardt C eds.), Regensburg, Germany.

Trkman, P. and McCormack, K., 2009. Supply chain risk in turbulent environments – A conceptual for managing supply chain network risk. In *International Journal Production Economics* 119, 247 – 258.

Tuncel, G. and Gülgün, A., 2010. Risk assessment and management for supply chain networks: A case study. In *Computers in Industry* 61, 250 – 259.

Zimmermann, R., 2006. Agent-based Supply Network Event Management. *Whitestein Series in Software Agent Technologies*, Eds: Marius Walliser, Stefan Brantschen, Monique Calisti y Thomas Hempfling.