

HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS EN CADENAS DE SUMINISTRO: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

TOOLS FOR RISK MANAGEMENT IN SUPPLY CHAINS: A REVIEW OF LITERATURE

Alina Díaz Curbelo¹, Dr. Ángel Manuel Gento Municio², Dr. Fernando Marrero Delgado¹

¹ Departamento de Ingeniería Industrial (Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba)

² Departamento de Organización de Empresas y C.I.M (Universidad de Valladolid. Spain))

Fecha de recepción: 02/05/2017

Fecha de aceptación: 15/12/2017

Resumen: El incremento de las cadenas de suministro globales, a pesar de sus grandes beneficios, las convierte en más vulnerables y con mayores niveles de riesgo. En este artículo se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura sobre los métodos utilizados para la Gestión de Riesgos de Cadenas de Suministro, tanto cualitativos como cuantitativos, centrados en alguna fase del ciclo de gestión de riesgos y en el ciclo completo (identificación, evaluación, mitigación, seguimiento), así como los principales campos de aplicación. Por último, se identifican nuevas oportunidades y retos como líneas futuras de investigación.

Palabras clave: Gestión de riesgos, gestión de la cadena de suministro, revisión de la literatura, métodos cuantitativos.

Abstract: The increase in global supply chains is associated with increased interconnection between suppliers and manufacturers, leading to greater dependence between supply chain companies and a greater level of complexity. So, in spite of its great benefits, it makes them more vulnerable and with higher levels of risk. These risks must therefore be adequately identified and evaluated in order to carry out effective risk management to take the necessary measures to mitigate them. Risk management must be an ongoing process that helps the implementation of a company's strategy. We must methodically address all the risks associated with the activities that frame the company in the supply chains and provide the level of risk in the organization.

In this sense, the objective of this article is to identify the main quantitative methods for the management of risks in supply chains through a systematic review of the literature based on a research methodology to that effect. This analysis has identified the main qualitative / quantitative, simple / integrated methods that have been used in the corresponding stages of the risk management cycle (identification, assessment, mitigation, monitoring) as well as the main areas of application. As a result, the most explored stage has been the risk assessment and in particular the evaluation of the risk of supply. As far as applications are concerned, manufacturing supply chains have attracted more attention, while service supply chains are still little explored. Finally, new opportunities and challenges are identified as future lines of research

1. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las empresas se producen frecuentemente alteraciones en su funcionamiento que provocan interrupciones en sus operaciones cotidianas. Este tipo de alteraciones son consecuencia de riesgos potenciales que existen en el entorno y en los propios procesos internos en que se desarrollan en la actividad empresarial.

Por ejemplo, los riesgos potenciales pueden deberse a la incertidumbre en los plazos de entrega, la calidad de los productos, o a las interrupciones en un proceso productivo por falta de materiales. También generan riesgos en los negocios, aspectos externos como pueden ser los desastres naturales, los conflictos laborales o alteraciones políticas en los países. Todos ellos

en mayor o menor medida tienen un impacto económico en la organización provocando pérdidas y/o contratiempos.

Esto constituye, por tanto, una de las preocupaciones principales de la gestión de las cadenas de suministro en el entorno actual. El incremento de las cadenas de suministro globales se asocia con el aumento de la interconexión entre proveedores y fabricantes, lo que provoca una mayor dependencia entre las empresas de las cadenas de suministro y un mayor nivel de complejidad (Wagner y Bode, 2008; Christopher et al., 2011). De manera que, a pesar de sus grandes beneficios, las convierte en más vulnerables y con mayores niveles de riesgo. Estos riesgos por tanto deberán ser adecuadamente identificados y evaluados para llevar a cabo una efectiva gestión de riesgos que permita tomar las medidas necesarias para mitigarlos.

En este sentido, el objetivo de este trabajo es identificar las principales herramientas empleadas para la gestión de riesgos en cadenas de suministro y valorar posibles brechas en la investigación actual que pudieran marcar líneas de investigaciones futuras mediante una revisión sistemática de la literatura.

Es necesario destacar que este artículo constituye la segunda etapa de una revisión más amplia. En una primera fase se abordaron las principales definiciones y tipos de riesgos en la gestión de cadenas de suministro; por lo que la metodología empleada para esta revisión ha sido la misma y se muestra un resumen de los resultados en su procedimiento, en correspondencia con las preguntas específicas de esta investigación.

De este modo, el análisis se centra en documentos que explícitamente abordan de manera cuantitativa y/o cualitativa la modelación y evaluación del riesgo en la gestión de la cadena de suministro. Hemos estudiado fundamentalmente los enfoques matemáticos que se originan de la investigación de operaciones y la gestión de la cadena de suministro, de modo que el análisis principal de este artículo se centra en el cuerpo matemático de la literatura de riesgo de la cadena de suministro en un espacio temporal de enero 2003 a enero 2016.

El resto de este artículo se organiza de la manera siguiente: en la sección próxima se describe la metodología de trabajo empleada para llevar a cabo la revisión de la literatura. La sección siguiente muestra los resultados de dicha revisión dando cumplimiento a los objetivos específicos planteados. Se presenta un resumen de los principales métodos cualitativos y cuantitativos, simples e integrados para la gestión de riesgos en cadenas de suministro, así como las principales áreas de aplicación identificadas. Finalmente se muestran las conclusiones y una perspectiva de las ideas para futuras investigaciones.

2. METODOLOGÍA

La metodología empleada en esta investigación ha sido una "Revisión Sistemática de la Literatura" (Systematic Literature Review, SLR). Se debe destacar que este artículo constituye la segunda etapa de un proyecto más amplio, que se inició con el análisis del marco conceptual de la gestión de riesgos y para el cual se empleó la misma metodología SLR propuesta por Tranfield et al. (2003) (Figura 1), la cual hemos empleado para el cumplimiento de los objetivos de esta segunda etapa. De esta forma se asegura una revisión

de la literatura estructurada, rigurosa y replicable. De modo que, han sido empleadas las etapas descritas en la primera parte de esta investigación, por lo que nos centraremos en este apartado a mostrar un resumen de su aplicación.

Solo se consideraron artículos publicados en revistas con proceso de revisión por pares, publicados en inglés. Se excluyeron disertaciones, actas de congresos, documentos de trabajo, y otros trabajos similares. Los motores de búsqueda considerados fueron: Web of Science, Science Direct, Wiley, y Emerald Insight por la calidad validada de la información gestionada.

Las palabras clave se combinaron con el fin de generar varias cadenas de búsqueda, las cuales se emplearon en todas las bases de datos definidas. Para ello se utilizaron operadores simples, tales como caracteres truncados (e.g., *, "exact phrase"), y se generaron búsquedas complejas mediante la combinación de operadores booleanos (e.g., AND, OR).

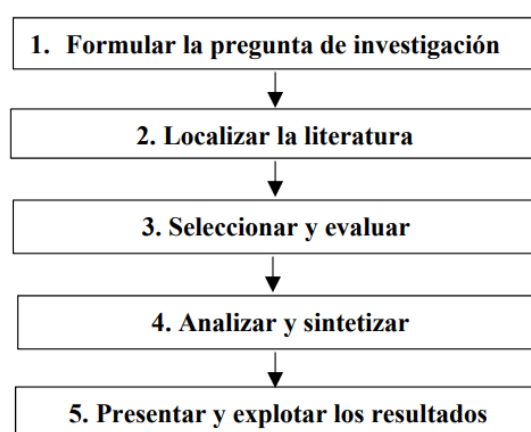


Figura 1. Etapas empleadas en la metodología SLR
Fuente: Tranfield et al. (2003)

El período de búsqueda se acotó desde el enero 2003 hasta enero del 2016 (ambos inclusive). Según Sodhi et al. (2012) a partir del año 2003 puede apreciarse un crecimiento en el número de publicaciones relacionadas con esta temática; por lo que hemos comprendido ese período como nuestro espacio temporal de investigación.

Como resultado de las búsquedas en las diferentes bases de datos empleadas se detectaron estudios duplicados y, consecuentemente, fueron eliminados. Para ello la primera base de datos que se empleó fue Web of Science, empleándose los resultados de dichas búsquedas como referencia para eliminar los estudios duplicados en las bases de datos restantes.

De este modo, el criterio diseñado y seguido de forma detallada como conduce la figura 1, permitió lograr una alineación sólida entre los objetivos de la investigación y los trabajos seleccionados, resultando finalmente

265 trabajos para el análisis. En la Tabla 1 se muestra un resumen de la metodología empleada.

Tabla 1. Resumen de la metodología empleada

Preguntas de investigación	¿Cómo evaluar y gestionar los riesgos en la cadena de suministro? a) ¿cuáles son los principales métodos empleados para su gestión? b) principales áreas de aplicación			
Palabras clave empleadas en las búsquedas	Risk		Supply chain	
	risk management, risk assessment, risk uncertainty, models/frameworks risk, quantitative methods risk		Supply chain, supply chain management, value chain, logistics	
Período de selección	enero 2003 – enero 2016			
Motores de búsqueda	Web of Science	ScienceDirect	Wiley	Emerald Insight.
Criterio de selección	Proceso formado por 5 etapas estandarizadas y replicables (figura 1)			
Análisis y síntesis	Naturaleza cualitativa			

En el siguiente apartado se presentan los resultados principales de la síntesis de la revisión de la literatura. En primer lugar, se muestra la propuesta conceptual y de clasificación de la literatura y, posteriormente, un resumen de las principales herramientas empleadas, así como los principales sectores de aplicación.

3. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El término "riesgo" se utiliza con frecuencia y se entiende fácilmente, pero los conceptos subyacentes son difíciles de definir y aún más difícil de evaluar.

Según la norma ISO 31000 (2015), el riesgo es el "efecto de la incertidumbre sobre los objetivos". Un efecto es una desviación de lo esperado (positivo y/o negativo) y los objetivos pueden tener diferentes aspectos (como financieros, de salud y seguridad, ambientales, entre otros) y pueden aplicarse a diferentes niveles (estratégicos, de toda la organización, producto y proceso). El riesgo se caracteriza a menudo por referencia a eventos y consecuencias potenciales, o una combinación de éstos.

En el contexto de cadenas de suministro, éstas son tan fuertes como su eslabón más frágil. Con cadenas cada vez más extensas y globalizadas, la variabilidad incrementa y, por consiguiente, deben identificarse los

potenciales puntos de ruptura y elaborar planes de acción.

De manera general, una cadena de suministro está constituida por proveedores, fabricantes, distribuidores, puntos de venta hasta llegar a los clientes y consumidores finales. La visibilidad a lo largo de la cadena es fundamental para entender e identificar los posibles disruptores que impactan el desempeño de la operación y el resultado financiero de la empresa.

La gestión de riesgos debe ser un proceso continuo que ayude a la implementación de la estrategia de una empresa. Debemos abordar metódicamente todos los riesgos asociados con las actividades que enmarcan a la empresa en las cadenas de suministro y proporcionar el nivel de riesgo en la organización.

Hay muchos métodos disponibles de evaluación de riesgos y cada empresa debe seleccionar uno o la combinación en función de su naturaleza, tamaño y complejidad.

3.1. Métodos de Gestión de Riesgos de Cadena de Suministro

En la última década, una serie de métodos cualitativos y cuantitativos se han desarrollado y aplicado para ges-

tionar los riesgos de la cadena de suministro. Existen varios marcos con terminologías diferentes, sin embargo, existe un consenso (Giannakis y Papadopoulos, 2015; Aqlan y Lam, 2015) acerca de que la Gestión de Riesgos de Cadenas de Suministro (GRCS) implica cuatro etapas secuenciales:

1. Identificación de riesgos
2. Evaluación de riesgos
3. Mitigación/tratamiento de riesgos
4. Seguimiento/control del riesgo

En este apartado se presentan estos procesos de investigación específicos o individuales que estudia la GRCS y los principales métodos e investigaciones identificados.

Identificación de riesgos

La identificación de riesgos es el primer paso en el proceso de GRCS. En concreto incluye la identificación de los tipos de riesgo, los factores que provocan los mismos o ambos.

En este sentido, en la literatura consultada puede apreciarse un grupo de investigadores que utilizaron métodos que pudieran considerarse híbridos cualitativos/cuantitativos para identificar los posibles riesgos de la cadena de suministro, tales como el método de jerarquías analíticas (AHP) (Gaudenzi y Borghesi, 2006; Tsai, Liao y Han, 2008), un mapa de vulnerabilidad de la cadena de suministro (Blos et al., 2009), y el método de análisis de peligros y operabilidad (HAZOP) (Adhitya et al., 2009).

Otros proponen herramientas cualitativas para identificar tipos de riesgo y factores de riesgo, como un modelo conceptual (Trkman y McCormack, 2009), una metodología centrada en el valor de la ingeniería de procesos (Neiger et al., 2009) y un sistema de identificación de riesgos de la cadena de suministro con enfoque del sistema basado en el conocimiento (Kayis y Karningsih, 2012).

La mayor parte de las investigaciones que se centran en esta etapa de identificación de riesgos aplicaron métodos cualitativos. Se debe destacar que, en estos casos, no dan prioridad ni cuantifican el impacto negativo de los tipos de riesgos ni de los factores de riesgos.

Evaluación de riesgos

La evaluación del riesgo está asociada a la probabilidad de que ocurra un evento y la importancia de las consecuencias (Harland et al., 2003). En la última década, una serie de métodos de evaluación de riesgos han surgido, especialmente para la evaluación del riesgo de suministro, que se considera que ha sido el más estudiado.

Debido a la gran cantidad de investigaciones desarrolladas en esta área, se ha agrupado de acuerdo a los tipos de riesgo según la clasificación dada por Ho et al. (2015), que justifica la exhaustividad de esta clasificación, particularizando en los micro riesgos. Se ha querido presentar en un sentido "pull" como corresponde al funcionamiento de una cadena de suministro.

Evaluación de riesgos de demanda

Un número reducido de investigadores analizó el impacto de la variedad de la demanda en la gestión del inventario (Ballou y Burnetas, 2003; Cachon, 2004; Talluri et al., 2004; Betts y Johnston, 2005; Sodhi, 2005; Xiao y Yang, 2008; Radke y Tseng, 2012). Algunos de ellos proporcionan información útil sobre la reducción de las existencias de seguridad como es el caso de Ballou y Burnetas (2003). Talluri et al. (2004) desarrollaron un modelo de inventario de seguridad y punto de referencia con los modelos existentes para la gestión de fabricación contra inventarios bajo variaciones de oferta y demanda. Por su parte Betts y Johnston (2005) presentaron un modelo de inventario limitado de varios artículos para comparar reposición justo a tiempo (JIT) con la sustitución de componentes bajo demanda estocástica. El análisis mostró que la reposición JIT es más eficaz que la sustitución de componentes debido a la menor inversión en inventario de seguridad.

Otros investigadores analizaron el impacto de la visibilidad de la demanda y el efecto látigo en el rendimiento de la cadena de suministro. Smaros et al. (2003) utilizaron un modelo de simulación de eventos discretos para mostrar que una mejora parcial de la visibilidad de la demanda puede mejorar la eficiencia de la producción y control de inventario. Reiner y Fichtinger (2009) desarrollaron un modelo dinámico para evaluar mejoras en los procesos de cadena de suministro bajo la consideración de diferentes métodos de predicción. Sucky (2009) sugiere que la variabilidad de pedidos aumenta a medida que éstos avanzan a lo largo de la cadena de suministro desde los minoristas hasta los proveedores (pasando por mayoristas y fabricantes),

llegando a la conclusión de que el efecto látigo se multiplica aun suponiendo una cadena de suministro simple.

Una limitación común de los artículos anteriores es que la mayoría de los métodos propuestos no fueron aplicados en casos industriales reales (Ballou y Burnetas, 2003; Smaros et al., 2003; Cachon, 2004; Betts y Johnston, 2005; Sodhi, 2005; Xiao y Yang, 2008; Reinher y Fichtinger, 2009; Sucky, 2009; Radke y Tseng, 2012). La falta de aplicación efectiva y su verificación hacen que los usuarios potenciales duden acerca de la eficacia y la eficiencia de los métodos propuestos. Varias de las investigaciones anteriores validan los problemas estudiados con cadenas de suministro idealizadas (Ballou y Burnetas, 2003; Smaros et al. 2003; Cachon, 2004).

Evaluación de riesgos de producción

Existen diferentes métodos para evaluar los riesgos de producción en cadenas de suministro diferentes. Cigolini y Rossi (2010) proponen el enfoque del árbol de fallos para analizar y evaluar el riesgo operacional en la perforación, transporte primario y etapas de refinación de una cadena de suministro de aceite. Llegaron a la conclusión de que diferentes etapas se ven afectadas por diferentes riesgos operacionales de acuerdo con las diferencias en las plantas. Por lo tanto, cada planta debe estar provista de un proceso de gestión de riesgos concebido específicamente para ello.

Por otro lado, Dietrich y Cudney (2011) aplicaron una adaptación del método Pugh (conocido también como matriz de decisiones) para evaluar el riesgo asociado al nivel de preparación de la fabricación por tecnologías

emergentes en una cadena de suministro aeroespacial mundial. Revelaron que la dirección ejecutiva puede evaluar toda la cartera de tecnología emergente con mayor eficacia con la metodología propuesta.

Mientras que Tse y Tan (2011) construyeron un sistema de evaluación del riesgo de la no calidad del producto (cuando este no cumple con los atributos demandados por el cliente) y lo relacionado con su visibilidad, mediante el análisis incremental de margen de una empresa de fabricación de juguetes. Ellos argumentaron que una mejor visibilidad de los riesgos en los niveles de suministro podría reducir al mínimo el riesgo de no calidad.

Existen algunas limitaciones en los artículos anteriores. Por ejemplo, Cigolini y Rossi (2010) sólo se centran en tres etapas de una cadena de suministro de aceite, sin tener en cuenta la evaluación del riesgo operacional en algunas otras etapas cruciales (por ejemplo, el diseño, la construcción y la contratación externa). La matriz de evaluación de riesgos propuesto por Dietrich y Cudney (2011) es bastante simplista, ya que se basa en sólo tres niveles (es decir, "verde", "amarillo" y "rojo") y Tse y Tan (2011) no cuantifican los riesgos ni sus factores, ni proponen medidas de mitigación para los riesgos de fabricación identificados.

Evaluación del riesgo de suministro

La evaluación del riesgo de suministro ha sido el área que ha llamado mayor atención. En gran parte de la bibliografía consultada estudiaron el problema de la selección y la evaluación de los proveedores teniendo en cuenta una variedad de riesgos de suministro, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Tipos de riesgos específicos en la evaluación del riesgo de suministro

Tipo de riesgo	Referencias
Mala calidad	Talluri y Narasimhan (2003); Talluri et al. (2006)
Entrega tardía	Talluri y Narasimhan (2003); Talluri et al. (2006)
Capacidad incierta	Kumar et al. (2006); Viswanadham y Samvedi (2013)
Ubicación geográfica dispersa	Chan y Kumar (2007)
Fallos del proveedor	Kull y Talluri (2008); Ravindran et al. (2010); Ruiz-Torres et al. (2013); Wiengarten et al. (2013); Johnson et al. (2013); Cheong y Song (2013); Wu et al (2010); Chen y Wu (2013)
Tensión financiera del proveedor	Lockamy y McCormack (2010)

Interrupción del suministro	Wu y Olson (2010); Meena et al. (2011)
Falta de capacidad y experiencia de gestión de riesgos de los proveedores	Ho, Dey y Lockström (2011)
Falta de implicación de proveedores	Chaudhuri et al. (2013)
Insuficiencia de suministro de segundo nivel	Kull y Closs (2008)
Riesgo de abastecimiento en alta mar	Schoenherr et al. (2008)
Terrorismo	Hartnett et al. (2009)

Una amplia gama de métodos cuantitativos se ha propuesto para hacer frente a los problemas que pueden generar estos tipos de riesgos. En la tabla 3 se resumen los identificados en esta investigación.

Tabla 3. Métodos cuantitativos para la evaluación de riesgos de suministro

Método	Referencias
Análisis basado en el modo de fallos y efectos (AMFE) difuso, combinado con un promedio ponderado	Chaudhuri et al. (2013)
Árboles de decisión	Ruiz-Torres et al. (2013)
Métodos de toma de decisiones multicriterio y en particular AHP	Chan y Kumar (2007); Blackhurst et al. (2008); Kull y Talluri (2008); Ho et al. (2011); Chen y Wu (2013); Viswanadham y Samvedi (2013)
Programación matemática y análisis de envoltura de datos (DEA)	Talluri y Narasimhan (2003); Kumar et al. (2006); Talluri et al. (2006); Ravindran et al. (2010); Wu y Olson (2010); Wu et al (2010); Meena et al. (2011)
Redes bayesianas	Lockamy y McCormack (2010)

En este sentido es necesario destacar algunas investigaciones como Zsidisin et al. (2004) que examinaron las herramientas que implementan las organizaciones que desarrollan fuertemente el proceso de compras para evaluar el riesgo de suministro desde un punto de vista teórico. Indicaron que las organizaciones de compras pueden evaluar el riesgo de suministro con técnicas que se centran en hacer frente a los problemas de calidad de proveedores, la mejora de los procesos de los proveedores y reducir la probabilidad de interrupciones en el suministro.

Ellegaard (2008) aplicó una metodología basada en casos para analizar las prácticas de gestión del riesgo de suministro de 11 pequeños propietarios de la empresa.

Algunos autores como Wu y Olson (2008) compararon varios métodos como: programación estocástica con restricciones, la DEA y programación multi-objetivo, pero utilizan datos simulados para comparar estos tres

modelos derivados de los métodos anteriores. Los resultados de los tres modelos son coherentes entre sí en la selección de proveedores de preferencia.

Del mismo modo, Azadeh y Alem (2010) comparan tres tipos de modelos de selección de proveedores bajo condiciones de certeza, incertidumbre y probabilísticos, que incluyen la DEA, Fuzzy DEA y DEA con limitaciones. Los resultados de los tres modelos también son coherentes entre sí con respecto a los peores proveedores.

La evaluación y selección de proveedores ha atraído la mayor atención en esta categoría. Muchas investigaciones se han centrado en el desarrollo del modelo conceptual y demostración del uso de datos simulados (Chan y Kumar, 2007; Ravindran et al., 2010; Wu y Olson 2010; Wu et al., 2010; Meena et al., 2011; Viswanadham y Samvedi, 2013; Ruiz-Torres et al., 2013). Por lo tanto, el uso de datos reales para poner a prueba la eficacia de estos métodos sigue limitado.

Por otra parte, algunas investigaciones tienen otras limitaciones técnicas. Por ejemplo, Talluri y Narasimhan (2003) y Talluri et al. (2006), sólo utilizan una medida de entrada en los análisis de DEA. Kull y Talluri (2008) asumieron que las capacidades de los proveedores actuales permanecerán invariables. Lockamy y McCormack (2010) asumieron que todos los proveedores están dispuestos a compartir sus datos de perfil de riesgo precisos y fiables con sus clientes. Ruiz-Torres et al. (2013) suponen que todos los parámetros de entrada y las características de los proveedores serán deterministas.

En el caso de Hartnett et al. (2009) desarrollaron un modelo de simulación para cuantificar y caracterizar la respuesta del sistema de salud pública y el impacto de los avisos de este sistema ante un riesgo de

contaminación del suministro de alimentos. Esencialmente, el modelo proporciona una valoración del tiempo ahorrado en la identificación e intervención en eventos terroristas relacionados con suministros de alimentos. De modo que, está más asociado a la evaluación de la capacidad de respuesta del sistema de salud que a la propia gestión del riesgo.

Evaluación del riesgo financiero

Esta área de evaluación de riesgos dentro de la cadena de suministro no se encuentra muy saturada. Algunas investigaciones se centran en riesgos financieros específicos, aunque los riesgos financieros sean los más estudiados a lo largo de la literatura de forma genérica.

En este sentido, Tsai (2008) modeló los riesgos relacionados con el flujo de caja de la cadena de suministro debidos a las desviaciones de las entradas de efectivo, las salidas y los flujos netos de cada periodo. Y recomienda como mejor política, el uso de los valores respaldados por activos para financiar las cuentas por cobrar, como un medio para acortar el ciclo de conversión de efectivo y reducir el riesgo de entrada de efectivo.

Liu y Nagurney (2011) desarrollaron un modelo de desigualdad variacional para estudiar el impacto del

riesgo de cambio extranjero y la intensidad de la competencia de cadenas de suministro de empresas que están involucradas en actividades de subcontratación en el extranjero.

Por otra parte, otros estudios se han centrado en riesgo financiero genérico. Franca et al. (2010) formularon un modelo de programación multi-objetivo relacionando los conceptos de Seis Sigma para evaluar el riesgo financiero.

Liu y Cruz (2012) estudiaron el impacto del riesgo financiero corporativo y la incertidumbre económica sobre los valores, las ganancias y las decisiones de las cadenas de suministro. Encontraron que los proveedores están dispuestos a sacrificar algunos márgenes de beneficio para ganar más negocios de los fabricantes con menor riesgo financiero y con menor sensibilidad a la incertidumbre económica. Un inconveniente común con estos enfoques es que se centran en los datos simulados en lugar de utilizar los datos de casos reales.

Evaluación de riesgos de la información

Esta es un área temática que, en la bibliografía consultada, no se aprecia muy explotada como área particular. En este sentido se debe destacar únicamente la investigación de Durowoju et al. (2012) donde utilizan la simulación de eventos discretos para investigar el impacto de la interrupción en el flujo de la información crítica necesaria en las operaciones de fabricación. Revelaron que el minorista es el que experimenta mayor incertidumbre en la cadena de suministro. En su investigación, se estudió un riesgo genérico de tecnología de la información y no se identificaron factores de riesgo ni se cuantificaron.

Evaluación de otros tipos de riesgos

En la bibliografía consultada, los artículos que no evalúan los tipos de riesgo específicos mencionados se describen en esta sección. Fuera de las categorías anteriores podemos encontrarnos con otros trabajos que han tratado de evaluar, valorar y cuantificar los riesgos genéricos de la cadena de suministro, como se resumen en la tabla 4.

Tabla 4. Métodos cuantitativos para la evaluación general de riesgos

Referencia	Propuesta
Brun et al. (2006)	Desarrollaron una metodología denominada paquete de evaluación de oportunidades de la cadena de suministro, para evaluar los proyectos de planificación avanzada, programación e implementación de la gestión de la cadena de suministro con análisis de riesgos.
Bogataj y Bogataj (2007)	Utilizaron el modelo de programación lineal paramétrica para medir los costos de riesgo en función del valor actual neto de las actividades.
Craighead et al. (2007)	Sugirieron que las mejores prácticas en compras, incluyendo reducción del suministro de base, el abastecimiento global y el abastecimiento de los grupos de suministro, podrían tener un impacto negativo sobre la gravedad de interrupciones en la cadena de suministro.
Laequuddin et al. (2009)	Sugirieron que los miembros de la cadena de suministro deben esforzarse por reducir los niveles de riesgo de los miembros y con ello generan confianza, en lugar de esforzarse para construir confianza para reducir el riesgo.
Wu et al. (2007)	Propusieron un enfoque de análisis de interrupción de la red para determinar cómo los cambios o perturbaciones se propagan en las cadenas de suministro y calculan su impacto en el sistema de la cadena de suministro.
Hult et al. (2010)	Estudiaron las decisiones de inversión de la cadena de suministro cuando se enfrentan a altos niveles de riesgo de incertidumbre.
Kumar et al. (2010)	Aplicaron la técnica artificial colonia de abejas, algoritmos genéticos y la optimización de nube de partículas para identificar los factores de riesgo operacional, su valor esperado, la probabilidad de ocurrencia, y el coste adicional asociado.
Wagner y Neshat (2010)	Evaluaron la vulnerabilidad de la cadena de suministro. Llegaron a la conclusión de que si los directivos de la cadena de suministro eran más capaces de medir y gestionar vulnerabilidades de la cadena de suministro, podrían reducir el número de interrupciones y su impacto.
Jüttner y Maklan (2011)	Revelaron que la gestión del conocimiento parece aumentar la resistencia de la cadena de suministro mediante la mejora de la flexibilidad, visibilidad, velocidad y capacidades de colaboración de la cadena de suministro.
Khilwani et al. (2011)	Proponen el enfoque híbrido de redes de Petri para el modelado, evaluación del desempeño y la evaluación del riesgo de una cadena de suministro.
Olson y Wu (2011)	Utilizaron la DEA y la simulación de Monte Carlo para identificar diversas medidas de rendimiento del riesgo de subcontratación, y se compara el rendimiento esperado de los vendedores bajo riesgo e incertidumbre en una cadena de suministro.
Wang et al. (2011)	Aplicaron modelos de programación matemática sin restricciones y con restricciones para evaluar la relación entre las diversas estrategias de la cadena de suministro y el riesgo regulatorio de canje.
Wang et al. (2012)	Aplicaron un AHP difuso para evaluar el riesgo de la implementación de varias iniciativas verdes en la industria de la moda.
Jüttner y Maklan (2011) y Pettit et al. (2013)	Evaluaron la resistencia de la cadena de suministro
Berle et al. (2013)	Evaluaron la vulnerabilidad de la cadena de suministro. Argumentaron la identificación de los 'cuellos de botella' como elementos de vulnerabilidad de los sistemas de transporte y que permite desarrollar versiones más robustas de estos sistemas de una manera rentable.

Pettit et al. (2013)	Sugieren una correlación entre el aumento de la capacidad de recuperación y la mejora de rendimiento de la cadena de suministro.
Samvedi et al. (2013)	Aplicaron enfoques difusos de AHP y TOPSIS para cuantificar los riesgos en una cadena de suministro, y se agregan los valores en un índice de riesgo integral.

Los métodos antes mencionados abordan una variedad de temas que no carecen de limitaciones identificadas. Brun et al. (2006) consideraron solo las características deterministas de proyectos en su análisis de riesgos. Kumar et al. (2010) se centraron en una cadena de suministro de un solo producto. Wagner y Neshat (2010) afirmaron que la aplicabilidad de su enfoque propuesto depende en gran medida de la disponibilidad de datos que cuantifica los factores de vulnerabilidad de la cadena de suministro. Khilwani et al. (2011) indicaron que el método propuesto es capaz de modelar los cambios realizados en la red durante el proceso de gestión de riesgos. Wang et al. (2012) señalaron que la funcionalidad de su modelo depende en gran medida de las habilidades de conocimiento, experiencia y las comunicaciones de los evaluadores. Berle et al. (2013) estudiaron una versión simplificada de un sistema de transporte de bienes. Samvedi et al. (2013) propusieron un índice de riesgo con carácter genérico y no específico para cada industria.

principales: (1) eliminar el riesgo, (2) reducir la frecuencia y las consecuencias del riesgo, (3) transferir el riesgo por medio de seguro y de compartir, y (4) aceptar el riesgo. Los gerentes suelen elegir las estrategias adecuadas de mitigación basadas en varios factores, como la naturaleza del riesgo, el origen del riesgo, los recursos de la empresa, etc.

Existe una gama amplia de investigaciones centradas en la mitigación de riesgos en general, identificándose dos categorías principales.

En primer lugar, se puede decir que varios investigadores han realizado investigaciones empíricas o desarrollaron métodos cualitativos para investigar las maneras efectivas de minimizar los riesgos de la cadena de suministro. Sus resultados mostraron que los riesgos de la cadena de suministro pueden ser mitigados mediante los factores que pueden resumirse en la tabla 5.

Mitigación del riesgo

Según Zsidisin y Ritchie (2009) las estrategias de mitigación se pueden dividir en cuatro categorías

Tabla 5: Factores para la mitigación de riesgos y sus principales referencias

Factores	Referencias
Aumento de la flexibilidad	Tang y Tomlin (2008); Manuj y Mentzer (2008); Skipper y Hanna (2009); Yang y Yang (2010); Chiu et al. (2011); Talluri et al. (2013)
Construcción de relaciones de colaboración entre los miembros de la cadena de suministro	Faisal et al. (2006); Lavastre et al. (2012); Leat y Revoredo-Giha (2013); Chen et al. (2013)
Intercambio de información en la cadena de suministro	Christopher y Lee (2004); Faisal et al. (2006)
Gestión de proveedores	Xia et al. (2011); Wagner y Silveira-Camargos (2012)
Aumento de la agilidad	Braunscheidel y Suresh (2009)
Implementación de actividades de responsabilidad social	Cruz (2009, 2013)
Comprensión de las diversas culturas de organización	Dowty y Wallace (2010)
Sistema pull de fabricación (Kanban)	Nakashima y Gupta (2012).

En segundo lugar, se puede decir que varios investigadores han desarrollado métodos cuantitativos para mitigar los riesgos de la cadena de suministro, los llamados súper modelos de red que integran las redes globales de la cadena de suministro con las redes sociales (Cruz et al. 2006), la casa de riesgos que combina el QFD y AMFE (Pujawan y Geraldin, 2009), y un modelo de programación entera estocástica de dos etapas (Hahn y Kuhn, 2012b).

Seguimiento del riesgo

Esta última etapa del ciclo de gestión de riesgos (dentro de cualquier ciclo PDCA), es la fase que ha atraído menos atención en la literatura.

Se destaca la investigación de Pujawan y Geraldin (2009) que emplean el QFD como herramienta para evaluar la efectividad de las acciones de mitigación definidas.

Zhang et al. (2011) desarrollaron un modelo integrado de diagnóstico de la anomalía, la combinación de la teoría de conjuntos difusos y la red neuronal función de base radial, para proporcionar señales de pre-alerta de calidad de la producción en la cadena de suministro

de la producción de alimentos. Los resultados de la simulación muestran que el sistema de pre-alerta propuesto puede identificar con eficacia los tipos de datos anormales, y determinar con precisión si debe emitirse una alerta. Las limitaciones de este último son que el modelo no fue verificado utilizando datos reales, lo cual sigue siendo una debilidad en este tipo de estudios, y que únicamente fue considerado el riesgo de no calidad.

3.2. Procedimiento o enfoque de GRCS integrada

Además de las investigaciones discutidas de los procesos de GRCS de manera independiente, varios investigadores han desarrollado estudios de estos procesos de manera integrada, o sea, más de una etapa de la gestión de riesgos; con el propósito de articular elementos que permitan una gestión más efectiva.

Varias investigaciones proponen procedimientos detallados o enfoques para GRCS. La mayoría han aplicado enfoques cualitativos. En este sentido, se debe destacar que su aplicación se basa en los cinco pasos principales para GRCS que hemos querido mostrar en la tabla 6.

Tabla 6. Pasos identificados para la GRCS

Pasos	Referencias
Análisis de las cadenas de suministro	Harland et al. (2003); Cucchiella y Gastaldi (2006)
Identificar los tipos de riesgo y los factores	Harland et al.(2003); Chopra y Sodhi (2004); Hallikas et al. (2004); Norrman y Jansson (2004); Cucchiella y Gastaldi (2006); Knemeyer et al. (2009); Tummala y Schoenherr (2011)
Evaluar la probabilidad de ocurrencia y el impacto general	Harland et al. (2003); Hallikas et al. (2004); Norrman y Jansson (2004); Cucchiella y Gastaldi (2006); Knemeyer et al. (2009); Tummala y Schoenherr (2011)
Seleccionar e implementar estrategias de mitigación de riesgos	Harland et al. (2003); Chopra y Sodhi (2004); Hallikas et al. (2004); Norrman y Jansson (2004); Cucchiella y Gastaldi (2006); Knemeyer et al. (2009); Tummala y Schoenherr (2011)
Mejora continua	Hallikas et al. (2004); Norrman y Jansson (2004); Tummala y Schoenherr (2011)

Comparativamente y corroborando lo que se señaló en epígrafe anterior, la identificación, evaluación y mitigación de riesgos han atraído la mayor atención. Es importante destacar que, se debe orientar mayor atención a pre-GRCS (análisis de las cadenas de suministro) y post-GRCS (mejora continua).

Se puede considerar que existen menos investigaciones proponiendo enfoques cuantitativos para la GRCS integrada. Además, los enfoques cuantitativos apreciados solo cubren dos procesos GRCS, como la identificación y evaluación de riesgos (Wu et al. 2006), la evaluación y mitigación de riesgos (Tuncel y Alpan, 2010) y la identificación y mitigación de riesgos (Xia y Chen, 2011; Diabat et al. 2012). Sin embargo, estos enfoques cuantitativos tienen sus ventajas en términos de cuantificar la probabilidad de ocurrencia y el impacto global de los factores de riesgo con AHP (Wu et al. (2006) o el modo de fallos y efectos y la técnica de análisis de criticidad (Tuncel y Alpan, 2010) y la medición de la eficacia y eficiencia de las estrategias de mitigación de riesgo mediante la simulación basada en redes de Petri (Tuncel y Alpan, 2010), la identificación y mitigación de riesgos a través de enfoque Analytic Network Process (ANP) (Xia y Chen, 2011) y la modelización estructural interpretativa (Diabat et al. 2012).

Una limitación asociada con las investigaciones cualitativas es que muchas de ellas explican principalmente las etapas o fases de los enfoques GRCS pero no demuestran cómo el enfoque se puede aplicar (Chopra y Sodhi, 2004; Hallikas et al. 2004; Cucchiella y Gastaldi, 2006; Knemeyer et al. 2009; Tummala y Schoenherr, 2011).

Se deben destacar investigaciones que muestran claramente sus enfoques con la ayuda de casos de la vida real. Por ejemplo, Norrman y Jansson (2004) demostraron su enfoque GRCS de cuatro pasos utilizando el caso de Ericsson. Sinha et al. (2004) aplica-

ron su modelo de referencia de las operaciones de la cadena de suministro (modelo SCOR) en una cadena aeroespacial.

En la misma línea, también existen inconvenientes con algunas de las investigaciones cuantitativas. Wu et al. (2006) limitan el alcance de su modelo para un entorno de un solo nivel. Tuncel y Alpan (2010) se centraron sólo en el punto de vista del fabricante. Diabat et al. (2012) afirmaron que su modelo es altamente dependiente de los juicios del equipo de expertos.

Según Ho et al (2015) los artículos que utilizan métodos cuantitativos han ido en aumento desde 2004, mientras que la aplicación de los métodos cualitativos es constante. Afirma el hecho de que, durante los primeros años en el desarrollo de cualquier área nueva, el trabajo cualitativo juega un papel importante en términos de conceptos definitorios, la identificación de factores y el desarrollo de marcos, seguido de trabajos cuantitativos que se centran en instrumentos de evaluación. La mayoría de los métodos cualitativos se aplican para la identificación de riesgos (Cavinato, 2004; Chopra y Sodhi, 2004; Christopher y Peck, 2004) y la filosofía de gestión de riesgos (Christopher y Lee, 2004; Giunipero y Eltantawy, 2004; Zsidisin et al., 2004). Por lo tanto, es obvio que los métodos cualitativos se utilizan principalmente para clasificar o identificar el riesgo y construir las ideas de GRCS.

3.3. Métodos cuantitativos aplicados

Los métodos cuantitativos se han desarrollado y aplicado ampliamente para GRCS. Mientras que algunos investigadores han utilizado un método único, otros investigadores se han centrado en los enfoques integrados y en la combinación de dos o más métodos. Las tablas 7 y 8 muestran los métodos de investigación individuales e integrados, respectivamente.

Tabla 7. Resumen de los métodos cuantitativos individuales

Métodos	Autores
Métodos analíticos	
AHP	Wu et al. (2006), Gaudenzi y Borghesi (2006), Schoenherr et al. (2008)
AMFE	Sankar y Prabhu (2001), Sinha et al. (2004), Cassanelli et al. (2006), Hu et al. (2009), Chin et al. (2009), Liu (2009), Giannakis y Louis (2011), Lavastre et al. (2012), Chen y Wu (2013), Jong et al. (2013), Behún et al. (2014), Bradley (2014), Kolich (2014), Jevgeni et al. (2015)

Análisis Bow-Tie	Jacinto y Silva (2010), Khakzad et al. (2012, 2013), Markowski y Kotunia (2011), Mokhtari et al. (2011), Chevereau et al. (2006), Shahiar et al. (2012); Ferdous et al. (2012)
Análisis de interrupción de red	Wu et al. (2007)
Análisis incremental de margen	Tse y Tan (2011)
Análisis media-varianza	Chiu et al. (2011)
ANP	Xia y Chen (2011)
Aproximación de período único estocástico	Schmitt et al. (2010)
Árboles de decisión	Berger et al. (2004), Ruiz-Torres y Mahmoodi (2007), Van Delft y Vial (2004), Yang et al (2013)
Árboles de fallos	Cigolini y Rossi (2010), Lindhe et al. (2009), Curcurù et al. (2012), Abuswer et al. (2013), Tan et al. (2013), Kumar y Havey (2013), Makajic-Nikolic et al. (2015), Zirilli (2015), Di Rito y Schettini (2016), Sherwin et al. (2016)
Ciclo de conversión de efectivo	Tsai (2008)
Funciones de beneficios esperados	Yu et al. (2009)
Método de evaluación del stock de seguridad	Talluri et al. (2004)
Metodología paquete de evaluación de oportunidades de la red de suministro	Brun et al. (2006)
Modelación estructural interpretativa	Faisal et al. (2006), Diabat et al. (2012)
Modelado de flujo de red	Lundin (2012)
Modelo de cantidad económica de pedido estocástico	Ballou y Burnetas (2003)
Modelo de comparaciones de programación con restricciones de oportunidad, DEA y programación multi-objetivo	Wu y Olson (2008)
Modelo de desigualdad variacional	Liu y Nagurney (2011), Cruz (2013)
Modelo de inventario (Q,r) con restricciones de múltiples artículos	Betts y Johnston (2005)
Modelo de macro-predicción de mercado	Guo et al. (2006)
Modelo de rendimiento al azar	He (2013)
Modelo de solución de gráfico-P	Sun et al. (2012)
Modelo de sistemas dinámicos	Huang et al. (2009)
Modelo del agente principal	Lei et al. (2012)

Modelo del vendedor de periódicos	Cachon (2004), Rao et al. (2005), Chen et al. (2006), Li (2007), Tomlin (2009), Giri (2011), Xia et al. (2011), Arcelus et al. (2012), Tang et al. (2012), Cheong y Song (2013)
Modelos financieros de dos períodos	Aggarwal y Ganeshan (2007)
Modelos scoring multicriterio	Blackhurst et al. (2008)
Programación cuadrática	Talluri et al. (2010)
Programación dinámica aproximada	Fang et al. (2013)
Programación dinámica estocástica	Kenné et al. (2012)
Programación entera mixta convexa	Azad y Davoudpour (2013)
Programación estocástica entera de dos etapas	Poojari et al. (2008), Hahn y Kuhn (2012b)
Programación estocástica multi-objetivo	Azaron et al. (2008)
Programación estocástica multietapas	Goh et al. (2007), Shi et al. (2011)
Programación lineal	Kaya y Özer (2009), Meena et al. (2011), Schmitt (2011), Qiang y Nagurney (2012), Radke y Tseng (2012)
Programación lineal entera determinista	Hale y Moberg (2005)
Programación lineal entera estocástica	Snyder et al. (2007), Lejeune (2008), Sawik (2013a)
Programación lineal entera mixta mono-objetivo	Georgiadis et al. (2011), Sawik (2013b)
Programación lineal entera mixta multiobjetivo	Ravindran et al. (2010), Wakolbinger y Cruz (2011)
Programación lineal estocástica	Sodhi (2005), Keren (2009), Sodhi y Tang (2009), Mak y Shen (2012)
Programación lineal Max-min	Talluri y Narasimhan (2003), Yang et al. (2009)
Programación lineal determinista multi-período	Ben-Tal et al. (2011)
Programación lineal paramétrica	Bogataj y Bogataj (2007)
Programación matemática con/sin restricciones	Tomlin (2006), Chopra et al. (2007), He y Zhang (2008), Tang y Tomlin (2008), Chen y Yano (2010), Iakovou et al. (2010), Wang et al. (2011), Gümüş et al. (2012), Xanthopoulos et al. (2012)
Programación no lineal	Cruz et al. (2006), Cruz (2009), Raghavan y Mishra (2011), Kang y Kim (2012), Kim et al. (2012)
Programación no lineal entera	Baghalian et al. (2013), Hishamuddin et al. (2013), Kumar y Tiwari (2013), Meena y Sarmah (2013)
Redes bayesianas	Lockamy y McCormack (2010), Khakzad et al. (2012, 2013), Tan et al. (2013)
Redes de Petri híbridas	Khilwani et al. (2011)

Sistema multi-Kanban para el desmontaje	Nakashima y Gupta (2012)
Simulación	Meel et al. (2007), Schmitt (2009), Hartnett et al. (2009), Tuncel y Alpan (2010), Finke et al. (2010), Giannakis y Louis (2011), Carvalho et al. (2012), Ramakrishnan (2016), Smaros et al. (2003), Crnkovic et al. (2008), Kull y Closs (2008), Colicchia et al. (2010), Durowoju et al. (2012), Schmitt y Singh (2012), Berle et al. (2013), Glock y Ries (2013), Kim (2013), Son y Orchard (2013)
Teoría de juegos	Xiao y Yang (2008, 2009), Li et al. (2010)
Métodos empíricos	
Análisis cuantitativo de encuestas	Speier et al. (2011)
Análisis estadístico	Wein y Liu (2005), Lavastre et al. (2012)
Análisis de mínimos cuadrados parciales	Kern et al. (2012)
Modelos de regresión múltiple	Hung y Ryu (2008), Laeequddin et al. (2009), Skipper y Hanna (2009)
Teoría de opciones reales	Hult et al. (2010)

De acuerdo con la Tabla 7 el enfoque analítico individual más popular es la programación matemática, seguido del modelo del vendedor de periódicos, de modelos de simulación, AMFE y árboles de fallos. Además, el enfoque empírico individual más popular es el modelo de regresión múltiple. Se puede apreciar, además, que los métodos empíricos han atraído mucho menos atención que los métodos analíticos. Se considera que una de las razones principales es que es difícil para los investigadores la comunicación con los profesionales en la práctica y tener acceso a la industria para llevar a cabo estudios empíricos.

Se debe destacar además que algunos de estos métodos han demostrado ser útiles para evaluar todo tipo de riesgos y por su facilidad de comprensión. En este sentido se encuentran los árboles de eventos, los árboles de fallos, y el AMFE. Este último ha sido ampliamente difundido en su aplicación y muy discutido en la literatura en relación al cálculo del nivel de prioridad de riesgo (NPR) tradicional, a partir de la probabilidad de ocurrencia del evento (O), la magnitud de la consecuencia (S) y la capacidad de detección (D).

Tabla 8. Resumen de los métodos cuantitativos integrados

Métodos	Autores
Métodos analíticos	
AHP; Análisis de modos de fallos y efectos (AMFE)	Chen y Wu (2013)
AHP; Función de despliegue de la calidad (QFD)	Ho et al. (2011)
AHP; Programación meta	Kull y Talluri (2008)
AHP; teoría fuzzy	Chan y Kumar (2007), Wang et al. (2012), Braglia (2000), Kutlu y Ekmekcioglu (2012), John et al. (2014), Kumar et al. (2015), Braglia et al. (2003)
Algoritmos genéticos; métodos estadísticos	Sayed et al. (2009)
AMFE; QFD	Pujawan y Geraldin (2009)

Análisis Bow-Tie; Teoría Bayesiana	Badreddine y Ben Amor (2013)
Análisis de envoltura de datos (DEA) con restricciones de oportunidad; Programación no lineal	Talluri et al. (2006)
ANP; Programación meta difusa; Análisis de cinco fuerzas; Valor en riesgo	Hung (2011)
Árboles de decisión; Programación matemática	Ruiz-Torres et al. (2013)
Colonia de abejas; algoritmos genéticos; Optimización de nube de partículas	Kumar et al. (2010)
DEA; Fuzzy DEA; DEA con restricciones; Simulación Monte Carlo	Azadeh y Alem (2010)
DEA; Simulación Monte Carlo	Olson y Wu (2011)
DEA; Simulación; Métodos estadísticos no paramétricos	Talluri et al. (2013)
DEA; Valor en riesgo	Wu y Olson (2010)
Fuzzy AHP; técnica difusa para la preferencia de orden por similitud con la solución ideal	Samvedi et al. (2013), Viswanadham y Samvedi (2013)
Heterocedasticidad condicional autorregresiva generalizada; vector auto regresión	Datta et al. (2007)
Modelo de desigualdad variacional; valoración de activos financieros; valor actual neto	Liu y Cruz (2012)
Modelo de estructura de riesgos de la cadena de suministro; Modelo de dinámica de riesgos de la cadena de suministro	Oehmen et al. (2009)
Modelo de inventario y pronóstico de la demanda dinámica extendida	Reiner y Fichtinger (2009)
Optimización multi-objetivo; Six Sigma	Franca et al. (2010)
Relajación de Lagrange; Modelo de programación no lineal entera	Park et al. (2010)
Simulación Monte Carlo; enfoque de opciones reales; análisis de sensibilidad	Costantino y Pellegrino (2010)
Técnica de análisis de la criticidad, AMFE; Redes de Petri	Tuncel y Alpan (2010)
Teoría de conjuntos difusos; Programación matemática multi-objetivo	Kumar et al. (2006), Wu et al. (2010), Ji y Zhu (2012)
Teoría de grafos; índice de vulnerabilidad de la cadena suministro	Wagner y Neshat (2010)
Teoría de Neyman-Pearson; Control estadístico de calidad	Tapiero (2007)
Teoría difusa; AMFE	Chang et al. (2001), Puente et al. (2002), Braglia et al. (2003), Pillay y Wang (2003), Sharma et al. (2005), Tay y Lim (2006), Yang et al. (2008), Wang et al. (2009), Liu et al. (2011), Rohmah et al. (2015)
Teoría difusa; AMFE; Promedio ponderado	Chaudhuri et al. (2013)

Teoría difusa; Análisis Bow-Tie	Shahiar et al. (2012), Ferdous et al. (2013), Aqlan y Lam (2015)
Teoría difusa; Análisis Bow-Tie; AMFE; Lean Manufacturing	Aqlan y Mustafa (2014)
Teoría difusa; Árboles de eventos	Bidder et al. (2014), Javidi et al. (2015)
Teoría difusa; QFD	Liu (2009)
Teoría difusa; Toma de decisiones multicriterio	Haleh y Hamidi (2011)
Teoría difusa; Programación multi-objetivo estocástica	Wu et al. (2013)
Teoría difusa; Red neuronal función de base radial	Zhang et al. (2011)
Técnicas estadísticas y de pronósticos	Sucky (2009)
Valor económico añadido; Programación estocástica	Hahn y Kuhn (2012a)
Métodos empíricos	
AHP; encuestas; Clusterización Wards' y K-media; Prueba de Spearman	Tsai et al. (2008)
Análisis de cluster; análisis factorial	Hallikas et al. (2005)
Análisis factorial exploratorio; modelos de regresión; Pruebas de fiabilidad	Zsidisin y Ellram (2003)
Técnica de modelado de ecuaciones estructurales; Análisis de mínimos cuadrados parciales	Braunscheidel y Suresh (2009)

A partir de la Tabla 8 es evidente que el enfoque analítico integrado más frecuente es la programación matemática multiobjetivo basado en lógica difusa, seguido por AMFE y AHP también combinados con teoría difusa.

Se puede apreciar que los métodos difusos AHP y DEA son los métodos más comunes que se utilizan combinados con los demás. Esto no es sorprendente ya que estos métodos son útiles para hacer frente a la dificultad de cuantificar el riesgo, ya que es inherentemente intangible en muchos casos. Del mismo modo que para el caso de los métodos individuales, la aplicación de métodos empíricos no es tan frecuente como la de los métodos analíticos.

Aunque los métodos integrados han sido menos explotados en la literatura, ciertas técnicas pueden ser integradas para superar las limitaciones o mejorar el rendimiento de los métodos originales. De manera que la teoría de conjuntos difusos se puede utilizar para superar la limitación de la naturaleza determinista y características de valor exacto de la programación matemática multi-objetivo (Kumar, Vrat, y Shankar,

2006; Wu et al., 2010; Ji y Zhu, 2012). Además, AHP puede incorporarse en un enfoque QFD con el fin de garantizar la coherencia de los juicios (Ho et al., 2011). Por lo tanto, los métodos integrados seguirán desempeñando un papel vital para la GRCS. Una vez más se pueden apreciar elementos del pensamiento integrador, utilizando la combinación entre diferentes perspectivas para representar y expresar la incertidumbre de obtener algo nuevo y más fiable.

4. Áreas de aplicación

En la Tabla 9 se muestran las áreas de aplicación más importantes obtenidas a partir de las referencias consultadas. Aunque la mayoría de las investigaciones se centraron en una industria particular, unos pocos se centraron en dos o más sectores (Zsidisin et al., 2004; Zsidisin et al., 2005; Wagner y Bode, 2008; Blos et al., 2009; Wagner y Neshat, 2010; Blome y Schoenherr, 2011; Christopher et al., 2011; Kern et al., 2012). El área de aplicación más popular es la industria del automóvil, seguido de la industria de la electrónica y la industria aeroespacial.

Tabla 9: Principales áreas de aplicación

Áreas de aplicación	Referencias
Aeroespacial	Sinha et al. (2004), Zsidisin et al. (2004), Zsidisin y Smith (2005), Zsidisin et al. (2005), Wagner y Bode (2008), Christopher et al. (2011), Dietrich y Cudney (2011), Kern et al. (2012), Chaudhuri et al. (2013)
Agricultura	Ritchie y Brindley (2007), Pujawan y Geraldin (2009), Baghalian et al. (2013), Leat y Revoredo-Giha (2013)
Alimentos	Wein y Liu (2005), Wagner y Bode (2008), Laequeuddin et al. (2009), Dowty y Wallace (2010), Christopher et al. (2011), Zhang et al. (2011), Diabat et al. (2012)
Automóvil	Kumar et al. (2006), Blackhurst et al. (2008), Kull y Talluri (2008), Wagner y Bode (2008), Blos et al. (2009), Trkman y McCormack (2009), Lockamy y McCormack (2010), Wagner y Neshat (2010), Blome y Schoenherr (2011), Ho et al. (2011), Hofmann (2011), Kern et al. (2012), Sun et al. (2012), Wagner y Silveira-Camargos (2012), Grötsch et al. (2013)
Banca	Blome y Schoenherr (2011), Lundin (2012)
Comercio minorista	Tsai et al. (2008), Oke y Gopalakrishnan (2009), Le et al. (2013)
Electrónica	Harland et al. (2003), Zsidisin et al. (2004), Sodhi (2005), Zsidisin et al. (2005), Wagner y Bode (2008), Blos et al. (2009), Huang et al. (2009), Blome y Schoenherr (2011), Christopher et al. (2011), Kern et al. (2012), Kim et al. (2012), Chen y Wu (2013)
Energía	Adhitya et al. (2009), Cigolini y Rossi (2010), Blome y Schoenherr (2011), Kern et al. (2012), Shahar et al. (2012)
Fabricación de juguetes	Tse y Tan (2011)
Farmacéutica	Talluri y Narasimhan (2003), Talluri et al. (2004), Gaudenzi y Borghesi (2006), Talluri et al. (2006), Wagner y Bode (2008), Kern et al. (2012), Chevereau et al. (2006)
Maquinaria	Wagner y Bode (2008), Kern et al. (2012)
Metal	Hallikas et al. (2005), Wagner y Bode (2008), Kern et al. (2012)
Moda	Brun et al. (2006), Khan et al. (2008), Blome y Schoenherr (2011), Christopher et al. (2011), Wang et al. (2012), Vedel y Ellegaard (2013)
Naval, Marítimo	Jacinto y Silva (2010), Mokhtari et al. (2011)
Química	Kleindorfer y Saad (2005), Wagner y Bode (2008), Foerstl et al. (2010), Kern et al. (2012)
Salud	Hartnett et al. (2009)
Seguros	Blome y Schoenherr (2011)
Tecnologías de la información	Zsidisin et al. (2004), Wu et al. (2006), Smith et al. (2007), Wagner y Bode (2008), Ravindran et al. (2010)
Telecomunicaciones	Norrman y Jansson (2004), Zsidisin et al. (2004), Wagner y Neshat (2010), Hung (2011)

Se puede apreciar en la tabla 9 y en correspondencia con Ho et al. (2015) que los métodos GRCS han sido mayormente aplicados a las cadenas de suministro de fabricación, mientras que las cadenas de suministro de servicios son todavía poco exploradas. Además, las aplicaciones se limitan fundamentalmente al sector privado en relación al sector público por lo que pudiera extenderse la literatura en este sentido.

5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Existen una serie de métodos y enfoques que cubren los cuatro procesos de GRCS. En este sentido la etapa más explorada ha sido la evaluación del riesgo y en particular se destaca la evaluación del riesgo de suministro.

Además de la identificación de riesgos, evaluación de riesgos, mitigación de riesgos y seguimiento de riesgos, la recuperación del riesgo también debería ser estudiada e incorporada en el enfoque de GRCS integrada; a fin de que la cadena de suministro pueda volver rápidamente a su estado original durante la ocurrencia de una interrupción. Por lo que podrían ampliarse los enfoques GRCS existentes mediante la incorporación de una fase de recuperación del riesgo.

Es evidente que el proceso de seguimiento o monitoreo de riesgos ha recibido menor atención por parte de los investigadores en comparación con los otros tres procesos: identificación de riesgos, evaluación de riesgos y mitigación de riesgos. Dado que un sistema robusto de prevención de riesgos es más rentable que la mitigación de riesgos en la práctica, se puede extender la literatura en este sentido mediante el desarrollo de un sistema de monitoreo de alerta temprana con indicadores de riesgo, de adaptación para diferentes tipos de cadenas de suministro y que permita validar el sistema empírico.

Existe un conjunto amplio de factores de riesgos que dan lugar a interrupciones en las cadenas de suministro; sin embargo, existen reservas de investigación de la medición de las correlaciones entre los factores de riesgo y los tipos de riesgo correspondientes, o la probabilidad de ocurrencia de determinados tipos de riesgo asociados con sus factores. Los estudios de casos son necesarios para investigar y estimar dichas correlaciones y centrarse en el desarrollo de métodos para evaluar las probabilidades de ocurrencia de determinados tipos de riesgo, de modo que se puedan desarrollar métodos para mitigar a estos riesgos mediante las estrategias de mitigación.

Sería conveniente cuantificar los beneficios y costos de GRCS. Por ejemplo, medir el valor añadido a las organizaciones después de implementar métodos/estrategias GRCS. Se pudieran aplicar estudios con enfoque de casos múltiples para analizar y comparar las ganancias o pérdidas entre empresas que adoptan GRCS y otras que no, en el mismo sector, con exposición a tipos de riesgo similares. Estos estudios podrían arrojar buenas prácticas de aplicación de GRCS para recibir mayor rentabilidad.

Algunos sectores han sido insuficientemente representados en la última década. Por ejemplo, el sector público no se ha investigado a fondo. Del mismo modo, el sector de la energía renovable no ha sido muy explotado por investigaciones específicas. En concreto, los proyectos de bioenergía son especialmente vulnerables a los riesgos asociados a la cadena de suministro de biomasa. La mayoría de los expertos se centraron en cadenas de suministro con producción (por ejemplo, la automoción, la electrónica y la industria aeroespacial), mientras que las cadenas de suministro de servicios han atraído menor atención en la última década. En vista del importante papel de la industria de servicios (por ejemplo, banca, seguros, asistencia sanitaria, etc.) en la economía actual, la literatura relacionada con GRCS en servicios podría ser enriquecida.

6. REFERENCIAS

1. ABUSWER, M., AMYOTTE, P., KHAN, F. y MORRISON, L. (2013). An optimal level of dust explosion risk management: framework and application. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26(6), pp. 1530-1541
2. ADHITYA, A., SRINIVASAN, R. y KARIMI, I. A. (2009). Supply Chain Risk Identification Using a HAZOP-based Approach. *American Institute of Chemical Engineers*, 55, pp. 1447-1463.
3. AGGARWAL, P. y GANESHAN, R. (2007). Using Risk-management Tools on B2Bs: An Exploratory Investigation. *International Journal of Production Economics*, 108, pp. 2-7.
4. AQLAN, F. y LAM, S. S. (2015). A fuzzy-based integrated framework for supply chain risk assessment. *International Journal of Production Economics*, 161, pp. 54-63.
5. AQLAN, F. y MUSTAFA, E. (2014). Integrating lean principles and fuzzy bow-tie analysis for risk assessment in chemical industry. *Journal of Loss Prevention*

- tion in the Process Industries, 29(1), pp. 39-48
6. ARCELUS, F. J. KUMAR, S. y SRINIVASAN, G. (2012). Risk Tolerance and a Retailer's Pricing and Ordering Policies within a Newsvendor Framework. *Omega* 40, pp. 188–198.
 7. AVEN, T. (2015). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), pp. 1–13.
 8. AZADEH, A. y ALEM, S. M. (2010). A Flexible Deterministic, Stochastic and Fuzzy Data Envelopment Analysis Approach for Supply Chain Risk and Vendor Selection Problem: Simulation Analysis. *Expert Systems with Applications* 37, pp. 7438–7448.
 9. AZAD, N. y DAVOUDPOUR, H. (2013). Designing a Stochastic Distribution Network Model under Risk. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 64, pp. 23–40.
 10. AZARON, A. BROWN, K. N., TARIM, S. A. y MODARRES, M. (2008). A Multi-objective Stochastic Programming Approach for Supply Chain Design Considering Risk. *International Journal of Production Economics*, 116, pp. 129–138.
 11. BADREDDINE, A. y BEN AMOR, N. (2013). A Bayesian approach to construct bow tie diagrams for risk evaluation. *Process Safety and Environmental Protection*, 91(3), pp. 159-171.
 12. BAGHALIAN, A., REZAPOUR, S. y FARAHANI, R. Z. (2013). Robust Supply Chain Network Design with Service Level against Disruptions and Demand Uncertainties: A Real-life Case." *European Journal of Operational Research* 227, pp. 199–215.
 13. BALLOU, R. H. y BURNETAS, A. (2003). Planning Multiple Location Inventories. *Journal of Business Logistics* 24, pp. 65–89.
 14. BEHÚN, M., KLEINOVÁ, J. y KAMARYT, T. (2014). Risk Assessment of Non-repetitive Production Processes. *Procedia Engineering*, 69, pp. 1281–1285.
 15. BEN-TAL, A., CHUNG, B. D., MANDALA, S. R. y YAO, T. (2011). Robust Optimization for Emergency Logistics Planning: Risk Mitigation in Humanitarian Relief Supply Chains. *Transportation Research Part B: Methodological* 45, pp. 1177–1189.
 16. BERGER, P. D., GERSTENFELD, A. y ZENG, A. Z. (2004). How Many Suppliers Are Best? A Decision-analysis Approach. *Omega* 32, pp. 9–15.
 17. BERLE, Ø. NORSTAD, I. y ASBJØRNSLETT, B. E. (2013). Optimization, Risk Assessment and Resilience in LNG Transportation Systems. *Supply Chain Management: An International Journal* 18, pp. 253–264.
 18. BETTS, J. M. y JOHNSTON, R. B. (2005). Just-in-time Component Replenishment Decisions for Assemble-to-order Manufacturing under Capital Constraint and Stochastic Demand. *International Journal of Production Economics* 95, pp. 51–70.
 19. BIDDER, O. R., ARANDJELOVIĆ, O., ALMUTAIRI, F., SHEPARD, E. L. C., LAMBERTUCCI, S. A., QASEM, L. A. y WILSON, R. P. (2014). A risky business or a safe BET? A Fuzzy Set Event Tree for estimating hazard in biotelemetry studies. *Animal Behaviour*, 93, pp. 143–150.
 20. BLACKHURST, J. V., SCHEIBE, K. P. y JOHNSON, D. J. (2008). Supplier Risk Assessment and Monitoring for the Automotive Industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 38, pp. 143–165.
 21. BLOME, C. y SCHOENHERR, T. (2011). Supply Chain Risk Management in Financial Crises – A Multiple Case-study Approach. *International Journal of Production Economics* 134, pp. 43–57.
 22. BLOS, M. F., QUADDUS, WEE, H. M. y WATANABE, K. (2009). Supply Chain Risk Management (SCRM): A Case Study on the Automotive and Electronic Industries in Brazil. *Supply Chain Management: An International Journal*, 14, pp. 247–252.
 23. BOGATAJ, D. y BOGATAJ, M. (2007). Measuring the Supply Chain Risk and Vulnerability in Frequency Space. *International Journal of Production Economics*, 108, pp. 291–301.
 24. BRADLEY, J. R. (2014). An improved method for managing catastrophic supply chain disruptions. *Business Horizons*, 57(4), pp. 483–495.
 25. BRAGLIA, M. (2000). MAFMA: Multi-attribute failure mode analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 17(9), pp. 1017–1033.
 26. BRAGLIA, M., FROSOLINI, M. y MONTANARI, R. (2003). Fuzzy criticality assessment model for failure modes and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 20(4),

- pp. 503–524.
27. BRAUNSCHEIDEL, M. J. y SURESH, N. C. (2009). The Organizational Antecedents of a Firm's Supply Chain Agility for Risk Mitigation and Response. *Journal of Operations Management*, 27, pp.119–140.
 28. BRUN, A., CARIDI, M., SALAMA, K. F. y RAVELLI, I. (2006). Value and Risk Assessment of Supply Chain Management Improvement Projects. *International Journal of Production Economics*, 99, pp. 186–201.
 29. CACHON, G. P. (2004). The Allocation of Inventory Risk in a Supply Chain: Push, Pull, and Advance-purchase Discount Contracts. *Management Science*, 50, pp. 222–238.
 30. CARVALHO, H., BARROSO, A.P., MACHADO, V.H., AZEVEDO, S. y CRUZ-MACHADO, V. (2012). Supply chain redesign for resilience using simulation. *Computers & Industrial Engineering*. 62, pp. 329–341.
 31. CASSANELLI, G., MURA, G., FANTINI, F., VANZI, M. y PLANO, B. (2006). Failure Analysis-assisted FMEA. *Microelectronics Reliability*, 46(9-11), pp. 1795–1799.
 32. CAVINATO, J. L. (2004). Supply Chain Logistics Risks: From the Back Room to the Board Room. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34, pp. 383–387.
 33. CHAN, F. T. S. y KUMAR., N. (2007). Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended AHP-based Approach. *Omega*, 35, pp. 417–431.
 34. CHANG, C. L., LIU, P. H. y WEI, C. C. (2001). Failure mode and effects analysis using grey theory. *Integrated Manufacturing Systems*, 12(3), pp. 211–216.
 35. CHAUDHURI, A., MOHANTY, B. K. y SINGH, K. N. (2013) Supply Chain Risk Assessment during New Product Development: A Group Decision Making Approach Using Numeric and Linguistic Data. *International Journal of Production Research*, 51, pp. 2790–2804.
 36. CHEN, F. Y. y YANO C. A. (2010). Improving Supply Chain Performance and Managing Risk under Weather related Demand Uncertainty. *Management Science*, 56, pp. 1380–1397.
 37. CHEN, H., CHEN, J. y CHEN, Y. (2006) A Co-ordination Mechanism for a Supply Chain with Demand Information Updating. *International Journal of Production Economics*, 103, pp.347–361.
 38. CHEN, J., SOHAL, A.S. y PRAJOGO, D.I. (2013). Supply chain operational risk mitigation: a collaborative approach. *International Journal of Production Research*, 51 (7), pp. 2186–2199.
 39. CHEN, P.-S. y WU, M.-T. (2013). A modified failure mode and effects analysis method for supplier selection problems in the supply chain risk environment: A case study. *Computers & Industrial Engineering*, 66(4), pp. 634–642.
 40. CHEONG, T. y SONG H. S. (2013). The Value of Information on Supply Risk under Random Yields. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 60, pp. 27–38.
 41. CHEVERAU, F. WYBO, J. y CAUCHOIS, D. (2006). Organizing learning process on risks by using the bow-tie representation. *Journal of Hazardous Materials*, 130(3), pp. 276-283.
 42. CHIN, K.-S., WANG, Y.-M., POON, G. K. K. y YANG, J.-B. (2009). Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis. *Decision Support Systems*, 48(1), pp. 246–256.
 43. CHIU, C. H., CHOI, T. M. y LI, X. (2011). Supply Chain Coordination with Risk Sensitive Retailer under Target Sales Rebate. *Automatic*, 47, pp. 1617–1625.
 44. CHOPRA, S., REINHARDT, G. y MOHAN, U. (2007). The Importance of Decoupling Recurrent and Disruption Risks in a Supply Chain. *Naval Research Logistics*, 54, pp. 544–555.
 45. CHOPRA, S. y SODHI, M. S. (2004). Managing Risk to Avoid Supply chain Breakdown. *MIT Sloan Management Review*, 46, pp. 53–62.
 46. CHRISTOPHER, M., y LEE, H. (2004). Mitigating Supply Chain Risk through Improved Confidence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34, pp. 388–396.
 47. CHRISTOPHER, M., MENA, C., KHAN, O. y YURT, O. (2011). Approaches to Managing Global Sourcing Risk. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16, pp. 67–81.
 48. CHRISTOPHER, M. y PECK, H. (2004). Build-

- ing the Resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15, pp. 1–14.
49. CIGOLINI, R. y ROSSI, T. (2010). Managing Operational Risks along the Oil Supply Chain. *Production Planning & Control*, 21, pp. 452–467.
 50. COLICCHIA, C., DALLARI, F. y MELACINI, M. (2010). Increasing Supply Chain Resilience in a Global Sourcing Context. *Production Planning & Control*, 21, pp. 680–694.
 51. COSTANTINO, N. y PELLEGRINO, R. (2010). Choosing between Single and Multiple Sourcing Based on Supplier Default Risk: A Real Options Approach. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 16, pp. 27–40.
 52. CRAIGHEAD, C. W., BLACKHURST, J., RUNGTUSANATHAM, M. J. y HANDFIELD, R. B. (2007). The Severity of Supply Chain Disruptions: Design Characteristics and Mitigation Capabilities. *Decision Sciences*, 38, pp. 131–156.
 53. CRNKOVIC, J., TAYI, G. K. y BALLOU, D. P. (2008). A Decision-support Framework for Exploring Supply Chain Tradeoffs. *International Journal of Production Economics*, 115, pp.28–38.
 54. CRUZ, J. M. (2009). The Impact of Corporate Social Responsibility in Supply Chain Management: Multicriteria Decision-making Approach. *Decision Support Systems*, 48, pp. 224–236.
 55. CRUZ, J. M. (2013). Mitigating Global Supply Chain Risks through Corporate Social Responsibility. *International Journal of Production Research*, 51, pp. 3995–4010.
 56. CRUZ, J. M., NAGURNEY, A. y WAKOLBINGER, T. (2006). Financial Engineering of the Integration of Global Supply Chain Networks and Social Networks with Risk Management. *Naval Research Logistics*, 53, pp. 675–696.
 57. CUCCHIELLA, F. y GASTALDI, M. (2006). Risk Management in Supply Chain: A Real Option Approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17, pp. 700–720.
 58. CURCURÙ, G., GALANTE, G. M. y LA FATA, C. M. (2012). Epistemic uncertainty in fault tree analysis approached by the evidence theory. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25(4), pp. 667–676.
 59. DATTA, S., GRANGER, C. W. J., BARARI, M. y GIBBS, T. (2007). Management of Supply Chain: An Alternative Modelling Technique for Forecasting. *Journal of the Operational Research Society*, 58, pp. 1459–1469.
 60. DI RITO, F. (2016). Impacts of safety on the design of light remotely-piloted helicopter flight control systems. *Reliability Engineering and System Safety*, 149, pp. 121-129.
 61. DIABAT, A., K. GOVINDAN, y PANICKER. V. V. (2012). Supply Chain Risk Management and Its Mitigation in a Food Industry. *International Journal of Production Research*, 50, pp. 3039–3050.
 62. DIETRICH, D. M., y CUDNEY, E. A. (2011). Methods and Considerations for the Development of Emerging Manufacturing Technologies into a Global Aerospace Supply Chain. *International Journal of Production Research*, 49, pp. 2819–2831.
 63. DOWTY, R. A. y WALLACE, W. A. (2010). Implications of Organizational Culture for Supply Chain Disruption and Restoration. *International Journal of Production Economics*, 126, pp.57–65.
 64. DUROWOJU, O. A. CHAN, H. K. y WANG, X. (2012). Entropy Assessment of Supply Chain Disruption. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23, pp. 998–1014.
 65. ELLEGAARD, C. (2008). Supply Risk Management in a Small Company Perspective. *Supply Chain Management: An International Journal*, 13, pp. 425–434.
 66. ELLIS, S. C., HENRY, R. M. y SHOCKLEY, J. (2010). Buyer Perceptions of Supply Disruption Risk: A Behavioral View and Empirical Assessment. *Journal of Operations Management*, 28, pp. 34–46.
 67. FAISAL, M. N., BANWET, D. K. y SHANKAR, R. (2006) Supply Chain Risk Mitigation: Modeling the Enablers. *Business Process Management Journal*, 12, pp. 535–552.
 68. FANG, J., L. ZHAO, FRANSOO, J. C. y WOENSEL, T. V. (2013). Sourcing Strategies in Supply Risk Management: An Approximate Dynamic Programming Approach. *Computers & Operations Research*, 40, pp. 1371–1382.
 69. FERDOUS, R., KHAN, F., SADIQ, R., AMYOTTE, P. y VEITCH, B. (2013). Analyzing system safety and risks under uncertainty using a bow-

- tie diagram: An innovative approach. *Process Safety and Environmental Protection*, 91(1-2), pp. 1–18.
70. FERDOUS, R., KHAN, F., SADIQ, R., AMYOTTE, P. y VEITCH, B. (2012). Handling and updating uncertain information in bow-tie analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25(1), pp. 8-19.
 71. FINKE G R, SINGH, M. y RACHEV, S. T. (2010). Operational risk quantification—a risk flow approach. *The Journal of Operational Risk*, 5(4), pp. 65–89.
 72. FLAGE, R. AVEN, T., BARALDI, P. y ZIO, E. (2014). Concerns, challenges and directions of development for the issue of representing uncertainty in risk assessment. *Risk Analysis*, 34 (7), pp. 1196–1207.
 73. FOERSTL, K., C. REUTER, HARTMANN, E. y BLOME, C. (2010) Managing Supplier Sustainability Risks in a Dynamically Changing Environment – Sustainable Supplier Management in the Chemical Industry. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 16, pp. 118–130.
 74. FRANCA, R. B., JONES, E. C., RICHARDS, C. N. y CARLSON, J. P. (2010). Multi-objective Stochastic Supply Chain Modeling to Evaluate Tradeoffs between Profit and Quality. *International Journal of Production Economics*, 127, pp. 292–299.
 75. GAUDENZI, B. y BORGHESI, A. (2006). Managing Risks in the Supply Chain Using the AHP Method. *The International Journal of Logistics Management*, 17, pp. 114–136.
 76. GEORGIADIS, M. C., TSIAKIS, P., LONGINIDIS, P. y SOFIOGLOU, M. K. (2011). Optimal Design of Supply Chain Networks under Uncertain Transient Demand Variations. *Omega* 39, pp. 254–272.
 77. GIANNAKIS, M. y LOUIS, M. (2011). A Multi-agent Based Framework for Supply Chain Risk Management. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 17, pp. 23–31.
 78. GIANNAKIS, M., y PAPADOPOULOS, T. (2015). Supply chain sustainability: A risk management approach. *International Journal of Production Economics*, 171, pp. 455–470.
 79. GIRI, B. C. (2011). Managing Inventory with Two Suppliers under Yield Uncertainty and Risk Aversion. *International Journal of Production Economics*, 133, pp. 80–85.
 80. GIUNIPERO, L. C., y ELTANTAWY, R. A. (2004). Securing the Upstream Supply Chain: A Risk Management Approach. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34, pp. 698–713.
 81. GLOCK, C. H. y RIES, J. M. (2013) Reducing Lead Time Risk through Multiple Sourcing: The Case of Stochastic Demand and Variable Lead Time. *International Journal of Production Research*, 51, pp. 43–56.
 82. GOH, M., LIM, J. Y. S. y MENG, F. (2007). A Stochastic Model for Risk Management in Global Supply Chain Networks. *European Journal of Operational Research*, 182, pp. 164–173.
 83. GRÖTSCH, V. M., BLOME, C. y SCHLEPER, M. C. (2013) Antecedents of Proactive Supply Chain Risk Management—A Contingency Theory Perspective. *International Journal of Production Research*, 51, pp. 2842–2867.
 84. GÜMÜŞ, M., RAY, S. y GURNANI, H. (2012). Supply-side Story: Risks, Guarantees, Competition, and Information Asymmetry. *Management Science*, 58, pp. 1694–1714.
 85. GUO, Z., FANG, F. y WHINSTON, A. B. (2006) Supply Chain Information Sharing in a Macro Prediction Market. *Decision Support Systems*, 42, pp. 1944–1958.
 86. HAHN, G. J. y KUHN, H. (2012a) Value-based Performance and Risk Management in Supply Chains: A Robust Optimization Approach. *International Journal of Production Economics*, 139, pp. 135–144.
 87. HAHN, G. J. y KUHN, H. (2012b) Designing Decision Support Systems for Value based Management: A Survey and an Architecture. *Decision Support Systems*, 53, pp. 591–598.
 88. HALEH, H. y HAMIDI, A. (2011). A Fuzzy MCDM Model for Allocating Orders to Suppliers in a Supply Chain under Uncertainty over a Multi-period Time Horizon. *Expert Systems with Applications*, 38, pp. 9076–9083
 89. HALE, T. y MOBERG, C. R. (2005). Improving Supply Chain Disaster Preparedness: A Decision Process for Secure Site Location. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*,

- 35, pp. 195–207.
90. HALLIKAS, J., KARVONEN, I., PULKKINEN, U., VIROLAINEN, V. M. y TUOMINEN, M. (2004). Risk Management Processes in Supplier Networks. *International Journal of Production Economics*, 90, pp. 47–58.
91. HALLIKAS, J., PUUMALAINEN, K., VESTERINEN, T. y VIROLAINEN, V. M. (2005). Risk-based Classification of Supplier Relationships. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 11, pp. 72–82.
92. HARLAND, C., BRENCHLEY, R. y WALKER, H. (2003). Risk in Supply Networks. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 9, pp. 51–62.
93. HE, Y. (2013). Sequential Price and Quantity Decisions under Supply and Demand Risks. *International Journal of Production Economics*, 141, pp. 541–551.
94. HE, Y. y ZHANG, J. (2008) Random Yield Risk Sharing in a Two-level Supply Chain.” *International Journal of Production Economics*, 112, pp. 769–781.
95. HISHAMUDDIN, H., SARKER, R. A. y ESSAM, D. (2013). A Recovery Model for a Two-echelon Serial Supply Chain with Consideration of Transportation Disruption. *Computers & Industrial Engineering*, 64, pp. 552–561.
96. HO, W., DEY, P. K. y LOCKSTRÖM, M. (2011). Strategic Sourcing: A Combined QFD and AHP Approach in Manufacturing. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16, pp. 446–461.
97. HO, W., ZHENG, T., YILDIZ, H., y TALLURI, S. (2015). Supply chain risk management: a literature review. *International Journal of Production Research*, 1–39.
98. HOFMANN, E. (2011). Natural Hedging as a Risk Prophylaxis and Supplier Financing Instrument in Automotive Supply Chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16, pp. 128–141.
99. HU, A. H., HSU, C. W., KUO, T. C. y WU, W. C. (2009). Risk evaluation of green components to hazardous substance using FMEA and FAHP. *Expert Systems with Applications*, 36(3 PART 2), pp. 7142–7147.
100. HUANG, H. Y., CHOU, Y. C. y CHANG, S. (2009). A Dynamic System Model for Proactive Control of Dynamic Events in Full-load States of Manufacturing Chains. *International Journal of Production Research*, 47, pp. 2485–2506.
101. HULT, G. T. M., CRAIGHEAD, C. W. y KETCHEN, D. J. JR. (2010) Risk Uncertainty and Supply Chain Decisions: A Real Options Perspective. *Decision Sciences*, 41, pp. 435–458.
102. HUNG, K. T. y RYU, S. (2008). Changing Risk Preferences in Supply Chain Inventory Decisions. *Production Planning & Control*, 19, pp. 770–780.
103. HUNG, S. J. (2011). Activity-based Divergent Supply Chain Planning for Competitive Advantage in the Risky Global Environment: A DEMATEL-ANP Fuzzy Goal Programming Approach. *Expert Systems with Applications*, 38, pp. 9053–9062.
104. IAKOVOU, E., VLACHOS, D. y XANTHOPOULOS, A. (2010). A Stochastic Inventory Management Model for a Dual Sourcing Supply Chain with Disruptions. *International Journal of Systems Science*, 41, pp. 315–324.
105. JACINTO, C. y SILVA, C. (2010). A semi-quantitative assessment of occupational risks using bow-tie representation. *Safety Science*, 48(8), pp. 973–979.
106. JAVIDI, M., ABDOLHAMIDZADEH, B., RENIERS, G. y RASHTCHIAN, D. (2015). A multivariable model for estimation of vapor cloud explosion occurrence possibility based on a Fuzzy logic approach for flammable materials. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 33, pp. 140–150.
107. JEVGENI, S., EDUARD, S. y ROMAN, Z. (2015). Framework for Continuous Improvement of Production Processes and Product Throughput. *Procedia Engineering*, 100, pp. 511–519.
108. JI, G. y ZHU, C. (2012) A Study on Emergency Supply Chain and Risk Based on Urgent Relief Service in Disasters. *Systems Engineering Procedia*, 5, pp. 313–325.
109. JOHN, A., PARASKEVADAKIS, D., BURY, A., YANG, Z., RIAHI, R. y WANG, J. (2014). An integrated fuzzy risk assessment for seaport operations. *Safety Science*, 68, pp. 180–194.
110. JOHNSON, N., ELLIOTT, D. y DRAKE, P. (2013) Exploring the Role of Social Capital in Facilitating Supply Chain Resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 18, pp. 324–336.

111. JONG, C. H., TAY, K. M. y LIM, C. P. (2013). Application of the fuzzy Failure Mode and Effect Analysis methodology to edible bird nest processing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 96, pp. 90–108.
112. JÜTTNER, U. y MAKLAN, S. (2011). Supply Chain Resilience in the Global Financial Crisis: An Empirical Study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16, pp. 246–259.
113. KANG, J. H. y KIM, Y. D. (2012). Inventory Control in a Two-level Supply Chain with Risk Pooling Effect. *International Journal of Production Economics*, 135, pp. 116–124.
114. KAYA, M. y ÖZER, Ö. (2009). Quality Risk in Outsourcing: Noncontractible Product Quality and Private Quality Cost Information. *Naval Research Logistics*, 56, pp. 669–685.
115. KAYIS, B. y KARNINGSIH, P. D. (2012). A Knowledge-based System Tool for Assisting Manufacturing Organizations in Identifying Supply Chain Risks. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 23, pp. 834–852.
116. KENNÉ, J. P., DEJAX, P. y GHARBI, A. (2012). Production Planning of a Hybrid Manufacturing–Remanufacturing System under Uncertainty within a Closed-loop Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 135, pp. 81–93.
117. KEREN, B. (2009). The Single-period Inventory Problem: Extension to Random Yield from the Perspective of the Supply Chain. *Omega*, 37, pp. 801–810.
118. KERN, D., MOSER, R. HARTMANN, E. y MODER, M. (2012) Supply Risk Management: Model Development and Empirical Analysis. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42, pp. 60–82.
119. KHAKZAD, N., KHAN, F. y AMYOTTE, P. (2012). Dynamic risk analysis using bow-tie approach. *Reliability Engineering and System Safety*, 104(1), pp. 36-44.
120. KHAKZAD, N., KHAN, F. y AMYOTTE, P. (2013). Dynamic safety analysis of process systems by mapping bow-tie into Bayesian network. *Process Safety and Environmental Protection*, 91(1), pp. 46-53.
121. KHAN, O., CHRISTOPHER, M. y BURNES, B. (2008). The Impact of Product Design on Supply Chain Risk: A Case Study. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38, pp. 412–432.
122. KHILWANI, N., TIWARI, M. K. y SABUNCUOGLU, I. (2011). Hybrid Petri-nets for Modelling and Performance Evaluation of Supply Chains. *International Journal of Production Research*, 49, pp. 4627–4656.
123. KIM, S. H., FOWLER, J. W. SHUNK, D. L. y PFUND, M. E. (2012). Improving the Push–Pull Strategy in a Serial Supply Chain by a Hybrid Push–Pull Control with Multiple Pulling Points. *International Journal of Production Research*, 50, pp 5651–5668.
124. KIM, W. S. (2013). A Supply Chain Contract with Flexibility as a Risk-sharing Mechanism for Demand Forecasting. *International Journal of Systems Science*, 44, pp. 1134–1149.
125. KLEINDORFER, P. R., y SAAD, G. H. (2005). Managing Disruption Risks in Supply Chains. *Production and Operations Management*, 14, pp. 53–68.
126. KNEMEYER, A. M., ZINN, W. y EROGLU, C. (2009). Proactive Planning for Catastrophic Events in Supply Chains. *Journal of Operations Management*, 27, pp. 141–153.
127. KOLICH, M. (2014). Using Failure Mode and Effects Analysis to design a comfortable automotive driver seat. *Applied Ergonomics*, 45(4), pp.1087–1096.
128. KULL, T. y CLOSS, D. (2008). The Risk of Second-tier Supplier Failures in Serial Supply Chains: Implications for Order Policies and Distributor Autonomy. *European Journal of Operational Research*, 186, pp. 1158–1174.
129. KULL, T. J. y TALLURI, S. (2008). A Supply Risk Reduction Model Using Integrated Multicriteria Decision Making. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 55, pp. 409–419.
130. KUMAR, M., VRAT, P. y SHANKAR, R. (2006). A Fuzzy Programming Approach for Vendor Selection Problem in a Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 101, pp. 273–285.
131. KUMAR, S. y HAVEY, T. (2013). Before and after Disaster Strikes: A Relief Supply Chain Decision Support Framework. *International Journal of Pro-*

- duction Economics, 145, pp. 613–629.
132. KUMAR, S., KUMAR, P. y KUMAR, B. (2015). Risk analysis in green supply chain using fuzzy AHP approach: A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, pp. 375–390
 133. KUMAR, S. K. y TIWARI, M. K. (2013). Supply Chain System Design Integrated with Risk Pooling. *Computers & Industrial Engineering*, 64, pp. 580–588.
 134. KUMAR, S. K., TIWARI, M. K. y BABICEANU, R. F. (2010). Minimization of Supply Chain Cost with Embedded Risk Using Computational Intelligence Approaches. *International Journal of Production Research*, 48, pp. 3717–3739.
 135. KUTLU, A. C. y EKMEKÇIOĞLU, M. (2012). Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*, 39(1), pp. 61–67.
 136. LAEEQUDDIN, M., SARDANA, G. D. SAHAY, B. S. WAHEED, K. A. y SAHAY, V. (2009) Supply Chain Partners' Trust Building Process through Risk Evaluation: The Perspectives of UAE Packaged Food Industry. *Supply Chain Management: An International Journal*, 14, pp. 280–290.
 137. LAVASTRE, O., GUNASEKARAN, A. y SPALANZANI, A. (2012). Supply Chain Risk Management in French Companies. *Decision Support Systems*, 52, pp. 828–838.
 138. LE, H. Q., S. ARCHINT, NGUYEN, H. X. y ARCH-INT, N. (2013). Association Rule Hiding in Risk Management for Retail Supply Chain Collaboration. *Computers in Industry*, 64, pp. 776–784.
 139. LEAT, P. y REVOREDO-GIHA, C. (2013). Risk and Resilience in Agri-food Supply Chains: The Case of the ASDA Pork Link Supply Chain in Scotland. *Supply Chain Management: An International Journal*, 18, pp. 219–231.
 140. LEI, D., LI, J. y LIU, Z. (2012). Supply Chain Contracts under Demand and Cost Disruptions with Asymmetric Information. *International Journal of Production Economics*, 139, pp. 116–126.
 141. LEJEUNE, M. A. (2008). Preprocessing Techniques and Column Generation Algorithms for Stochastically Efficient Demand. *Journal of the Operational Research Society*, 59, pp. 1239–1252.
 142. LI, J., WANG, S. y CHENG, T. C. E. (2010). Competition and Cooperation in a Single-retailer Two-supplier Supply Chain with Supply Disruption. *International Journal of Production Economics*, 124, pp. 137–150.
 143. LI, Q. (2007). Risk, Risk Aversion and the Optimal Time to Produce. *IIE Transactions*, 39, pp. 145–158.
 144. LIN, Y. y ZHOU, L. (2011). The Impacts of Product Design Changes on Supply Chain Risk: A Case Study. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41, pp. 162–186.
 145. LINDHE, A., ROSÉN, L., NORBERG, T. y BERGSTEDT, O. (2009). Fault tree analysis for integrated and probabilistic risk analysis of drinking water systems. *Water Research*, 43(6), pp 1641–1653.
 146. LIU, H. (2009). The extension of fuzzy QFD: From product planning to part deployment. *Expert Systems with Applications*, 36(8), pp. 11131–11144
 147. LIU, H.-C., LIU, L., BIAN, Q.-H., LIN, Q.-L., DONG, N. y XU, P.-C. (2011). Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory. *Expert Systems with Applications*, 38(4), pp. 4403–4415.
 148. LIU, Z. y CRUZ, J. M. (2012). Supply Chain Networks with Corporate Financial Risks and Trade Credits under Economic Uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 137, pp. 55–67.
 149. LIU, Z. y NAGURNEY, A. (2011). Supply Chain Outsourcing under Exchange Rate Risk and Competition. *Omega*, 39, pp. 539–549.
 150. LOCKAMY III, A. y MCCORMACK, K. (2010). Analysing Risks in Supply Networks to Facilitate Outsourcing Decisions. *International Journal of Production Research*, 48, pp. 593–611.
 151. LUNDIN, J. F. (2012). Redesigning a Closed-loop Supply Chain Exposed to Risks. *International Journal of Production Economics*, 140, pp. 596–603.
 152. MAK, H. Y. y SHEN, Z. J. M. (2012). Risk Diversification and Risk Pooling in Supply Chain Design. *IIE Transactions*, 44, pp. 603–621.
 153. MAKAJIC-NIKOLIC, D. et al. (2015). The fault tree analysis of infectious medical waste management. *Journal of Cleaner Production*, pp. 1-9.

154. MANUJ, I. y MENTZER, J. T. (2008). Global Supply Chain Risk Management Strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38, pp. 192–223.
155. MARKOWSKI, A. y KOTUNIA, A. (2011). Bow-tie model in layer of protection analysis. *Process Safety and Environmental Protection*, 89(4), pp. 205-213.
156. MEENA, P. L. y SARMAH, S. P. (2013). Multiple Sourcing under Supplier Failure Risk and Quantity Discount: A Genetic Algorithm Approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 50, pp. 84–97.
157. MEENA, P. L., SARMAH, S. P. y SARKAR, A. (2011). Sourcing Decisions under Risks of Catastrophic Event Disruptions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47, pp.1058–1074.
158. MEEL, A., O'NEILL, L., LEVIN, J., SEIDER, W., OKTEM, U. y KEREN, N. (2007). Operational risk assessment of chemical industries by exploiting accident databases. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 20 (2), pp. 113-127.
159. MOEINZADEH, P.B. y HAJFATHALIHA, A. (2009). A combined fuzzy decision making approach to supply chain risk assessment. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 60, pp.519–535.
160. MOKHTARI, K., REN, J., ROBERTS, C. y WANG, J. (2011). Application of a generic bow-tie based risk analysis framework on risk management of sea ports and offshore terminals. *Journal of Hazardous Materials*, 192(2), pp. 465–475.
161. NAKASHIMA, K. y GUPTA, S. M. (2012). A Study on the Risk Management of Multi Kanban System in a Closed Loop Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 139, pp. 65–68.
162. NARASIMHAN, R. y TALLURI, S. (2009). Perspectives on risk management in supply chains. *Journal Operation Management*, 27 (2), pp. 114–118.
163. NEIGER, D., K. ROTARU y CHURILOV, L. (2009). Supply Chain Risk Identification with Value-focused Process Engineering. *Journal of Operations Management*, 27, pp. 154–168.
164. NORRMAN, A. y JANSSON, U. (2004). Ericsson's Proactive Supply Chain Risk Management Approach after a Serious Sub-supplier Accident. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34, pp. 434–456.
165. OEHMEN, J., ZIEGENBEIN, A., ALARD, R. y SCHÖNSLEBEN, P. (2009). System-oriented Supply Chain Risk Management. *Production Planning & Control*, 20, pp 343–361.
166. OKE, A. y GOPALAKRISHNAN, M. (2009). Managing Disruptions in Supply Chains: A Case Study of a Retail Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 118, pp.168–174.
167. OLSON, D. L. y WU, D. D. (2010). A Review of Enterprise Risk Management in Supply Chain. *Kybernetes*, 39, pp. 694–706.
168. OLSON, D. L. y WU, D. (2011). Risk Management Models for Supply Chain: A Scenario Analysis of Outsourcing to China. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16, pp. 401–408.
169. PARK, S., LEE, T. E. y SUNG, C. S. (2010). A Three-level Supply Chain Network Design Model with Risk-pooling and Lead times. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46, pp. 563–581.
170. PECK, H. (2005). Drivers of Supply Chain Vulnerability: An Integrated Framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35, pp. 210–232.
171. PETTIT, T. J., CROXTON, K. L. y FIKSEL, J. (2013). Ensuring Supply Chain Resilience: Development and Implementation of an Assessment Tool. *Journal of Business Logistics*, 34, pp. 46–76.
172. PILLAY, A., y WANG, J. (2003). Modified failure mode and effects analysis using approximate reasoning. *Reliability Engineering & System Safety*, 79(1), pp. 69–85
173. POOJARI, C. A., LUCAS, C. y MITRA, G. (2008). Robust Solutions and Risk Measures for a Supply Chain Planning Problem under Uncertainty. *Journal of the Operational Research Society* 59, pp. 2–12.
174. PUENTE, J., PINO, R., PRIORE, P. y DE LA FUENTE, D. (2002). A decision support system for applying failure mode and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 19(2), pp. 137–150.

175. PUJAWAN, I. N. y GERALDIN, L. H. (2009). House of Risk: A Model for Proactive Supply Chain Risk Management." *Business Process Management Journal*, 15, pp. 953–967.
176. QIANG, P. y NAGURNEY, A. (2012). A bi-criteria Indicator to Assess Supply Chain Network Performance for Critical Needs under Capacity and Demand Disruptions. *Transportation Research Part A*, 46, pp. 801–812.
177. RADKE, A. M. y TSENG, M. M. (2012). A Risk Management-based Approach for Inventory Planning of Engineering-to-order Production. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 61, pp. 387–390.
178. RAGHAVAN, N. R. S. y MISHRA, V. K. (2011). Short-term Financing in a Cash-constrained Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 134, pp. 407–412.
179. RAMAKRISHNAN, M. (2016). Unavailability estimation of shutdown system of a fast reactor by Monte Carlo simulation. *Annals of Nuclear Energy*, 90, pp. 264–274.
180. RAO, U. S., SWAMINATHAN, J. M. y ZHANG, J. (2005). Demand and Production Management with Uniform Guaranteed Lead Time. *Production and Operations Management*, 14, pp. 400–412.
181. RAVINDRAN, A. R., BILSEL, R. U., WADHWA, V. y YANG, T. (2010). Risk Adjusted Multicriteria Supplier Selection Models with Applications. *International Journal of Production Research*, 48, pp. 405–424.
182. REINER, G. y FICHTINGER, J. (2009). Demand Forecasting for Supply Processes in Consideration of Pricing and Market Information. *International Journal of Production Economics*, 118, pp.55–62.
183. RITCHIE, B. y BRINDLEY, C. (2007). An Emergent Framework for Supply Chain Risk Management and Performance Measurement. *Journal of the Operational Research Society*, 58, pp. 1398–1411.
184. ROHMAH, D. U. M., DANIA, W. A. P. y DEWI, I. A. (2015). Risk Measurement of Supply Chain Organic Rice Product Using Fuzzy Failure Mode Effect Analysis in MUTOS Seloliman Trawas Mojokerto. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3, pp. 108–113.
185. RUIZ-TORRES, A. J. y MAHMOODI, F. (2007). The Optimal Number of Suppliers Considering the Costs of Individual Supplier Failures, *Omega*, 35, pp.104–115.
186. RUIZ-TORRES, A. J., MAHMOODI, F. y ZENG, A. Z. (2013). Supplier Selection Model with Contingency Planning for Supplier Failures. *Computers & Industrial Engineering*, 66, pp. 374–382.
187. SAMVEDI, A., JAIN, V. y CHAN, F. T. S. (2013). Quantifying Risks in a Supply Chain through Integration of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS. *International Journal of Production Research*, 51, pp. 2433–2442.
188. SANKAR, N. R. y PRABHU, B. S. (2001). Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 18(3), pp. 324–336.
189. SAWIK, T. (2013a). Integrated Selection of Suppliers and Scheduling of Customer Orders in the Presence of Supply Chain Disruption Risks. *International Journal of Production Research*, 51, pp. 7006–7022.
190. SAWIK, T. (2013b). Selection of Resilient Supply Portfolio under Disruption Risks. *Omega*, 41, pp. 259–269.
191. SAYED, H. E., GABBAR, H. A. y MIYAZAKI, S. (2009). A Hybrid Statistical Genetic-based Demand Forecasting Expert System. *Expert Systems with Applications*, 36, pp. 11662–11670.
192. SCHMITT, A. J. (2011). Strategies for Customer Service Level Protection under Multi-echelon Supply Chain Disruption Risk. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45, pp. 1266–1283.
193. SCHMITT, A. J. y SINGH, M. (2012). A Quantitative Analysis of Disruption Risk in a Multi-echelon Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 139, pp. 22–32.
194. SCHMITT, A. J., SNYDER, L. V. y SHEN, Z. J. M. (2010). Inventory Systems with Stochastic Demand and Supply: Properties and Approximations. *European Journal of Operational Research*, 206, pp. 313–328.
195. SCHOENHERR, T., TUMMALA, V. M. R. y HARRISON, T. P. (2008). Assessing Supply Chain Risks with the Analytic Hierarchy Process: Providing Decision Support for the Offshoring Decision by a US Manufacturing Company. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 14, pp. 100–111.

196. SHAHIAR, A., SADIQ, R., y TEFAMARIAM, S. (2012). Risk analysis for oil and gas pipelines: a sustainability assessment approach using fuzzy based bow-tie analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25(3), pp. 505-523.
197. SHARMA, R. K., KUMAR, D., y KUMAR, P. (2005). Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modelling. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 22(9), pp. 986–1004.
198. SHERWIN, M.D. (2016). Proactive cost-effective identification and mitigation of supply delay risks in a low volume high value supply chain using fault-tree analysis. *International Journal of Production Economics*, 175, pp. 153-163
199. SHI, Y., F. WU, L. K. CHU, SCULLI, D. y XU, Y. H. (2011). A Portfolio Approach to Managing Procurement Risk Using Multi-stage Stochastic Programming. *Journal of the Operational Research Society*, 62, pp. 1958–1970.
200. SINHA, P. R., WHITMAN, L. E. y MALZAHN, D. (2004). Methodology to Mitigate Supplier Risk in an Aerospace Supply Chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, 9, pp. 154–168.
201. SKIPPER, J. B., y HANNA, J. B. (2009). Minimizing Supply Chain Disruption Risk through Enhanced Flexibility. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 39, pp. 404–427.
202. SMAROS, J., LEHTONEN, J. M. APPELQVIST, P. y HOLMSTRÖM, J. (2003). The Impact of Increasing Demand Visibility on Production and Inventory Control Efficiency. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33, pp. 336–354.
203. SMITH, G. E., WATSON, K. J., BAKER, W. H. y POKORSKI, J. A. (2007). A Critical Balance: Collaboration and Security in the IT-enabled Supply Chain. *International Journal of Production Research*, 45, pp. 2595–2613.
204. SNYDER, L. V., DASKIN, M. S. y TEO, C. P. (2007). The Stochastic Location Model with Risk Pooling. *European Journal of Operational Research*, 179, pp. 1221–1238.
205. SODHI, M. S. (2005). Managing Demand Risk in Tactical Supply Chain Planning for a Global Consumer Electronics Company. *Production and Operations Management*, 14, pp. 69–79.
206. SODHI, M. S., SON, B. G. y TANG, C. S. (2012). Researchers' Perspectives on Supply Chain Risk Management. *Production and Operations Management*, 21, pp. 1–13.
207. SODHI, M. S. y TANG, C. S. (2009). Modeling Supply-chain Planning under Demand Uncertainty Using Stochastic Programming: A Survey Motivated by Asset–Liability Management. *International Journal of Production Economics*, 121, pp. 728–738.
208. SON, J. Y. y ORCHARD, R. K. (2013). Effectiveness of Policies for Mitigating Supply Disruptions. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 43, pp. 684–706.
209. SPEIER, C., WHIPPLE, J. M., CLOSS, D. J. y VOSS, M. D. (2011). Global Supply Chain Design Considerations: Mitigating Product Safety and Security Risks. *Journal of Operations Management*, 29, pp. 721–736.
210. SUCKY, E. (2009). The Bullwhip Effect in Supply Chains – An Overestimated Problem? *International Journal of Production Economics*, 118, pp. 311–322.
211. SUN, J., MATSUI, M. y YIN, Y. (2012). Supplier Risk Management: An Economic Model of P-chart Considered Due-date and Quality Risks. *International Journal of Production Economics* 139, pp. 58–64.
212. TALLURI, S., CETIN, K. y GARDNER, A. J. (2004). Integrating Demand and Supply Variability into Safety Stock Evaluations. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34, pp. 62–69.
213. TALLURI, S., KULL, T. J., YILDIZ, H. y YOON, J. (2013). Assessing the Efficiency of Risk Mitigation Strategies in Supply Chains. *Journal of Business Logistics*, 34, pp. 253–269.
214. TALLURI, S., y NARASIMHAN, R. (2003). Vendor Evaluation with Performance Variability: A Max–Min Approach. *European Journal of Operational Research*, 146, pp. 543–552.
215. TALLURI, S., NARASIMHAN, R. y CHUNG, W. (2010). Manufacturer Cooperation in Supplier Development under Risk. *European Journal of Operational Research*, 207, pp. 165–173.
216. TALLURI, S., NARASIMHAN, R. y NAIR, A.

- (2006). Vendor Performance with Supply Risk: A Chance-constrained DEA Approach. *International Journal of Production Economics*, 100, pp. 212–222.
217. TAN, Q., CHEN, G., ZHANG, L., FU, J. y LI, Z. (2013). Dynamic accident modeling for high-sulfur natural gas gathering station. *Process Safety and Environmental Protection*, 92(6), pp. 565–576.
218. TANG, C. S. y TOMLIN, B. (2008). The Power of Flexibility for Mitigating Supply Chain Risks. *International Journal of Production Economics*, 116, pp. 12–27.
219. TANG, O. y MUSA, S. N. (2011). Identifying Risk Issues and Research Advancements in Supply Chain Risk Management. *International Journal of Production Economics*, 133, pp. 25–34.
220. TANG, O., MUSA, S. N. y LI, J. (2012). Dynamic Pricing in the Newsvendor Problem with Yield Risks. *International Journal of Production Economics*, 139, pp. 127–134.
221. TAPIERO, C. S. (2007). Consumers Risk and Quality Control in a Collaborative Supply Chain. *European Journal of Operational Research*, 182, pp. 683–694.
222. TAY, K. M. y LIM, C. P. (2006). Fuzzy FMEA with a guided rules reduction system for prioritization of failures. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23(8), pp. 1047–1066.
223. THUN, J. y HOENIG, D. (2011). An Empirical Analysis of Supply Chain Risk Management in the German Automotive Industry. *International Journal of Production Economics*, 131, pp. 242–249.
224. TOMLIN, B. (2006). On the Value of Mitigation and Contingency Strategies for Managing Supply Chain Disruption Risks. *Management Science*, 52, pp. 639–657.
225. TOMLIN, B. (2009). Disruption-management Strategies for Short Life-cycle Products. *Naval Research Logistics*, 56, pp. 318–347.
226. TRANFIELD, D., DENYER, D. y SMART, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British Journal of Management* 14 (3), pp. 207–222.
227. TRKMAN, P. y MCCORMACK, K. (2009). Supply Chain Risk in Turbulent Environments – A Conceptual Model for Managing Supply Chain Network Risk. *International Journal of Production Economics*, 119, pp. 247–258.
228. TSAI, C. Y. (2008). On Supply Chain Cash Flow Risks. *Decision Support Systems*, 44, pp. 1031–1042.
229. TSAI, M. C., LIAO, C. H. y HAN, C. S. (2008). Risk Perception on Logistics Outsourcing of Retail Chains: Model Development and Empirical Verification in Taiwan. *Supply Chain Management: An International Journal*, 13, pp. 415–424.
230. TSE, Y. K., y TAN, K. H. (2011). Managing Product Quality Risk in a Multi-tier Global Supply Chain. *International Journal of Production Research*, 49, pp. 139–158.
231. TUMMALA, R. y SCHOENHERR, T. (2011). Assessing and Managing Risks Using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). *Supply Chain Management: An International Journal*, 16, pp. 474–483.
232. TUNCEL, G. y ALPAN, G. (2010). Risk Assessment and Management for Supply Chain Networks: A Case Study. *Computers in Industry*, 61, pp. 250–259.
233. VAN DELFT, C. y VIAL, J. P. (2004). A practical implementation of stochastic programming: An application to the evaluation of option contracts in supply chains. *Automatica*, 40(5), pp. 743–756.
234. VEDEL, M. y ELLEGAARD, C. (2013). Supply Risk Management Functions of Sourcing Intermediaries: An Investigation of the Clothing Industry. *Supply Chain Management: An International Journal*, 18, pp. 509–522.
235. VISWANADHAM, N. y SAMVEDI, A. (2013). Supplier Selection Based on Supply Chain Ecosystem, Performance and Risk Criteria. *International Journal of Production Research*, 51, pp. 6484–6498.
236. WAGNER, S. M. y BODE, C. (2008). An Empirical Examination of Supply Chain Performance Along Several Dimensions of Risk. *Journal of Business Logistics*, 29, pp. 307–325.
237. WAGNER, S. M. y NESHAT, N. (2010). Assessing the Vulnerability of Supply Chains Using Graph Theory. *International Journal of Production Economics*, 126, pp. 121–129.

238. WAGNER, S. M. y SILVEIRA-CAMARGOS, V. (2012). Managing Risks in Just-in-sequence Supply Networks: Exploratory Evidence from Automakers. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 59, pp. 52–64.
239. WAKOLBINGER, T. y CRUZ, J. M. (2011). Supply Chain Disruption Risk Management through Strategic Information Acquisition and Sharing and Risk-sharing Contracts. *International Journal of Production Research*, 49, pp. 4063–4084.
240. WANG, X., H. K., CHAN, R. W. YEE, Y. y DIAZ-RAINEY, I. (2012). A Two-stage Fuzzy-AHP Model for Risk Assessment of Implementing Green Initiatives in the Fashion Supply Chain. *International Journal of Production Economics*, 135, pp. 595–606.
241. WANG, Y. M., CHIN, K. S., POON, G. K. K. y YANG, J. B. (2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert Systems with Applications*, 36(2), pp. 1195–1207.
242. WANG, Y., GILLAND, W. y TOMLIN, B. (2011). Regulatory Trade Risk and Supply Chain Strategy. *Production and Operations Management*, 20, pp. 522–540.
243. WIENGARTEN, F., PAGELL, M. y FYNES, B. (2013). The Importance of Contextual Factors in the Success of Outsourcing Contracts in the Supply Chain Environment: The Role of Risk and Complementary Practices. *Supply Chain Management: An International Journal*, 18, pp. 630–643.
244. WU, D. y OLSON, D. L. (2008). Supply Chain Risk, Simulation, and Vendor Selection. *International Journal of Production Economics*, 114, pp. 646–655.
245. WU, D. D. y OLSON, D. (2010). Enterprise Risk Management: A DEA VaR Approach in Vendor Selection. *International Journal of Production Research*, 48, pp. 4919–4932.
246. WU, D., WU, D. D., ZHANG, Y. y OLSON, D. L. (2013). Supply Chain Outsourcing Risk Using an Integrated Stochastic-fuzzy Optimization Approach. *Information Sciences*, 235, pp. 242–258.
247. WU, D. D., ZHANG, Y., WU, D. y OLSON, D. L. (2010). Fuzzy Multi-objective Programming for Supplier Selection and Risk Modeling: A Possibility Approach. *European Journal of Operational Research*, 200, pp. 774–787.
248. WU, T., BLACKHURST, J. y CHIDAMBARAM, V. (2006). A Model for Inbound Supply Risk Analysis. *Computers in Industry*, 57, pp. 350–365.
249. WU, T., BLACKHURST, J. y O'GRADY, P. (2007). Methodology for Supply Chain Disruption Analysis. *International Journal of Production Research*, 45, pp. 1665–1682.
250. XANTHOPOULOS, A., VLACHOS, D. y IAKOVOU, E. (2012). Optimal Newsvendor Policies for Dual-sourcing Supply Chains: A Disruption Risk Management Framework. *Computers & Operations Research*, 39, pp. 350–357.
251. XIA, D. y CHEN, B. (2011). A Comprehensive Decision-making Model for Risk Management of Supply Chain. *Expert Systems with Applications*, 38, pp. 4957–4966.
252. XIA, Y., RAMACHANDRAN, K. y GURNANI, H. (2011). Sharing Demand and Supply Risk in a Supply Chain. *IIE Transactions*, 43, pp. 451–469.
253. XIAO, T. y YANG, D. (2008). Price and Service Competition of Supply Chains with Risk-averse Retailers under Demand Uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 114, pp. 187–200.
254. XIAO, T. y YANG, D. (2009). Risk Sharing and Information Revelation Mechanism of a One-manufacturer and One-retailer Supply Chain Facing an Integrated Competitor. *European Journal of Operational Research*, 196, pp. 1076–1085.
255. YANG, M., KHAN, F. y LYE, L. (2013). Precursor-based hierarchical Bayesian approach for rare event frequency estimation: a case of oil spill accidents. *Process Safety and Environmental Protection*, 91(5), pp. 333–342.
256. YANG, Z. B., AYDIN, G., BABICH, V. y BEIL, D. R. (2009). Supply Disruptions, Asymmetric Information, and a Backup Production Option. *Management Science*, 55, pp. 192–209.
257. YANG, Z., BONSALE, S. y WANG, J. (2008). Fuzzy rule-based Bayesian reasoning approach for prioritization of failures in FMEA. *IEEE Transactions on Reliability*, 57(3), 517–528.
258. YANG, B. y YANG, Y. (2010). Postponement in supply chain risk management: a complexity perspective. *International Journal of Production Research*, 48 (7), pp. 1901–1912

259. YU, H., ZENG, A. Z. y Zhao, L. (2009). Single or Dual Sourcing: Decision-making in the Presence of Supply Chain Disruption Risks. *Omega* 37, pp. 788–800.
260. ZHANG, K., CHAI, Y. YANG, S. X. y WENG, D. (2011). Pre-warning Analysis and Application in Traceability Systems for Food Production Supply Chains. *Expert Systems with Applications*, 38, pp. 2500–2507.
261. ZIRILLI, T. (2015). Die crack failure mechanism investigations depending on the time of failure. *Microelectronics Reliability* 55(9-10), pp. 1600-1606.
262. ZSIDISIN, G. A. y ELLRAM, L. M. (2003). An Agency Theory Investigation of Supply Risk Management. *The Journal of Supply Chain Management*, 39, pp. 15–27.
263. ZSIDISIN, G. A., ELLRAM, L. M. CARTER, J. R y CAVINATO, J. L. (2004). An Analysis of Supply Risk Assessment Techniques. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34, pp. 397–413.
264. ZSIDISIN, G. A., MELNYK, S. A. y RAGATZ, G. L. (2005). An Institutional Theory Perspective of Business Continuity Planning for Purchasing and Supply Management. *International Journal of Production Research*, 43 (16), pp. 3401–3420.
265. ZSIDISIN, G. A. y SMITH, M. E. (2005). Managing Supply Risk with Early Supplier Involvement: A Case Study and Research Propositions. *The Journal of Supply Chain Management*, 41, pp. 44–57