



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados,
Investigación y Consultoría

Departamento de Ingeniería

Doctorado en Logística y Dirección de la
Cadena de Suministro.

Propuesta metodológica para la evaluación del riesgo de robo en el autotransporte de carga

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

Presenta

M. en C. Martha Elizabeth de la Torre Romero

Puebla, México.

Junio de 2014



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

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

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

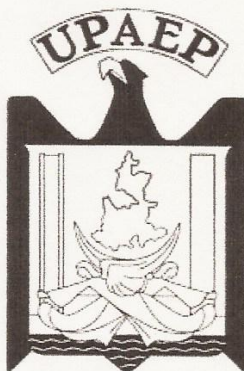
DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

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



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados,
Investigación y Consultoría

Departamento de Ingeniería

Doctorado en Logística y Dirección de la
Cadena de Suministro

Se aprueba la Tesis:

Propuesta metodológica para la evaluación del riesgo de robo en el
autotransporte de carga

Comité Doctoral

Dr. Carlos Daniel Martner Peyrelongue
Director de Tesis

Dr. José Luis Martínez Flores
Asesor
Dr. Elías Olivares Benítez
Asesor

Puebla, México.

Junio de 2014

Agradecimientos

A Dios, pues ¿qué sería del ser humano si no creyera en un poder superior al suyo?

Al Instituto Mexicano del Transporte, en especial al Dr. Carlos Martner y el Ing. Roberto Aguerrebere por creer en mí y brindarme su apoyo para realizar mis estudios de doctorado.

A los doctores José Luis Martínez y Elías Olivares, mis maestros y guías en este largo proceso, gracias por su orientación y apoyo. Por compartir conmigo sus conocimientos y a la vez darme ejemplo calidad humana con su sencillez.

A las maravillosas personas que he encontrado en mi camino y me han brindado valiosas enseñanzas, gracias por su paciencia, por brindarme su tiempo y sus consejos, especialmente al Dr. Eric Moreno, al Dr. Elías Jiménez, al maestro Tristán Ruiz y al Dr. Guillermo Torres.

A mi familia y amigos, especialmente a mi madre, quien me ha dado ejemplo de responsabilidad y trabajo duro; sin su apoyo este logro no habría sido posible y a mi hijo, quien es mi mayor motivación para seguir luchando día con día. Mi rayo de sol personal que ha iluminado mis momentos difíciles.

RESUMEN

En México el robo se ha convertido en uno de los riesgos más relevantes para la eficiencia y la competitividad de las cadenas de suministro. Esta propuesta busca identificar las variables que influyen sobre el riesgo de robo en el autotransporte como paso previo de una metodología para evaluar cuantitativamente la influencia de las variables identificadas y medir el nivel de seguridad del transporte de carga, apoyando así a la toma de decisiones en la creación de esquemas de seguridad.

El proceso para identificar estas variables de riesgo es el análisis estadístico de la información disponible de robos de carga mediante el método de componentes principales, determinando un primer conjunto de variables de interés para el diseño de una encuesta que se aplicó a expertos en seguridad de la cadena de suministro empleando el método Delphi. Los resultados del método permitirán confirmar o identificar nuevas variables, con las primeras cuantificaciones de su influencia en el riesgo.

ABSTRACT

In Mexico theft has become one of the most relevant risks to efficiency and competitiveness for supply chains. This proposal aims to identify variables influencing the risk as a previous step to build a quantitative methodology to assess quantitatively the influence of the variables identified and measure security level of cargo transportation to facilitate decision-making on security schemes creation.

The process for identifying these risk variables is statistical analysis based on available information about cargo theft by the analysis method of principal components, determining a first set of variables of interest for design a survey applied to supply chain security experts using the Delphi method. Results obtained will confirm the variables identified or will help to identify new ones, allowing quantifying their influence on risk.

Índice

RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPÍTULO 1. Generalidades	5
1.1 Introducción	5
1.2 Antecedentes.....	6
1.3 Objetivo general.....	9
1.4 Alcance	9
1.5 Justificación.....	9
1.6 Metodología	10
CAPÍTULO 2. Marco teórico.....	15
2.1 Riesgo.....	15
2.2 Modelo conceptual de riesgo	16
2.3 Administración de riesgos	17
2.4 Principales riesgos en la cadena de suministro en México.....	18
2.5 La seguridad en la cadena de suministro en México	20
2.6 Análisis de componentes principales	23
2.7 Técnica Delphi	29
2.8 Proceso de jerarquía analítica	30
CAPÍTULO 3. Revisión bibliográfica.....	35
3.1 Estudios conceptuales sobre la gestión del riesgo en la cadena de suministro (SCRM)	36
3.2 Estudios descriptivos de la gestión del riesgo en la cadena de suministro (SCRM).....	42
3.3 Metodologías para la gestión del riesgo en la cadena de suministro (SCRM).....	53
CAPÍTULO 4. Seguridad de la cadena de suministro, robo al autotransporte de carga.....	67
4.1 Introducción.....	68
4.2 La seguridad en la cadena de suministro en México	70
4.3 Metodología de la investigación	70
4.4 Resultados	72
4.5 Conclusiones	80
CAPÍTULO 5. Analyzing risk factors for highway theft in Mexico.....	83
5.1 Introduction	83
5.2 Security in the supply chain in Mexico	85
5.3 Research methodology	86
5.4 Results.....	87
5.5 Conclusions	93
CAPÍTULO 6. Metodología para evaluar el nivel de riesgo en el autotransporte de carga	97
6.1 Introducción	98

6.2	Riesgo	100
6.3	Principales riesgos en la cadena de suministro en México.	102
6.4	Metodología de la investigación	103
6.5	Resultados	104
6.6	Conclusiones	117
CAPÍTULO 7. Herramienta para la evaluación del riesgo de robo en el autotransporte de carga.		120
7.1	Introducción	123
7.2	Método	128
7.3	Resultados	131
7.4	Evaluación del riesgo	142
7.5	Diseño de la aplicación informática.....	143
7.6	Análisis de sensibilidad.	146
7.7	Conclusiones	148
CONCLUSIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.		153
REFERENCIAS.....		155
ANEXOS		161

Índice de tablas

Tabla 1.1: Metodologías identificadas aplicables a la gestión de la seguridad en la cadena de suministro (SCMS)	11
Tabla 2.1 Escala de importancia relativa.....	32
Tabla 3.1 Estrategias de mitigación de riesgos	45
Tabla 4.1 Metodologías identificadas aplicables a la gestión de la seguridad en la cadena de suministro (SCMS)	71
Tabla 4.2 Identificación de factores.....	73
Tabla 4.3 Análisis de componentes principales: Tamaño del vehículo	75
Tabla 4.4 Productos más robados durante el año 2010	76
Tabla 4.5 Factores significativos	77
Tabla 4.6. Medidas recomendadas	79
Table 5.1 Factor identificación.....	88
Table 5.3 Most stolen products during the year 2010.....	91
Table 5.4 Significant factors	92
Tabla 6.1 Identificación de factores.....	105
Tabla 6.2 Clasificación de zonas.....	106
Tabla 6.3 Análisis de componentes principales: Tamaño del vehículo	107
Tabla 6.4 Productos más robados primer cuatrimestre 2013	109
Tabla 6.5 Medidas recomendadas	115
Tabla 7.1 Identificación de factores.....	131
Tabla 7.2 Clasificación de zonas.....	133
Tabla 7.3. Análisis de componentes principales de covarianzas.....	134
Tabla 7.5 Niveles de riesgo	143

Índice de figuras

Figura 1.1 Metodología para la evaluación del riesgo	14
Figura 2.1 Matriz de riesgo.....	17
Figura 2.2 Estadísticas de robo a camiones de carga 2002-2011.....	22
Figura 2.3 Representación gráfica de la relación entre componentes principales y estandarización multivariada.....	27
Figura 2.4 Etapas del proceso de jerarquía analítica	31
Figura 2.5 Representación jerárquica del problema.....	31
Figura 2.6 Normalización de la matriz A.....	33
Figura 2.7 Matriz W de eigenvectores.....	33
Figura 3.1 Taxonomía de la seguridad en la cadena de suministro	46
Figura 3.2 Gestión del riesgo en la cadena de suministro.....	49
Figura 3.2 Topología de la cadena de suministro para determinar las necesidades críticas.....	59
Figura 3.2 Factores de riesgo y sus interrelaciones	66
Figure 5.2 Analysis of main components for size of the vehicle	90
Figura 6.1 Matriz de riesgo.....	101
Figura. 6.2 Metodología propuesta.....	102
Figura. 6.3 Cuestionario de factor humano	110
Figura. 6.4 Vista de árbol de PJA.....	112
Figura 7.1 Estadística de robo en carreteras en México.	125
Figura 7.2 Metodología para la creación de una herramienta para medición del riesgo.	129
Figura 7.3 Puntuaciones de los dos primeros componentes principales.....	135
Figura 7.4 Cuestionario de factor humano.	139
Figura 7.5 Ponderación de factores.	141
Figura 7.6 Calculadora de riesgo.	145
Figura 7.7 Índice de riesgo aguacates Uruapan-San Luis Potosí-Nuevo Laredo.....	147
Figura 7.8 Índice riesgo aguacates Uruapan-México	147
Figura 7.9 Índice de riesgos, productos lácteos Guanajuato.....	148

CAPÍTULO1. Generalidades

1.1 Introducción

Desde finales del Siglo XX, el tema de la seguridad y el riesgo en la cadena de suministro ha sido abordado por diversos autores; sin embargo el número de contribuciones sobre esta temática aún es incipiente, sobre todo con respecto al robo al autotransporte. La importancia de esta temática se ha evidenciado en las iniciativas y certificaciones en materia de seguridad, que enfatizan el impacto que tiene en las cadenas de suministro a nivel internacional. No obstante; según Cook (2003), La introducción de normas más estrictas para aumentar la seguridad, por ejemplo, los programas Customs-Trade Partnership Against Terrorism (C-TPAT), y Free and SecureTrade (FAST) entre otros, dio como resultado un aumento en los costos de transacción en el comercio internacional, entre otras cosas porque los tiempos de transporte se hicieron más largos e irregulares; afectando gravemente el despacho aduanero de las mercancías, sobre todo para aquellas empresas que utilizan el sistema "justo a tiempo" para su distribución.

Las medidas implementadas en los programas mencionados, se concentran principalmente en tratar de impedir el cruce de mercancía ilegal por las fronteras, riesgos de alto impacto que deben ser atendidos pero que no son los únicos que enfrenta el transporte de mercancías. Sheffi (2001) así como Willis y Ortiz (2004) identificaron tempranamente la necesidad de avanzar en el entendimiento, identificación y cuantificación del riesgo en la cadena de suministro para lograr avances en su gestión, realizando importantes progresos que fundamentan dichos estudios, con aportaciones tanto conceptuales como metodológicas.

En la revisión de la literatura, puede observarse que son pocos los autores que identifican los factores generadores de riesgo, y menos los que buscan medir el impacto de las interrupciones de cada uno de ellos en la cadena de suministro, incluido el transporte. Por ejemplo, Rodrigues, Stantchev, Potter, Naim y Whiteing

(2008) investigan el impacto de la incertidumbre en las operaciones de transporte dentro de las cadenas de suministro, pero no cuantifican el impacto por una interrupción de éste.

El tema de la seguridad en la cadena de suministro aún presenta grandes áreas de oportunidad en la identificación y evaluación del riesgo en el transporte. Adicionalmente, las amenazas no pueden ser generalizadas, debido a las diferentes características económicas, sociales y políticas de cada país. Por lo cual es de esperarse que cada país enfrente diferente tipo de amenazas y nivel de riesgo en su logística de distribución.

1.2 Antecedentes.

De acuerdo con Cook (2003), hasta antes de los ataques terroristas del 11 de septiembre de 2001, el mundo se dedicaba abiertamente al comercio. Los canales de comercialización estaban abiertos en su gran mayoría y funcionaban sin problemas. En ese tiempo, la principal preocupación para los ejecutivos de la cadena de suministro estaba orientada a lograr compras rentables, desarrollar la logística y las operaciones. De hecho, la interrupción de las cadenas internacionales por una amenaza terrorista no era un pensamiento proactivo. Nadie del comercio mundial se anticipó a los eventos del 9/11. No había “planes de contingencia” o “programas contra desastres” que se pensaran con anterioridad a dicho suceso. Es más, las grandes corporaciones estaban consolidando sus esquemas globales de suministro y su producción estaba organizada y localizada en diversas partes del mundo, incluso con esquemas de abastecimiento “justo a tiempo” en donde interrupciones breves en la cadena de suministro podría traer importantes consecuencias financieras.

Para O'Hanlon et. al. (2002), futuros ataques terroristas en los Estados Unidos podrían hacer uso del sistema nacional e internacional de transporte de carga de ese país y de sus socios comerciales, y traer consigo consecuencias devastadoras en términos de muertes y destrucción económica.

A partir de esa fecha (9/11), muchos autores han abordado el tema de la seguridad y los riesgos que corren las cadenas de suministro. Martha y Subbakrishna (2002) presentan una interesante discusión de riesgo en la cadena de suministro, y la importancia de desarrollar cadenas de suministro que estén preparadas para recuperarse de perturbaciones.

Lee y Wolfe (2003) así como Lee y Whang (2003), discuten ideas similares mediante la comparación de seguridad de la cadena de suministro con el enfoque total de la gestión de la calidad. Lewis, Erera y White (2003), tratan las técnicas de respuesta operativa a los procesos de seguridad y las interrupciones. Luedtke y White (2004), consideran las cuestiones del valor de la visibilidad de los activos de las cadenas de suministro, tanto rígidas como flexibles. Baiman, Netessine y Kunreuther (2004), discuten los mecanismos de colaboración para garantizar la calidad de los productos, que puede ser un análogo de la utilidad para garantizar la seguridad en una cadena de suministro.

Willis y Ortiz (2004), establecieron un marco de referencia para la evaluación y gestión de la seguridad de la cadena de suministro; vale la pena resaltar que dicho reporte estaba principalmente enfocado a mejorar la seguridad y eficiencia de la cadena de suministro en el transporte intermodal para la prevención de ataques terroristas.

Sheffi (2001) presenta una introducción para entender el riesgo de la cadena de suministro, y en particular el ligado con acontecimientos terroristas, además propone un conjunto de ideas para lograr capacidad de reacción en el diseño de la cadena de suministro. Por su parte, Tsamboulas y Moraiti (2008) diseñaron un modelo multicriterio que permite evaluar el riesgo de las cadenas de suministro internacionales con la finalidad de prevenir actos terroristas.

Uhlig (2008), propone que para implementar un sistema de gestión de riesgos efectiva, las empresas deberán entender primero las diferentes categorías

de riesgo y sus elementos generadores. Argumenta que en general, los autores no mencionan explícitamente la interrupción del transporte como una categoría de riesgo por separado, y por tanto puede considerarse que este tema no se ha abordado con el detalle que se merece. Señala que si bien la mayoría de la literatura sólo menciona brevemente las interrupciones de transporte (Cavinato, 2004; Guinipero y Eltantawy, 2004), un pequeño número de investigadores discuten el tema con más profundidad y ofrecen algunas ideas.

Chopra y Sodhi (2004) introducen una clasificación de los riesgos de la cadena de suministro y los eventos o factores que conducen a los mismos, entre los cuales destacan los riesgos del transporte que bien puede atribuirse tanto a interrupciones permanentes como temporales (demoras) debido a varios factores clave, tales como congestión, catástrofes naturales y terrorismo.

Wilson (2007) distingue interrupciones en general y las de transporte. Este último lo refiere a cualquier interrupción del flujo de los bienes, mientras que otros tipos de perturbaciones también incluyen por ejemplo, las interrupciones en la fabricación de los productos, examina los efectos de las interrupciones del transporte en el rendimiento de la cadena de suministro, utilizando dinámica de sistemas en dos escenarios diferentes de la cadena y encuentra que el impacto de una interrupción de transporte es más fuerte en una cadena de suministro tradicional a diferencia de las interrupciones basadas en la estrategia de gestión de inventarios por parte del proveedor (VMI, Vendor Managed Inventory).

Otros autores también utilizan simulaciones (Tsuchiya et. a. 2007; Huang, Chou y Chang, 2007) para evaluar situaciones similares. Cabe señalar, que otros investigadores abordan el análisis de los terremotos, los huracanes y otras catástrofes naturales como fuente de interrupciones del transporte y su impacto en la economía (Takahashi, Ando y Mun, 1997; Okuyama et. al. 2004).

1.3 Objetivo general.

Construir un modelo que permita evaluar el nivel de seguridad de una cadena de suministro, haciendo énfasis en los riesgos relacionados con el transporte de carga por carretera. Que sea acorde a la problemática nacional y al impacto de las diferentes variables que intervienen en el proceso de conformación de un sistema de seguridad en la cadena de suministro, con la finalidad de elevar los niveles de seguridad con medidas adecuadas al nivel de riesgo determinado con base en las variables críticas como localización de los clientes, el tipo de producto y la ruta, entre otras que se logren identificar y ponderar a través del presente estudio.

1.4 Alcance

El alcance del estudio estará dedicado al tema de la seguridad (Security) en el contexto de las amenazas que provienen de acciones humanas sobre las instalaciones y procesos logísticos, centrado en el transporte de carga en su fase de producto terminado (planta-centro de distribución), atendiendo la amenaza de robo al autotransporte de carga, la cual se ha convertido en una de las principales amenazas identificadas en el contexto nacional.

1.5 Justificación.

Desde el año 2007, el notable incremento de robos al autotransporte de carga se ha convertido en una de las principales preocupaciones de la iniciativa privada del Gobierno Federal y de diversos organismos nacionales, debido a las importantes pérdidas que este fenómeno ha ocasionado al sector empresarial.

Sin embargo de acuerdo con Lucas Urciuoli (2010) “El impacto de la inseguridad en el transporte puede implicar enormes pérdidas para los dueños de la carga y los operadores, pero también puede poner en peligro a toda la comunidad”.

Hasta donde se sabe, México aún no cuenta con suficientes elementos técnicos que permitan identificar las principales variables que intervienen en el riesgo de robo al autotransporte, de la misma manera, tampoco se conoce la magnitud o influencia que poseen cada una de estas variables ni una base analítica que permita su evaluación para la toma de decisiones en la conformación de un esquema de seguridad.

Los empresarios mexicanos aún no cuentan con los suficientes elementos técnicos para establecer criterios de seguridad sobre el total de variables que intervienen. El peso específico otorgado a cada variable es asignado basado en el conocimiento empírico que poseen, y no se apoyan en una base analítica que les permita evaluarlos y tomar mejores decisiones en la conformación de un esquema de seguridad en su cadena de suministro. Tampoco conocen la magnitud o influencia que poseen cada una de las variables que intervienen en el problema de la seguridad, y en particular del transporte.

Todo lo anterior, da pie a la conformación de un tema potencial de estudio acerca de la evaluación y medición de los efectos de cada una de las variables involucradas en el tema de la seguridad de las cadenas de suministro.

1.6 Metodología

Con la finalidad de identificar una metodología que pudiera resolver de mejor manera el problema planteado, se llevó a cabo una revisión de literatura sobre metodologías aplicables a problemas de seguridad en la cadena de suministro; la Tabla 1.1 muestra algunas de ellas.

Tabla 1.1: Metodologías identificadas aplicables a la gestión de la seguridad en la cadena de suministro (SCMS)

Metodologías Cualitativas	Metodologías Cuantitativas	Metodologías Mixtas
Modelado Jerárquico Holográfico	Modelo Oculto de Markov (HMM)	Metodología de Análisis de Riesgos
Modelo de proceso de negocios BPM	Metodología de Redes Probabilísticas Bayesianas	Método Delphi
Teoría Accidental Normal.	Simulación Montecarlo	

Fuente: Elaboración propia IMT 2013

De la revisión de metodologías, se determinó el método Delphi como el más adecuado, debido a que la información recogida resultó muy variada, con fuertes divergencias en las entrevistas de acuerdo con la región, el tipo de mercancías transportadas y el tamaño de la empresa, entre otros rasgos. Sin embargo, ya que se identificó que el problema del riesgo puede obedecer a factores con variables múltiples, se optó por buscar un método de estadística multivariable que permitiera evaluar aquellos factores para los cuales se tuvieran estadísticas registradas, de esta manera, se determinó que el método de componentes principales permitía identificar aquellas variables que explicaban en mayor medida un fenómeno estudiado.

La figura 1 describe la metodología desarrollada para la identificación de factores de riesgo. Se inició aplicando entrevistas a 17 empresarios y transportistas para conocer su percepción del robo de carga en carretera; esta encuesta dio pie a las primeras hipótesis sobre los factores que influyen en el riesgo de robo.

Los problemas de seguridad tienen tres características básicas (Li, Chandra y Shiau, 2008): son complejos, dinámicos en el tiempo y carecen de información estadística; el robo a camiones presenta estas tres características. Dada la escasez de datos estadísticos, se inició entrevistando a empresarios, sin embargo, considerando las observaciones de Puljić (2010), la evaluación subjetiva del riesgo realizada por éstos puede tener sesgos cognitivos que llevan a una evaluación

distorsionada. Para evitar estos sesgos en la identificación de factores de riesgo se complementó la información obtenida de empresas transportistas y usuarias, con análisis estadísticos de datos disponibles y entrevistas a expertos en seguridad de transporte.

La búsqueda de datos estadísticos fue difícil debido a la delicada naturaleza de la información de robos. Se consultaron diversas fuentes pero la mayoría sólo contabilizaba el número de robos agregados por estado; adicionalmente se encontró incongruencia entre los reportes de robos de las asociaciones de transportistas y los reportes del Gobierno Federal, donde resalta la omisión de datos en zonas de conocida alta incidencia de robos.

La información estadística recopilada se separó por el nivel de detalle. Se obtuvo información detallada sobre configuración vehicular, día de la semana y ubicación al momento del robo; para estos datos se hizo un análisis de componentes principales (ACP) para identificar si existía correlación o “preferencia” por alguna de las variables con respecto al número de robos, decidiendo así aceptar o descartar el factor como relevante para el riesgo. De este modo se puede identificar si alguna variable explica en mejor medida el fenómeno estudiado.

Se seleccionaron aquellos estados con información suficiente para el análisis, destacándose el Estado de México, Puebla, Distrito Federal, Hidalgo y Morelos. Se procesaron datos de la configuración vehicular, la zona y el día de la semana.

Como resultado del ACP, se encontró preferencia en algunas configuraciones vehiculares con respecto a otras; igualmente al analizar el número de robos por zonas, pero para los días de la semana no se encontró preferencia por ningún día.

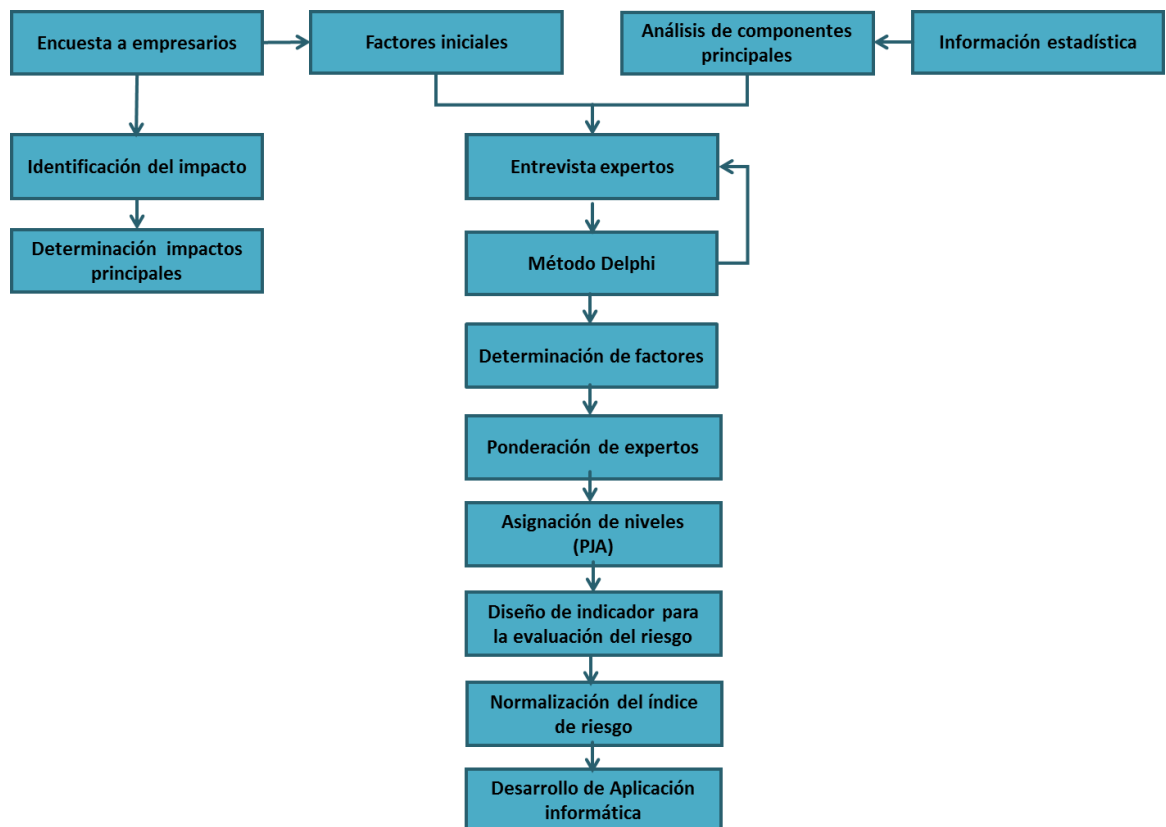
Los resultados obtenidos de los factores iniciales y los hallazgos del análisis estadístico, se discutieron con ocho expertos en seguridad en la cadena de suministro, con experiencia de entre los 10 y 20 años; seis de ellos ubicados en la Ciudad de México, uno en Chihuahua y uno más en Querétaro. Los resultados se analizaron con la técnica Delphi en dos fases; en la primera fase se obtuvo retroalimentación del por qué estas variables impactan en el riesgo de robo, agregándose otras variables más por recomendación de los expertos, lo cual dio como resultado doce variables de riesgo.

En la segunda encuesta, se mostraron los resultados obtenidos en la primer aplicación y los expertos seleccionaron las cinco principales variables, asignando nuevamente una ponderación con base 100 a este nuevo grupo de variables. A los factores identificados se les asignó una ponderación con base en el número de expertos que los eligió y el peso otorgado a dicha variable.

Ya identificados los principales factores de riesgo, se establecieron diferentes niveles para cada uno y se ponderaron con el Proceso de Jerarquización Analítica. Este proceso obtiene una jerarquía para las opciones por medio de un cuestionario que establece qué tan preferible es una opción con respecto a otra. El PJA valida el orden jerárquico calculando índices de congruencia dando una ponderación para cada una de las opciones consideradas.

Con la ponderación de los criterios y de sus respectivos niveles, se construyó el índice de riesgo, se normalizó una escala de 0 a 1 para estandarizar la comparación de diversas opciones de embarque. Finalmente se desarrolló una aplicación informática que calcula el índice de riesgo facilitando su uso para el tomador de decisiones.

Figura 1.1 Metodología para la evaluación del riesgo



CAPÍTULO 2. Marco teórico

2.1 Riesgo

El término “riesgo” deriva, de acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española, del italiano “risico o rischio”, y éste a su vez del árabe clásico “risq”, que se traduce como “lo que depara la providencia” y se define como la contingencia o proximidad de un daño, es decir, la vulnerabilidad de “bienes protegidos” ante un posible o potencial perjuicio.

En otras palabras se puede decir que el riesgo, es una medida del potencial de la pérdida económica o lesión en términos de la probabilidad de ocurrencia de un evento no deseado junto con la magnitud de las consecuencias. (COVENIN 2270:1995)

El riesgo es considerado como función de la probabilidad de que ocurra un suceso y de la magnitud del impacto que éste podría tener dentro de una organización; esto se representa por la ecuación (2.1):

$$\text{Probabilidad de ocurrencia} \times \text{impacto} = \text{riesgo} \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

$$P(o) \times i = r$$

Donde

$P(o)$ → es la probabilidad de ocurrencia

i → es el impacto

r → es el riesgo

Lo cual, dicho de otra manera evalúa la posible pérdida que se tendría ante la ocurrencia de un evento adverso, y se interpreta como una función con base en la probabilidad y la magnitud del impacto de dicho evento. El impacto se evalúa con base en escalas de acuerdo a la percepción del empresario donde identifican un grado a través de categorías como: alta, media y baja.

2.2 Modelo conceptual de riesgo

Se define como la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Los factores que lo componen son la amenaza y la vulnerabilidad.

Amenaza

Es un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales. La amenaza se determina en función de la intensidad y la frecuencia.

Vulnerabilidad¹

Son las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien, que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.

Los factores que componen la vulnerabilidad son la exposición, susceptibilidad y resiliencia, expresando su relación en la ecuación (2.2):

$$\text{Vulnerabilidad} = \frac{\text{Exposición} * \text{Susceptibilidad}}{\text{Resiliencia}} \quad \text{Ecuación (2.2)}$$

Exposición

Es la condición de desventaja debido a la ubicación, localización o tránsito de un sujeto, objeto o sistema expuesto al riesgo.

Susceptibilidad

Es el grado de fragilidad interna de un sujeto, objeto o sistema para enfrentar una amenaza y recibir un posible impacto debido a la ocurrencia de un evento adverso.

Resiliencia

¹ UNISDR, Terminología sobre Reducción de Riesgo de Desastres 2009 para los conceptos de Amenaza, vulnerabilidad y riesgo

Es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.

2.3 Administración de riesgos

La administración de riesgos se enfoca al manejo de la incertidumbre de las amenazas, el poder controlarlas modificando sus diferentes variables de tal modo que no afecten a la organización o su grado de afectación sea menor.

Para llevar a cabo una gestión de riesgos, se debe en primer lugar, evaluar el riesgo, para lo cual se precisa de conocer las variables que lo forman, es decir la probabilidad y el impacto. La conjugación de estas dos variables genera diferentes niveles de riesgos mostrados en la matriz de la Fig. 2.1 la determinación de estos niveles permiten clasificar los riesgos para priorizar su atención y definir los recursos que conviene destinar.

Figura 2.1 Matriz de riesgo

P R O B A B I L I D A D	1	2
	3	4
I M P A C T O		

El BASC (Business Alliance for Secure Commerce) clasifica los riesgos en especulativos y puros, los primeros son aquellos que permiten ganar o perder y están relacionados con la parte lucrativa u objeto del negocio. En cambio, en los riesgos puros únicamente implican pérdidas, en esta clase de riesgos, a los que

están más expuestos los participantes de la cadena de suministro del comercio exterior, se identifican:

- Robos: Pueden ser sistémicos, donde los robos son menores pero frecuentes, u organizados, los cuales generalmente son de gran magnitud.
- Tráfico ilícito: Se entiende como todo comercio al margen de la ley, de personas, mercaderías o sustancias.
- Terrorismo: Se refiere al sabotaje, atentados masivos o selectivos, secuestros y toma de instalaciones.
- Piratería: Se define como el término aplicado a los delitos cometidos en contra de los medios de transporte.

2.4 Principales riesgos en la cadena de suministro en México.

Cedillo (2011) identifica el tráfico de drogas y el robo a camiones como los principales riesgos de acuerdo con la percepción de empresarios entrevistados. Aunque empresarios y autoridades coinciden en la urgente necesidad de abatir la problemática del robo al autotransporte federal aún no se han homologado estadísticas sobre las dimensiones y el impacto del problema. Aunque es deseable contar con información estadística que concentre los numerosos casos de robo al autotransporte que ocurren en la República Mexicana, aún no se logra una base de datos que aporte información detallada de los robos que ocurren a nivel nacional.

Existen diversas fuentes que aportan datos sobre el robo al autotransporte, desafortunadamente estas estadísticas recolectan una cantidad muy limitada de variables sobre los robos registrados por lo que la aplicación de técnicas estadísticas no bastan para identificar los factores que impactan en la probabilidad de que un embarque sea robado.

Para resolver esta carencia de información, se buscó primeramente, el acercamiento con las empresas de seguros las cuales si bien concentran y analizan la información de los robos de los que han sido víctimas sus clientes, no

proporcionaron información detallada sobre este rubro, y la estadística proporcionada solo concentra robo de vehículos sin aportar el detalle de cuáles de estos vehículos eran de carga y cuáles de pasajeros, adicionalmente, la información registrada por las aseguradoras no puede captar la totalidad de los robos debido a que en su universo solo estarían incluidas las empresas que cuentan con seguro, condición que no aplica a todas las empresas y más aún después de los fuertes incrementos registrados en el costo de las primas de seguros registrados a mediados de 2007 ocasionados por el incremento de robos registrado en ese mismo año.

Además del incremento de las primas de seguros, a decir por los mismos empresarios, en algunos casos se obtuvo la negativa por parte de las compañías aseguradoras para asegurar cargas denominadas como “calientes” por ser productos muy codiciados por las bandas dedicadas al robo de mercancías. Ante esta nueva perspectiva, algunas empresas han optado por asumir el riesgo y otras por organizarse dentro de sus asociaciones, como es el caso de los empacadores de aguacate de la zona de Uruapan, quienes optaron por crear un fondo con cuotas de sus agremiados de acuerdo al número de embarques que cada uno de ellos envía y dicho fondo es empleado para cubrir las pérdidas que pudiera en dado caso sufrir uno de los empacadores en caso de robo.

2.4.1. Riesgo por delincuencia:

Este tipo de riesgo representa la pérdida de afectación parcial o total del embarque a consecuencia de la sustracción con violencia o asalto mediante el uso de la fuerza, la violencia física o moral sobre las personas encargadas del transporte o custodia de los bienes.

Dentro de los factores de riesgo en los que se ve comprometida la mercancía, por delincuencia cabe destacar:

- Riesgos procedentes de la configuración del camión.

- Riesgos propios del centro de trabajo de la empresa de reparto: Carga de mercancías.
- Zona de tránsito.
- Riesgos en la empresa cliente: descarga de mercancías.
- Tipos de cargas.

En el presente estudio se aborda y se evalúa el riesgo de robo, para el cual, como se mencionó anteriormente, aún no se cuenta con estadísticas homologadas y oficiales sobre la afectación de este riesgo, por lo que a diferencia de la accidentalidad que cuenta con estadísticas oficiales y puede calcularse su probabilidad de incidencia a partir de frecuencias, el cálculo del indicador de riesgo por robo se calculará a partir de la técnica estadística de componentes principales complementado con la opinión de expertos mediante la aplicación de técnicas cualitativas, Delphi y Proceso de Jerarquía Analítica, para la determinación y ponderación de variables críticas con el fin de diseñar un indicador de riesgo que pueda ser comparado entre embarques de la misma empresa o entre diferentes empresas considerando la influencia de factores como: factor humano, condiciones carreteras, tipo de vehículo y agentes naturales entre otros.

2.5 La seguridad en la cadena de suministro en México

La seguridad en la cadena de suministro es un campo muy vasto debido a los múltiples elementos y actores que la componen, y los riesgos inherentes a cada uno de estos. Al menos, en el transporte por carretera el riesgo nulo no existe, sin embargo, es posible estudiar, identificar y analizar los principales factores de riesgo; ya que su conocimiento ayuda a evitar o mitigar su impacto.

Es evidente que el tipo y el nivel de riesgo no es el mismo en las cadenas de suministro internacionales y las que se desarrollan en un entorno nacional. En México, los principales riesgos de acuerdo con la percepción de los empresarios

son, en primer lugar el tráfico de drogas y el robo a camiones, seguido por el tráfico de personas (Cedillo, 2011).

En México, el robo al autotransporte se incrementó a partir del año 2007 (Fig. 2.2) ocasionando grandes pérdidas al sector empresarial, La Asociación Mexicana de Empresas de Seguridad Privada e Industrial Satelital (AMESIS) cálculo que las pérdidas por robo a transportistas durante el año 2009 ascendió a 9 mil millones de dólares. Para el mismo año, la American Chamber of Commerce of México (AmCham) estimaba que el 8% de la mercancía que se comercia en el mercado informal proviene de los robos al autotransporte.

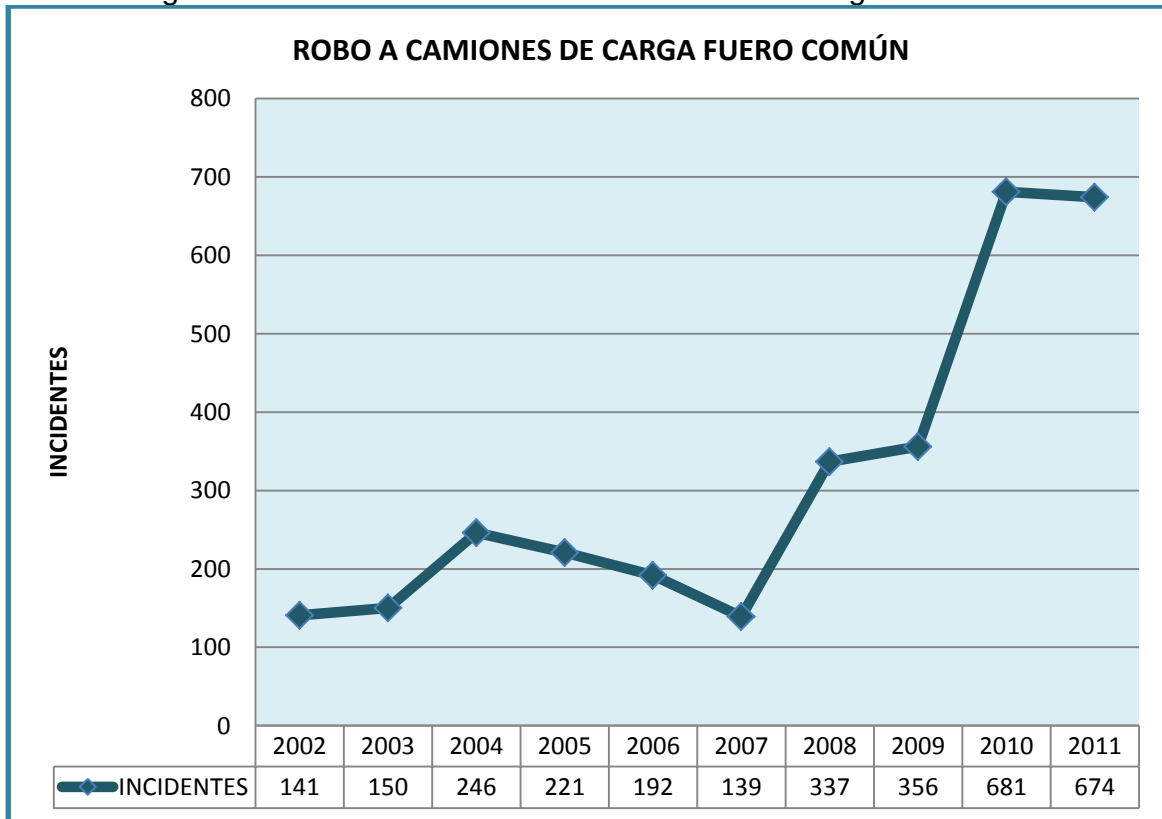
Debido al alto índice de unidades robadas, algunas empresas aseguradoras se negaban a asegurar carga considerada en su argot como “caliente” es decir carga muy fácil de comercializar en el mercado informal, desafortunadamente, el fenómeno continuó su evolución incrementando dramáticamente el porcentaje de robos con violencia y se extendió al robo de materias primas y productos de difícil manejo y distribución. Estos factores son los primeros indicios que hacen suponer el surgimiento del robo al autotransporte como una nueva rama del crimen organizado.

Anteriormente el robo al autotransporte se destacaba por ser mas de ocasión y de carga no perecedera que pudiera fácilmente venderse al menudeo en el comercio informal, actualmente, casos como el robo a gran escala de acero para la construcción requieren de negociaciones previas y de una mayor organización, además de una mayor inversión de tiempo, personal y recursos. Un factor indispensable para estos robos seria contar con información sobre los embarques, sus itinerarios y contenido.

Un tema ampliamente discutido en el robo al autotransporte es la posible complicidad por parte del operador ocasionando que este sea señalado como primer sospechoso en caso de robo, sin embargo no existen datos estadísticos de

que porcentaje de los robos al autotransporte son en realidad “autorobos” y aunque algunos profesionales en la materia estiman sin bases estadísticas que en el 80% de los robos existe personal de la empresa involucrado es justo señalar que el operador, aunque tiene un puesto clave en el resguardo de la mercancía, no es el único que pudiera en determinado momento ser cómplice de robo de la mercancía.

Figura 2.2 Estadísticas de robo a camiones de carga 2002-2011



Fuente: Elaboración propia con datos del secretariado ejecutivo del sistema nacional de seguridad pública.

Este proyecto propone una primera aproximación en el análisis del robo al autotransporte de carga, por ser una problemática con muy poca información, pero con la posibilidad de consultar a expertos y empresarios (transportistas y usuarios) en el tema para avanzar en el estudio de los factores de riesgo de robo de carga en el transporte por carretera.

2.6 Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica de estadística multivariada que permite reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos creada por Hotelling (1933), aunque sus orígenes se encuentran en los ajustes ortogonales por mínimos cuadrados introducidos por K. Pearson (1901).

Esta técnica se emplea para hallar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlas por importancia ya que permite explicar la estructura de la varianza y covarianza de un conjunto de variables a través de combinaciones lineales de esas variables. Aunque los “p” componentes se requieren para reproducir la variabilidad total del sistema, a menudo gran parte de esta variabilidad se explica con un número menor “k” de componentes principales.

Un análisis de componentes principales suele revelar relaciones no sospechadas previamente y permite interpretaciones que no resultarían normalmente. Con frecuencia sirve como paso intermedios en las investigaciones de mayor alcance. Técnicamente, el ACP busca la proyección según la cual los datos queden mejor representados en términos de mínimos cuadrados. El ACP se emplea sobre todo en análisis exploratorio de datos y para construir modelos predictivos. El ACP comporta el cálculo de la descomposición en autovalores de la matriz de covarianza, normalmente tras centrar los datos en la media de cada atributo.

El ACP construye una transformación lineal que escoge un nuevo sistema de coordenadas para el conjunto original de datos en el cual la varianza de mayor tamaño es capturada en el primer eje, el cual se denomina Primer Componente Principal, la segunda varianza más grande es el segundo eje, y así sucesivamente. Se construye una matriz de covarianza o matriz de coeficientes de correlación para construir esta transformación lineal. Debido a que la matriz es simétrica, existe una base completa de vectores propios de la misma. La transformación que lleva de las antiguas coordenadas a las coordenadas de la nueva base es precisamente la transformación lineal necesaria para reducir la

dimensionalidad de datos. Las coordenadas en la nueva base dan la composición en factores subyacentes de los datos iniciales.

Una de las ventajas del ACP para reducir la dimensionalidad de un grupo de datos, es que retiene aquellas características del conjunto de datos que contribuyen más a su varianza, manteniendo un orden de bajo nivel de los componentes principales e ignorando los de alto nivel. El objetivo es que esos componentes de bajo orden a veces contienen el aspecto "más importante" de esa información.

2.6.1 Cálculo del primer componente

El primer componente principal se define como la combinación lineal de las variables originales que tiene varianza máxima. Los valores en este primer componente de los n individuos se representarán por un vector Z_1 , como en la ecuación (2.3)

$$Z_1 = Xa_1 \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.3)}$$

Como las variables originales tienen media cero también Z_1 tendrá media nula. Su varianza será (ecuación 2.4):

$$\frac{1}{n} Z_1' Z_1 = \frac{1}{n} a_1' X' X a_1 = a_1' S a_1 \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.4)}$$

Donde S es la matriz de varianzas y covarianzas de las observaciones. Debido a que se puede maximizar la varianza sin límite aumentando el módulo del vector a_1 , para que la maximización de la ecuación tenga solución se debe imponer una restricción módulo del vector a_1 y, sin pérdida de generalidad, se impone que $a_1' a_1 = 1$. Esta restricción se introduce en la ecuación (2.5) mediante el multiplicador de Lagrange:

$$M = a_1' S a_1 - \lambda(a_1' a_1 - 1) \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.5)}$$

Y en la ecuación 2.6 se maximiza esta expresión de la forma habitual derivando respecto a los componentes de a_1 e igualando a cero. Entonces

$$\frac{\partial M}{\partial a_1} = 2S a_1 - 2\lambda a_1 = 0 \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.6)}$$

Cuya solución se muestra en la ecuación 7:

$$S a_1 = \lambda a_1 \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.7)}$$

Que implica que a_1 es un vector propio de la matriz S y λ su correspondiente valor propio. Para determinar qué valor propio de S es la solución de la ecuación anterior, multiplicando por la izquierda por a_1' esta ecuación (ecuación 2.8):

$$a_1' S a_1 = \lambda a_1' a_1 = \lambda \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.8)}$$

Esta ecuación concluye que λ es la varianza de Z_1 . Como ésta es la cantidad que se quiere maximizar, λ será el mayor valor propio de la matriz S . Su vector asociado a_1 define los coeficientes de cada variable en el primer componente principal.

2.6.2 Cálculo del segundo componente

Para obtener el mejor plano de proyección de las variables X se calcula estableciendo como función objetivo que la suma de las varianzas de $Z_1 = X a_1$ y $Z_2 = X a_2$ sea máxima, donde a_1 y a_2 son los vectores que definen el plano. La función objetivo será como se muestra en la ecuación 2.9.

$$\emptyset = a_1' S a_1 + a_2' S a_2 - \lambda_1(a_1' a_1 - 1) - \lambda_2(a_2' a_2 - 1) \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.9)}$$

Que incorpora las restricciones de que las direcciones deben de tener módulo unitario

$(a_i' a_i) = 1, i = 1, 2$. Derivando e igualando a cero como lo muestran la ecuación 2.10 y 2.11 respectivamente:

$$\frac{\partial \phi}{\partial a_1} = 2Sa_1 - 2\lambda_1 a_1 = 0 \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.10)}$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial a_2} = 2Sa_2 - 2\lambda_2 a_2 = 0 \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.11)}$$

La solución de este sistema se muestra en la ecuación 2.12 y 2.13:

$$Sa_1 = \lambda_1 a_1, \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.12)}$$

$$Sa_2 = \lambda_2 a_2, \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.13)}$$

Que indica que a_1 y a_2 deben ser vectores propios de S . Tomando los vectores propios de norma uno y sustituyendo se obtiene que, en el máximo, la función objetivo es ecuación 2.14:

$$\phi = \lambda_1 + \lambda_2 \dots \dots \dots \text{Ecuación (2.14)}$$

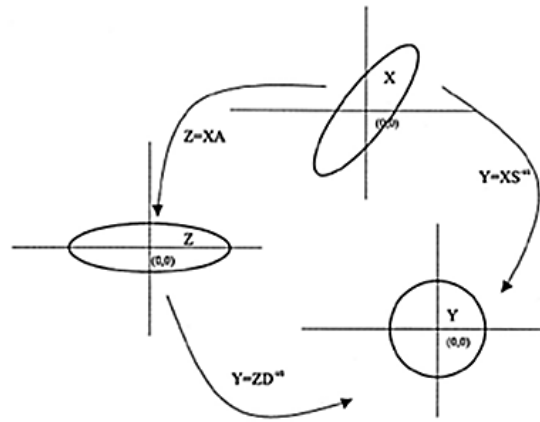
λ_1 y λ_2 deben ser los dos autovalores mayores de la matriz S y a_1, a_2 sus correspondientes autovectores. La covarianza entre Z_1 y Z_2 , dada por $a_1' Sa_2$ es cero ya que $a_1' a_2 = 0$, y las variables z_1 y z_2 no estarán correlacionadas.

2.6.3 Obtener los componentes principales.

Esta relación se presenta gráficamente en la figura. 2.3 La transformación mediante componentes principales conduce a variables no correlacionadas pero con distinta varianza. Puede interpretarse como rotar los ejes de la elipse que definen los puntos para que coincidan con sus ejes naturales. La estandarización

multivariada produce variables no correlacionadas con varianza unitaria, lo que supone buscar los ejes naturales y luego estandarizarlos. En consecuencia, si se estandarizan los componentes se obtiene las variables estandarizadas de forma multivariada.

Figura 2.3 Representación gráfica de la relación entre componentes principales y estandarización multivariada



Fuente: Análisis multivariado para las ciencias sociales 1998

2.6.4 Representación gráfica de los componentes

La interpretación de los componentes principales se favorece representando las proyecciones de las observaciones sobre un espacio de dimensión dos, definido por parejas de los componentes principales más importantes. La representación habitual es tomar dos ejes ortogonales que representen los dos componentes considerados, y situar cada punto sobre ese plano por sus coordenadas con relación a estos ejes, que son los valores de los dos componentes para esa observación. Por ejemplo, en el plano de los dos primeros componentes, las coordenadas del punto x_i son $z_{1i} = a'_1 x_i$ y $z_{2i} = a'_2 x_i$.

La interpretación se favorece representando en el mismo plano, además de las observaciones, las variables originales. Esto puede hacerse utilizando como coordenadas su coeficiente de correlación con cada uno de los ejes. El vector de

correlaciones entre el primer componente y las variables originales viene dado por $\lambda_1^{1/2} a_1' D$, donde D es una matriz diagonal cuyos términos son las inversas de las desviaciones típicas de cada variable. La matriz de correlaciones R_{cv} entre los p componentes y las p variables tendrá como filas los términos $\lambda_j^{1/2} a_j' D$ y puede escribirse como en la Ec.2.15.

$$R_{cv} = \Lambda^{1/2} A D \dots \dots \dots \text{Ec.2.15}$$

Donde A es la matriz de vectores propios, $\Lambda^{1/2}$ es la matriz diagonal con términos $\sqrt{\lambda_i}$ y en el análisis normado como las variables se estandarizan a varianza unidad las correlaciones será simplemente $\Lambda^{1/2} A$.

Es importante recordar que las covarianzas (o correlaciones) miden únicamente las relaciones lineales entre las variables. Cuando entre ellas existan relaciones fuertes no lineales el análisis de componentes principales puede dar una información muy parcial de las variables. La idea de componentes principales puede extenderse para buscar representaciones no lineales de los datos que expliquen su estructura. Este enfoque es especialmente interesante si se sospecha que los datos pueden disponerse siguiendo una determinada superficie en el espacio.

Los vectores propios ligados a valores propios próximos a cero son muy importantes, porque revelan relaciones de poca variabilidad de los datos. Por ejemplo, para simplificar una variable bidimensional donde, aproximadamente, $f(x_1) + f(x_2) = c$. Entonces, si se hacen componentes principales de las cuatro variables $(x_1, x_2, f(x_1), f(x_2))$, se hallará un valor propio muy próximo a cero con un vector propio de la forma $(0, 0, 1, 1)$.

Generalizando esta idea, si existe una relación cualquiera no lineal entre las variables, como esta relación se puede aproximar por una relación polinómica como lo muestra la Ec.2.16:

$$f(x_1, \dots, x_p) = \sum a_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum c_{ijk} x_i x_j x_k + \dots \dots \dots \text{Ec.2.16.}$$

Si se incluyen nuevas variables adicionales como $x_1^2, \dots, x_p^2$ o productos de variables $x_1 x_2$, etc., y se extraen los componentes principales de la matriz de correlaciones entre todas estas variables, si los puntos tienen una relación no lineal ésta se detectará ligada a un valor propio próximo a cero. Este enfoque se conoce a veces como componentes principales generalizados.

2.7 Técnica Delphi

De acuerdo a la Secretaría de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) el método Delphi es la técnica pionera en el desarrollo del pronóstico basado en técnicas cualitativas. Esta técnica tiene por objeto la construcción de escenarios con relación al comportamiento de una o varias variables tomadas en consideración. Cuando la o las variables en consideración no pueden ser medidas directamente sino a través de una gama de indicadores asociados, entonces la técnica deberá centrarse en el comportamiento de tales indicadores para de allí concluir acerca del comportamiento de sus variables respectivas.

La técnica requiere del uso de un grupo de expertos (o especialistas) en el tema o materia que trata de indagarse, con relación al comportamiento futuro de un conjunto de variables que definen una situación o sistema de interés. Este grupo de expertos deberá tener un nivel lo más homogéneo posible, y deberán trabajar en forma individual, pero además con el anonimato entre unos y otros.

En esencia la realización de un ejercicio de pronóstico y/o prospectiva basado en la técnica Delphi, consiste en preguntarle al grupo de expertos sus opiniones (juicios de valor basados en conocimiento, experiencia, imaginación, sentido común e intuición), acerca del comportamiento a futuro de un grupo dado de variables a indicadores; con la finalidad de tener una idea lo más clara posible de la situación futura descrita a través de los mismos.

Los resultados obtenidos serán procesados adecuadamente para poder tener una síntesis de los resultados, para cada una de las variables ó indicadores en cuestión. Tales resultados serán presentados a cada uno de los participantes en el ejercicio, con la finalidad de que los expertos tengan la oportunidad de revisar éstos resultados y poder comparar su opinión con las opiniones del grupo. En ese momento el experto tendrá la posibilidad de modificar su opinión si así lo considera conveniente o por supuesto, mantener la misma.

Este proceso de retroalimentación (feedback) de los resultados obtenidos se repetirá hasta que se cumpla alguna de las dos condiciones siguientes:

Se llega a un número de iteraciones pre-establecidas como el número máximo de iteraciones a realizar.

Se produce antes del número de iteraciones, la estabilización de las opiniones de los expertos; esto es, cada quien se mantiene firme en la opinión que ha emitido respecto a cada una de las variables o indicadores considerados.

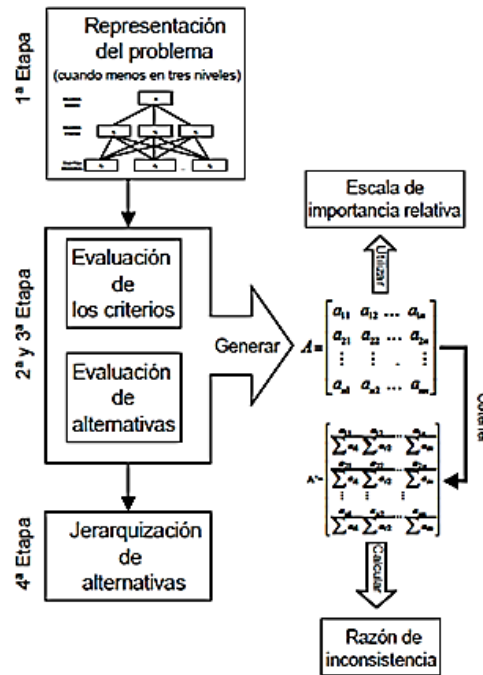
El uso del criterio de terminación de un ejercicio Delphi, dice claramente que la razón del proceso de retroalimentación, es decir, de iterar la recolección de las opiniones de los expertos, no es otra cosa que obtener la estabilización de tales opiniones.

2.8 Proceso de jerarquía analítica

El método de Jerarquía Analítica fue desarrollado durante los años setentas en la Universidad de Pennsylvania por el Dr. Thomas L. Saaty, al buscar elaborar un instrumento formal para la evaluación y selección de alternativas, que tuviera las características de ser sólido en sus fundamentos matemáticos, útil en la toma de decisiones y sencillo en su aplicación. Saaty considera que para la solución de un problema el decisor transita por tres etapas: inicia con la formulación del problema, luego realiza una evaluación y finalmente selecciona el mejor curso de acción que más contribuya al logro del objetivo.

El método se integra de cuatro etapas como se muestra en la figura 2.4.

Figura 2.4 Etapas del proceso de jerarquía analítica



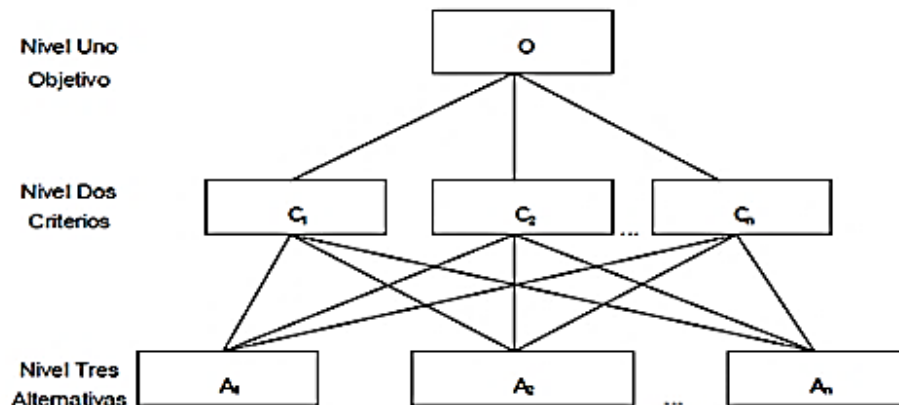
Fuente: Técnicas participativas para la planeación. Gabriel Sánchez.

2.8.1 Etapas del proceso de jerarquía analítica

Etapa 1: Representación del problema

En esta etapa es necesario representar el problema mediante la construcción de un arreglo jerárquico de al menos tres niveles, llamado diagrama de árbol, como el que se muestra en la figura 2.5

Figura 2.5 Representación jerárquica del problema



Fuente: Técnicas participativas para la planeación. Gabriel Sánchez.

Este arreglo arbóreo se forma con los tres factores básicos para la toma de decisiones: las alternativas que serán sujetas de valoración, el objetivo que se pretende alcanzar y los criterios de valoración con los que se habrá de valorar las alternativas.

Etapas 2: Evaluación de los criterios de valoración

En esta etapa se construye una matriz A. a partir de la comparación de los diferentes criterios con el propósito de estimar la importancia relativa entre cada uno de ellos. A cada comparación se le asignará una calificación. Saaty propone la escala de importancia que se muestra en la tabla 2.1, relativa de la cual se obtienen las calificaciones para las diferentes comparaciones.

Tabla 2.1 Escala de importancia relativa

Intensidad de la importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio están moderadamente a favor de una actividad sobre la otra.
5	Importancia fuerte	La experiencia y el juicio están fuertemente a favor de una actividad sobre la otra.
7	Importancia muy Fuerte	Una actividad está muy fuertemente favorecida y su dominio ha sido demostrado en la práctica.
9	Importancia extrema	Es máxima la importancia de una actividad sobre la otra.
2,4,6,8	Valores intermedios entre los dos juicios continuos	Cuando un término medio es necesario.
Recíproco de los números de arriba	Si al elemento i le fue asignado algunos de los números de arriba al compararse con el elemento j, entonces j tiene el valor recíproco cuando se compara con el elemento i	

Fuente: Técnicas participativas para la planeación. Gabriel Sánchez.

Las calificaciones entre pares forman la matriz A tomando en cuenta que las calificaciones en la diagonal principal de la matriz siempre tendrán valor de 1, esto es, al compararse un elemento por si mismo mantiene igual importancia. Una

vez llena la matriz A con las respectivas calificaciones, se procede a estimar los correspondientes pesos relativos de los criterios W. Los pesos relativos es el vector característico o eigenvector de la matriz. Una estimación para su cálculo se presenta en la figura 2.6 en donde se obtiene la matriz A' a partir de la normalización de la matriz A.

Figura 2.1 Normalización de la matriz A

$$A' = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{22}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{2n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix}$$

Fuente: Técnicas participativas para la planeación. Gabriel Sánchez.

A continuación se calcula el promedio de la cada renglón de la matriz A', del renglón 1 hasta el renglón n, y se obtiene la matriz W de los pesos relativos o eigenvector, que con frecuencia se coloca al lado derecho de la matriz A.

Figura 2.2 Matriz W de eigenvector

$$W = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{21}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{22}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{2n}}{\sum a_{in}} \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} + \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} + \dots + \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_n \end{bmatrix}$$

Fuente: Técnicas participativas para la planeación. Gabriel Sánchez.

Etapas 3: Evaluación de las alternativas

En esta etapa se construye una matriz para cada criterio. En cada matriz se comparan entre si las alternativas de acuerdo al correspondiente criterio. El llenado de las matrices es similar a la etapa anterior.

Etapas 4: Jerarquización de las alternativas

Finalmente, para conocer la alternativa más importante de acuerdo a los criterios establecidos se realizan algunos cálculos sencillos. Se multiplica cada una de las componentes de la matriz de pesos de los criterios por la correspondiente matriz de pesos de cada una de las matrices de las alternativas.

CAPÍTULO 3. Revisión bibliográfica.

El capítulo tres presenta la clasificación de las contribuciones y discute su aportación al estudio de la seguridad en la cadena de suministro, en la primer clasificación se presentan y discuten los estudios conceptuales donde se compara la gestión de la seguridad con otros enfoques de gestión como en el caso de la calidad, se discuten y establecen conceptos y se identifican posibles herramientas que han sido aplicadas exitosamente en otras áreas, este grupo de estudios no establecen ni proponen modelos para la solución de problemas pero aportan una base conceptual sobre la cual es posible apoyar el desarrollo y la aplicación de modelos a futuro.

Los documentos clasificados como descriptivos, identifican áreas de oportunidad, describen problemáticas relativas a la gestión de la seguridad, exploran la variedad e interconexión de riesgos, identifican la necesidad de avanzar en el conocimiento del riesgo y las condiciones que lo propician, la metodología empleada por los autores de este subgrupo consiste en la aplicación de entrevistas y revisiones documentales.

El tercer grupo concentra modelos y la aplicación de herramientas encaminados a la solución de problemas de la seguridad en la cadena de suministro. La mayoría de estas aportaciones utilizan modelos determinísticos para resolver casos de aprovisionamiento de insumos, selección de proveedores, con base en la reducción del riesgo o mitigación del impacto en caso de interrupciones, estos modelos en su mayoría hacen uso de estadísticas generadas por la misma empresa, su enfoque es principalmente operativo dado que estos modelos requieren una vasta cantidad de datos estadísticos por lo que difícilmente puede ser aplicado a fenómenos de alto impacto y baja ocurrencia como pueden ser aquellas amenazas discutidas en capítulos anteriores.

3.1 Estudios conceptuales sobre la gestión del riesgo en la cadena de suministro (SCRM)

3.1.1. Lee & Whang, (2003) Higher supply chain security with lower cost: Lessons from total quality management

En esta investigación se hace una analogía entre la gestión de la calidad en las empresas y la gestión de la seguridad en las cadenas de suministro dado que ambas buscan maximizar la calidad o en este último caso la seguridad a partir de la aplicación de herramientas y utilizando el enfoque de gestión de derechos, las nuevas tecnologías y la reingeniería de procesos operativos teniendo como variables las metodologías y los costos, en la investigación se hace referencia a como se puede implementar de igual manera las herramientas empleadas para el control de calidad total al tema de seguridad en la cadena de suministros sin necesariamente incurrir en mayores costos, empleando la metodología six sigma, propone el uso de un enfoque preventivo que permita eliminar las inspecciones a partir de un correcto diseño de la cadena de suministro a través de:

- Prevención.
- Administración total de la calidad.
- Inspección de las fuentes que generen desviaciones.
- Control de procesos.

Sin embargo cabe destacar que esta es una investigación de carácter documental, que no aborda el tema de manera cuantitativa ya que solo hace referencia a cómo es que se podrías aplicar las analogía y las técnicas para lograr una mejora en la seguridad de la cadena de suministros pero no se explica el cómo hacerlo.

3.1.2. Donner y Kruk, (2009). Supply Chain Security Guide

Esta investigación realizada por el Banco Mundial es un compilado de las medidas que hay con respecto a la seguridad en la cadena de suministros, en esta investigación se incluyen normas gubernamentales, certificaciones, e iniciativas

que se han realizado para aumentar la seguridad en el transporte analizando las diferentes características de cada una de las certificaciones tales como sus componentes esenciales de regulación, conceptuales, tecnológicos, programáticos y de procedimiento, así como el tipo de amenaza principal para la cual fueron creados y la motivación principal de su origen como: administración de aduanas, identificación de actividades ilegales y establecimiento de estándares.

En este documento se observa que los diferentes enfoques de seguridad de la cadena de suministro y los objetivos que busca cada una de las medidas propuestas responden a las características socioeconómicas y de política internacional de los países que generan estas certificaciones, por lo cual la certificación emitida por un país si bien puede facilitar a sus socios comerciales la exportación de mercancías a su territorio, no necesariamente reducirá el riesgo para todos los integrantes de la cadena de suministro, ya que la percepción del tipo y nivel de riesgo varía entre los diferentes actores que participan en la cadena de suministro y el impacto en el costo de las medidas de mitigación tampoco es el mismo a lo largo de la cadena.

La conclusión importante es que hay muchas herramientas disponibles para ayudar a los gobiernos y al sector privado para implementar las certificaciones y programas, que además de agilizar sus operaciones, supondrán una ventaja competitiva.

3.1.3. Ahokas & Hintsa, (2011) Assuring Supply Chain Continuity in Industrial Supply Chains and Complying with Authorized Economical Operator AEO Europe.

Los autores señalan que aún no se tiene un panorama claro entre la medición del nivel de seguridad y los beneficios que se pueden obtener con la implementación de los programas de seguridad, lo cual no permite conocer claramente cómo deben ser manejados estos programas a fin de maximizar los beneficios, para resolver este problema propone una guía que aplica prácticas y procedimientos que consideran el costo-beneficio con un enfoque de prevención

de situaciones de riesgo y administración total de la calidad combinados en un nuevo modelo conceptual de prevención del crimen en la cadena de suministro.

Este trabajo presenta una amplia recopilación sobre el tema de la seguridad en la cadena de suministro, basada en una exhaustiva revisión bibliográfica en la cual presenta como componentes del costo de la seguridad en la cadena de suministro a la inversión en tecnologías de seguridad, infraestructura y procedimientos en protección de instalaciones, carga y transporte, así como el pago de honorarios por concepto de auditorías, consultorías, certificaciones y capacitación de personal.

Hace además una revisión y análisis de las herramientas y procesos que pueden ser utilizados de manera efectiva para la reducción del riesgo enfatizando la aplicación de medidas tanto preventivas como correctivas empleando un enfoque similar al de la gestión de la calidad en la detección de desviaciones y el análisis de cada uno de los costos y la obtención de beneficios que el autor clasifica en tres diferentes grupos. Este documento crea un marco de referencia para entender los riesgos que existen dentro de una cadena de suministros considerando: robo, tráfico de personas e inmigración ilegal, falsificaciones, contrabando de mercancías, fraudes fiscales, delitos ambientales, terrorismo y la manera de llevar a cabo la gestión de la seguridad en la cadena de suministro.

3.1.4. Young y Esqueda, (2005). Vulnerabilidades en la cadena de suministros: Consideraciones para el caso de América Latina.

Análisis completo sobre los riesgos que enfrentan las cadenas de suministros de América Latina las cuales merman su competitividad en el comercio internacional debido a la falta de infraestructura y la problemática de robo al autotransporte, tráfico de drogas, personas o armas que comúnmente azotan a los países latinoamericanos.

Su aportación es de carácter conceptual a través de una taxonomía propuesta para el estudio de estos problemas, plantea la necesidad de generar

factores de medida para convertir esta taxonomía en índices operacionales, sin embargo, destaca la falta de información estadística sobre esta temática en los países Latinoamericanos lo cual imposibilita la aplicación de modelos que permitan analizar y reducir dichas vulnerabilidades, por lo cual destacan la necesidad de aplicar encuestas a las empresas latinoamericanas a fin de obtener información que permita la aplicación de modelos encaminados a resolver esta problemática.

3.1.5. Rodrigues, et al, (2007). Establishing a Transport Operation focused Uncertainty Model for the Supply Chain

Este estudio tiene por objetivo establecer un modelo de incertidumbre para la cadena de suministro que incorpore explícitamente las operaciones de transporte, basado principalmente en la revisión de literatura y los modelos existentes, identificando las diferentes variables que impactan en las cinco fuentes principales de incertidumbre: proveedor, cliente, transportista, controles y factores externos. Propone un modelo que tiene como objetivo brindar un marco de referencia para el desarrollo de estrategias de la cadena de suministro donde se puedan identificar las principales fuentes de riesgo y mitigar los efectos de la incertidumbre. No obstante esta investigación es de carácter conceptual y empírico más que exploratorio, por lo cual sus conclusiones deberán ser validadas y no presenta una aplicación práctica sino más bien un marco de referencia donde se recopilan los modelos existentes de incertidumbre en la cadena de suministro.

3.1.6. Lee y Whang, (2005). Higher supply chain security with lower cost: Lessons from total quality management

Lee y Whang exploran diversas herramientas empleadas en la gestión total de la calidad, con el objetivo de implementarlas para la resolución de problemas de la gestión de la cadena de suministro mediante el enfoque de Deming, Juran, Taguchi e Ishikawa y explica cómo estos pueden aplicarse a la gestión de la seguridad en la cadena de suministro para elevar el nivel de seguridad con un bajo

costo. Haciendo énfasis en la prevención, en lugar de la inspección “al final del tubo”, con la hipótesis de implementar la seguridad desde el diseño mismo de la cadena de suministro y el control de procesos. Propone herramientas cuantitativas y el uso de tecnologías de información para reducir la incertidumbre, lograr la reducción del stock de seguridad, mejorar el nivel de servicio al cliente y lograr ahorros substanciales.

Concluyen que para mitigar los riesgos de seguridad en la cadena de suministros debe existir una inspección de la fuente, control del proceso y una continua mejora del ciclo que se traduce en inspeccionar los productos y contenedores en el punto de origen y el uso de tecnología en la custodia para monitorear el proceso en lugar de los controles de salida.

3.1.7. Kunio Mikuriya, (2008). Suministro de seguridad de la cadena: La Respuesta De La Comunidad De Aduanas.

En este artículo analiza la evolución de las normas de la Organización Mundial de Aduanas (OMA) sobre seguridad de la cadena y de sus esfuerzos para promover su aplicación eficaz, analiza el papel de las aduanas en la seguridad de la cadena de suministro y como su rol en el comercio internacional ha evolucionado a través del tiempo, ya que a un principio la función principal de las aduanas era la recaudación de impuestos, sin embargo dada la dinámica internacional y el empuje del comercio Internacional de los últimos años, las aduanas ahora juegan además, un papel primordial en la protección de la sociedad evitando la entrada de mercancías prohibidas, que pudieran representar una amenaza para el país sin obstaculizar el comercio internacional legítimo a fin de promover la prosperidad económica.

La OMA ha elaborado un paquete de medidas, incluyendo legal, procedimental e instrumentos de evaluación de riesgos para proteger la cadena de suministro en la etapa temprana. Estas medidas son esencialmente directrices de carácter no vinculante y voluntario. En este artículo se hace un recuento de la respuesta de las aduanas y se comentan las directrices establecidas por la OMA y

otros organismos con la finalidad de establecer y homologar medidas de seguridad de la cadena de suministro que garanticen mantener el flujo del comercio internacional.

Para lograr esto se creó un grupo de trabajo con tres metas a ser completadas en 2003.

- Examinar el modelo de datos aduaneros de la OMA a fin de identificar embarques de alto riesgo.
- Elaboración de directrices para ayudar a miembros de la OMA en el desarrollo de una base legal y otras medidas necesarias para permitir la transmisión electrónica anticipada de datos aduaneros.
- Elaborar directrices para los acuerdos de cooperación entre los Miembros de la OMA y el sector privado, para aumentar la seguridad de la CS y facilitar el comercio internacional.

Este grupo de trabajo definió 27 datos esenciales a ser registrados para la identificación de riesgos, de esta manera se conforma una base de datos comunes y uniformes que permite el intercambio de información Aduanas-Aduanas y Aduanas-Empresas, lo cual permite contar con información anticipada de la carga.

Entre las medidas propuestas se incluyen: La implementación de ventanilla única, el manejo de directrices integrales yendo al inicio mismo de la cadena de suministro para obtener información anticipada al envío de la mercancía, incluyendo a los productores, proveedores y fuentes no tradicionales, estas implementaciones dieron como resultado la prestación de asistencia a más de 100 miembros en la producción de países en informes de diagnóstico para mejorar sus conocimientos sobre la cadena de suministro, desde el punto de origen hasta la llegada de carga para el despacho de aduanas.

La OMA ha elaborado un paquete de medidas que van desde el marco legal, procedimientos e instrumentos de evaluación de riesgos para proteger la cadena de suministro en la etapa temprana. Basada en dos pilares: Aduanas-

Aduanas donde se establecer 11 normas orientadas a la presentación de datos, autoridades aduaneras, identificación de cargas riesgosas y uso de tecnologías, entre otros y Aduanas-Empresas en la cual se establecen 6 niveles, orientadas a autoevaluaciones, incorporación de mejores prácticas y acreditaciones cada una acompañado de normas técnicas.

(Mikuriya, 2008) resalta la cooperación que la OMA ha establecido con otras organizaciones internacionales como son: las Naciones Unidas, la OMI, la OACI y la ISO. Por ultimo hace énfasis en la importancia que tiene el marco estructurado de normas para la aduana ya que este actuara como elemento previsor ante la posibilidad de ataques terroristas, delincuencia y contrabando.

3.2 Estudios descriptivos de la gestión del riesgo en la cadena de suministro (SCRM)

3.2.1 White, Erera y Savelsbergh, (2004). A research agenda for supply chain security and Productivity.

Este trabajo de investigación tiene el objetivo de mostrar los huecos o áreas de oportunidad que existen en el campo de la ingeniería industrial y la investigación de operaciones con respecto a la seguridad en la cadena de suministros y la productividad.

Entre las principales áreas de oportunidad; se plantea el área de puertos para el diseño de sistemas de carga y descarga a fin de que sean más rápidos en las operaciones que sean más productivos pero que a la vez cuenten con sistemas óptimos de seguridad. También se hace énfasis en la necesidad de investigación para la creación de cadenas de suministros resilientes y en la relación aplicación de las tecnologías de información en beneficio de la seguridad en la cadena de suministro.

En general se plantea la necesidad de crear personas preparadas con la formación necesaria para cubrir estas áreas de oportunidad que son de vital importancia, aunque en esta investigación está enfocada a las necesidades de

Estados Unidos ya que es obvio que cada país tiene problemas diferentes que deben ser tratados de manera diferente, la necesidad de aplicar herramientas de investigación de operaciones para diseñar cadenas de suministro eficientes y seguras en un tema de interés para cualquier país.

3.2.2. Krishnan, Parente, y Shulman, (2007).). Understanding Latin America's supply chain risks.

Aplican en el año 2006 encuestas a 200 ejecutivos en América Latina con el objetivo de evaluar los riesgos que enfrentan las empresas e identificar la manera en la que los afrontan, Sorprendentemente en el 2006 las principales variables de riesgo identificadas por las empresas son de índole financiera y operativa, no se plantea entre sus principales preocupaciones el cierre de fronteras para la exportación de sus productos ni su posible merma en la competitividad por no contar con medidas que garanticen la seguridad de su cadena de suministro, una pequeña minoría expreso su preocupación por factores como terrorismo, guerras y otros factores Geopolíticos. La gran mayoría expreso que sus empresas realizan trabajos “bastante escasos” para mitigar los riesgos en su cadena de suministros y solamente el 15% utilizan modelos para la evaluación de riesgos.

Entre las principales variables de riesgos identificadas por las empresas entrevistadas se detallan los siguientes:

- Preocupaciones regulatorias.
- Fluctuaciones de precios.
- Infraestructura en cadena de suministro.
- Costo y calidad de mano de obra.

Los hallazgos con los que concluyen Krishnan y Parente, nos muestran la urgente necesidad de proveer métodos y modelos para la evaluación del riesgo fáciles de aplicar para que las empresas estén en la posibilidad de llevar a cabo una gestión del riesgo en su cadena de suministro para mitigar los impactos de dichos riesgos.

3.2.3.Chopra y Sodhi (2004). “Managing risk to avoid supply chain breakdown”.

El objetivo de esta investigación es orientar a los gerentes en la comprensión de la variedad y la interconexión de riesgos de la cadena de suministro, para adaptar equilibradas y eficaces estrategias de reducción de riesgos para sus empresas, identifica nueve riesgos que enfrentan las empresas: interrupciones, retrasos, sistemas, pronósticos, Propiedad intelectual, obtención, cuentas por cobrar, Inventario y Capacidad.

Los hallazgos dentro del apartado de interrupciones identifica como conductor o factores que pueden ocasionar interrupciones: desastres naturales, disputas laborales, quiebra del proveedor, guerra y terrorismo así como dependencia de un solo proveedor y capacidad de respuesta de los proveedores alternativos.

Propone ocho diferentes estrategias de mitigación de riesgos pero a la vez pone de manifiesto que un factor que eleva la complejidad en la gestión del riesgo es la interconexión de los riesgos en la cual al mitigar un riesgo es posible agravar o avivar otro riesgo como lo presenta en la tabla 3.1.

Propone la construcción de escenarios “que tal si” para identificar riesgos potenciales, entenderlos y priorizarlos, y propone balancear la relación costo beneficio, dependiendo del nivel de riesgo será la inversión en la medida de mitigación, ya que una vez que la empresa logra entender los riesgos en su cadena de suministros, podrá darle el enfoque adecuado y con ello las medidas de mitigación pertinentes, entre las medidas que propone considera: incremento de capacidad, flexibilidad, inventario y capacidad de respuesta entre otras.

Tabla 3.1 Estrategias de mitigación de riesgos

Mitigación de estrategia	Interrupciones	Pronóstico de riesgo	Retrasos	Previsión de riesgos	Deudores de riesgo	Capacidad de riesgo	Inventario de Riesgo
Añadir capacidad		↓		▼		↑	▼
Añadir Inventario	▼	↓		▼		▼	↑
Tener proveedores redundantes	↓			▼		▲	▼
Aumento Capacidad de respuesta		↓	↓				↓
Aumentar la flexibilidad		▼		▼		↓	▼
Agregada o demanda piscina			↓			↓	↓
Aumentar la capacidad de		▼					▼
Tener más clientes					▼		

Aumenta considerablemente el riesgo ↑

Mayor el Riesgo ▲

Disminución del Riesgo ▼

Disminuye en gran medida de riesgo ↓

Fuente: Chopra y Sodhi 2004

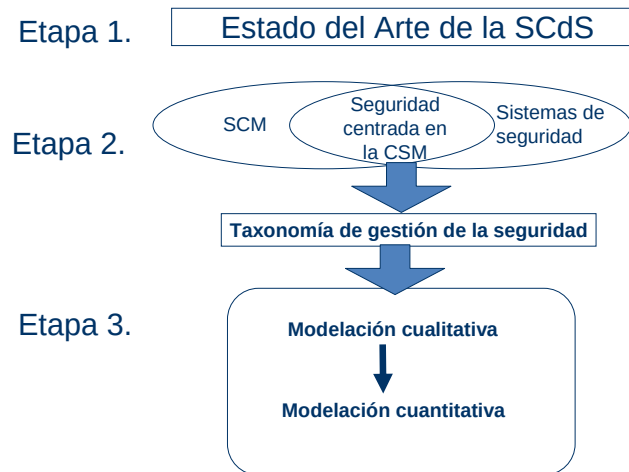
3.2.4. Li, Chandra, y Shiau, (2008). Developing Taxonomy and Model for Security Centric Supply Chain Management.

Definen una taxonomía de la seguridad en el contexto de la Cadena de Suministro para ofrecer un mapa del conocimiento integral de los elementos y cuestiones relevantes para su estudio que facilite identificar los “gaps” o huecos existentes en el estudio del tema, en el ciclo de vida de la cadena de suministro distingue entre limitaciones, requerimientos, instrumentos y manejo. Explora el uso de modelos computacionales para la solución de problemas y los clasifica en dos categorías: los que hacen uso de evidencias y las que tratan de estimar el valor de las variables objetivo sin información previa. Debido a que en este tipo de problemas difícilmente se cuenta con datos históricos que permitan obtener datos suficientes, Li y Chandra proponen el uso de redes bayesianas, HMM y simulación Monte Carlo, empleando probabilidades en masa y evidencia circunstancial en

función de manejar factores críticos inherentes en esta problemática: Incertidumbre, evolución dinámica y complejidad.

Dada la complejidad del fenómeno de estudio, los autores proponen enfocar esfuerzos en problemas y soluciones genéricas que sean de uso extensivo y no de soluciones de uso limitado a través de algoritmos.

Figura 3.1 Taxonomía de la seguridad en la cadena de suministro



Fuente: Li y Chandra, 2011

3.2.5. Rueda, Perret y Wieser, (2007). A model for the design of effective and resilient supply chain security management systems.

Lleva cabo una recopilación documental para conformar un estado del arte con base en el cual identifica los huecos “Gaps” pendientes en la agenda de la seguridad en la cadena de suministro. A través de encuestas a empresas participantes en el programa BASC para identificar el costo de las medidas de seguridad y la eficiencia de cada una de estas medidas, con base en la información obtenida en las encuestas; propone un modelo que sirva como marco de referencia para lograr un mejor entendimiento y manejo de las interrelaciones entre la cadena de suministro y los sistemas de seguridad. Para validar dicho modelo se implementó en dos empresas demostrando que el modelo constituía una herramienta innovadora para la evaluación de sistemas de seguridad de la

cadena de suministro, permitiendo rápidamente identificar aquellas áreas con potencial de mejora.

Este estudio aporta información de primera mano sobre la eficiencia de las medidas de seguridad implementadas para la obtención de la certificación Basc y el modelo que propone establece lineamientos para la gestión de la seguridad en la cadena de suministro que pueden ser aplicados en empresas de diferentes países.

3.2.6. Ritchie y Brindley (2010). Supply Chain Risk Management: Where are we?

Agrupar las contribuciones realizadas en materia de gestión de seguridad en la cadena de suministro. En esta revisión identifican cinco diferentes áreas de la gestión de la seguridad en la cadena de suministros (SCRM)

- Identificación de riesgos y modelación
- Análisis de riesgos, valoración y medición de impactos
- Gestión de riesgos
- Monitoreo y evaluación de riesgos
- Aprendizaje personal y organizacional

A su vez se identifican tres estructuras diferentes de la cadena de suministro para el análisis de los problemas de (SCRM):

- De principio a fin: Va desde la materia prima hasta el consumidor final.
- Capas múltiples: Demuestra que conceptual y prácticamente las cadenas de suministro y su exposición al riesgo se puede dividir en tres capas o niveles de toma de decisiones para su análisis y gestión.

- Red multinivel: Esta perspectiva es la más detallada incluye la creación de redes o conectividad tanto dentro de un nivel particular como en todos los niveles.

Menciona elementos clave en la identificación de riesgos, como son fuentes de información, fuentes de riesgo, secuencia de eventos que conducen a la exposición, el empleo de las características y gravedad de los riesgos como base para su clasificación, comprensión de los factores clave del riesgo y su impacto potencial, impacto de la eficacia y eficiencia de las medidas de seguridad en la mejora en el rendimiento y permanencia del negocio.

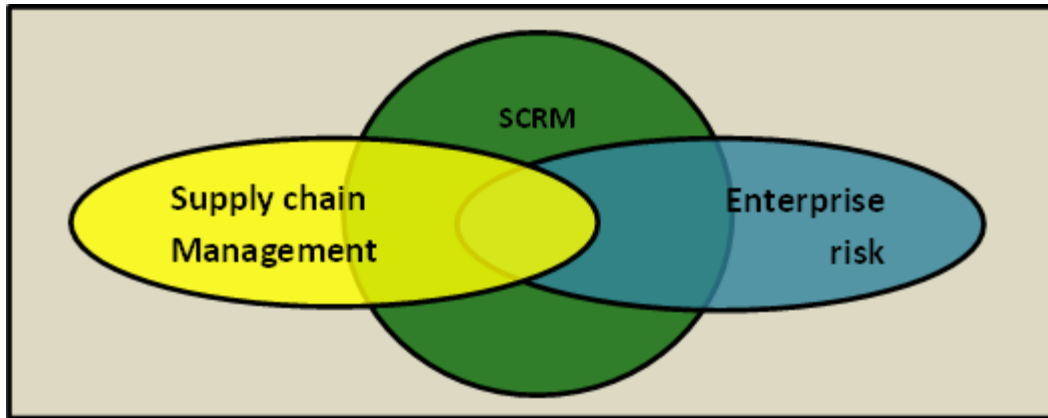
3.2.7. Sodhi, Son y Tang, C. (2010). What is Supply Chain Risk Management in the Perception of Researchers?

Con base en la aplicación de encuestas a investigadores que estudian la gestión de la cadena de suministro y de la gestión de riesgos de las cadenas de suministro internacionales buscan caracterizar mejor la diversidad de alcance en términos de la definición de riesgo de la cadena de suministro y SCRM y tener un punto de partida para determinación del ámbito SCRM.

Durante el análisis realizado por Sodhi, Son y Tang, se identificaron tres “GAPS” huecos o lagunas: la primera es que no existe un consenso en cuanto a la definición o el alcance de los riesgos de la cadena de suministro, en segundo lugar, solo un pequeño porcentaje de los artículos estudiados aporta soluciones para riesgos catastróficos, pues la gran mayoría solo atiende riesgos de carácter operativo, de alta frecuencia pero de bajo impacto y por último la gran mayoría de las contribuciones son de carácter conceptual y el trabajo empírico no es extenso en esta área.

Somete a la opinión de investigadores la relación existente entre la seguridad en la cadena de suministro (SC), la Gestión de la seguridad en la cadena de suministro (SCRM) y la Gestión del riesgo empresarial (ERM), tema en el cual tampoco se logra un consenso entre los entrevistados.

Figura 3.2 Gestión del riesgo en la cadena de suministro



Fuente: (Sodhi, ManMohan S., Son, Byung-Gak y Tang Christopher S., 2010),

Una de sus principales aportaciones es el concepto de que la SCRM proviene tanto de la gestión de la cadena de suministros como de la gestión del riesgo empresarial y no es subconjunto de ninguno de estos.

3.2.8. Deep Y Dani, (2010). Scenario planning in Supply Chain Risk Management

Deep y Dani aplicaron encuestas a empresas que forman parte de una cadena de suministro del ramo alimenticio e identificaron que, a pesar de tener identificados riesgos potenciales de alto impacto, predomina un enfoque reactivo en la visión de la gestión del riesgo en la cadena de suministro.

Proponen un enfoque proactivo con el objetivo de mitigar el riesgo en la cadena de suministro a través de un escenario de planeación con el cual es posible identificar los riesgos, desarrollar cada uno de estos riesgos, planear escenarios de riesgo y determinar las áreas que resultarían afectadas, desarrollar planes de comunicación y medidas de control para mitigar riesgos, generando así un escenario de planeación en tres niveles: operativo, táctico y estratégico.

La alternativa propuesta por Deep y Dani tiene una aplicación genérica por lo actual puede ser fácilmente adaptado en diferentes sectores industriales, no

obstante la clasificación de riesgos se lleva a cabo con base en la percepción de la empresa misma, al igual que el impacto, el cual es estimado de manera cualitativa, por lo tanto de la correcta identificación de riesgos, estimación de impactos y selección de medidas de control depende que los escenarios de planeación sean efectivos para mitigar el riesgo.

3.2.9. Vanany, Zailani, y Pujawan, (2009). Supply chain risk management: literature review and future research.

Llevar a cabo un análisis de los artículos publicados entre los años 2000 y 2007 en cuatro revistas especializadas en distribución de carga, logística y cadena de suministro, en su revisión identifican que el 51% de las contribuciones son de carácter descriptivo, el 34% empíricos, el 9% exploratorios y el 6% conceptuales, de acuerdo con el número de artículos publicados por año se observa un interés creciente en estos temas de estudio, destacan entre las herramientas utilizadas en estos artículos: procesos de jerarquización analítica (AHP) y Análisis de efecto de falla (FMEA).

En cuanto a la unidad de análisis el 46% de los artículos revisados se enfocan a analizar la cadena de suministro y en menor medida a las redes de suministro y logística, en cuanto al tipo de riesgo este depende en gran medida del tipo de empresa, ya que cada sector industrial enfrenta amenazas típica y en cuanto a la distribución de sectores industriales, el mayor número de estudios han sido realizados en empresas que corresponden al sector de la electrónica, celulares y computadoras. También se destaca que los riesgos catastróficos han recibido menos atención que las cuestiones operativas las cuales se estudian con más frecuencia.

Se identifica la necesidad de llevar a cabo estudios que se enfoquen a entender los diferentes tipos de riesgo, estimar su probabilidad de ocurrencia e impacto, para desarrollar efectivas estrategias de gestión de riesgos dado que la

mayoría de las contribuciones actuales tienen bases empíricas y descriptivas mientras que muy pocos llevan a cabo investigación exploratoria.

3.2.10. Puljić, (2010). The influence of cognitive biases on managerial perceptions.

Plantea la existencia de sesgos cognitivos por parte de los gerentes de empresas en la percepción del riesgo en la Cadena de Suministro, y cómo esto impacta SCRM, es decir, si los sesgos de exceso de confianza pueden conducir a los gerentes a aumentar de manera inconsciente los niveles de riesgo en sus cadenas de suministro.

Señala a su vez, que muchos estudios han analizado la seguridad de la cadena de suministro desde el punto de vista estructural pero la perspectiva del comportamiento ha sido muy poco investigada a pesar de que las personas son cruciales en el manejo de operaciones, por esta razón es importante estudiar si los sesgos de percepción pueden influir en las decisiones acerca de la gestión de la cadena de suministro. Plantea las siguientes preguntas de investigación:

¿La variación en la percepción del riesgo de los directivos es un sesgo cognitivo?

¿La inversión en medidas de seguridad está asociada a la percepción individual de los niveles de riesgo en la cadena de suministro?

Esta investigación identifica cuatro sesgos cognitivos como son la ilusión de control, el exceso de confianza, la toma de decisiones con pocos datos (asumir que no se presentará en el futuro un incidente solo porque no se ha presentado anteriormente) y asumir en la planeación solo la ocurrencia de eventos positivos.

Estos sesgos llevan a los directivos a sobrestimar sus propias habilidades y conocimiento ocasionando un exceso de confianza y una percepción de riesgo menor a la real y con base en esta percepción los empresarios se niegan a

invertir en medidas de prevención y mitigación del riesgo y no es sino hasta la ocurrencia de un incidente que el empresario se percata del riesgo real.

Su análisis apoya la necesidad de contar con metodología estándar para la estimación del riesgo sin que esta solo este basada en la percepción de los directivos, pues derivado de la carencia de datos estadísticos se ha recurrido a estimaciones de carácter subjetivo provenientes de los mismos empresarios dueños de la carga, sin embargo como lo confirma Puljic, Maja 2010 esta evaluación del riesgo puede verse afectada por sesgos cognitivos de darán como resultado una evaluación del riesgo alejada de la realidad por esta razón es necesario incluir en el análisis a otros actores que intervienen en la cadena de suministro y a expertos en materia de gestión y análisis de riesgos.

3.3 Metodologías para la gestión del riesgo en la cadena de suministro (SCRM).

3.3.1. Argod y Gupta, (2005). A Stochastic Optimization Case Study using ILOG CPLEX Concert Technology: Dual Sourcing Model For Managing Supply Chain Disruptions.

Argod y Gupta presentan un modelo determinístico usando la herramienta cplex para evaluar diferentes proveedores extranjeros caracterizados de acuerdo a sus costos, tipo de cambio, escenarios de demanda y escenarios de disrupción, costos de producción.

Su enfoque es minimizar el costo y reducir el impacto de las posibles disrupciones que pudieran presentarse en el suministro de materia prima y su aplicación es en el entorno de empresas manufactureras que importan suministros evalúa los costos de compra ordinarios y el impacto de realizar pedidos de emergencia, al igual que estudios similares se trabaja con información probabilística donde se evalúan un determinado número de opciones de manera similar a la selección de portafolios de inversión donde se tiene un porcentaje de utilidad asociada a un riesgo estimado.

La principal desventaja de este modelo es que a medida que se incrementa el número de escenarios el problema se torna muy complejo pues el número de variables crece de manera exponencial a medida que se incrementan los escenarios, adicionalmente la utilización de funciones probabilísticas hace imposible su aplicación en problemas genéricos para los cuales no se cuenta con suficiente información estadística.

3.3.2. Chow, Frank y Jiang, (2006). Applying Supply Chain Logistics Modeling to Border Security and Efficiency.

Utilizan modelos de simulación para Mapear de cruce de carga entre las fronteras de Estados Unidos y Canadá para demostrar como un modelo de simulación basado en el mapeo del proceso de transporte de frontera puede ser usado para identificar y cuantificar alternativas estratégicas y operacionales tanto para el sector público y privado.

Este documento analiza los costos de implementar el programa C-TPAT, tanto para transportistas, importadores, proveedores de servicios, etc. Es un análisis bastante detallado del costo que implica la aplicación de llevar a cabo las adecuaciones a las instalaciones desde un enfoque del costo como también si tiene algún beneficio y en qué tiempo se podrán ver los beneficios de estar certificado bajo este programa. También se incluyen costos de mantenimiento anual desglosado por cada parte del programa.

Aunque los hallazgos reportados en el estudio no pueden ser considerados equivalentes para nuestro país, su aportación es una herramienta metodológica que puede ser replicada para el caso del comercio internacional entre Estados Unidos y México.

3.3.3. Gaonkar y Viswanadham, (2004). A Conceptual and Analytical Framework For the Management of Risk in Supply Chains.

Hace una interesante aportación al aplicar un modelo de Markowitz, anteriormente usado para la evaluación de portafolios de inversiones financieras para minimizar el riesgo, para evaluar diferentes alternativas de proveedores y minimizar el costo operativo así como la variación en el costo total.

Identifica 6 diferentes modos de interrupción en las cadenas de suministro y propone el uso de modelos matemáticos, modelos de control adaptativos y Rule

based control para la gestión de la seguridad en la cadena de suministro. Identifica cuatro diferentes tipos de riesgo que pueden afectar a las cadenas de suministro: Organizacionales, a nivel de la red, a nivel industrial y a nivel de medioambiente. Adicionalmente, clasifica los riesgos en la cadena de suministro en desviaciones, interrupciones y desastres.

Es preciso resaltar que para la aplicación de los modelos que proponen Gaonkar y Viswanadham hace uso de datos estadísticos obtenidos de la operación diaria de la misma empresa considerando el record de entregas en tiempo de cada uno de sus proveedores por lo cual su aplicación hacia otros riesgos para los cuales no se dispone de información estadística para estimar probabilidades de ocurrencia no permite su aplicación tal como se aplica en este problema específico.

3.3.4. Bichou, (2008). Security and risk -based models in shipping and ports: review and critical analysis.

Bichou revisa y analiza diferentes modelos para la evaluación del riesgo empleados en transporte marítimo, entre los modelos evaluados se destacan por sus posible aplicación al tema de interés en nuestro estudio, aplicable a la administración del riesgo en la cadena de suministro.

Entre las principales herramientas que propone están:

Análisis de Árbol de fallas. El cual es un modelo matemático que emplea datos de accidentes pasados para identificar los principales factores potenciales y estimar sus efectos. Este modelo tiene como función predecir futuros accidentes. Usualmente es empleado por entidades gubernamentales porque estas disponen de la información de accidentes de acuerdo a su frecuencia y causas.

Análisis de árbol de eventos (ETA) Este se enfoca en los eventos que pudieran ocurrir después de un incidente crítico. Se lleva a cabo un análisis estadístico de accidentes pasados para estimar las consecuencias de futuros accidentes.

Formal Safety Assessment. Esta metodología consta de 5 pasos: identificar la amenaza, evaluar el riesgo, administrar el riesgo, es decir identificar las opciones o alternativas disponibles análisis costo beneficio y toma de decisiones.

Navigation Vessel Inspection Circular (NVIC). Este es un marco de referencia para la evaluación y administración del riesgo estructurado en 5 fases. Seleccionar un escenario, determinar el nivel de las consecuencias, determinar si el escenario requiere de una estrategia de mitigación, evaluar el impacto de la estrategia de mitigación, Implementar la estrategia de mitigación.

Análisis estadístico de Riesgo. Este método evalúa cuantitativamente el riesgo estimando el riesgo de falla basado en un sistema de mapeo de procesos y descomposición de los componente (Bier, 1993) Este modelo ha sido empleado para el análisis de riesgo en sistemas de transporte (Bedford and Cook, 2001) en combinación con el análisis de precursores.

3.3.5. Jessup, (2006). A feasibility study evaluating transportation security systems and associateds multi-modal efficiency impacts.

Jessup propone una metodología general para evaluar diferentes sistemas de seguridad del transporte y su impacto en la eficiencia del transporte intermodal. Esta metodología busca determinar los costos de implementar las medidas de seguridad, los costos de los retrasos en los movimientos a través de las instalaciones portuarias, y la conectividad intermodal bajo varios escenarios.

Aunque el modelo no considera el impacto de la congestión lo cual constituye un punto crítico que impacta fuertemente a las empresas su metodología es una valiosa contribución al aplicar entrevistas a empresas, recabar información de expertos y aplicar un modelo de optimización para la evaluación de los impactos de las medidas de seguridad.

3.3.6. Sharma, Subramanian, y Brewer, (2008). Secure Rural Supply Chain Management Using Low Cost Paper Watermarking.

Aborda la problemática de la seguridad en la cadena de suministro en entornos rurales, a través del caso de la cadena de suministro de la industria farmacéutica que combate el SIDA en países de África, dicha cadena de suministro ha registrado pérdidas de millones de dólares debido al tráfico y la piratería, destaca la necesidad de encontrar soluciones de bajo costo que incrementen la seguridad de la cadena de suministro y para lograrlo explora diferentes alternativas de bajo costo que permiten mantener una oportuna comunicación entre las diferentes niveles y eslabones de la cadena además de contar con medios que permitan verificar la autenticidad de los documentos para lograr estos objetivos propone el uso de teléfonos celulares y de papel con marca de agua que permiten verificar la autenticidad de los embarques en pro de abatir el robo, tráfico de mercancía pirata y fraude que azotan la región de estudio.

Aunque no se demuestra de manera cuantitativa el beneficio del uso de herramientas, la problemática abordada en este artículo resulta compatible y sus propuestas pueden ser aplicables a países latinoamericanos.

3.3.7.- Reynoso, (2011). Modelo de bioseguridad en la cadena de suministros de productos alimenticios, teniendo en cuenta la gestión de la cadena de suministros y la visión de procesos de negocio. Aplicación a la industria alimenticia, de la zona del bajo.

Propone la aplicación de la metodología BPM para el modelo de As is y To be en el cual expone la situación actual del proceso que se quiere mejorar y se plantea la situación a la cual se pretende llegar. A través de las fases de preparación, análisis y determinación de cambios, implementación de cambios, evaluación de cambios y toma de decisiones.

Para la definición del “as is” (como es); se plantea definir el ámbito de actuación, identificando cuales son los procesos de seguridad que se pretenden mejorar, posteriormente, se sugiere la formación de equipos de trabajo, la descripción de los procesos y por último la modelación del proceso para la cual Navarrete y Lario emplearon la propuesta el Software Visio.

La metodología fue aplicada en una empresa alimentaria para la cual se modelaron 25 procesos y con la ayuda de un KPI de seguridad se determinó la reducción de riesgo de contaminación internacional durante los procesos, se logró una mejora en la visibilidad además de proporcionar un punto de partida para la mejora continua de la seguridad en la cadena de suministro.

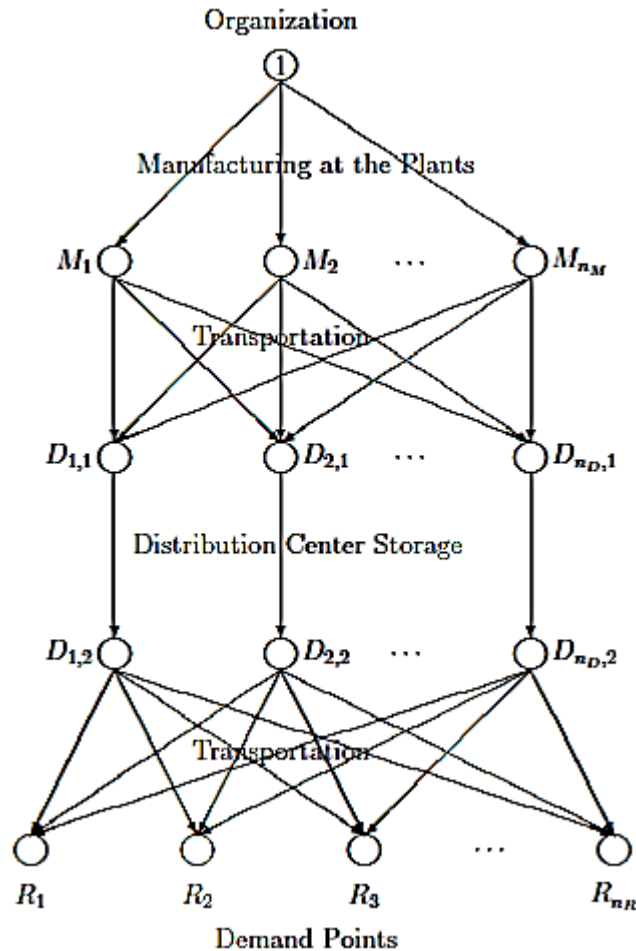
La metodología que presenta Navarrete y Lario aunque tiene una amplia utilización en los modelos de negocios, constituye una interesante aportación por su enfoque y aplicación hacia la mejora de la seguridad en la cadena de suministro y su propuesta puede ser ampliamente replicada no solo en la gestión de la bioseguridad si no en todos los ámbitos de la Seguridad de la Cadena de Suministro. Desafortunadamente aunque se menciona la utilización de un indicador de eficiencia de la seguridad, no se abunda sobre la construcción de dicho indicador y tampoco se incluyen las variables empleadas en la modelación.

3.3.8. Quiangy Nagurney, (2011). A bi-criteria measure to assess supply chain network performance for critical needs under capacity and demand disruptions.

Quiang y Nagurney desarrollan un modelo bi-criterio cuyo objetivo es minimizar el costo total de la red de una manera genérica ya sea costo monetario, riesgo, tiempo o costo social. Su modelo asume que las interrupciones pueden tener un impacto tanto en la demanda como en las capacidades de los nodos. Para lograr esto, plantea tres diferentes escenarios y por medio de un modelo de optimización usando probabilidades discretas las cuales fueron obtenidas del juicio subjetivo de expertos. Debido a que se carece de suficiente información histórica sobre interrupciones que permita la obtención de probabilidades más detalladas

como sería el caso de probabilidades continuas. En su red consideran los costos de fabricación, transporte y almacenaje de los productos dentro de la red que se presenta a continuación.

Figura 3.2 Topología de la cadena de suministro para determinar las necesidades críticas.



Fuente: Quiang y Nagurney, 2011

Esta misma red fue evaluada bajo 2 escenarios:

Escenario 1.- La demanda puede ser cubierta bajo interrupciones.

Escenario 2.- La demanda no puede ser cubierta bajo interrupciones.

El resultado obtenido es un modelo que les permite analizar bajo ambos escenarios, dos diferentes configuraciones de la cadena de suministro y evaluar su robustez al presentarse una disrupción, identificando a la vez los puntos críticos dentro de la cadena de suministro. Esta metodología representa una solución genérica que puede ser empleada para identificar puntos críticos en las cadenas de suministro y trabajar en estos para lograr cadenas de suministro más robustas, vale la pena destacar que este modelo fue aplicado en el análisis de cadenas de suministro para atender poblaciones durante y después de la ocurrencia de desastres naturales como parte de la temática de logística humanitaria aunque este modelo puede ser aplicable a todo tipo de riesgos.

3.3.9. Siu-Lun, Kwok, y Hing-Choi, (2009). Hybrid Risk Management Methodology.

Emplean un modelo híbrido para identificar los riesgos potenciales de acuerdo con los diferentes aspectos del sistema gracias a las ventajas de la descomposición jerárquica.

El objetivo es llevar a cabo análisis tanto entre los subsistemas y en el sistema global, adicionalmente el descomponer un problema complejo en pequeños problemas permite analizar estos últimos de manera individual y a través de este análisis resolver problemas complejos multi objetivo, una vez que dividen el problema complejo en problemas pequeños para identificar los riesgos, aplican el modelo de administración empresarial del riesgo asignando probabilidades de ocurrencia estimadas de manera subjetiva así como los respectivos impactos estimados con la finalidad de hacer una evaluación del riesgo para posteriormente llevar a cabo un plan de contingencia en el cual se establezcan las medidas para prevenir o mitigar los riesgos detectados.

Este modelo híbrido tiene entre sus bondades el permitir el análisis de problemas muy complejos multi-criterio al descomponerlos en problemas pequeños que facilitan su análisis a nivel sub-sistema y atendiendo diferentes tipos de riesgo desde diferentes perspectivas del sistema aportando una solución

integral de la gestión de la seguridad. Es importante mencionar que este modelo fue creado para la gestión integral de los riesgos que pueden amenazar la continuidad de una empresa esta metodología no fue creada para su aplicación en la cadena de suministro, sin embargo su enfoque integrador de considerar diversos de diferente índole y su facilidad para analizar y atacar estos de manera individual ofrecen una amplia aplicación en diferentes problemas como puede ser la gestión de la seguridad en la cadena de suministro.

3.3.10. Xu, Liang y Han (2010). Coordinating Supply Chain Distribution in the Presence of Production.

Aplican un modelo de optimización en la operación de una cadena de suministro compuesta por dos eslabones, una empresa manufacturera que ofrece solo un tipo de producto con una sola unidad de costo a n distribuidores que presentan determinada demanda.

El enfoque del ejercicio es minimizar el impacto negativo de las interrupciones en la producción, dado que cuando hay una emergencia en un sistema de producción, los esfuerzos se enfocan únicamente en restaurar la producción pero no se estudia la afectación que esta interrupción ocasiona a los distribuidores. Las metas del ejercicio de optimización son maximizar la ganancia y minimizar el costo por la falta de producto para ello asume la ocurrencia de una interrupción y cuantifica el impacto económico de no cubrir la demanda en cada uno de los almacenes que provee la finalidad del modelo es definir la cantidad que debe suministrar a cada uno de estos almacenes a fin de obtener la máxima ganancia y minimizar las pérdidas económicas por desabasto en los almacenes.

3.3.11. Bode y Wagner, (2010). When do supply chain disruptions become the norm? Insights from normal accident and high reliability theories.

Aplican la teoría de accidentes normales (Normal Accident Theory, NAT) en la estimación de posibles interrupciones que puede enfrentar una cadena de

suministro, en su estudio, analizan la estructura de diferentes cadenas de suministro, midiendo su estructura de acuerdo a los niveles verticales y los eslabones horizontales que componen a esta, y a través de datos empíricos sobre los efectos de estas interacciones y el historial de interrupciones en las cadenas; llevan a cabo un análisis de regresión lineal con el cual concluyen que a mayor complejidad corresponde una mayor frecuencia de interrupciones, con base en esta aseveración recomiendan que una medida para la reducción de las interrupciones en la simplificación de la cadena de suministro en medida de lo posible o en su defecto recurrir a la subcontratación. Adicionalmente, recomienda usar la teoría de alta fiabilidad como herramienta para identificar maneras de eludir la complejidad de la cadena de suministro y reducir el número de interrupciones.

3.3.12. Chu y Squire, (2010). A methodology for identifying, categorising and prioritising.

Crean una metodología para identificar, categorizar y priorizar los riesgos que enfrentan las cadenas de suministro basada en un modelo de gestión de la cadena de suministro aplicando elementos de la gestión de riesgos. Un aspecto sumamente interesante de esta metodología es que toma en cuenta la capacidad de la cadena de suministro de resistir y recuperarse tras estas interrupciones.

La metodología propuesta por Chu y Squire además de estar coordinada con la norma ISO 31000 para gestión de riesgos en general, integra características de la cadena de suministro que dan a las empresas una secuencia y dirección de acuerdo a las funciones clave de la CS. La metodología propuesta se presenta un tanto compleja en el papel, no obstante que se desarrolló un software para su implementación esta no puede ser implementada sin tener conocimientos previos del tema y aunque menciona que lleva a cabo una evaluación en términos de probabilidad e impacto no explica cómo se miden estas o si se estiman de manera cualitativa, este factor de información de entrada de probabilidad e impacto es crucial pues pocas empresas llevan a cabo una

cuantificación de sus riesgos a nivel de probabilidad de ocurrencia en una escala porcentual.

3.3.13. Martha y Subbakrishna, (2002). Targeting a just in case supply chain for the inevitable next disaster.

Se enfoca al estudio de interrupciones en el transporte, debido a que están han tenido menos atención que las interrupciones en la cadena de suministro, Sin embargo, en encuestas realizadas a empresarios se encontró que el transporte es el tramo de la cadena de suministro donde se percibe mayor riesgo por parte de las empresas y por otra parte, el robo en carretera es la interrupción que más les preocupa a los transportistas.

Wilson aplica dinámica de sistemas para modelar los efectos de las interrupciones en el transporte con la construcción de dos modelos, uno con una estructura de cadena de suministro tradicional, y otra con un sistema de vendedor manejando el inventario, ambos modelos corren 600 días y una interrupción de 10 días ocurre en día 200, los resultados obtenidos en su modelación no solo demuestran que la estructura de la cadena de suministro influye mucho en como la empresa se ve impactada ante las mismas interrupciones, sino que también pone de manifiesto la severidad potencial que las interrupciones de transporte tienen en la cadena de suministro.

3.3.14.- Urciuoli, (2010). Drivers of Security in Distribution Networks– a Survey of Swedish.

Lleva a cabo un análisis exploratorio para identificar los factores que influyen en el riesgo en las redes de distribución, a través de la aplicación de métodos cuantitativos y cualitativos con el fin de reunir datos sobre los factores que influyen en la seguridad del transporte, identifica 8 actores que intervienen en este fenómeno:

- I. Agencias encargadas de hacer cumplir la ley
- II. Embarcadores y operadores del transporte
- III. Organizaciones de certificación
- IV. Compañías aseguradoras
- V. Proveedores de soluciones de seguridad
- VI. Grupos criminales
- VII. Órganos legislativos
- VIII. Gobierno

Las entrevistas realizadas se aplicaron hasta llegar al punto de saturación, se identificaron temas, factores y categorías, con base en el análisis exploratorio formularon 19 hipótesis que posteriormente fueron evaluadas a través de técnicas multivariantes. Urciuoli, en su análisis de los diferentes actores que intervienen aporta información valiosa para acortar el camino hacia la formulación de iniciativas encaminadas a elevar la seguridad en el transporte.

Pues como señala en su estudio: “El impacto de la inseguridad en el transporte puede implicar enormes pérdidas para los dueños de la carga y los operadores pero también puede poner en peligro a toda la comunidad”, pues la inseguridad en el transporte no solo se refiere al robo de mercancía, cuyo costo a final de cuentas es transferido al consumidor final, sino también al riesgo de tráfico de mercancía ilegal como pueden ser armas, drogas entre otros y adicionalmente al riesgo de contaminación intencional de fármacos y alimentos.

3.3.15.- Pirola, Pinto y Zsidisina, (2010). Supply Risk Management: Moving Towards a Quantitative Approach.

Su estudio se centra en el riesgo y su objetivo es sentar bases para el desarrollo de un modelo cuantitativo para determinar las estrategias más adecuadas que garanticen la continuidad del negocio donde mantener la competitividad se ha visto muy relacionada con la reducción de costos, dando como resultado prácticas de manufactura esbelta, justo a tiempo donde se trabaja con recursos y tiempos justos y la ocurrencia de una disrupción puede ocasionar paros de línea, desabasto y como resultado fuertes pérdidas económicas.

Busca seleccionar a través de métodos cuantitativos las estrategias de mitigación más adecuadas, diferenciando entre aquellas que implican sistemas redundantes y aquellas que aportan flexibilidad al sistema. Empleando dinámica de sistemas, estudian los efectos en el costo total y el flujo de efectivo de las inversiones necesarias para brindar mayor flexibilidad contra la inversión para generar sistemas redundantes. Este modelo cualitativo es trasladado a un modelo de programación entera estocástica, donde los parámetros inciertos se consideran como variables aleatorias con una distribución de probabilidad asociada.

El objetivo de este modelo estocástico es fundamentar la elección de una estrategia a mediano y largo término. Las principales consecuencias de las interrupciones en el modelo fueron: Demoras, embarque incompleto y pérdida total del embarque. Aunque esta metodología está orientada al riesgo en el suministro su aportación al combinar herramientas cualitativas y cuantitativas así como el uso de valores aleatorios asociadas con una distribución de probabilidad para las variables con incertidumbre lo cual puede replicarse en otros problemas de seguridad en la cadena de suministro.

3.3.16.- Ghadge y Dani, (2010). Supply Chains Risks: a Systems Thinking Perspective.

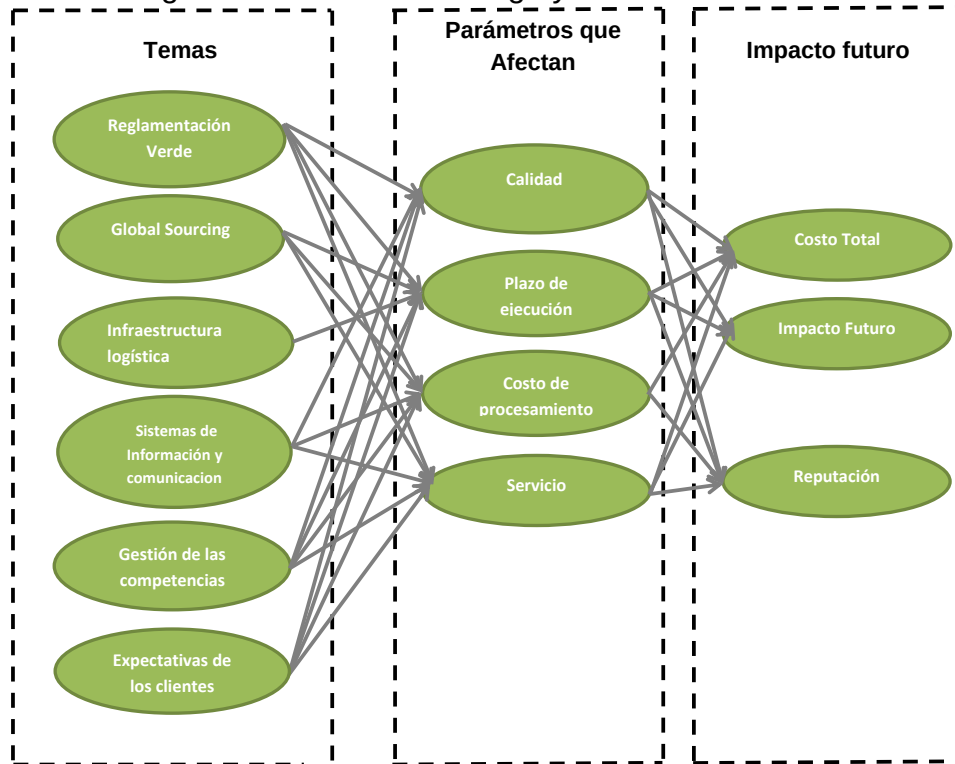
Llevaron a cabo un estudio para identificar los factores que afectarían a la siguiente generación de cadenas de suministro y entender cómo estos factores implican un riesgo en la cadena de suministro, la interdependencia entre dichos factores y su efecto de propagación Ghadge y Dany, 2010 proponen un enfoque sistémico y a través de un análisis de dinámica de sistemas logran plantear y estudiar un sistema complejo de red considerando los diferentes actores que participan en la cadena de suministro.

Entre los factores identificados que pueden afectar las futuras cadenas de suministro se encuentran: regulaciones ambientales, tecnología de información y

comunicación, servicios logísticos, mercados globalizados, expectativas del cliente y el déficit de habilidades.

Con base en el modelo causal elaboran un marco de referencia de los riesgos en futuras cadena de suministro donde identifican como impactos potenciales de estas amenazas: costos totales, demoras y pérdida de reputación.

Figura 3.2 Factores de riesgo y sus interrelaciones



Fuente: Ghadgey Samir 2010.

El trabajo de Ghadge y Dani aporta una novedosa metodología para identificar los factores de riesgo y sus interrelaciones, conocer esta información es vital para aplicar un enfoque proactivo en la gestión del riesgo en la cadena de suministro. Esta metodología puede ser adaptada a diferentes sectores industriales o para identificar los riesgos específicos que atañen a una región.

CAPÍTULO 4. Seguridad de la cadena de suministro, robo al autotransporte de carga



Trabajo publicado en las memorias del
VI Simposio Internacional de Ingeniería Industrial: Actualidad y Nuevas
Tendencias 2013
Universidad de Carabobo, Pontificia Universidad Javeriana,
Universidad de los Andes y
Red Internacional de Investigadores en Ingeniería Industrial
Bogotá, Colombia
Julio 24, 25 y 26, 2013
ISSN 1856-8351 e ISSN 1856-8343.

**Elizabeth De La Torre¹, Carlos Martner², José Luis Martínez³,
Elías Olivares⁴, Elías Jiménez⁵**
Instituto Mexicano del Transporte. México.
¹ elizabeth.delatorre@imt.mx
² martner@imt.mx,
⁵ ejimenez@imt.mx

Universidad Popular Autónoma de Puebla. México.
³ joseluis.martinez01@upaep.mx,
⁴ elias.olivares@upaep.mx

Supply Chain Security, Freight Theft

Resumen

En México y América Latina, el robo se ha convertido en el riesgo más relevante para la eficiencia y la competitividad de las cadenas de suministro para las empresas de transporte de carga. En este contexto, la presente propuesta tiene como objetivo identificar las variables y la influencia que éstas tienen sobre la función del riesgo, con el fin de construir una función que evalúe cuantitativamente la influencia de las variables seleccionadas, para obtener información que facilite medir el nivel de seguridad del transporte de mercancías para la toma de decisiones en la creación de esquemas de seguridad para las empresas.

La metodología para la identificación de estas variables de riesgo es el análisis estadístico de la información disponible a nivel nacional de los robos de carga, determinando un primer conjunto de variables de interés para el diseño de una encuesta que será aplicada a los expertos en seguridad de la cadena de suministro mediante el método Delphi. Los resultados del método permitirán confirmar o identificar nuevas variables, cuantificando su influencia en el riesgo.

Palabras Clave: Seguridad, Robo, Autotransporte.

Abstract

In Mexico and Latin America, theft has become the most relevant risk to the efficiency and competitiveness of supply chains and for freight transportation companies. In this context, this proposal aims to identify the variables and the influence these have on the risk function, in order to build a function that weighs risk quantitatively the influence of the selected variables, to get information facilitating the assessment security level of freight for decision-making in the creation of security scheme for the companies.

The methodology for identifying these risk variables is the statistical analysis of the available national information on freight thefts, determining a first set of variables of interest to design a survey to be applied to experts in supply chain security using the Delphi method. The results of the method will confirm the variables importance or will identify new variables, quantifying their influence on the risk.

Key Words: Security, Theft, Freight.

4.1 Introducción.

Desde finales del Siglo XX, el tema de la seguridad y el riesgo en la cadena de suministro ha sido abordado por diversos autores en todo el mundo, sin embargo el número de contribuciones sobre esta temática aún es incipiente sobre todo con respecto al robo al autotransporte, aun cuando los artículos en temas de logística y cadena de suministro han mantenido un crecimiento sostenido. A pesar de esto, la importancia de esta temática se ha evidenciado en las iniciativas y certificaciones en materia de seguridad, que enfatizan el impacto que ésta tiene en las cadenas de suministro a nivel internacional. Algunos autores han identificado tempranamente la necesidad de avanzar en el entendimiento, identificación y cuantificación del riesgo en la cadena de suministro para lograr avances en su gestión, realizando importantes progresos que fundamentan dichos estudios, con aportaciones tanto conceptuales como metodológicas; algunas de estas aportaciones son las siguientes. Sheffi (2001) presenta una introducción para entender el riesgo de la cadena de suministro, y en particular el ligado con acontecimientos terroristas; propone un conjunto de ideas para lograr capacidad de reacción en el diseño de la cadena de suministro.

Willis y Ortiz (2004), dan un marco de referencia para la evaluación y gestión de la seguridad de la cadena de suministro. Su reporte se enfocó principalmente a mejorar la seguridad y eficiencia de la cadena en el transporte

intermodal para la prevención de ataques terroristas. Por su parte, Tsamboulas y Moraiti (2008) diseñaron un modelo multicriterio que permite evaluar el riesgo de las cadenas de suministro internacionales con la finalidad de prevenir actos terroristas. Chopra y Sodhi (2004) introducen una clasificación de los riesgos de la cadena de suministro y los eventos o factores que conducen a los mismos, entre los que destacan los riesgos del transporte que pueden atribuirse tanto a interrupciones permanentes como temporales (demoras) debido a varios factores clave, tales como congestión, catástrofes naturales y terrorismo. Por su parte, Uhlig (2008) argumenta que en general los autores no mencionan explícitamente la interrupción del transporte como una categoría de riesgo por separado, y por tanto, puede considerarse que este tema no se ha abordado con el detalle que se merece.

Wilson (2007) distingue interrupciones en general y de transporte. Esta última la refiere como cualquier interrupción del flujo de los bienes, mientras que otros tipos de perturbaciones también incluyen por ejemplo, las interrupciones en la fabricación de los productos. Su trabajo examina los efectos de las interrupciones del transporte en el rendimiento de la cadena de suministro utilizando dinámica de sistemas en dos escenarios diferentes de la cadena. A su vez, Tsuchiya et. al 2007 y Huang, Chou y Chang, 2007 utilizan simulación para evaluar situaciones similares.

En la revisión de la literatura, puede observarse que son pocos los autores que identifican los factores generadores de riesgo, y menos los que buscan medir el impacto de las interrupciones de cada uno de ellos en la cadena de suministro, incluido el transporte. Por ejemplo, Rodrigues, Stantchev, Potter, Naim y Whiteing (2007) investigan el impacto de la incertidumbre en las operaciones de transporte dentro de las cadenas de suministro, pero no cuantifican el impacto por una interrupción de éste.

4.2 La seguridad en la cadena de suministro en México

Como se observa, la seguridad en la cadena de suministro es un campo muy vasto donde sigue existiendo muchas lagunas debido a la gran cantidad de enlaces que componen la cadena, con los tipos de riesgos diferentes en estos enlaces. Al menos en el transporte por carretera, un riesgo nulo no existe, pero es posible estudiar, identificar y analizar los elementos de los factores de riesgo principales. Ya sea que estos factores se pueden modificar o no, el conocimiento del riesgo permite evitar o mitigar su impacto.

Es evidente que el tipo y el nivel de riesgo no es el mismo para las cadenas de suministro internacionales que para los completamente desarrollado en un entorno local. En México (Cedillo, 2010), los principales riesgos de acuerdo con la percepción de los empresarios son en primer lugar el tráfico de drogas y el robo a camiones, seguido por el contrabando y el tráfico de personas. En general, la percepción del tipo y nivel de riesgo no es el mismo que para los demás países, por lo que las medidas que resultan eficaces en un país puede no ser eficaz en otro debido a las diferencias de las características económicas, políticas, sociales y culturales. Este proyecto propone realizar una primera aproximación en el análisis del fenómeno de robo al camión por ser una problemática que carece de la información necesaria, pero tiene la posibilidad de lograr un acercamiento con los empresarios y expertos en el tema con el fin de lograr avances en el estudio de los factores que afectan el riesgo de robo de cargamentos en el transporte por carretera.

4.3 Metodología de la investigación

El estudio se centra en la identificación y análisis de las fuentes de riesgo y su influencia en el robo de camiones en México, con base en entrevistas realizadas a los transportistas y usuarios del servicio de carga y expertos en el tema de la seguridad en las cadenas de suministro, con un análisis multivariante de los datos de robo en México como un complemento. El propósito es contribuir con herramientas que permitan evaluar el riesgo envíos con diferentes características genera un indicador de riesgo de robo en la medida adecuada,

evitando un exceso de inversión en seguridad que afecta a las utilidades de la empresa sin incurrir en pérdidas catastróficas por subestimar el riesgo debido a la subjetiva percepciones.

El caso de los problemas relacionados con perturbaciones de alto impacto y probabilidad de ocurrencia difícil de cuantificar, dada la escasez de información estadística presenta una dificultad alta para el uso de metodologías aplicables a los problemas de seguridad en la cadena de suministro, sin embargo en la Tabla 4.1 algunas de estas metodologías se muestran.

Tabla 4.1 Metodologías identificadas aplicables a la gestión de la seguridad en la cadena de suministro (SCMS)

Metodologías Cualitativas		Metodologías Cuantitativas	Metodologías Mixtas
Modelado Jerárquico Holográfico		Modelo Oculto de Markov (HMM)	Metodología de Análisis de Riesgos
Modelo de proceso de negocios BPM		Metodología de Redes Probabilísticas Bayesianas	Método Delphi
Teoría Accidental Normal.		Simulación Montecarlo	

Teniendo en cuenta la metodología que se ajuste más a las características propias de la problemática planteada, se determinó que el método Delphi es el más adecuado debido a que la información recogida no es suficiente para generar los datos finales, ya que hay fuertes divergencias en las entrevistas de acuerdo con la región, el tipo de mercancías transportadas y el tamaño de la empresa, entre otros factores.

Los problemas de seguridad tienen tres características básicas (Li y Chandra, 2011): son complejas, son dinámicas en el tiempo y no tienen información científica. El robo de camiones presenta estas tres características: la alternativa para superar la falta de datos estadísticos, en primera instancia era llevar a cabo entrevistas a los empresarios, sin embargo, teniendo en cuenta los resultados de Puljic (2010), la evaluación del riesgo realizada subjetivamente por

los empresarios pueden verse afectados por los sesgos cognitivos que dan como resultado una evaluación de riesgo distinto de lo real.

Para evitar estos sesgos en la identificación de factores de riesgo era evidente la necesidad de complementar la información obtenida de los empresarios, haciendo entrevistas a expertos en seguridad de transporte siguiendo la metodología de Jessup (2006), que tiene por objeto determinar los costos de la aplicación de las medidas de seguridad. Los expertos calificaron los factores reportados por los empresarios en función de su relevancia proponiendo algunos factores no considerados por los empresarios. El consenso de las opiniones de los expertos fue resuelto a través del método Delphi.

4.4 Resultados

Como resultado de las entrevistas y el ejercicio Delphi, se identificaron los factores de riesgo más relevantes, los diferentes tipos de impactos y los factores que desalientan el robo. Se encontró que el tipo de mercancía y el factor humano, eran los de mayor riesgo, mientras que respecto a los impactos, la falta de cumplimiento con el cliente y la pérdida de mercado fueron los más importantes cuando se presentan interrupciones.

Durante la fase de aplicación de entrevistas a los transportistas y usuarios que se pudo corroborar que la evaluación subjetiva se indica en Puljić (2010) presentaron sesgos en la percepción de las experiencias anteriores, ya que las empresas que no habían sufrido de robo en los últimos dos años considera que su probabilidad de padecerla en el futuro era cero mientras que los que habían sufrido robos en los últimos dos años calificaron su probabilidad superior al 50%, a pesar de que el número de envíos robados ni siquiera lejanamente corresponde a la proporción.

4.4.1 Identificación de factores

Como resultado del estudio se obtuvo una lista de posibles factores de riesgo, esta lista se presenta en la tabla 4.2, en la primer columna se indica el

factor y en el resto de las columnas se señala la fuente donde se identificó dicha variable como factor de riesgo: en la columna Datos estadísticos se incluye la información obtenida de estadísticas de robo de Recurso Confiable (2011) y freightWatch (2011) ambas con información del año 2010, de esta última fuente se tomó información sobre mercancías con mayor índice de robos. La columna Empresarios presenta los factores identificados a través de las entrevistas aplicadas a transportistas y usuarios del servicio de transporte y la última columna presenta los factores identificados como relevantes por parte de los expertos.

Tabla 4.2 Identificación de factores

Factor	Datos estadísticos	Empresarios	Expertos
Ruta	n.d.	Sí	No
Zona	Sí	n.d.	Sí
Tamaño del vehículo	Sí	n.d.	Sí
Tipo de mercancía	Sí	Sí	Sí
Factor Humano	n.d.	Sí	Sí
Día de la semana	Sí	n.d.	n.d.
Carretera libre o cuota	n.d.	n.d.	Sí

n.d. = no hay dato

4.4.1.1 Ruta

Al principio del estudio, y con base en las entrevistas a transportistas y usuarios del servicio de transporte de carga, se tenía como una de las hipótesis que el mayor factor de riesgo es la ruta; es decir las autopistas y puntos específicos por la cuales pasa el embarque para llegar a su destino final. Sin embargo, al analizar los datos de robos registrados a través del método de componentes principales, se obtuvieron resultados que contradecían la hipótesis inicial en donde la ruta o el paso por determinados puntos era el factor principal de riesgo de robo.

Para aclarar este punto, se procedió a entrevistar empresas y personal vinculado con casos de éxito en la reducción de robos, se identificó que el cambio de ruta no es garantía de la reducción de robos, al menos en el largo plazo, pues empresas que como primera medida cambiaron las rutas, no redujeron el número

de robos significativamente, pues en un corto tiempo su nueva ruta se había vuelto igual de problemática.

La posible explicación para este resultado la aportaron los expertos, quienes coincidieron en que la ruta no es un factor de riesgo como tal; es decir un grupo criminal no se posiciona en un punto determinado de la carretera a robar vehículos de manera aleatoria sino que trabajan sobre demanda, buscando un embarque previamente identificado, probablemente seleccionado por fugas de información de la propia empresa.

4.4.1.2 Zonas Conflictivas.

Este factor, propuesto por algunos empresarios y confirmado por la mitad de los expertos de acuerdo al análisis de casos y de entrevistas posiblemente pudiera identificar la importancia relativa de la ruta en sí, pudiera ser más propicia para su análisis desde la perspectiva de zona pues las rutas tienden a cambiar fácilmente de acuerdo a los cambios de ruta que tome el embarque como se discutió en el párrafo anterior, pero la presencia declarada de organizaciones criminales en la región es menos volátil y puede representar un factor adicional de riesgo, pues si la región corresponde al dominio de un grupo criminal para este grupo será más fácil llevar a cabo el robo sin enfrentar resistencia.

4.4.1.3 Tamaño del Vehículo

Un factor ausente en las entrevistas a las empresas fue el tipo de vehículo. El análisis de componentes principales realizado con respecto al tipo de vehículos sugiere una mayor incidencia de robo de vehículos más pequeños, resultado que coincide con la opinión de los expertos de que los camiones unitarios son robados con mayor frecuencia porque es más fácil de romper la carga y distribuir rápidamente pequeños envíos que gran cargamento, ya que los grupos criminales prefieren la flexibilidad y rapidez en sus operaciones, por lo que deciden robar cargamentos pequeños si la opción está disponible.

La Tabla 4.3 muestra el resultado de un análisis de componentes principales utilizando Minitab con los datos de robos en la ciudad de México obtenidos de la fuente "Recurso Confiable" para el año 2010. Los tres primeros

componentes explican 96,2% de la varianza en el número de robos. Los tres componentes muestran una correlación negativa con los vehículos articulados.

El primer componente principal PC1 contrasta la preferencia de robo a vehículos de 2 ejes en comparación con los articulados, el segundo componente principal PC2 contrasta una correlación positiva por robo a camiones de 3,5 toneladas frente a una correlación negativa con 3-ejes de vehículos, y el tercer componente principal PC3 muestra una fuerte correlación con el robo de 1,5-Pickups tonelada. En su conjunto muestra una preferencia o robos a vehículos de pequeña y mediana capacidad en comparación con los articulados.

Tabla 4.3 Análisis de componentes principales: Tamaño del vehículo

Eigenvalue	2.7710	1.1758	0.8609	0.1923	0.0000
Proporción	0.554	0.235	0.172	0.038	0.000
Acumulativo	0.554	0.789	0.962	1.000	1.000
Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Camión articulado	-0.569	-0.176	-0.259	0.222	0.727
Camión 3.5	0.442	0.612	0.071	-0.258	0.598
Camión de 2 ejes	0.545	-0.210	0.047	0.796	0.149
Camión de 3 ejes	0.318	-0.738	0.207	-0.478	0.289
Camioneta 1.5 Ton	-0.287	0.078	0.940	0.146	0.084

4.4.1.4 Tipo de mercancía

El tipo de mercancía fue identificado por los expertos como un factor de riesgo debido a la existencia de una demanda regular de productos de alto valor como la ropa, calzado deportivo, perfumes, etc, que son mercancías cuya marca les da un valor mayor que el simple costo de fabricar, esto sucede igualmente con los productos de la densidad económica alta. En estos casos, el riesgo para el tipo de producto está ligado a la existencia de un mercado gris de esta mercancía en el que se comercializa con un precio más bajo en comparación con el mercado formal. Por ello, los productos que tienen este tipo de demanda continua en el mercado gris son muy atractivos para los grupos criminales.

Según las estadísticas consultadas las mercancías con mayor incidencia de robo son los productos terminados, lo que concuerda con la opinión de expertos y empresarios. Sin embargo, algunos empresarios entrevistados también reportaron el robo de materias primas, que no están incluidos en las estadísticas con dicha clasificación. Esta circunstancia sugiere que el rastreo de robo de materias primas es un fenómeno que requiere ser estudiado, ya que algunos de ellos son muy particulares, de gestión especializada y de desconsolidación difícil para su venta en el comercio minorista en el mercado gris. Esto podría confirmar las opiniones de los expertos que afirman que muchos de los robos se realizan por encargo y no de manera aleatoria.

La tabla 4.4 muestra los productos más robados en el año 2010 en México, de acuerdo con la FreightWatch empresa.

Tabla 4.4 Productos más robados durante el año 2010

Alimentos y bebidas	22%
Material de construcción	18%
Autopartes	14%
Misceláneos	13%
Artículos Electrónicos	9%

Fuente: Freightwatch 2011

4.4.1.5 El factor humano

Este factor se refiere a la complicidad de los empleados de la empresa con los grupos criminales, al proporcionar información sobre el contenido de los envíos, destino e itinerario. No es posible identificar este factor con los datos estadísticos, se mencionan sólo por un 11% de los empresarios entrevistados, que se refiere sólo al conductor del vehículo, sin embargo, todos los expertos SCRM coincidieron en la importancia de este factor, colocándolo en el primer lugar y asignándole el mayor peso. Los empresarios consideran la posibilidad de la complicidad del conductor suponiendo que él pretende que una mercancía fue robada para vender el producto, sin embargo, esto puede ser complicidad del tendero o el personal de oficina que conoce la información sobre los envíos.

4.4.1.6 Carretera libre de peaje o Carretera de cuota

Según la opinión de expertos, la conducción en autopistas de peaje sin aumentar el riesgo de robo, incluso las compañías de seguros tienen como requisito para asegurar la mercancía que en las secciones que existen la posibilidad de moverse a través de las carreteras de peaje éste se seleccionará, en lugar de otras carreteras ya que estos ofrecen más facilidad para escapar y ocultar las mercaderías, a diferencia de una autopista de peaje que goza de más vigilancia y acceso controlado.

4.4.2 Factores relevantes y su peso

La lista de factores de riesgo obtenidos de fuentes de información analizadas, fueron entregados a los expertos que dieron ponderaciones importancia después de la aplicación del método Delphi. Estas ponderaciones reflejan el acuerdo entre los expertos sobre la relevancia de los factores y se muestran en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5 Factores significativos

Factor	Ponderación
Factor humano	44.93
Producto	43.48
Zona	6.52
Carretera cuota libre	2.90
Configuración vehicular	2.17

Fuente: elaboración propia

4.4.3. Impacto de Identificación

En la primera evaluación del impacto del robo de los envíos, todos los empresarios mencionaron el valor económico de las mercancías perdidas. Sin embargo, algunos de ellos reconocieron que hay otros impactos relevantes aparte del valor de la mercancía, incluso cuando no tienen totalmente identificados y cuantificados estos impactos. A continuación se proponen las dimensiones que pueden medir el impacto del robo a las empresas. La magnitud de este impacto depende de la característica de este producto.

4.4.3.1 Pérdida de la marca

Sobre todo en el caso de los productos especializados del peso de la marca está presente, esta característica permite diferenciar un producto de los otros (Mariotti, 2001) habla sobre el concepto de valor de marca, Kapferer (1992) a su vez establece la diferencia del valor de la marca y del producto valor. Puesto que el cliente tiene expectativas del producto basado en el peso de la marca, y los productos robados pueden estar expuestos a daños o contaminación, esto puede causar un daño irreparable al valor de la marca. Además, el producto robado representa una competencia para la misma empresa, debido a la venta en el mercado negro por una fracción de su precio.

4.4.3.2 Incumplimiento del cliente

El incumplimiento del cliente puede tener diversas consecuencias que van desde una penalización por el minorista hasta perder el cliente definitivamente. Este impacto sólo fue mencionado por algunos empresarios debido a las penalizaciones resultantes, sin embargo su estimación depende de la suma de ellos, a veces basada en el beneficio estimado que deja de ser percibido o por el hecho de tener un estante vacío. Mientras tanto, los expertos consideraron que la falta de cumplimiento con el cliente como el impacto mayor peso, seguida de la pérdida de mercado y la pérdida de la marca.

4.4.3.3 Pérdida de mercado

Uno de los principales impactos en un incidente de robo que puede tener graves consecuencias y, al mismo tiempo resulta muy difícil de estimar es la pérdida de mercado asociado a la demanda insatisfecha. Principalmente en el caso de las mercancías, según la definición de Bontana (1994) "Las materias primas son productos de naturaleza tecnológica idéntica lo que significa que no hay diferenciación alguna entre dos productos mientras se encuentran de la misma categoría o clase", por lo que este puede ser reemplazado por un producto de otra marca, con la posibilidad de que el cliente prefiera la nueva marca en sus siguientes compras.

4.4.3.4 Tiempo necesario para reabastecer nuevamente el producto robado

Los actuales sistemas de manufactura esbelta han logrado que las empresas puedan operar con inventarios mínimos y una relativa flexibilidad para adecuarse a las fluctuaciones del mercado, sin embargo, en algunas cadenas de suministro de alta complejidad y precisión, la pérdida de un envío puede llegar a ser prácticamente irrecuperable especialmente si se trata de la liberación de un nuevo modelo de producto, o simplemente de la temporada.

4.4.4 Elementos que desalientan el robo

Aunque está claro que el robo de mercancías en las carreteras es un problema que involucra muchos factores, una conclusión de este análisis es que mientras que es prácticamente imposible eliminar el riesgo de robo, es posible identificar las medidas que, incluso si no evitan el robo, hacen más difícil de llevar a cabo. Esto afecta a los grupos criminales, obligándolos a medidas de diseño que implican una mayor inversión de tiempo y recursos, lo que hace menos atractivo un cargamento robado. Vale la pena señalar que dichas medidas deben ser compatibles con la naturaleza del envío, ya que el gasto de seguridad puede ser aumentada sustancialmente, sin que ello implique un aumento correspondiente de la seguridad de la operación.

Las medidas recomendadas por los empleadores y los expertos en seguridad de la cadena de suministro se presentan en la Tabla 4.6 Se observó que los empresarios y los expertos coincidieron en la utilización de sistemas de seguimiento de la carga y el certificado de dotación de personal.

Tabla 4.6. Medidas recomendadas

Medidas	Expertos SCRM	Empresarios
GPS	X	X
Contratar operadores certificados		X
Integridad de la información	X	
Procedimientos de reacción en caso de robo	X	
Cambio de ruta		X
Convoy		X
Identificación y validación de personal clave	X	

Fuente: elaboración propia

En los últimos criterios, los expertos SCRM tener una visión más completa de la dotación de personal certificado. Un ejemplo de esto es que los empresarios perciben el conductor como el único elemento importante que debe ser certificado por el reclutamiento, omitiendo así el análisis dentro de la empresa para identificar posiciones clave, que por la naturaleza de su trabajo, puede filtrar la información pone en peligro los intereses de la empresa.

4.5 Conclusiones

Con base en el estudio concluye que, contrariamente a lo que se dijo en un principio por los transportistas y los usuarios del transporte, la ruta misma no es un factor determinante en el riesgo de robo, ya que cambiar de rumbo como una medida para reducir el robo en sí no es efectiva en el largo plazo. En su lugar, el tipo de bienes, es un factor en el riesgo de robo y, posiblemente, es el factor principal.

Un factor no considerado en un principio, que era de gran importancia, es la falta de control del personal que trabaja en las empresas para evitar la fuga de información, sin embargo, esta validación no sólo debe aplicarse a los conductores de las unidades, igualmente importante es diagnosticar dentro de las empresas e identificar el personal con acceso a información crítica en los envíos. Además, los expertos coinciden en que el equipo debe implementar procedimientos para asegurar la integridad de los datos y evitar el robo de datos por parte de terceros.

El método propuesto en este estudio presenta ventajas con respecto a la metodología tradicional de gestión del riesgo que se basa en identificar y priorizar riesgo de acuerdo con las estimaciones subjetivas de impacto y el estudio demostró la afirmación de Puljić (2010) "hay ciertos sesgos cognitivos que conducen a los distintos administradores a sobreestimar su propio conocimiento, las destrezas y su capacidad de influir en las circunstancias en las que trabajan y toman sus decisiones". Esto es de particular importancia en la gestión de la Cadena de Suministro de riesgos, ya que la percepción del riesgo y las decisiones

sobre la forma de tratar con él dependen en gran medida de la interpretación individual de la situación y las actitudes psicológicas de quien toma las decisiones.

Aunque esta propuesta se ha hecho para abordar el problema del robo de mercancías en México, esta metodología puede ser utilizada para estudiar los riesgos de la cadena de suministro cuando la información estadística es insuficiente para apoyar la toma de decisiones.

Referencias

Sheffi, Y. (2001). Supply chain management under the threat of international terrorism. *The International Journal of Logistics Management*, 1-11.

Willis, H., & Ortiz, D. (2004). Evaluating the security of the global containerized Supply Chain. Santa Monica, CA.: RAND.

Tsamboulas, D., & Moraiti, P. (2008). Identificación of potential target locations and attractiveness assessment due to terrorism in the freight transport. *Journal of Transportation Security*, 1(3).

Chopra, S., & Sodhi, M. (2004). "Managing risk to avoid supply chain breakdown". *MIT Sloan Management Review*, Fall, 53-61.

Uhlig, S. (2008). Managing disruptions in transportation systems. University Maastricht,, Faculty of Economics and Business Administration, Netherlands.

C. Wilson, M. (2007). The impact of transportation disruptions on supply chain performance. California: ELSEVIER.

Tsuchiya, S., Tatano, H., & Okada, N. (2007). Economic Loss Assessment due to Railroad and Highway Disruptions. *Economic Systems Research*, 147-162.

Huang, H., Chou, Y., & Chang, S. (2007). A dynamic system model for proactive control of dynamic events in full-load states of manufacturing chains. *International Journal of Production Research*, 1-22.

Rodrigues, V., Stantchev, D., Potter, A., Naim, M., & Whiteing, A. (2008). Establishing a transport operation focused uncertainty model for the supply chain. *International Journal of Operations and Production Management*, 388-411.

Cedillo, G. (2011). Primera encuesta Nacional, Evaluación del riesgo en la cadena de suministro. Nuevo León, Mexico: CONACYT.

Li, X., Chandra, C., & Shiau, J.-Y. (2008). Developing Taxonomy and Model for Security Centric Supply Chain Management. Michigan: Department of industrial and Manufacturing systems engineering, University of Michigan.

Puljić, M. (2010). The influence of cognitive biases on managerial perceptions. The 10th International Research Seminar. United kingdom: Loughborough University, UK.

Jessup, E., Monson, G., & Kasaban, K. (2006). A feasibility Study evaluating transportation security systems and associateds multi-modal efficiency impacts. Washington: School of economic science Washington State University.,Transportation Northwest (tansnow).,Department of civil Engineering.

Recurso Confiable. (2011). Theft statistics 2010. Retrieved Agosto 20, 2012, from Recurso Confiable: http://www.recursoconfiable.com/rep_sin_state.asp

FreightWatch. (2011). FreightWatch Annual Report Mexico Cargo Theft: 2010. Austin, Texas : FreightWatch.

Mariotti, J. (2001). Smart Things to Know About, Brands & Branding. Capstone.

Kapferer, J. (2008). The New Strategic Brand Management: Creating and Sustaining Brand Equity Long Term (Fourth ed.). Kogan Page.

Bonta, P., & Farber, M. (1994). 199 Preguntas sobre marketing. Bogotá, Colombia: Grupo editorial Norma.

CAPÍTULO5. Analyzing risk factors for highway theft in Mexico



Trabajo publicado en las memorias del
Safety and Security Engineering V
www.witpress.com, ISSN 1743-3509 (on-line)
WIT Transactions on The Built Environment, Vol 134, © 2013 WIT
Press
doi:10.2495/SAFE130391

E. de la Torre¹, C. Martner¹, J. Martínez², E. Olivares² & E. Moreno¹.

¹*Mexican Transportation Institute*

²*Popular Autonomous University of the State of Puebla*

Abstract

In recent years thefts in Mexican trucking sector have increased, causing huge losses to carriers, so a study to know the risk factors faced by the motor carriers seems pertinent. Security is a relatively recent topic in logistics and supply chain studies, mainly based on conceptual views and qualitative data on operational disruptions in the supply chain and security issues related to terrorism. This article aims to identify variables influencing the risk of trucking robbery in Mexico, providing information to facilitate security assessments of freight, and the planning of security schemes for companies. To identify these risk variables a statistical analysis of the available national information on freight thefts is done, determining a first set of variables to design a survey applied to experts in supply chain security based on the Delphi method. Results allow confirming the variables or suggesting new ones, showing their influence on the risk.

Keywords: Supply Chain Risk, Security, Theft.

5.1 Introduction

Since the late twentieth century, security and risk in the supply chains has been addressed around the world; however the number of works is still reduced especially on trucking theft, even while the articles on logistic and supply chain have grown steadily. The importance of this topic is evidenced by the safety

initiatives and certifications, which emphasize its impact in the supply chains. Some authors identify the need of research to understand, identify and quantify the risk in the supply chain to improve its management, with both conceptual and methodological contributions. Some of these contributions are as follow.

Sheffi [1], gives an introduction to understand supply chain risks, particularly, those tied with terrorism, giving some ideas to improve the design of the supply chain. Martha and Subbakrishna [2] discuss the risk on the supply chain, and the importance of developing chains ready to recover from perturbations.

Other studies [3, 4], give similar ideas by comparing the security of the supply chains with the total quality management. Lewis, Erera and White [5], deal with operative response techniques for security processes and interruptions. Luedtke and White [6] consider the visibility in the actives of the supply chains, both rigid and flexible activities. Bainman, Netessine and Kunreuther [7] discuss the mechanisms of collaboration to guarantee the security in a supply chain.

Willis and Ortiz [8] give a reference framework for the evaluation and management of security in the supply chain. They focus mainly on improving security and efficiency of the chain in the intermodal transport, to prevent terrorist attacks. Tsamboulas and Moraiti [9] designed a multicriteria model to evaluate the risk of the international supply chains to prevent terrorist acts.

Chopra and Sodhi [10] classify risk and the leading factors on the supply chain. Transport risks, are attributed both to permanent and temporal interruptions by various factors, such as congestion, natural catastrophes, and terrorism. Meanwhile, Uhlig [11] holds that in general, authors do not deal transport interruptions as a separate risk category, showing that more research is needed.

Wilson [12] distinguishes two types of interruptions: general and transport related. The latter referring to any interruption of the goods flow, while others

include, by example, interruptions in manufacturing of products. He examines the effects of transport interruptions in the performance of the supply chain, using system dynamics in two chain scenarios. Tsuchiya et al, and Huang, Chou and Chang [13, 14] apply simulation to evaluate similar cases. Other investigators analyze earthquakes and other natural catastrophes as source of transport interruptions and their impact on economy as Takahashi, Ando and Mun and Okuyama, Hewings and Sonis do [15, 16].

The literature review showed that just a few authors identify risk factors, and even a less number, those measuring the impact of interruptions in the supply chain, like transport. By example, Rodrigues et al [17] investigate the impact of the uncertainty in transport operations in the supply chains, but they do not quantify the transport interruption impact.

5.2 Security in the supply chain in Mexico

Security in the supply chain is a vast field with many gaps still because of the great number of links in the supply chain, and their different types of risk. At least in the trucking, there is no null risk, but it is possible to study, identify and analyze the main risk factors to modify them, preventing or mitigating its impact.

The type and level of risk is different for international supply chains than for those in a local environment. In Mexico, according to Cedillo [18], the entrepreneur's perception puts the main risks firstly on drug trafficking, then the theft to trucking, followed by smuggling and human smuggling. Generally the perception of the type and level of risk is not the same for all countries, so measures that result effective in a country may not be effective in another, due to economic, politic, social, and cultural characteristics differences.

This work is a first approach in the analysis of trucking theft. Mainly because it is an issue with a poor statistic information, but with the chance of research under the view of entrepreneurs and experts on the topic, to identify the principal factors

affecting the risk of shipments robbery. The aim is to contribute to evaluate the shipments risk with different features, and information on theft risk, to help avoiding overinvestment in security affecting companies' profits without incurring in losses by a subjective underestimate of the risk.

5.3 Research methodology

The identification and analysis of the sources of risk and its influence in the trucking theft in Mexico, was based on interviews to carriers and users of the freight service and as well to security experts in the supply chains. Multivariate analysis of robbery data in Mexico was examined as a complement. Interviews applied to 17 companies to know their perceptions on cargo robbery and how they evaluate the risk in the supply chain produced the first ideas on risk factors.

The Delphi Method was found as the most adequate methodology to apply, because available information was insufficient, and there were strong divergences between statistical sources and the companies' interviews according to region, type of goods moved and company size, among other factors.

Theft statistics from Mexico City were used for analysis of principal components (ACP). ACP results were discussed with five experts with at least ten-year experience in supply chain risk management, and included in the Delphi Method exercise. The first stage of Delphi Method yielded feedback on the relevance of the variables in the robbery risk, and extra variables were added by the experts. In the second stage of Delphi Method, experts selected the five key variables assigning a weight with base 100. Factors were rated according to the number of experts selecting each factor and the average weight given by the experts.

According to Li, Chandra & Shiau [19], security problems have three basic characteristics: they are complex, they are dynamic on time and they have no information. Truck robbery shows these three characteristics; the first alternative for the lack of statistic data was to interview to entrepreneurs, however,

considering the findings of Puljić [20] the subjective evaluation of risk performed by them can have cognitive biases giving a risk evaluation distinct from the real one.

To improve the identification of factors, information obtained from entrepreneurs was complemented, by doing interviews to experts on security of transport, following Jessup's methodology Jessup [21] who seeks to determine the costs of implementation of the security measures. The experts rated the factors given by the entrepreneurs, according to its relevance, proposing some others factors not considered by entrepreneurs.

The consensus of the opinions of the experts was obtained through the Delphi Method. An additional source of thefts to trucking is the Statistics of Theft by State, published by the company Recurso Confiante [22] with information about streets, cruises, day of the week and type of vehicle from theft reports. With this information a main components analysis was made to identify the most relevant factors on the incidence of the thefts.

5.4 Results

After the interviews and the Delphi analysis, the main risk factors, types of impacts and factors discouraging the theft were identified. It was found that the type of merchandise and the human factor, were those of most risk, while regarding impacts, the compliance failure to the customer and the loss of market were the most important once the interruptions emerge.

During the application of interviews to carriers and users it was corroborated that subjective evaluation, referred by Puljić [20], appeared on their perception from previous experiences. Companies without thefts in the last two years considered their probability of suffering it in the future as zero (0%) while those that had suffered thefts in the past two years rated their probability over 50%, in spite of the stolen cargo percentage did not approach even distantly to such proportion.

5.4.1 Factor identification

The list of possible risk factors obtained, is shown in Table 5.1 First column indicates the factor and in the rest it is indicated the source for the variable identified as a risk factor. The column labeled "Statistic data" refers to theft statistics from Recurso Confiante and Freight Watch [22, 23]. The column named "Entrepreneur" shows factors identified in the interviews to carriers and users of the transport service and the last column presents the experts opinions.

Table 5.1 Factor identificación

Factor	Statistic data	Entrepreneur	Experts
Route	Yes	Yes	No
Zone	Yes	n.d.	Yes
Size of vehicle	Yes	n.d	Yes
Type of merchandise	Yes	Yes	Yes
Human factor	n.d.	Yes	Yes
Free highway or fee	n.d.	n.d.	Yes

n.d. = No data

5.4.1.1 Route

Interviews to carriers and users of the trucking service, suggested the route as the main factor. However, ACP did not support this idea. To clarify this, interviews to companies with success stories in reducing thefts were done. It was found that route change did not reduce thefts, at least in the long term because companies which changed routes did not reduce robberies significantly, since quickly this new route became equally problematic. An explanation from experts suggested that the route is not a risk factor as such, since a criminal group is not positioned at a certain point in the road to steal vehicles, it rather works by demand, looking for a known shipment , probably selected by leaking information from the company itself.

5.4.1.2 Conflictive zones

Criminal groups operating in certain regions have caused insecurity for the transport of goods in the country by creating hot spots for cargo carried. This factor proposed by some companies and confirmed by half of the experts could explain the perception of the entrepreneurs on the importance of the route, by changing to the perspective of the zone, since the presence of criminal groups on the region is less volatile, because they easily carry out the theft by readjusting its localization of target shipments in its zone.

5.4.1.3 Size of the vehicle

A factor absent on the interviews to companies was the type of vehicle. ACP on the vehicular type suggests more theft on smaller vehicles; this coincides with the opinion of the experts, about that unit trucks are stolen more commonly because it is easier to break down the cargo and quickly distribute small shipments than big shipments. Criminals prefer flexible and quick operations, so choose to steal rather small shipments.

Figure 5.2 shows ACP results with Mexico City's theft data 2010 from the source *Recurso Confiable* [22, 23]. Vehicle types considered were: Articulated, 3.5-tons truck, 2-Axles truck, 3-Axles truck and 1.5-tons Pickup. The three first components explain 96.2% of the variance in the number of thefts. These components show negative correlation with articulated vehicles. The first principal component PC1 contrasts the preference of robbery to 2-axle vehicles versus articulated ones; the second principal component PC2 shows positive correlation for robbery to 3.5-tons truck and a negative correlation to 3-axles vehicles, and the third principal component PC3 shows a strong correlation to robbery to 1.5-ton Pickups. All together shows a preference or robberies to small and medium capacity vehicles versus the articulated ones.

Figure 5.2 Analysis of main components for size of the vehicle

Eigenvalue	2.7710	1.1758	0.8609	0.1923	0.0000
Proportion	0.554	0.235	0.172	0.038	0.000
Cumulative	0.554	0.789	0.962	1.000	1.000
Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Artic	-0.569	-0.176	-0.259	0.222	0.727
Truck3.5	0.442	0.612	0.071	-0.258	0.598
2-axle	0.545	-0.210	0.047	0.796	0.149
3-axle	0.318	-0.738	0.207	-0.478	0.289
Pickup1.5	-0.287	0.078	0.940	0.146	0.084

5.4.1.4 Type of merchandise

Merchandise type was identified by experts as a risk factor due to the existence of regular demand of products of high value, like clothing, sport shoes, etc. These goods brands, and those products with high economic density acquire a value greater than just the manufacture cost. In these cases risk is tied to the existence of a grey market (or parallel market), i.e., distribution channels which, while legal, are unofficial or unintended by the original manufacturer where goods are offered with a lower price compared to the formal market.

Statistics show that goods with higher theft incidence are finished products, which agrees with the opinions of experts and entrepreneurs shown in Table 2. However, some companies also reported raw materials thefts. This suggests that tracing of stolen raw materials requires research since some of them are of specialized management and of difficult deconsolidation for its sell on retail in the grey market. This could confirm the opinions of experts who claim that many of these thefts are carried out on request and not in a random way.

Table 5.3 shows the most stolen products in the year 2010 in Mexico, according to the company Freight watch.

Table 5.3 Most stolen products during the year 2010

Food and beverages	22%
Construction	18%
Automobile parts	14%
Miscellaneous	13%
Electronics	9%

Source: Freight watch 2011

5.4.1.5 Human factor

This factor refers to complicity of employees inside the companies with criminals, by leaking information on the shipments. It is hard to identify this factor with statistic data, being mentioned only by an 11% of the interviewed entrepreneurs, who referred just to the vehicle's driver. However, all the SCRM experts agreed on the relevance of this factor, placing it on the first place with the greatest weight. Entrepreneurs consider the driver's complicity, assuming he pretends that merchandise was stolen in order to sell it. This complicity could also come from office personnel knowing information on the shipments.

5.4.1.6 Free or toll road

According to experts, driving on toll-free highways increases the theft risk. Insurance companies require insuring the merchandise that in sections with toll road option this one be chosen, since other roads offer more ease to escape and hide the merchandises, unlike a toll road with surveillance and controlled access.

5.4.2 Relevant factors and its weighing

The list of risk factors obtained from the experts, with the weightings after applying the Delphi Method is shown in Table 5.4. These weightings reflect the agreement between experts about the relevance of factors.

Table 5.4 Significant factors

Factor	Weightings
Human factor	44.93
Type of product	43.48
Zone	6.52
Toll road vs. free	2.90
Vehicular configuration	2.17

5.4.3. Impact identification

On the first impact evaluation of shipments theft, all entrepreneurs mentioned the economic value of the lost merchandise. However, some of them recognized other relevant impacts aside of the value of merchandise, but they do not have completely identified or quantified these impacts. The impact magnitude depends on the product features. Below are proposed the dimensions which can measure the impact of the theft to companies.

5.4.3.1 Loss of the brand

Mainly, for specialized goods, brand value is present. This feature differentiates a product from others, Mariotti [24] proposes the concept of brand value, Kapferer [25], in turn, distinguishes between brand value and product value.

Since customer expectations are based on the brand value, and stolen products may be damaged or contaminated, this can cause an irreparable damage to the brand value. Besides, stolen product is a competence for the same company due the selling in the grey market by a fraction of its price.

5.4.3.2 Non-compliance to the customer

The non-compliance to customer may have implications going from a penalization by the retailer up to losing the customer permanently. This impact was only mentioned by some entrepreneurs due to penalizations; however their estimation depends on their accumulated sum, sometimes based on the estimated profit lost or by having an empty shelf. Experts considered the non-compliance to customer with the highest impact, followed by the loss of market and brand.

5.4.3.3 Loss of market

The loss of market associated with the unsatisfied demand is very hard to estimate. Principally for the commodities, as Bonta [26] defines, "Commodities are products of identical technologic nature which means that there is no differentiation at all between two products while they are of the same category or class". That is why goods can be replaced by another brand, with the chance that the customer will prefer the new brand in his (her) next buy.

5.4.3.4 Required time to newly resupply the stolen product

Lean manufacturing systems have allowed companies to operate with minimal inventories with a relative flexibility, to face the market fluctuations. However, in some supply chains of high complexity, the loss of a shipment may become practically irretrievable, especially if it is the release of a new model, product or simply of season.

5.5 Conclusions

The first conclusion is that the route is not a key factor in the theft risk, as change course to reduce theft is not effective in long term. Instead, type of goods is a factor in the risk of theft and possibly is one of the most important factors.

One important factor not considered at the beginning of this study, was the lack of control of the company's staff to prevent leakage of information. This validation should not only apply to truck drivers. Equally important is to diagnose within companies and identify personnel with access to confidential information about shipments. Additionally, experts agree that computer must implement procedures to ensure data integrity and prevent theft of data by third parties.

The method proposed on this study presents advantages over the traditional methodology of risk management which is based on identify and prioritizing risk according to subjective estimations of impact. The study proved the assertion by Puljić [20]: "there are certain cognitive biases that lead to individual managers to overestimate their own knowledge, skills, and their ability to influence circumstances in which they work and make their decisions. This is of particular

importance in the management of Supply Chain Risk, as the perception of risk and the decisions how to deal with it are highly dependent on the individual interpretation of the situation and the psychological attitudes of the decision maker”.

Furthermore, the present study identifies factors that influence risk facilitates decisions to determine effective measures of risk prevention and impact mitigation. Although this proposal has been made to address the problem of freight theft in Mexico, this methodology can be used to study the risks in the supply chain when statistical information is insufficient to support decision-making.

References

1. Sheffi, Y., Supply chain management under the threat of international terrorism. *The International Journal of Logistics Management*, pp. 1-11, 2001.
2. Martha, J., and Subbakrishna, S., Targeting a just in case supply chain for the inevitable next disaster. *Supply Chain Management Review*, 6 (5) pp.18-23, 2002.
3. Lee, H., and Wolfe, M., Supply chain security without tears. *Supply Chain Management Review*, 7(1), pp. 12-20, 2003.
4. Lee, H., and Whang, S., *Higher supply chain security with lower cost. Lessons from total quality management*. GSB Research Paper 1824, Stanford Graduate School of Business, Stanford University. 2003.
5. Lewis, B., Erera, A., and White, C., Optimization approaches for efficient container security operations at transshipment seaports. *Transportation Research Record*, (1822), pp. 1-8, 2003.
6. Luedtke, J., and White, C., The Value of Asset Visibility in the supply Chain: Single and Dual Source Models. *IEEE Conference on systems, man and cybernetics: proceedings*, 89-94, 2004.
7. Bainman, S., Netessine, S., and Kunreuther, H., *Procurement in supply chains when the end products exhibits the "weakest link" property*. The Wharton School, University of Pennsylvania, 2004.
8. Willis, H., and Ortiz, D. *Evaluating the security of the global containerized supply chain*. Santa Monica, CA., Rand, 2004.
9. Tsamboulas, D., and Moraiti, P., Identification of potential target locations and attractiveness assessment due to terrorism in the freight transport. *Journal of Transportation Security*, 1(3), 2008.
10. Chopra, S., and Sodhi, M., Managing risk to avoid supply chain breakdown, *MIT Sloan Management Review*, Fall, 53-61, 2004.
11. Uhlig, S., *Managing disruptions in transportation systems*. University Maastricht, Faculty of Economics and Business Administration, Netherlands, 2008.
12. Wilson, M., *The impact of transportation disruptions on supply chain performance*. California, Elsevier, 2007.
13. Tsuchiya, S., Tatano, H., and Okada, N., (2007). *Economic Loss Assessment due to Railroad and Highway Disruptions*. Economic Systems Research, 147-162, 2007.
14. Huang, H., Chou, Y., and Chang, S., A dynamic system model for proactive control of dynamic events in full-load states of manufacturing chains, *International Journal of Production Research*, 1-22, 2007.
15. Takahashi, A., Ando, A., and Mun, S., Estimation of the Economic Damages Caused by the Hanshin-Awaji Great Earthquake. *Infrastructure Planning Review*, 14, pp. 149-156, 1997.
16. Okuyama, Y., Hewings, G., and Sonis, M., *Measuring Economic Impacts of Disasters: Interregional Input-Output Analysis Using Sequential Inter industry Model*, Y. Okuyama, and S.E. Chang (Eds.) 2004.

17. Rodrigues, V., Stantchev, D., Potter, A., Naim, M., and Whiteing, A., Establishing a transport operation focused uncertainty model for the supply chain. *International Journal of Operations and Production Management*, 388-411, 2008.
18. Cedillo, G., *Primera encuesta nacional, Evaluación del riesgo en la cadena de suministro*. Nuevo León, Mexico, CONACYT, 2011.
19. Li, X., Chandra, C., and Shiau, J.-Y., Developing taxonomy and model for security centric supply chain management. Michigan: Department of industrial and manufacturing systems engineering, University of Michigan, 2008.
20. Puljić, M., The influence of cognitive biases on managerial perceptions. *The 10th International Research Seminar*. United kingdom: Loughborough University, UK, 2010.
21. Jessup, E., Monson, G., and Kasaban, K., *A feasibility Study evaluating transportation security systems and associateds multi-modal efficiency impacts*. School of economic science Washington State University., Transportation Northwest (trans now), Department of civil Engineering, 2006.
22. Recurso Confiable, Theft statistics 2010. Retrieved 08-20-2011, from Recurso Confiable: http://www.recursoconfiable.com/rep_sin_state.asp, 2011.
23. Freight Watch, *Annual report Mexico cargo theft: 2010*. Austin, Texas. Freight Watch, 2011.
24. Mariotti, J., *Smart things to know about, brands and branding*. Milford, USA. Capstone USA, 2001.
25. Kapferer, J., *The new strategic brand management: Creating and sustaining brand equity long term* (Fourth ed.). Kogan page, 2008.
26. Bonta, P., and Farber, M., *199 Questions about marketing*, Bogotá, Colombia: Norma, 1994.

CAPÍTULO 6. Metodología para evaluar el nivel de riesgo en el autotransporte de carga



Artículo publicado en las memorias del
International Congress on Logistics & Supply Chain, CiLOG
2013
Sanfandila, Queretaro, Mexico. 24-25 October 2013

Martha Elizabeth de la Torre Romero
Eric Moreno Quintero
Cinthya Aguilar Soriano
Carlos Martner Peyrelongue
Coordinación de Integración del Transporte
Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
Querétaro, México

José Luis Martínez Flores
Elías Olivares Benítez
Posgrado en Logística y Dirección de la Cadena de Suministro
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP)
Puebla, México

Resumen

Se propone una metodología para cuantificar riesgos de robo en el autotransporte de carga, útil para planes de seguridad de las empresas transportistas. Se aborda la problemática del robo al autotransporte en México, que en años recientes ha impactado seriamente la logística y la competitividad del subsector.

Se examina el robo de carga partiendo de encuestas a transportistas y un Análisis de Componentes Principales de datos sobre robos. Esta información fundamenta la opinión de un grupo de expertos utilizando la Técnica Delphi y el Proceso de Jerarquía Analítica, para determinar y ponderar factores de riesgo, los cuales permiten calcular un índice de riesgo para situaciones específicas de transporte (carga movida, ruta, etc.).

Obtener información confiable sobre robos de carga es muy difícil, por lo sensible del tema y la inexactitud de los datos publicados. Estas imprecisiones y las percepciones subjetivas asociadas se atenúan con esta metodología basada en opiniones de expertos y en las técnicas referidas para integrar el índice de riesgo propuesto. Este índice permite dimensionar y comparar estrategias de seguridad para las empresas, apoyando su toma de decisiones. Mejoras futuras en la información disponible y en las encuestas a transportistas afinarán los resultados, incrementando la seguridad del subsector.

Palabras Clave—seguridad; robo; cadena de suministro; gestión del riesgo.

6.1 Introducción

La tarea de lograr el suministro de bienes en tiempo y forma, ha sido un tema complejo de abordar a través de la historia, debido a que depende en gran medida de la coordinación de un número variable de actividades que se llevan a cabo en ámbitos que no siempre pueden ser controlados, en las cuales intervienen diferentes actores, cada uno con intereses propios, comunes e incluso opuestos. Si a la complejidad de la coordinación le sumamos todos aquellos factores naturales u ocasionados por el hombre que pueden interferir en el buen desempeño de la cadena de suministro, la incertidumbre puede llegar a ser abrumadora.

Desde finales del Siglo XX, el tema de la seguridad y el riesgo en la cadena de suministro ha sido abordado por diversos autores; sin embargo el número de contribuciones sobre esta temática aún es incipiente, sobre todo con respecto al robo al autotransporte. La relevancia de esta problemática se ha evidenciado en las iniciativas y certificaciones en materia de seguridad, que enfatizan el impacto que tiene en las cadenas de suministro a nivel internacional. [1] así como [2] identificaron tempranamente la necesidad de avanzar en el entendimiento, identificación y cuantificación del riesgo en la cadena de suministro para lograr avances en su gestión, realizando importantes progresos que fundamentan dichos estudios, con aportaciones tanto conceptuales como metodológicas. Algunas de estas aportaciones son las siguientes:

Sheffi [1] presenta una introducción para entender el riesgo de la cadena de suministro, y en particular el ligado con acontecimientos terroristas; además propone un conjunto de ideas para lograr la capacidad de reacción en el diseño de la cadena de suministro. [2], dan un marco de referencia para la evaluación y gestión de la seguridad de la cadena de suministro. Su reporte se enfocó principalmente a mejorar la seguridad y eficiencia de la cadena en el transporte intermodal para la prevención de ataques terroristas.

Por su parte, [3] diseñaron un modelo multicriterio que permite evaluar el riesgo de las cadenas de suministro internacionales con la finalidad de prevenir actos terroristas. [4] introducen una clasificación de los riesgos en la cadena de suministro y los eventos o factores que conducen a los mismos, entre los que destacan los riesgos del transporte que pueden atribuirse tanto a interrupciones permanentes como temporales (demoras) debido a varios factores clave, tales como congestión, catástrofes naturales y terrorismo. Por su parte, [5] argumenta que en general los autores no mencionan explícitamente la interrupción del transporte como una categoría de riesgo por separado, y por tanto, puede considerarse que este tema no se ha abordado con el detalle que se merece.

Wilson [6] distingue interrupciones en general y de transporte. Ésta última la refiere como cualquier interrupción del flujo de los bienes, mientras que otros tipos de perturbaciones también incluyen por ejemplo, las interrupciones en la fabricación de los productos. Su trabajo examina los efectos de las interrupciones del transporte en el rendimiento de la cadena de suministro utilizando dinámica de sistemas en dos escenarios diferentes de la cadena.

En la revisión de la literatura, puede observarse que son pocos los autores que identifican los factores generadores de riesgo, y menos los que buscan medir el impacto de las interrupciones de cada uno de ellos en la cadena de suministro, incluido el transporte. Por ejemplo, [7] investigan el impacto de la incertidumbre en las operaciones de transporte dentro de las cadenas de suministro, pero no cuantifican el impacto por una interrupción de éste.

El Law Revision Counsel norteamericano, define la interrupción del transporte como un retraso significativo, que interrumpe o suspende el funcionamiento de los flujos comerciales; que puede ser provocado por un desastre natural, un nivel de amenaza mayor, un acto de terrorismo, o cualquier incidente de seguridad en el transporte. El término "incidente de seguridad en el transporte" incluye cualquier incidente de seguridad que resulta en una

significativa pérdida de vidas humanas, daños ambientales, alteración del sistema de transporte, o trastornos económicos en un área en particular.

Las interrupciones del transporte también incluyen la destrucción y la pérdida total de las mercancías en tránsito [8]. Lo cual coincide con el punto de vista de [9], quienes aseveraron que las discontinuidades en la cadena de suministro son costosas y es necesario entender cómo afectan una cadena de suministro para desarrollar estrategias adecuadas que permitan aminorar su impacto.

6.2 Riesgo

El riesgo es considerado función de la probabilidad de que ocurra un suceso y de la magnitud del impacto que este podría tener dentro de una organización; esto se puede representar por la ecuación (1):

$$\text{Probabilidad de ocurrencia} \times \text{impacto} = \text{riesgo} \quad (1)$$

Lo cual dicho de otra manera evalúa la posible pérdida que se tendría ante la ocurrencia de un evento adverso, y se interpreta como una función con base en la probabilidad y la magnitud del impacto de dicho evento. El impacto se evalúa con base en escalas de acuerdo a la percepción del empresario donde identifican más bien, un grado a través de categorías como: alta, media y baja.

6.2.1 Administración de riesgos

La administración de riesgos se enfoca al manejo de la incertidumbre de las amenazas, el poder controlarlas modificando sus diferentes variables de tal modo que no afecten a la organización o su grado de afectación sea menor.

Para llevar a cabo una gestión de riesgos, se debe en primer lugar, evaluar el riesgo, para lo cual se precisa de conocer las variables que lo forman, es decir la probabilidad y el impacto. La conjugación de estas dos variables genera diferentes niveles de riesgos mostrados en la matriz de la Fig. 6.1 la determinación

de estos niveles permiten clasificar los riesgos para priorizar su atención y definir los recursos que conviene destinar.

Figura6.1 Matriz de riesgo

P R O B A B I L I D A D	1	2
	3	4
IMPACTO		

El BASC (Business Alliance for Secure Commerce) clasifica los riesgos en especulativos y puros, los primeros son aquellos que permiten ganar o perder y están relacionados con la parte lucrativa u objeto del negocio. En cambio, en los riesgos puros únicamente implican pérdidas, en esta clase de riesgos, a los que están más expuestos los participantes de la cadena de suministro del comercio exterior, se identifican:

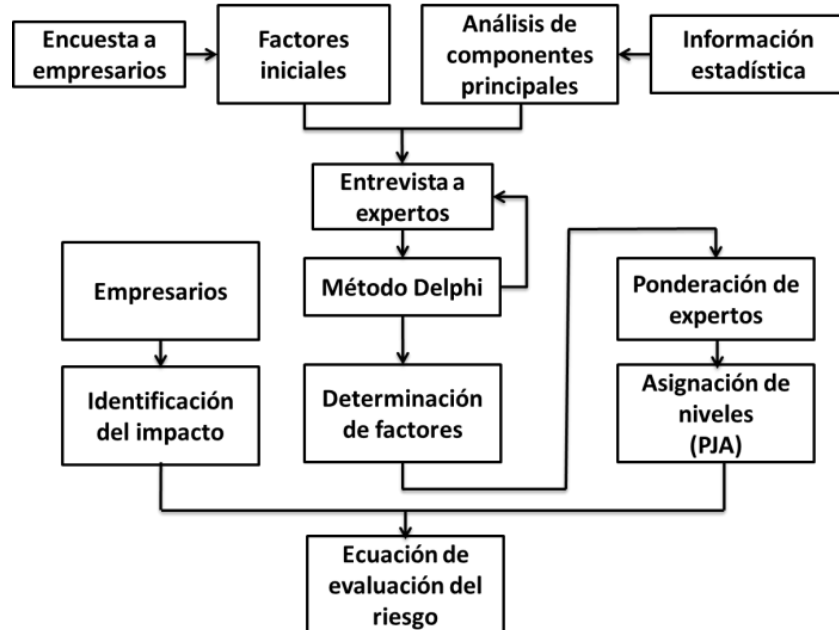
- Robos: Pueden ser sistémicos, donde los robos son menores pero frecuentes, u organizados, los cuales generalmente son de gran magnitud.
- Tráfico ilícito: Se entiende como todo comercio al margen de la ley, de personas, mercaderías o sustancias.
- Terrorismo: Se refiere al sabotaje, atentados masivos o selectivos, secuestros y toma de instalaciones.
- Piratería: Se define como el término aplicado a los delitos cometidos en contra de los medios de transporte.

6.3 Principales riesgos en la cadena de suministro en México.

Cedillo (2011) identifica el tráfico de drogas y el robo a camiones como los principales riesgos de acuerdo con la percepción de empresarios entrevistados. Aunque empresarios y autoridades coinciden en la urgente necesidad de abatir la problemática del robo al autotransporte federal aún no se han homologado estadísticas sobre las dimensiones y el impacto del problema. Existen diversas fuentes que aportan datos sobre el robo al autotransporte, desafortunadamente estas estadísticas recolectan una cantidad limitada de variables sobre los robos registrados por lo que la aplicación de técnicas estadísticas no bastan para identificar los factores que impactan en la probabilidad de que un embarque sea robado.

Este artículo propone una metodología que permita obtener una medición del riesgo de robo al autotransporte de carga, a partir del análisis de componentes principales de los datos estadísticos disponibles, entrevistas a empresarios (transportistas y usuarios) y la aplicación de encuestas a expertos aplicando los métodos Delphi y el proceso de jerarquía analítica (PJA) [11] con la opinión de expertos.

Figura. 6.2 Metodología propuesta



La Fig. 6.2 describe la metodología desarrollada para evaluar el riesgo en el transporte. La encuesta a empresarios fue aplicada a doce transportistas y cinco usuarios quienes dieron a conocer su percepción del robo de carga en carretera; esta encuesta dio pie a las primeras hipótesis sobre los factores que influyen en el riesgo de robo.

6.4 Metodología de la investigación

Se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP) a la información estadística disponible de robos en la ciudad de México y los resultados obtenidos se discutieron con ocho expertos en seguridad en la cadena de suministro. Para identificar a los expertos se seleccionaron profesionales que se desarrollan como consultores en seguridad de la cadena de suministro; dirigentes de empresas dedicadas a mejorar la seguridad en la cadena de suministro; gerentes del departamento de seguridad patrimonial de empresas miembros del BASC y agentes de seguros especialistas en riesgos especiales en el transporte de carga. Todos ellos con experiencia de entre los 10 y 20 años en el tema de seguridad; cuatro de ellos ubicados en la misma ciudad de México.

Para el análisis de los resultados se utilizó la técnica Delphi en dos fases; en la primera fase se obtuvo retroalimentación del por qué estas variables impactan en el riesgo de robo, agregándose otras variables más, por recomendación de los expertos, lo cual dio como resultado doce variables de riesgo.

En la segunda encuesta, se mostraron los resultados y los expertos seleccionaron cinco factores principales, asignando nuevamente una ponderación con base 100 a este nuevo grupo de factores. Una vez identificados, se les asignó una ponderación con base en el número de expertos que los eligió y el peso otorgado a dicho factor. Además, se les solicitó que identificaran y ponderaran los impactos del robo de mercancías en el transporte de carga adicionales a la pérdida económica del valor de la mercancía.

A fin de evaluar el riesgo de robo para la toma de decisiones, es pertinente que el dueño de la carga con base en el valor de la mercancía transportada estime el impacto de pérdida a causa del monto de penalizaciones por entrega a destiempo o por paro de línea, además del efecto negativo por depreciación de la marca o pérdida del mercado. Dada la complejidad que representa cuantificar estos últimos impactos, una manera de obtener una aproximación puede lograrse al asignar una parte proporcional del valor del embarque de acuerdo a las características del producto.

Posteriormente se establecieron las clasificaciones de acuerdo al nivel de riesgo que pudiera representar cada factor con base en las características del embarque y se solicitó a los expertos llevar a cabo una ponderación de acuerdo a la escala diseñada por [11] mediante el Proceso de Jerarquía Analítica para identificar el nivel de riesgo que representa cada factor.

Una vez que se dispone de los datos, el empresario es capaz de evaluar el riesgo de robo con base en las características del embarque y el impacto estimado por parte de la organización.

6.5 Resultados

Con base en la metodología planteada se obtuvieron factores, clasificaciones y pesos preliminares, los cuales se pretenden aplicar a futuro en empresas de un determinado sector donde sea posible llevar a cabo una evaluación del riesgo con respecto a los índices de robo que presentan.

6.5.1 Identificación de factores

Del ejercicio de identificación se obtuvo una lista de posibles factores de riesgo, mostrada en la Tabla 6.1, donde la primera columna indica el factor y el resto de las columnas señalan las fuentes de identificación de la variable como factor de riesgo. La columna Datos estadísticos incluye la información de estadísticas de robo provenientes de las empresas [12] y [13]; de esta última fuente se tomó información sobre mercancías con mayor índice de robos. La columna Empresarios presenta los factores identificados en las entrevistas

aplicadas a transportistas y usuarios del servicio de transporte y la última columna presenta los factores identificados como relevantes por los expertos.

Tabla 6.1 Identificación de factores

Factor	Datos		
	estadísticos	Empresarios	Expertos
Ruta	n.d.	Sí	No
Zona	Sí	n.d.	Sí
Tamaño del vehículo	Sí	n.d.	Sí
Tipo de mercancía	Sí	Sí	Sí
Factor Humano	n.d.	Sí	Sí
Día de la semana	No	Sí	No
Carretera libre o cuota	n.d.	n.d.	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas *n.d.=no hay dato*

Ruta:

Al principio del estudio, las entrevistas a transportistas y usuarios del transporte de carga sugirieron la hipótesis de que el mayor factor de riesgo es la ruta; es decir, autopistas y puntos específicos por donde pasa el embarque hacia su destino. Sin embargo, al analizar los datos de robos registrados con el método de componentes principales, se obtuvieron resultados opuestos a esa hipótesis inicial sobre la ruta como factor principal de riesgo de robo.

Para aclarar este punto, se entrevistaron a empresas y personal vinculados a casos de éxito en la reducción de robos, quienes indicaron que el cambio de ruta no garantiza la reducción de robos, al menos en el largo plazo, ya que empresas que empezaron a cambiar rutas, no redujeron los robos significativamente, pues en breve su nueva ruta era igual de problemática.

Una posible explicación de este resultado vino de los expertos, quienes coincidieron en que la ruta no es factor de riesgo, pues un grupo criminal no se posiciona en cierto punto de la carretera a robar vehículos al azar, sino que trabajan sobre demanda, buscando embarques previamente identificados, quizá por fugas de información de la propia empresa.

Zonas Conflictivas:

Este factor, propuesto por algunos empresarios y confirmado por la mitad de los expertos, pudiera extender la importancia relativa de la ruta hacia la perspectiva de zona, pues las rutas pueden cambiar fácilmente, pero la presencia de grupos criminales en una región es menos volátil y representa un factor adicional de riesgo, pues si la región es dominio de un grupo criminal, para éste se facilita realizar el robo sin enfrentar resistencia.

Para definir las zonas con mayor riesgo presentadas en la Tabla 6.2, se empleó la clasificación propuesta por [13], la cual considera cuatro niveles de riesgo: Severo, Alto, Medio y Bajo, de acuerdo al número de robos que se reportan en cada estado. De esta manera es posible evaluar la ruta considerando su paso por los diferentes estados y el nivel de riesgo que implican, incluso tomando en cuenta la parte proporcional del trayecto que pasa por zonas consideradas de severo o alto riesgo.

Tabla 6.2 Clasificación de zonas

Zonas de riesgo		
Severo	Estado de México	Nuevo León
	Distrito Federal	
Alto	Guanajuato	Zacatecas
	Tamaulipas	San Luis Potosí
	Puebla	Querétaro
	Veracruz	Michoacán
	Jalisco	Coahuila
	Tlaxcala	Hidalgo
Medio	Colima	Guerrero
	Sinaloa	Sonora
	Nayarit	Aguascalientes
	Chihuahua	Baja California
	Baja California Sur	Norte
Bajo	Oaxaca	Campeche
	Tabasco	Durango
	Yucatán	Chiapas
	Quintana Roo	Morelos

Fuente: Elaboración propia con base en FreightWatch, CANACAR, ANTAD Y AMSIRIA 2012.

Tamaño del Vehículo:

Un factor ausente en las entrevistas a las empresas fue el tipo de vehículo. El análisis de componentes principales con respecto al tipo de vehículos sugiere una mayor incidencia de robo en vehículos más pequeños, resultado que coincide con la opinión de los expertos de que los camiones unitarios son más robados por la facilidad de distribuir rápidamente pequeños envíos en lugar de grandes cargas. Esto da a los grupos criminales flexibilidad y rapidez en sus operaciones, y de ahí su preferencia a robar cargamentos pequeños.

La Tabla 6.3 muestra un análisis de componentes principales utilizando Minitab con datos de aproximadamente 1000 robos registrados en la ciudad de México de la fuente [12] Recurso Confiable para 2010. Los tres primeros componentes explican 96,2% de la varianza en el número de robos. Los tres componentes muestran correlación negativa con los vehículos articulados. El primer componente principal PC1 contrasta la preferencia de robo a vehículos de 2 ejes en comparación con los articulados; el segundo componente principal PC2 contrasta una correlación positiva por robo a camiones de 3,5 toneladas frente a una correlación negativa con vehículos de 3-ejes, y el tercer componente principal PC3 muestra una fuerte correlación con el robo de camionetas de 1.5 toneladas. En su conjunto muestran preferencia a robos de vehículos de pequeña y mediana capacidad, en comparación con los articulados.

Tabla 6.3 Análisis de componentes principales: Tamaño del vehículo

Eigenvalue	2.7710	1.1758	0.8609	0.1923	0.0000
Proporción	0.554	0.235	0.172	0.038	0.000
Acumulativo	0.554	0.789	0.962	1.000	1.000
Variable	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Camión articulado	-0.569	-0.176	-0.259	0.222	0.727
Camión 3.5	0.442	0.612	0.071	-0.258	0.598
Camión de 2 ejes	0.545	0.210	0.047	0.796	0.149
Camión de 3 ejes	0.318	-0.738	0.207	-0.478	0.289
Camioneta 1.5 Ton	-0.287	0.078	0.940	0.146	0.084

Fuente: Elaboración propia en Minitab 14

La ponderación del tipo de vehículo como factor de riesgo, resultó ser de las más bajas calificadas por los expertos, pues mantienen la posición de que los robos son en su mayoría planeados y su objetivo (la mercancía) es previamente identificado, por lo que consideran que la configuración vehicular no es el principal factor que determina el robo de un embarque.

El ACP identifica una ligera preferencia por vehículos de pequeña y mediana capacidad, esto puede explicarse con la opinión de expertos: “Tratándose de un mismo tipo de mercancía, puede existir preferencia por robar vehículos más pequeños, porque es más fácil esconder la mercancía robada que se vende al menudeo en mercados”.

La clasificación usada para ponderar este factor fue de acuerdo a las configuraciones vehiculares por su número de ejes: Camioneta con capacidad de 1.5 Toneladas, Camión con capacidad de 3.5 Toneladas, Vehículo unitario de 2 ejes (C2), Vehículo unitario de 3 ejes (C3) y Tracto camión articulado de 3 ejes (T3S2).

Tipo de Mercancía: El tipo de mercancía fue identificado por los expertos como un factor de riesgo debido a la existencia de una demanda regular de productos de alto valor como la ropa, calzado deportivo, perfumes, etc., ya que son mercancías a las que su marca les da un valor mayor que el simple costo de fabricar.

Esto sucede igualmente con productos con densidad económica alta. En estos casos, el riesgo está ligado a la existencia de un mercado gris de esta mercancía donde se comercializa a un precio más bajo comparado al mercado formal. Por ello, los productos con demanda continua en el mercado gris son muy atractivos para los grupos criminales.

Según las estadísticas consultadas las mercancías con mayor incidencia de robo son los productos terminados, lo que concuerda con la opinión de expertos y

empresarios que se muestran en la Tabla 6.4. Sin embargo, los empresarios también reportaron robo de materias primas, que no aparecen en las estadísticas con dicha clasificación, lo que sugiere que el rastreo de robo de materias primas es un tema que requiere estudio, pues algunos de ellos son muy particulares, de gestión especializada y de desconsolidación difícil para su venta en el comercio minorista en el mercado gris. Esto coincide con la opinión de los expertos en que muchos de los robos se realizan por encargo y no de manera aleatoria.

De acuerdo con la empresa [14] la tabla IV muestra los productos más robados durante el primer cuatrimestre del 2013 en México, Con base en esta información se definieron tres categorías: Alta, Media y Baja considerando el incremento del riesgo de robo por tipo de mercancía.

Tabla 6.4 Productos más robados primer cuatrimestre 2013

Nivel	Tipo de mercancía	Porcentaje
Alto 0.5	Comida y bebidas	29%
	Material de construcción	19%
	Químicos	8%
	Misceláneos	5%
	Autopartes	4%
Medio 0.3	Cuidado personal	3%
	Casa y jardín	3%
	Electrónicos	2%
	Alcohol	2%
	Ropa y zapatos	1%
	Farmacéuticos	1%
Bajo 0.2	Tabaco	1%
	Otros	20%

Fuente: FreightWatch 2013

El Factor Humano:

Este factor se refiere a la complicidad de empleados de la empresa con los grupos criminales, al dar información sobre el contenido de los envíos, destino e itinerario. No es posible identificar este factor con los datos estadísticos; fue mencionado por 11% de los empresarios entrevistados, y en referencia sólo al conductor del vehículo; sin embargo, los expertos en la Gestión de Riesgos en la Cadena de Suministro (SCRM por sus siglas en inglés) coincidieron en la

importancia de este factor, colocándolo en el primer lugar y asignándole el mayor peso. Los empresarios consideraron la posible complicidad del conductor, suponiendo que se simula un asalto para luego vender la mercancía; sin embargo, esta complicidad también podría venir del personal de oficina que conoce la información sobre los envíos.

Para este factor se definieron tres clasificaciones:

- Empresas que no tienen ningún control con respecto al personal que ingresa y maneja información de la empresa.
- Empresas que limitan la contratación de operadores de unidades de carga solo a personal certificado con base a investigación de antecedentes y referencias comprobables.
- Empresas que llevan a cabo un diagnóstico del personal clave que maneja información al interior de la empresa y lleva a cabo investigación de antecedentes y referencias previas a la contratación.

Para establecer su ponderación, se empleó el proceso de jerarquía analítica (PJA) desarrollado por el Dr. Thomas L. Saaty a través del cuestionario que se muestra en la Fig.6.3

Figura. 6.3 Cuestionario de factor humano

Model Name: Factores de riesgo	
Compare the relative importance with respect to: Factor Humano (L, 330)	
Circle one number per row below using the scale:	
	1= Equal 3= Moderate 5= Strong 7= Very strong 9= Extreme
1 No aplicar controles	8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Certificar solo operadores
2 No aplicar controles	8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Identificar y certificar personal clave
3 Certificar solo operadores	8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Identificar y certificar personal clave

Carretera Libre de Peaje o Carretera de Cuota:

Según los expertos, utilizar autopistas de cuota disminuye el riesgo de robo. Esto se refleja en el requisito de las compañías aseguradoras, que para responder por la mercancía exige que en las secciones del camino donde existan carreteras de cuota, éstas deberán elegirse, sobre las carreteras libres de peaje, debido a

que en estas últimas es más fácil escapar y ocultar la mercancía, a diferencia de una autopista de cuota que tiene más vigilancia y acceso controlado.

Cabe destacar que en las zonas urbanas se puede presentar alto riesgo de robo ya que transitar por áreas densamente pobladas obliga a los conductores a circular a baja velocidad, lo que facilita la intercepción de la unidad. Al estudiar los datos estadísticos proporcionados por Recurso Confiable [14], además del Distrito Federal, los estados de Nuevo León y Jalisco presentan un alto número de robos en zonas urbanas.

Para evaluar el efecto del tipo de carretera se consideraron las siguientes clasificaciones:

- a) Carretera de cuota: Rutas que transitan solo por autopistas de cuota, en donde es posible llegar del origen al destino, sin pasar por tramos de carretera libre de peaje.
- b) Carretera libre: Para los casos en que el recorrido completo se lleva a cabo por carreteras libres de peaje.
- c) Mixto: Una gran parte de rutas presentan recorridos mixtos donde no se tiene la alternativa de autopista de cuota en su totalidad, por lo que parte del recorrido se realiza en autopista libre de peaje.

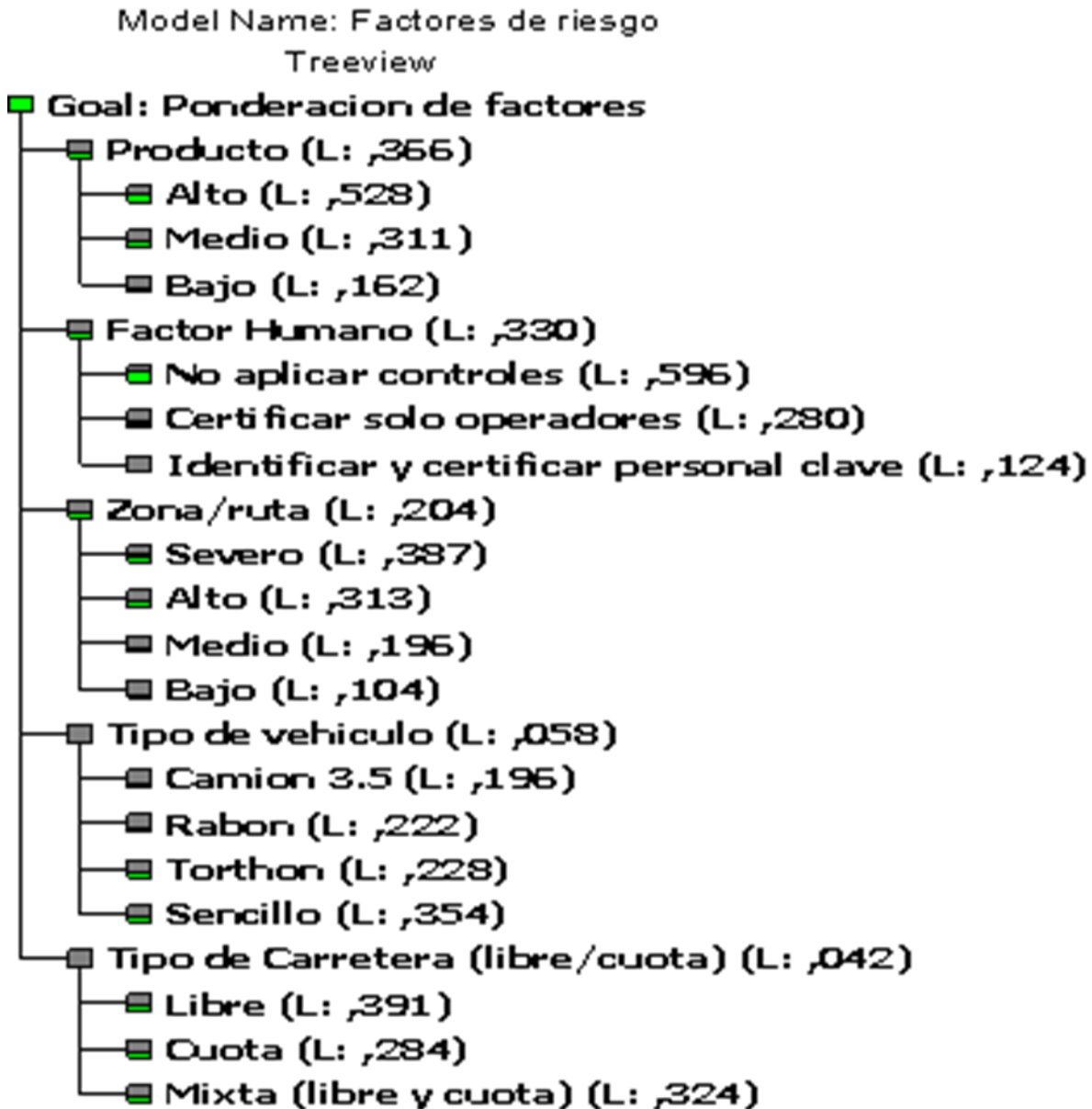
A pesar de identificar la influencia del tipo de carretera en el incremento o disminución del riesgo, la calificación para este factor resultó baja debido a que según la opinión de los expertos, una vez que se ha identificado el embarque como objetivo de robo, los ladrones buscarán el punto a lo largo de la ruta donde la unidad sea más vulnerable, por lo cual tomar una autopista de cuota, obligará a los grupos criminales a buscar un nuevo punto donde interceptar la unidad para atracarla más no desincentiva el robo.

6.5.2 Factores relevantes y su peso

La lista de factores de riesgo obtenidos de fuentes de información analizadas se entregó a los expertos quienes ponderaron su importancia al final

del método Delphi. Las ponderaciones muestran el acuerdo entre los expertos sobre la relevancia de los factores y se muestran en la Fig. 6.4

Figura. 6.4 Vista de árbol de PJA



Fuente: Elaboración propia.

6.5.3 Identificación del impacto

En la primera evaluación del impacto del robo de los envíos, todos los empresarios indicaron el valor económico de la carga perdida. Sin embargo, algunos reconocieron otros impactos relevantes aparte del valor de la mercancía, a pesar de no tener totalmente identificados y cuantificados estos impactos.

A continuación se proponen algunas consideraciones adicionales que deberán tomarse en cuenta para evaluar el impacto del robo de acuerdo a las características del producto.

Pérdida de la marca:

Principalmente para productos especializados, el peso de la marca importa, pues este rasgo diferencia a un producto de otros. [15] discute el concepto de valor de marca, y [16] a su vez distingue el valor de la marca y el valor del producto.

Puesto que el cliente tiene expectativas del producto con base en el peso de la marca, y los productos robados están expuestos a daño o contaminación, el robo puede causar un daño irreparable al valor de la marca. Además, el producto robado es competencia desleal para la misma empresa, por su venta en el mercado gris a un precio menor.

Incumplimiento al cliente:

El incumplimiento al cliente tiene varias consecuencias que van desde una penalización por el minorista hasta la pérdida del cliente. Este impacto sólo fue mencionado por algunos empresarios debido a las penalizaciones resultantes; su estimación depende de la suma de dicha penalización, a veces basada en el beneficio estimado no recibido o por el hecho de tener un estante vacío.

Los expertos consideraron la falta de cumplimiento con el cliente como el impacto con mayor peso, seguido de la pérdida de mercado y la pérdida de la marca.

Pérdida de mercado:

Uno de los principales impactos que puede tener graves consecuencias y a la vez es difícil de estimar, es la pérdida de mercado por la demanda insatisfecha. Principalmente para las mercancías, según la definición de [17] "Los commodities son productos de naturaleza tecnológica idéntica, lo que significa que no hay diferenciación alguna entre dos productos mientras se encuentran en la misma categoría o clase", por lo que éste puede reemplazarse por un producto de otra marca, con la posibilidad de que el cliente prefiera la nueva marca en sus siguientes compras.

Tiempo necesario para reabastecer nuevamente el producto robado:

Los actuales sistemas de manufactura esbelta permiten a las empresas operar con inventarios mínimos y una relativa flexibilidad para adecuarse a las fluctuaciones del mercado, sin embargo, en algunas cadenas de suministro de alta complejidad y precisión, la pérdida de un envío puede llegar a ser irrecuperable especialmente si se trata de la liberación de un nuevo modelo de producto, o simplemente de temporada.

6.5.4 Elementos que desalientan el robo

Si bien el robo de mercancías en las carreteras es un problema con varios factores, se puede observar que aunque es prácticamente imposible eliminar el riesgo de robo, se pueden identificar medidas que, a pesar de que no impiden el robo, sí lo obstaculizan. Esto obliga a los grupos criminales a invertir más tiempo y recursos, lo cual hace menos atractivo el cargamento objetivo.

Vale la pena señalar que estas medidas deben ser compatibles con la naturaleza del envío, pues el gasto de seguridad puede aumentar sustancialmente, sin que ello implique un aumento correspondiente en la seguridad de la operación.

Las medidas recomendadas por empresarios y expertos en seguridad de la cadena de suministro se presentan en la Tabla 6.5. Los empresarios y los expertos coincidieron en la utilización de sistemas de seguimiento de la carga y en la certificación del personal.

Tabla 6.5 Medidas recomendadas

<i>Medidas</i>	<i>Expertos SCRM</i>	<i>Empresarios</i>
Uso de Sistema de Posicionamiento Global	X	X
Contratación de operadores certificados		X
Protección en el uso de la información	X	
Procedimientos de reacción en caso de robo	X	
Cambio de ruta		X
Viaje en Convoy		X
Identificación y validación de personal clave	X	

Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas.

En el último criterio, los expertos SCRM dieron una visión más completa de la dotación de personal certificado. Un ejemplo de esto es que los empresarios perciben al conductor como el único elemento importante que debe certificarse, omitiendo el análisis dentro de la empresa para identificar posiciones clave, que por su naturaleza, pueden filtrar información arriesgando los intereses de la empresa.

Evaluación del riesgo

Una vez identificados los factores, su correspondiente clasificación y ponderación, es posible integrar una fórmula que permita obtener un indicador del riesgo de robo como se muestra en la ecuación (2):

$$I_R = Pp + Hh + Z \sum_{j=1}^n A_j z_{aj} + Vv + Cc \quad \dots (2)$$

Donde:

- I_R = Índice de Riesgo
- P = Factor Producto (0.366)
 p = Calificación nivel de riesgo producto
 - Alto (0.528)
 - Medio (0.311)
 - Bajo (0.162)
- H = Factor Humano (0.330)
 h = Calificación nivel de riesgo factor humano
 - No aplicar controles (0.596)
 - Certificar operadores (0.280)
 - Certificar personal clave (0.124)
- Z = Factor Zona (0.204)
 A_j = Porcentaje de la ruta en la entidad federativa j -ésima.
 z_{aj} = Calificación nivel de riesgo en la entidad federativa j -ésima.
 n = Numero de entidades federativas por las que cruza la ruta.
 - Severo (0.387)
 - Alto (0.313)
 - Medio (0.196)
 - Bajo (0.104)
- V = Factor Vehículo (0.058)
 v = Calificación nivel de riesgo tipo de vehículo
 - Camión 3.5 Ton (0.196)
 - C2 (0.222)
 - C3 (0.228)
 - T3S2 (0.354)
- C =Carretera (0.042)
 c = Nivel de riesgo tipo de carretera
 - Libre (0.391)
 - Cuota (0.284)
 - Mixta (0.324)

Ejemplo:

La ecuación 3 nos muestra el cálculo del índice de riesgo de un embarque de calzado que recorre 60% de su ruta en Guanajuato y 40% de ruta en el estado destino de Aguascalientes, usando camión articulado, la empresa cuenta con conductores certificados y transita por autopista de cuota:

Con un resultado de: $I_R = 0.292$

$$\begin{aligned} I_R &= 0.366 \times 0.311 + 0.330 \times 0.280 + \\ &0.204[0.60 \times 0.313 + 0.40 \times 0.196] + \\ &0.058 \times 0.354 + 0.042 \times 0.284 = 0.292 \quad \dots (3) \end{aligned}$$

Este índice dimensiona de manera cuantitativa el riesgo al que está expuesto uno o un grupo de embarques, permitiendo la comparación de riesgo entre los mismos y facilitando la toma de decisiones en la gestión de medidas y esquemas de seguridad en el transporte de carga.

6.6 Conclusiones

La metodología propuesta facilita a las empresas evaluar el riesgo de robo con base en los parámetros propuestos lo cual permitiría obtener un indicador de riesgo que puede ser comparado con otras empresas. Adicionalmente, la empresa al evaluar el impacto que le implicaría el robo de un embarque considerando factores como el incumplimiento al cliente o la depreciación de la marca, y el valor de la mercancía transportada, tendrá información de soporte para la toma de decisiones.

Contrario a la percepción inicial de transportistas y usuarios, la ruta no es un factor determinante en el riesgo de robo, ya que el cambio de ruta para reducir

el robo, no es efectivo en el largo plazo. En cambio, el tipo de mercancía, sí es un factor en el riesgo de robo y, posiblemente, el factor principal.

Por otro lado; la falta de control de personal para evitar fugas de información, resultó ser un factor importante de riesgo, algunas empresas investigan los antecedentes o contratan empresas que certifiquen a los conductores antes de contratarlos; sin embargo, estas certificaciones y controles también deben incluir al personal con acceso a información sobre el despacho de embarques.

El análisis de componentes principales de las estadísticas disponibles nos permite tener indicios para identificar variables de riesgo, complementado con información de expertos a través del método Delphi y PJA presenta ventajas con respecto a la metodología tradicional de gestión del riesgo, que se basa en identificar y priorizar de acuerdo con estimaciones subjetivas del empresario; el estudio comprobó la afirmación de [18]: "hay ciertos sesgos cognitivos que conducen a los distintos administradores a sobreestimar su propio conocimiento, las destrezas y su capacidad de influir en las circunstancias en las que trabajan y toman sus decisiones".

Se espera que esta metodología pueda ser utilizada para estudiar otros riesgos en la cadena de suministro cuando la información estadística es insuficiente para apoyar la toma de decisiones.

Referencias

- [1] Sheffi, Y. (2001). Supply chain management under the threat of international terrorism. *The International Journal of logistics management*, 12(2), 1-11.
- [2] Willis, H. O. (2004). "Evaluating the security of the global containerized Supply Chain". Santa Mónica, C.A.: RAND.
- [3] Tsamboulas, D. &. (2008). "Identification of potential target locations and attractiveness assessment due to terrorism in the freight transport". *Journal of Transportation Security*, 1(3), pp.189-207.
- [4] Chopra, S., & Sodhi, M. (2004). "Managing risk to avoid supply chain breakdown". *MIT Sloan Management Review*, Fall, 53-61.

- [5] Uhlig, S. (2008). *Managing disruptions in transportation systems*. University Maastricht,, Faculty of Economics and Business Administration, Netherlands.
- [6] Wilson, M. C. (2007). The impact of transportation disruptions on supply chain performance. (W. K. Talley, Ed.)
- [7] Sanchez-Rodrigues, V., Stantchev, D., Potter, A., Naim, M., & Whiteing, A. (2008). Establishing a transport operation focused uncertainty model for the supply chain. *International Journal of Operations and Production Management*, 388-411. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 295-320.
- [8] Cavinato, J. (2004). Supply chain logistics risk -From the back room to the board room. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (5), 383-387.
- [9] Hendricks, K., & Singhal, V. (2005). An empirical analysis of the effect of supply chain disruptions on long-run stock Price and equity risk of the firm. *Production and operation Management*, 1(14), 35-52.
- [10] Cedillo, G. (2011). *Primera encuesta Nacional, Evaluación del riesgo en la cadena de suministro*. Nuevo León, Mexico: CONACYT.
- [11] Saaty, T. (1990). *"Multicriteria decision making: The Analytic Hierarchy Process,"*. Pittsburgh: Expert choice INC.
- [12] Recurso Confiable. (2010). *"Estadísticas de robo 2010,"*. Recuperado el 2011, de http://www.recursoconfiable.com/rep_sin_state.asp
- [13] Freightwatch. (2010). *"FreightWatch Annual Report Mexico Cargo Theft: 2010,"* FreightWatch Assessment, F. G. (2011). *FreightWatch International* . FreightWatch.
- [14] FreightWatch . (2013). *"FreightWatch first quarter 2013 Report Mexico Cargo Theft: 2013,"*. Austin, TX: FreightWatch.
- [15] Mariotti, J. (2001). *"Smart Things to Know About, Brands & Branding,"*. Milford: Capstone.
- [16] Kapferer, J. (1992). *"The New Strategic Brand Management: Creating and Sustaining Brand Equity Long Term,"*. Philadelphia: Kogan .
- [17] Bonta, P. &. (1994). *"Preguntas sobre marketing,"* . Bogotá, Colombia: Grupo editorial Norma.
- [18] Puljić, M. (2010). The Influence Of Cognitive Biases On Managerial Perceptions. *The 10th International Research Seminar*. United kingdom: Loughborough University, UK.

CAPÍTULO 7. Herramienta para la evaluación del riesgo de robo en el autotransporte de carga.

Trabajo enviado para su revisión y publicación a la revista Nova Scientia de la Universidad De La Salle Bajío (México)

Elizabeth de la Torre¹, Carlos Martner¹, Eric Moreno Quintero¹, José Luis Martínez², Elías Olivares Benítez²,

¹Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Querétaro, México.

²Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), Puebla, México.

Resumen

Introducción: En México el robo se ha convertido en uno de los riesgos más importantes para la eficiencia y la competitividad de las cadenas de suministro. Esta propuesta busca identificar las variables que influyen sobre el riesgo de robo en el autotransporte como paso previo de una metodología para evaluar cuantitativamente la influencia de las variables identificadas y crear una aplicación que permita evaluar el riesgo de robo, apoyando así a la toma de decisiones en la creación de esquemas de seguridad.

Método: El proceso para identificar estas variables de riesgo es el análisis estadístico de la información disponible de robos de carga mediante el método de Análisis de componentes principales, determinando un primer conjunto de variables de interés para el diseño de una encuesta que se aplicó a expertos en

seguridad de la cadena de suministro empleando el método Delphi y estableciendo ponderaciones a través del proceso de Jerarquización Analítica.

Resultados: Como resultado de la metodología propuesta se obtuvieron los factores más relevantes en el riesgo de robo en el autotransporte y se construyó una función que permite obtener un índice del riesgo. La función propuesta se programó en una aplicación computacional que calcula el riesgo con información de pares origen-destino determinados. Los resultados del método permitirán confirmar las variables usadas o identificar nuevas variables considerando las cuantificaciones de su influencia en el riesgo.

Discusión o Conclusión: Obtener información confiable sobre robos de carga es muy difícil, por lo sensible del tema y la inexactitud de los datos publicados. Estas imprecisiones y las percepciones subjetivas asociadas se atenúan con esta metodología basada en opiniones de expertos y en las técnicas cuantitativas referidas para integrar el índice de riesgo propuesto. Este índice permite dimensionar y comparar estrategias de seguridad para las empresas, apoyando su toma de decisiones. Mejoras futuras en la información disponible y en las encuestas a transportistas afinarán los resultados incrementando la seguridad del subsector.

Palabras Clave: Riesgo, Robo, Autotransporte, Crimen.

Abstract

Introduction: In Mexico theft has become one of the most significant risks to the efficiency and competitiveness of supply chains. This proposal aims to identify the variables that influence the risk of theft in trucking transportation as a preliminary step of a methodology to quantitatively evaluate the influence of the identified variables and measure the level of cargo security, thereby supporting decision making by creating security schemes.

Method: The process for identifying these risk variables is the statistical analysis of available information on road freight theft by the method of principal components analysis, determining a first set of variables of interest for the design of a survey that was applied to experts in supply chain security using the Delphi method and establishing weights through the analytic hierarchy process.

Outcomes: As a result of the proposed methodology the most relevant factors in the risk of theft were obtained and a function was built to obtain a risk index. The proposed function was programmed in a software application calculating the risk with data for determined origin-destination pairs. The results of the method will allow to confirm the variables used to identify new variables, with the quantification of their influence on risk.

Argument and Conclusion: Gatherin reliable information on cargo theft is very difficult, because of the sensitivity of the subject and the inaccuracy of the published data. These inaccuracies and the subjective perceptions associated are attenuated with this methodology, based on expert opinions and known quantitative techniques to integrate the risk index. This index is used to evaluate and compare safety strategies for companies, thus supporting their decision making. Updates of the available information and future surveys to hauliers will improve the results and the security in the subsector.

Keywords: Risk, Theft, Freight Transport, Crime.

7.1 Introducción

Desde finales del Siglo XX, el tema de la seguridad y el riesgo en la cadena de suministro ha sido abordado por varios autores; sin embargo las contribuciones sobre esta temática son aún escasas, sobre todo con respecto al robo al autotransporte. La importancia de esta temática se ha evidenciado en las iniciativas y certificaciones en materia de seguridad, que enfatizan el impacto que tiene en las cadenas de suministro a nivel internacional.

Sheffi (2001) presenta una introducción para entender el riesgo de la cadena de suministro, y en particular el ligado con acontecimientos terroristas; además propone un conjunto de ideas para lograr capacidad de reacción en el diseño de la cadena de suministro. Willis y Ortiz (2004), dan un marco de referencia para la evaluación y gestión de la seguridad de la cadena de suministro. Su reporte se enfocó principalmente a mejorar la seguridad y eficiencia de la cadena en el transporte intermodal para la prevención de ataques terroristas.

Por su parte, Tsamboulas y Moraiti (2008) diseñaron un modelo multicriterio para evaluar el riesgo de las cadenas de suministro internacionales a fin de prevenir actos terroristas. Chopra y Sodhi (2004) dan una clasificación de los riesgos en la cadena de suministro y los eventos o factores que conducen a éstos, entre los que destacan los riesgos del transporte atribuibles tanto a interrupciones permanentes como a demoras debido a factores clave, tales como congestión o catástrofes.

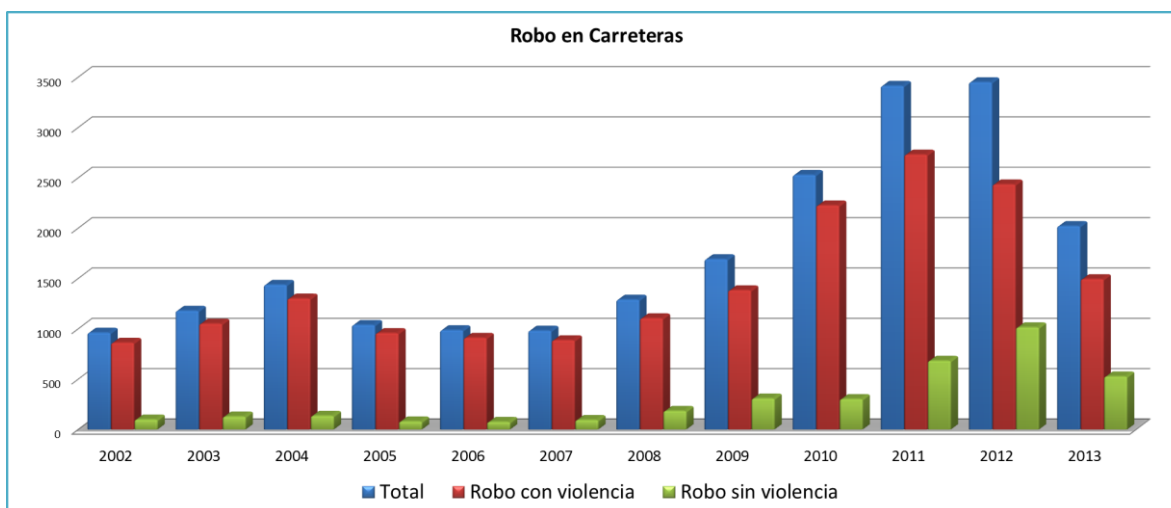
Uhlig (2008) argumenta que en general los autores no mencionan explícitamente la interrupción del transporte como categoría de riesgo por separado, y por tanto, considera que este tema no se ha abordado con el detalle que se merece. De manera particular, dentro del proceso de abastecimiento la “interrupción del transporte” es considerado por diversos autores (Young y Esqueda, 2005; Martner, Morales y de la Torre, 2005), como uno de los eslabones más vulnerables y de alto riesgo en la cadena logística.

Wilson (2007) distingue interrupciones en general y de transporte. Esta última la refiere como cualquier interrupción del flujo de los bienes, mientras que otros tipos de perturbaciones también incluyen por ejemplo, las interrupciones en la fabricación de los productos. Su trabajo examina los efectos de las interrupciones del transporte en el rendimiento de la cadena de suministro utilizando dinámica de sistemas en dos escenarios diferentes de la cadena, mientras, Cavinato (2004) identifica la destrucción de la carga y la pérdida de mercancía como interrupciones del transporte.

En la revisión de la literatura, puede observarse que son pocos los autores que identifican los factores generadores de riesgo, y menos los que buscan medir el impacto de las interrupciones de cada uno de ellos en la cadena de suministro, incluido el transporte. Por ejemplo, Hendricks y Singhal (2005), destacan la necesidad de entender como la disrupción afecta una cadena de suministro para desarrollar estrategias adecuadas que permitan aminorar su impacto, Rodríguez, Stantchev, Potter, Naim y Whiteing (2008) investigan el impacto de la incertidumbre en las operaciones de transporte dentro de las cadenas de suministro, pero no cuantifican el impacto por una interrupción de éste.

La Figura 7.1 muestra el notable incremento de robos al autotransporte federal de carga en México en los últimos cinco años, lo cual se ha convertido en una de las principales preocupaciones de la iniciativa privada, del Gobierno Federal y de diversos organismos nacionales por las importantes pérdidas que este fenómeno ha ocasionado al sector empresarial.

Figura 7.1 Estadística de robo en carreteras en México.



Fuente: Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Publica 2013
<http://www.estadisticadelictiva.secretariadoejecutivo.gob.mx>

De acuerdo con Lucas Urciuoli (2010) “El impacto de la inseguridad en el transporte puede implicar enormes pérdidas para los dueños de la carga y los operadores, pero también puede poner en peligro a toda la comunidad”. México es una muestra de este fenómeno, ya que el alto índice de robos en carretera disminuye la competitividad logística del país, por las pérdidas económicas y los retrasos en el cumplimiento de órdenes. Adicionalmente, el incremento en el nivel de violencia amenaza la integridad de los operadores; dicha situación motiva a los operadores de camiones de carga a dejar su trabajo por actividades de menor riesgo, agravando la actual carencia de operadores calificados de servicio federal de carga.

Pérez, González y Ascencio (2011) analizan la implicación de la seguridad logística en la competitividad de los países y señalan *“La seguridad logística tiene una relación directa con la competitividad de una economía, ya que a las pérdidas directas ocasionadas por los delitos, se debe agregar los costos relacionados con la gestión posterior a los incidentes (...) además de importantes pérdidas en la productividad nacional que terminan encareciendo el proceso de exportación y restando con ello competitividad de su economía.”*

En México, hasta donde se sabe, se carece de suficientes elementos técnicos para identificar las principales variables que intervienen en el riesgo de robo al autotransporte; igualmente, tampoco se conoce la magnitud o influencia de cada una de estas variables, ni una base analítica para su evaluación al tomar decisiones para conformar esquemas de seguridad. No obstante esto último, Uhlig (2008), señala que para implementar un sistema de gestión de riesgos efectivo, las empresas deberán entender primero las diferentes categorías de riesgo y sus elementos generadores.

En la revisión bibliográfica no se identificaron aportaciones científicas enfocadas al estudio específico el robo de carga en carretera; tampoco a la gestión del riesgo de robo, su evaluación o la identificación de los elementos que lo generan. Por ello, este trabajo tiene la finalidad de crear una herramienta para evaluar el riesgo de robo en el transporte con base en la identificación de los principales factores de riesgo con información de entrevistas a actores relevantes del sector logístico en México, y datos estadísticos de robos de carga en carretera.

En la revisión de literatura se identificaron algunas metodologías aplicables al problema de seguridad en la cadena de suministro. Para la identificación inicial de factores que influyen en el riesgo de robo se consideró la consulta a expertos en el tema y el uso del Método Delphi (Dalkey y Helmer, 1963; Dalkey, Brown y Cochran, 1969; Linstone y Turoff, 2002; Okoli y Pawlowski, 2004) así como el Proceso de Jerarquización Analítica (Saaty, 1990; Triantaphyllou, 1995; Lai, Trueblood y Wong, 1999; Sánchez, 2003) para estimar las importancias relativas de estos factores. La información estadística disponible sobre robos a camiones, se manejó con el Método de Componentes Principales, que es una técnica de estadística multivariable que ayuda a reducir la dimensionalidad de los datos y puede mostrar relaciones de interés entre las variables analizadas (Daultrey, 1976; Gurrea, 2000; De la Garza, Morales y Gonzáles, 2013). Los fundamentos de estas metodologías se resumen a continuación.

Método Delphi

El método Delphi es una metodología cualitativa, que estudia el futuro, en referencia a la evolución de factores del entorno tecno-socio-económico y sus interacciones. La capacidad predictiva del Delphi se basa en el uso sistemático de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos. Se realizan cuestionarios sucesivos para disminuir el espacio intercuartil, esto es, lo que se desvía la opinión del experto de la opinión del grupo, con lo que mejora la mediana de las respuestas obtenidas. La calidad de los resultados depende sobre todo, del cuidado puesto en la elaboración del cuestionario y de la elección del grupo de expertos.

Proceso de jerarquización analítica (PJA)

El PJA es una técnica estructurada para tratar con decisiones complejas. El problema estudiado se descompone en una estructura jerárquica, donde los elementos se evalúan con juicios e información. Estos valores numéricos permiten que elementos diversos y frecuentemente inconmensurables se comparen entre sí de forma racional y consistente. Así, se calculan prioridades numéricas para cada alternativa de decisión logrando determinar una solución.

El método resuelve los problemas de decisión en tres etapas: primero formula el problema, luego hace una evaluación y al final elige el mejor curso de acción para el objetivo.

Análisis de componentes principales (ACP)

Es una técnica de estadística multivariable, que permite explicar la estructura de la varianza y covarianza de un conjunto de variables a través de combinaciones lineales de esas variables. Sus objetivos generales son: reducción de datos e interpretación. Aunque los “ p ” componentes se requieren para reproducir la variabilidad total del sistema, a menudo gran parte de esta variabilidad se explica con un número menor “ k ” de componentes principales. Un análisis de componentes principales suele revelar relaciones no sospechadas

previamente y permite interpretaciones que no resultarían normalmente. Con frecuencia sirve como paso intermedios en las investigaciones de mayor alcance.

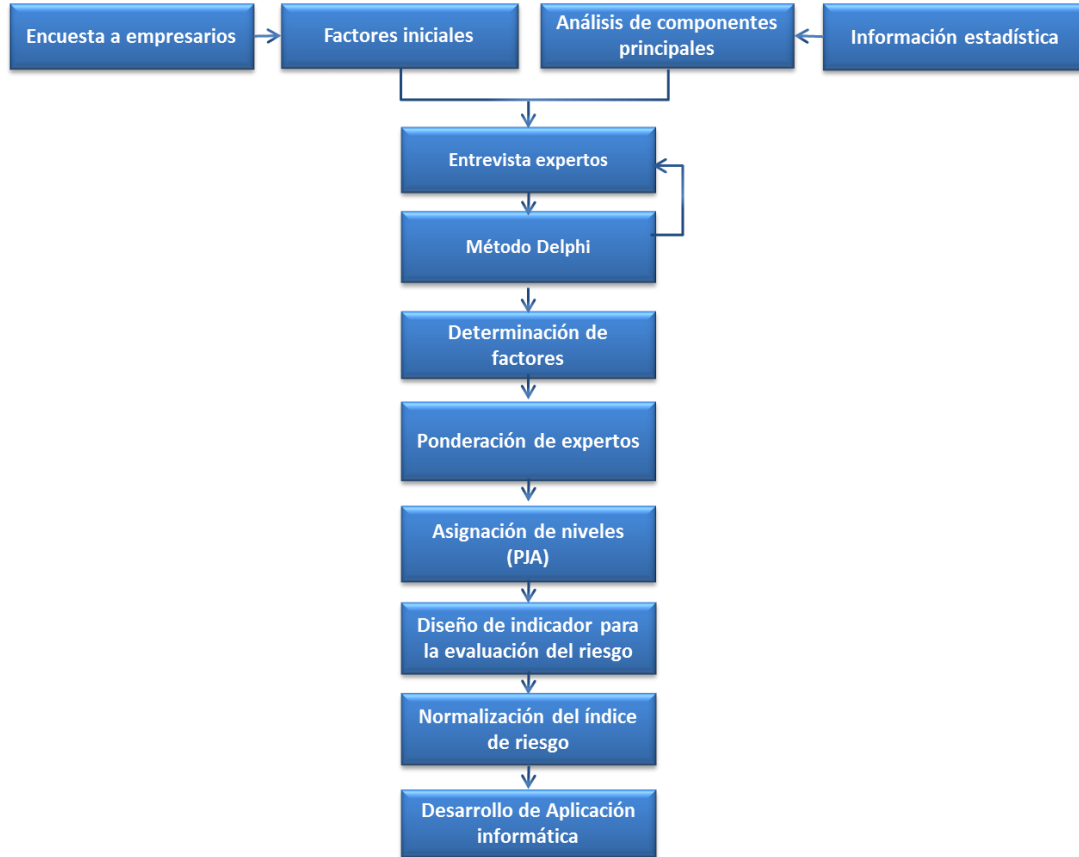
7.2 Método

Los problemas de seguridad tienen tres características básicas (Li, Chandra y Shiau, 2008): son complejos, dinámicos en el tiempo y carecen de información estadística; el robo a camiones presenta estas tres características. Dada la escasez de datos estadísticos, se inició entrevistando a empresarios, sin embargo, considerando las observaciones de Puljić (2010), la evaluación subjetiva del riesgo realizada por éstos puede tener sesgos cognitivos que llevan a una evaluación distorsionada. Para evitar estos sesgos en la identificación de factores de riesgo se complementó la información obtenida de empresas transportistas y usuarias, con análisis estadísticos de datos disponibles y entrevistas a expertos en seguridad de transporte.

La Figura 7.2 describe la metodología desarrollada para la identificación de factores de riesgo. Se inició aplicando entrevistas a 17 empresarios y transportistas para conocer su percepción del robo de carga en carretera; esta encuesta dio pie a las primeras hipótesis sobre los factores que influyen en el riesgo de robo. Como resultado del análisis de las encuestas realizadas a los empresarios se identificaron los factores iniciales de riesgo.

La búsqueda de datos estadísticos fue difícil por la escasez de información de robos. Se consultaron diversas fuentes pero la mayoría sólo contabilizaba el número de robos agregados por estado; adicionalmente se encontró incongruencia entre los reportes de robos de las asociaciones de transportistas y los reportes del Gobierno Federal, donde resaltaba la omisión de datos del Gobierno Federal en zonas de conocida alta incidencia de robos.

Figura 7.2 Metodología para la creación de una herramienta para medición del riesgo.



Fuente: Elaboración propia

La información estadística recopilada se separó por el nivel de detalle. Se obtuvo información detallada sobre configuración vehicular, día de la semana y ubicación al momento del robo; para estos datos se hizo un análisis de componentes principales (ACP) para identificar si existía correlación o “preferencia” por alguna de las variables con respecto al número de robos, decidiendo así aceptar o descartar el factor como relevante para el riesgo. De este modo se puede identificar si alguna variable explica en mejor medida el fenómeno estudiado.

Se seleccionaron aquellos estados con información suficiente para el análisis, destacándose el Estado de México, Puebla, Distrito Federal, Hidalgo y Morelos. Se procesaron datos de la configuración vehicular, la zona y el día de la semana.

Como resultado del ACP, se encontró preferencia en algunas configuraciones vehiculares con respecto a otras; igualmente al analizar el número de robos por zonas, pero para los días de la semana no se encontró preferencia por ningún día.

Los resultados obtenidos de los factores iniciales y los hallazgos del análisis estadístico, se discutieron con ocho expertos en seguridad en la cadena de suministro, con experiencia de entre los 10 y 20 años; seis de ellos ubicados en la Ciudad de México, uno en Chihuahua y uno más en Querétaro. Los resultados se analizaron con la técnica Delphi en dos fases; en la primera fase se obtuvo retroalimentación del por qué estas variables impactan en el riesgo de robo, agregándose otras variables más por recomendación de los expertos, lo cual dio como resultado doce variables de riesgo.

En la segunda encuesta, se mostraron los resultados y los expertos seleccionaron las cinco principales variables, asignando nuevamente una ponderación con base 100 a este nuevo grupo de variables. A los factores identificados se les asignó una ponderación con base en el número de expertos que los eligió y el peso otorgado a dicha variable.

Ya identificados los principales factores de riesgo, se establecieron diferentes niveles para cada uno y se ponderaron con el Proceso de Jerarquización Analítica. Este proceso obtiene una jerarquía para las opciones por medio de un cuestionario que establece qué tan preferible es una opción con respecto a otra. El PJA valida el orden jerárquico calculando índices de congruencia dando una ponderación para cada una de las opciones consideradas.

Con la ponderación de los criterios y de sus respectivos niveles, se construyó el índice de riesgo, que se normalizó una escala de 0 a 1 para estandarizar la comparación de diversas opciones de embarque. Finalmente se

programó una aplicación que calcula el índice de riesgo facilitando su uso para el tomador de decisiones.

7.3 Resultados

De las entrevistas y del ejercicio Delphi, se identificaron los factores de riesgo más relevantes. El tipo de mercancía y el factor humano, resultaron los principales. En las entrevistas a los transportistas y usuarios se corroboró el sesgo de percepción indicado por Puljić (2010), pues las empresas sin robo en los últimos dos años consideraron cero la probabilidad de padecerlo en el futuro mientras que los que habían sufrido robos en ese lapso calificaron su probabilidad mayor al 50%, aunque el número robos resultó lejos de esa proporción.

Identificación de factores

La Tabla 7.1 muestra la lista de posibles factores de riesgo. La primera columna indica el factor y las otras columnas señalan su fuente de identificación. La columna “Datos estadísticos” se refiere a datos de robo obtenidos de Recurso Confiable (2011) y FreightWatch (2011); de esta última fuente se identificaron mercancías con mayor índice de robos. La columna “Empresarios” muestra la opinión de los transportistas y usuarios del servicio entrevistados y la última columna presenta los factores relevantes según los expertos.

Tabla 7.1 Identificación de factores.

Factor	Datos estadísticos	Empresarios	Expertos
Ruta	n.d.	Sí	No
Zona	Sí	No	Sí
Tamaño del vehículo	Sí	No	Sí
Tipo de mercancía	Sí	Sí	Sí
Factor Humano	n.d.	Sí	Sí
Día de la semana	No	No	No
Carretera libre o cuota	n.d.	No	Sí

Fuente: Elaboración propia con base en entrevistas.

n.d. = no hay dato disponible

Ruta

Las primeras entrevistas a transportistas y usuarios del transporte de carga sugirieron que el mayor factor de riesgo era la ruta; es decir, autopistas y puntos específicos por donde pasa el embarque. Sin embargo el análisis con el método de componentes principales dio resultados opuestos a esa hipótesis inicial sobre la ruta como factor principal de riesgo de robo.

Para aclarar este punto, se entrevistaron a empresas y personal vinculados a casos de éxito en la reducción de robos, quienes indicaron que el cambio de ruta no garantiza la reducción de robos, al menos en el largo plazo, pues empresas que cambiaron rutas, no redujeron los robos significativamente, pues en breve su nueva ruta era igual de problemática. Los expertos dieron una posible explicación coincidiendo en que la ruta no es factor de riesgo, pues un grupo criminal no se posiciona en cierto punto de la carretera a robar vehículos al azar, sino que trabaja sobre demanda, buscando embarques previamente identificados, quizá por fugas de información de la propia empresa.

Zonas conflictivas.

Este factor, propuesto por algunos empresarios y confirmado por la mitad de los expertos, extiende la importancia relativa de la ruta más bien hacia una perspectiva de zona, pues aunque las rutas pueden cambiar fácilmente, el dominio de una región por un grupo criminal es menos volátil, constituyendo así un riesgo para el robo.

Tabla 7.2 Clasificación de zonas.

Zonas de riesgo		
Severo	Estado de México	Nuevo León
	Distrito Federal	
Alto	Guanajuato	Zacatecas
	Tamaulipas	San Luis Potosí
	Puebla	Querétaro
	Veracruz	Michoacán
	Jalisco	Coahuila
	Tlaxcala	Hidalgo
Medio	Colima	Guerrero
	Sinaloa	Sonora
	Nayarit	Aguascalientes
	Baja California Norte	Chihuahua
	Baja California Sur	
Bajo	Oaxaca	Campeche
	Tabasco	Durango
	Yucatán	Chiapas
	Quintana Roo	Morelos

Fuente: Elaboración propia con base en FreightWatch, CANACAR, ANTAD Y AMSIRIA 2012.

Las zonas con mayor riesgo presentadas en la Tabla 7.2, corresponden a la clasificación de FreightWatch (2011), con cuatro niveles de riesgo: Severo, Alto, Medio y Bajo, según el número de robos reportados en cada estado. De esta manera se evalúa la ruta según su paso por los diferentes estados y el nivel de riesgo implícito, considerando la parte proporcional del trayecto que pasa por las distintas zonas.

Tamaño del vehículo

Un factor ausente en las entrevistas a las empresas fue el tipo de vehículo. El análisis de componentes principales para este factor puede mostrar diferencias en la incidencia de robo según el tipo de vehículo. La Tabla 7.3 muestra un

análisis de componentes principales con la matriz de covarianzas para el tipo de vehículo, utilizando Minitab 14 con datos de robos en Delegaciones del Distrito Federal de la fuente "Recurso Confiable" para 2010.

El análisis de los componentes principales del conjunto de datos, PC1 y PC2, indican su contribución a la variabilidad de los datos en la fila "Cumulative" de los resultados, y su correlación con las variables originales en cada columna de la tabla al final.

Los dos primeros componentes explican el 97.2% de la variabilidad del conjunto de datos, lo que se considera suficiente para el análisis ya que el resto de los componentes sólo añade un 2.8% más. El primer componente PC1 tiene una correlación fuerte (0.803) con el vehículo articulado, lo que puede interpretarse como la preferencia al robo de ese tipo vehicular.

Tabla 7.3. Análisis de componentes principales de covarianzas.

Tipo de vehículo, Distrito Federal

Eigenanalysis of the Covariance Matrix

Eigenvalue	21568	2948	538	112	46
Proportion	0.855	0.117	0.021	0.004	0.002
Cumulative	0.855	0.972	0.994	0.998	1.000

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
Articulado	0.803	-0.549	-0.145	-0.139
Cam_C30.201	0.059	0.970	-0.115	
Cam_C20.209	0.044	0.070	0.974	
Camioneta_3.5t	0.507	0.832	-0.170	-0.135
Pickup	0.115	-0.023	-0.063	-0.004

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa Recurso Confiable.

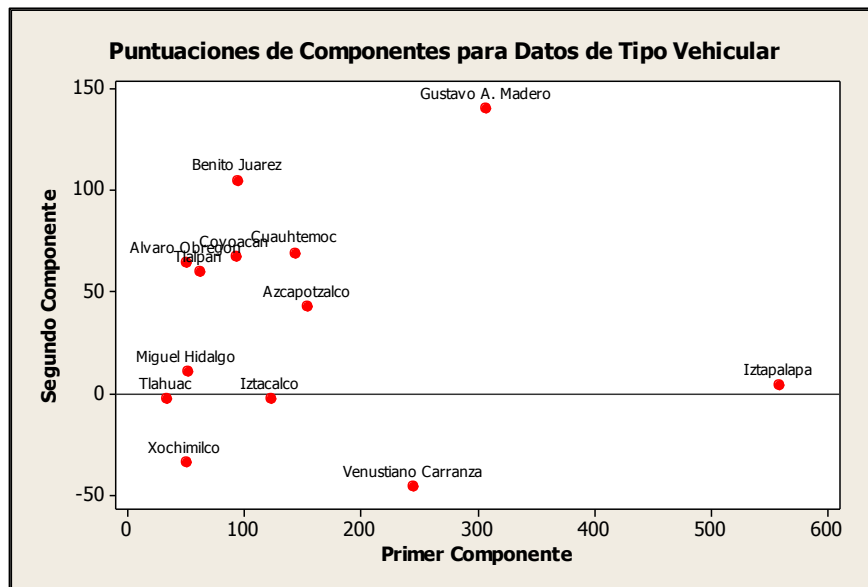
La representación de los datos originales respecto de los dos primeros componentes se muestran en la Figura 7.3 En esta gráfica se nota que las delegaciones Iztapalapa y Gustavo A. Madero tienen los más altos valores de PC1, lo que sugiere una mayor incidencia de robos a vehículos articulados en

estas zonas. Una posible explicación de este resultado es que estas delegaciones tienen zonas industriales con acceso rápido a carreteras interurbanas, como son la México-Puebla y la México-Querétaro donde los flujos de camiones articulados son considerables.

Los puntos con menor valor de PC1 y mayor valor de PC2 están a la izquierda de la gráfica, arriba del eje horizontal; corresponden a delegaciones como Benito Juárez, Cuauhtémoc, Coyoacán, Miguel Hidalgo, y otras que están inmersas por completo en el medio urbano de la Ciudad de México.

Los mayores valores en el componente PC2 sugieren una preferencia por el robo a la camioneta de 3.5t sobre los camiones articulados. La condición geográfica de inmersión en el medio urbano y la lejanía del acceso a carreteras interurbanas que salen del Distrito Federal podrían explicar este resultado. Por último, los puntos debajo de la línea horizontal, con valores negativos de PC2, como Xochimilco o Venustiano Carranza sugieren que hay preferencia en esas zonas por el robo a camiones articulados

Figura 7.3 Puntuaciones de los dos primeros componentes principales.



Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa Recurso Confiable.

La hipótesis de que el robo al autotransporte manifiesta preferencia por los vehículos pequeños fue aceptada como razonable por el grupo de expertos. En el medio urbano los camiones articulados no son tan frecuentes como los de menor tamaño, y en cambio éstos últimos circulan en grandes cantidades. La cuestión operativa de un asalto a un camión articulado dentro del medio urbano es considerablemente más difícil que la misma operación en lugares que tienen acceso rápido a una carretera interurbana, por lo que la hipótesis de preferencia en el robo a vehículos pequeños debe considerar el tipo de zona donde se registran.

Tipo de mercancía

El tipo de mercancía fue identificado por los expertos como un factor de riesgo debido a la existencia de una demanda regular de productos de alto valor como la ropa, el calzado deportivo, los perfumes, etc., ya que son mercancías cuya marca les da un valor mayor que el simple costo de fabricar.

Esto sucede igualmente con productos con densidad económica alta. En estos casos, el riesgo está ligado a la existencia de un mercado gris de esta mercancía donde se comercializa a un precio más bajo comparado al del mercado formal. Por ello, los productos con demanda continua en el mercado gris son muy atractivos para los grupos criminales.

Según las estadísticas consultadas, las mercancías con mayor incidencia de robo son los productos terminados, lo que concuerda con la opinión de expertos y empresarios. De acuerdo con la empresa FreightWatch (2013), la Tabla 7.4 muestra los productos más robados durante el primer cuatrimestre del 2013 en México. Con base en esta información se definieron tres categorías: Alta, Media y Baja considerando el incremento del riesgo de robo por tipo de mercancía.

Tabla 7.4 Productos más robados primer cuatrimestre 2013.

Nivel	Tipo de mercancía	Porcentaje
Alto 0.5	Comida y bebidas	29%
	Material de construcción	19%
	Químicos	8%
	Misceláneos	5%
	Autopartes	4%
Medio 0.3	Cuidado personal	3%
	Casa y jardín	3%
	Electrónicos	2%
	Alcohol	2%
	Ropa y zapatos	1%
	Farmacéuticos	1%
Bajo 0.2	Tabaco	1%
	Otros	20%

Fuente: FreightWatch 2013.

Sin embargo, los empresarios también reportaron robo de materias primas, que no aparecen en las estadísticas con dicha clasificación, lo que sugiere que el rastreo de robo de materias primas es un tema que requiere estudio, pues algunos de ellos son muy particulares, de gestión especializada y de desconsolidación difícil para su venta en el comercio minorista en el mercado gris. Esto coincide con la opinión de los expertos en que muchos de los robos se realizan por encargo y no de manera aleatoria.

El factor humano

Este factor se refiere a la complicidad de empleados de la empresa transportista con los grupos criminales, al dar información sobre el contenido de

los envíos, destino e itinerario. No es posible identificar este factor con los datos estadísticos; fue mencionado por 11% de los empresarios entrevistados, y en referencia sólo al conductor del vehículo; sin embargo, los expertos en la Gestión de Riesgos en la Cadena de Suministro (SCRM por sus siglas en inglés) coincidieron en la importancia de este factor, colocándolo en el primer lugar y asignándole el mayor peso. Los empresarios consideraron la posible complicidad del conductor, suponiendo que se simula un asalto para luego vender la mercancía; sin embargo, esta complicidad también podría venir del personal de oficina que conoce la información sobre los envíos.

Para este factor se definieron tres clasificaciones, para los transportistas:

- Empresas que no tienen ningún control con respecto al personal que ingresa y maneja información de la empresa.
- Empresas que limitan la contratación de operadores de unidades de carga solo a personal certificado con base en investigación de antecedentes y referencias comprobables.
- Empresas que llevan a cabo un diagnóstico del personal clave que maneja información al interior de la empresa y lleva a cabo investigación de antecedentes y referencias previas a la contratación.

Para establecer su ponderación, se empleó el proceso de Jerarquización analítica (PJA), a través del cuestionario que se muestra en la Fig.7.4.

El proceso de Jerarquización analítica evalúa y selecciona alternativas, considerando los niveles de preferencia o importancia que el decisor asigna a las alternativas y busca mantener la consistencia en las evaluaciones para lograr ponderaciones de las alternativas basadas en decisiones racionales.

Figura 7.4 Cuestionario de factor humano.

Model Name: Factores de riesgo	
Compare the relative importance with respect to: Factor Humano (L, 330)	
Circle one number per row below using the scale:	
	1= Equal 3= Moderate 5= Strong 7= Very strong 9= Extreme
1 No aplicar controles	8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Certificar solo operadores
2 No aplicar controles	8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Identificar y certificar personal clave
3 Certificar solo operadores	8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Identificar y certificar personal clave

Fuente: Elaboración Propia enExpert Choice 11.

Para la solución de un problema el decisor transita por tres etapas: inicia con la formulación del problema, luego realiza una evaluación y finalmente selecciona el mejor curso de acción que más contribuya al logro del objetivo. Este método puede ser realizado en grupo o de manera individual, aplicándose preferentemente a problemas complejos.

Carretera libre de peaje o carretera de cuota

Según los expertos, utilizar autopistas de cuota disminuye el riesgo de robo, debido a que en las libres de peaje es más fácil escapar y ocultar la mercancía, a diferencia de una autopista de cuota que tiene más vigilancia y acceso controlado. Esto se refleja en el requisito de las compañías aseguradoras, que exige que en las secciones del camino donde existan carreteras de cuota, éstas deberán elegirse, sobre las carreteras libres de peaje.

Cabe destacar que en las zonas urbanas se puede presentar alto riesgo de robo ya que transitar por áreas densamente pobladas obliga a los conductores a circular a baja velocidad, lo que facilita la intercepción de la unidad.

Al estudiar los datos estadísticos proporcionados por Recurso Confiable del año 2010, además del Distrito Federal y Estado de México, los estados de Nuevo León y Jalisco presentan un alto número de robos en zonas urbanas.

Para evaluar el efecto del tipo de carretera se consideraron las siguientes clasificaciones de rutas:

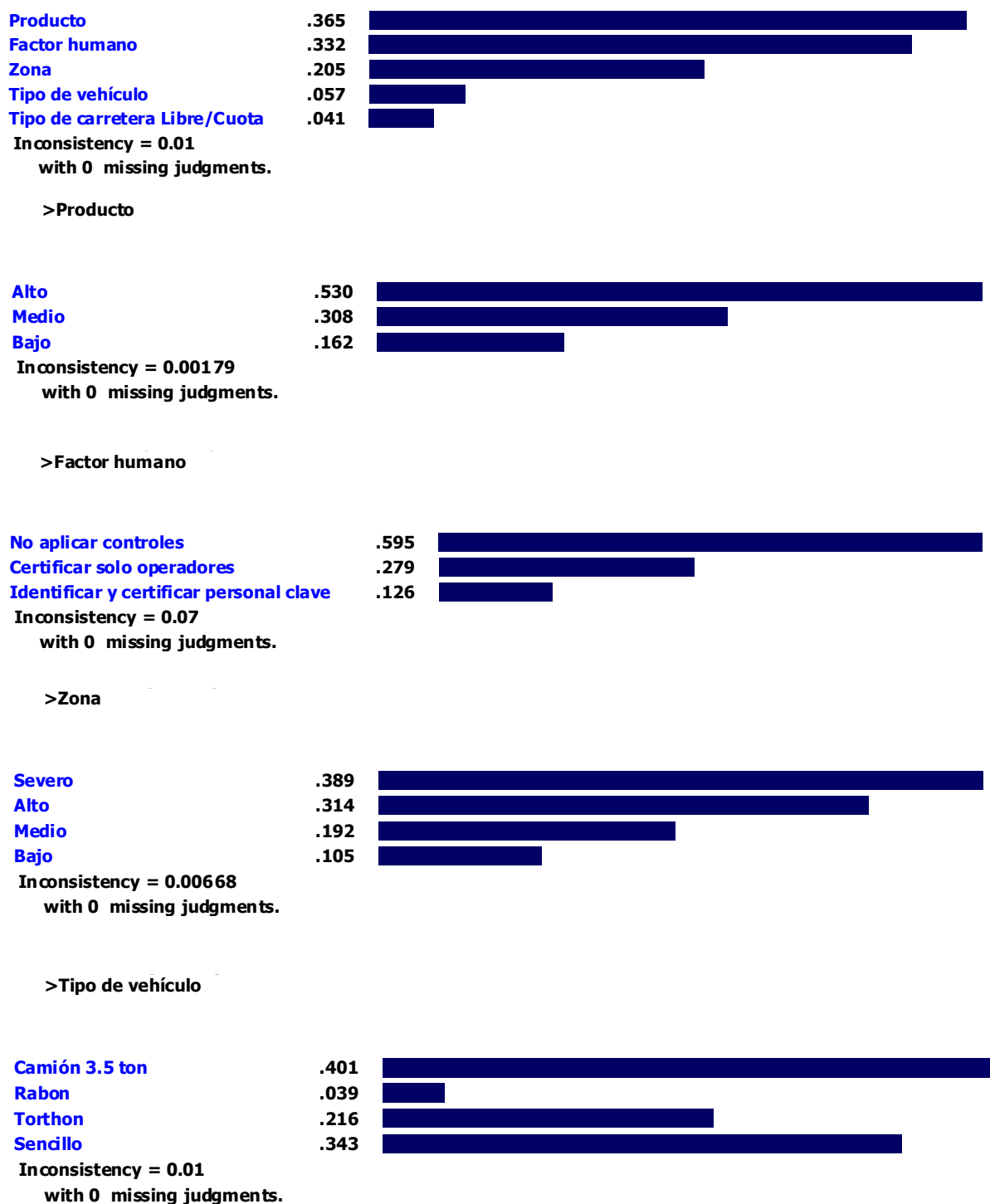
- Carretera de cuota: Rutas que transitan solo por autopistas de cuota, en donde es posible llegar del origen al destino, sin pasar por tramos de carretera libre de peaje.
- Carretera libre: Para los casos en que el recorrido completo se lleva a cabo por carreteras libres de peaje.
- Mixto: Una gran parte de rutas presentan recorridos mixtos donde no se tiene la alternativa de autopista de cuota en su totalidad, por lo que parte del recorrido se realiza en autopista libre de peaje.

A pesar de identificar la influencia del tipo de carretera en el riesgo de robo, la calificación para este factor resultó baja debido a que según la opinión de los expertos, una vez que se ha identificado el embarque como objetivo de robo, los ladrones buscarán el punto a lo largo de la ruta donde la unidad sea más vulnerable, por lo cual tomar una autopista de cuota obligará a los grupos criminales a buscar un nuevo punto donde interceptar la unidad para atracarla, más no desincentiva el robo.

Ponderación de factores

La lista de factores de riesgo obtenidos de fuentes de información analizadas se entregó a los expertos quienes ponderaron su importancia al final del método Delphi. Posteriormente con ayuda de los expertos y a través del software Expert Choice 11 que aplica el Proceso de Jerarquización Analítica se obtuvieron las ponderaciones para cada uno de los factores identificados y para sus diferentes alternativas como se observa en la Figura. 7.5.

Figura 7.5 Ponderación de factores.



>Tipo de carretera Libre/Cuota

Libre	.393
Cuota	.282
Mixta	.325

Inconsistency = 0.02

with 0 missing judgments.

Fuente: Elaboración Propia desarrollada con Expert Choice 11.

7.4 Evaluación del riesgo

Una vez identificados los factores, su correspondiente clasificación y ponderación, es posible integrar una fórmula que permita obtener un indicador del riesgo de robo como se muestra en la ecuación (1):

$$I_R = Pp + Hh + Z \sum_{j=1}^n A_j z_{aj} + Vv + Cc \quad \dots \quad (1)$$

Dónde:

I_R = Índice de Riesgo		Z = Factor Zona (0.205)		V = Factor Vehículo (0.057)	
		A_j = % de la ruta en estado j-ésimo.		v = Nivel de riesgo tipo de vehículo	
P = Factor Producto (.365)		Z_{aj} = Nivel de riesgo en estado j-ésimo		Camión 3.5 t (0.401)	
p = Nivel de riesgo producto		n = Núm. de estados que cruza la ruta		C2 (0.039)	
Alto (.530)		Severo (0.389)		C3 (0.216)	
Medio (.308)		Alto (0.314)		T3S2 (0.343)	
Bajo (.162)		Medio (0.192)			
		Bajo (0.105)			
H = Factor Humano (.332)				C = Carretera (0.041)	
h = Nivel de riesgo factor humano				c = Nivel de riesgo tipo de carretera	
Sin controles (.595)				Libre (0.393)	
Certificaoperadores (.279)				Cuota (0.282)	
Certificar personal clave (.126)				Mixta (0.325)	

Ejemplo:

La ecuación 2 nos muestra el cálculo del índice de riesgo de un embarque de calzado que recorre 60% de su ruta en Guanajuato y 40% de ruta en el estado destino de Aguascalientes, usando camión articulado, la empresa cuenta con conductores certificados y transita por autopista de cuota:

Con un resultado de: IR= 0.290527

$$I_R = 0.365(0.308) + 0.332(0.279) + 0.205[0.6(0.314) + 0.4(0.192)] + 0.057(0.343) + 0.041(0.282) = 0.290527 \quad \dots \quad (2)$$

Este índice dimensiona de manera cuantitativa el riesgo al que están expuestos los embarques, permitiendo la comparación de riesgo entre los mismos y facilitando la toma de decisiones en la gestión de medidas y esquemas de seguridad en el transporte de carga.

Para tener una medida más apropiada de comparaciones y cálculos se normalizaron los valores para obtener una escala de 0 a 1. Los valores que se obtienen de la fórmula original varían en el intervalo [0.136272, 0.509705] y se decidió usar un método común para la tarea de normalización. El procedimiento es:

$$n = \frac{i - i_{\min}}{i_{\max} - i_{\min}}, i \in [0.136272, 0.509705]$$

Así, n toma valores entre cero y uno, el cual es un intervalo de valores más común. Este método no mantiene las proporciones pero es fácil de interpretar como el porciento del rango total de variación.

Este nuevo intervalo de valores podría malinterpretarse, ya que el mínimo valor de cero no significa ausencia de riesgo, así como el valor uno no implica un robo necesariamente. Para facilitar al usuario la interpretación de los valores del índice normalizado se definieron cuatro niveles de riesgo entre cero y uno como se muestra en la tabla 7.5, así como un color de referencia a cada nivel.

Tabla 7.5 Niveles de riesgo

Nivel	Color	Rango
Bajo	Verde	$0 \leq \text{índice} \leq 0.25$
Medio	Amarillo	$0.25 < \text{índice} \leq 0.5$
Alto	Naranja	$0.5 < \text{índice} \leq 0.75$
Severo	Rojo	$0.75 < \text{índice} \leq 1$

7.5 Diseño de la aplicación informática

Para facilitar el cálculo del índice de riesgo para un embarque y apoyar la toma de decisiones, se desarrolló la aplicación “Calculadora de índice de riesgo”

cuya portada se ve en la Figura 7.6. Se buscó que la aplicación contara con una interfaz gráfica que fuera amigable con el usuario final y de esta forma facilitar la realización de cálculos. El desarrollo se hizo en Java7u45. La aplicación es configurable permitiendo al usuario adaptar los parámetros de la ecuación y las bases de datos, conforme a las necesidades del usuario.

Figura 7.6 Calculadora de riesgo.

The image shows a screenshot of a web-based risk calculator interface. The window has a title bar with the text 'Calculadora de riesgo' and standard minimize, maximize, and close buttons. The interface is organized into several sections, each with a red heading:

- Ruta:** Contains two sub-sections. The 'Origen' (Origin) section has dropdown menus for 'Estado' (State) set to 'Guanajuato' and 'Locación' (Location) set to 'León'. The 'Destino' (Destination) section has dropdown menus for 'Estado' set to 'Aguascalientes' and 'Locación' set to 'Aguascalientes'.
- Tipo de productos:** A dropdown menu showing 'Comidas y bebidas'.
- Factor Humano:** Three radio button options: 'No aplicar controles' (selected), 'Certificar operadores', and 'Certificar personal clave'.
- Tipo de vehiculo:** Four radio button options: 'Camión 3.5 Ton' (selected), 'C3', 'C2', and 'T3S2'.
- Tipo de carretera:** Three radio button options: 'Cuota', 'Libre', and 'Mixta' (selected).
- Indicador de riesgo:** Displays the calculated 'Nivel' (Level) as 'Severo' in a red box and the 'Índice' (Index) as '0.9360' in a text box. Below these is a 'Calcular' (Calculate) button.

Fuente:Elaboración propia.

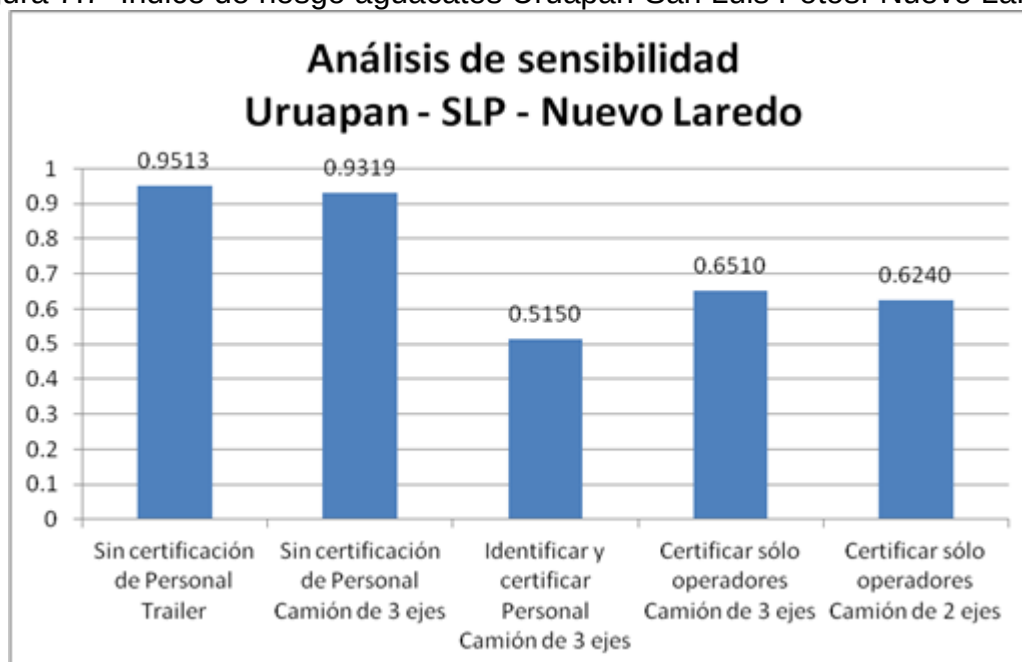
7.6 Análisis de sensibilidad.

Al probar la aplicación con valores extremos se obtuvo como valor mínimo un Indicador de riesgo (IR) de 0.136272 y con las características que suponían mayor riesgo el valor máximo de la función se ubicó en el 0.509705.

Para evaluar el comportamiento del índice de riesgo, se utilizaron datos de embarques reales de siete empresas que transportan aguacate con origen en Uruapan, de las cuales cuatro reportaron haber sufrido robos en el último año. De estas empresas cinco utilizaban camiones articulados y el resto camión de tres ejes; seis de ellas tienen como destino la ciudad de Nuevo Laredo y una la ciudad de México.

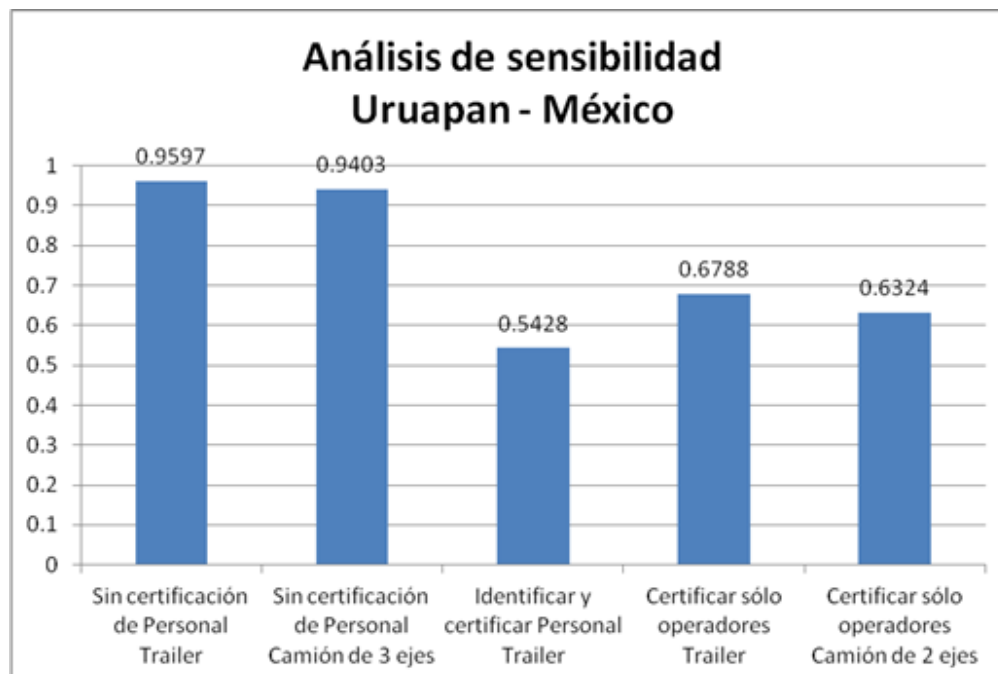
Los cálculos del índice (Figuras 7.7 y 7.8), mostraron mayor riesgo en la ruta de México con respecto a la ruta con destino a Nuevo Laredo. Se evaluaron dos posibles rutas hacia Nuevo Laredo, resultando con mayor riesgo la que pasa por San Luis Potosí, aunque es la ruta más corta. En todos los casos el menor riesgo se alcanzó teniendo identificación y certificación del personal.

Figura 7.7 Índice de riesgo aguacates Uruapan-San Luis Potosí-Nuevo Laredo.



Fuente:Elaboración propia.

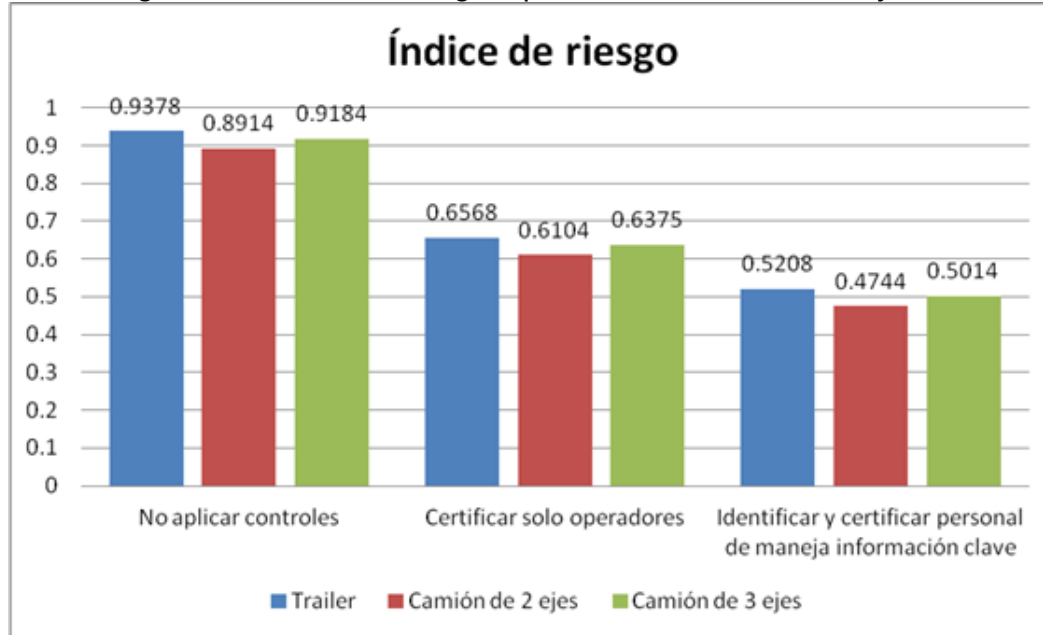
Figura 7.8 Índice riesgo aguacates Uruapan-México.



Fuente:Elaboración propia.

Una segunda prueba con datos de embarques de productos lácteos en el estado de Guanajuato por carretera libre, se muestra en la fig.7.9.

Figura 7.9 Índice de riesgos, productos lácteos Guanajuato.



Fuente: Elaboración propia.

7.7 Conclusiones

El método propuesto en este estudio presenta ventajas con respecto a la metodología tradicional de gestión del riesgo, la cual se basa en identificar y priorizar el riesgo con estimaciones subjetivas que pueden verse afectadas por sesgos cognitivos llevando al tomador de decisiones a subestimar o sobre estimar el riesgo de un embarque. A diferencia del método tradicional, aquí se propone una herramienta que permite aprovechar la información estadística y opiniones de expertos para estimar factores que alimentan una aplicación informática de manera tal que la estimación del riesgo en el transporte puede realizarse rápidamente al interior de la empresa y establecer políticas sobre las medidas de seguridad que deberán aplicarse de acuerdo con el nivel de riesgo no sólo estimado sino identificado y calculado.

El estudio comprobó la afirmación de Puljić (2010): "hay ciertos sesgos cognitivos que conducen a los distintos administradores a sobreestimar su propio

conocimiento, las destrezas y su capacidad de influir en las circunstancias en las que trabajan y toman sus decisiones”. Esto es de particular importancia en la gestión de la Cadena de Suministro de riesgos, ya que la percepción del riesgo y las decisiones sobre la forma de tratar con él dependen en gran medida de la interpretación individual de la situación y las actitudes psicológicas de quien toma las decisiones. Aunque esta propuesta se ha hecho para abordar el problema del robo de mercancías en México, dicha metodología puede ser utilizada para estudiar los riesgos de la cadena de suministro cuando la información estadística es insuficiente para apoyar la toma de decisiones.

La primera conclusión de este estudio es que, contrariamente a lo sugerido al principio por transportistas y usuarios del transporte, la ruta no es un factor determinante en el riesgo de robo, ya que el cambio de ruta para reducir el robo, no es efectivo en el largo plazo. En cambio, el tipo de mercancía, sí es un factor en el riesgo de robo y, tal vez, el factor principal.

Un factor no considerado en un principio que resultó de gran importancia, es la falta de control del personal de las empresas para evitar fugas de información; sin embargo, esta validación no sólo debe aplicarse a los conductores de las unidades, igualmente importante es identificar al personal con acceso a información sobre los embarques. Los expertos también coinciden en que la empresa debe implementar procedimientos para asegurar la integridad de los datos y evitar su robo.

Aún queda pendiente el análisis del factor tiempo, considerando que posiblemente un embarque que cruza grandes distancias pueda ser más vulnerable a ser robado que un embarque de recorrido corto, adicionalmente el horario en el que pasa por zonas de riesgo para identificar la planificación del horario pudiera ser una medida para reducir el riesgo de robo. Esta variable así como otras tantas pudieran evaluarse en una segunda etapa en caso de lograr

una base de información con registros sobre robos que posea un amplio abanico de variables.

La correcta identificación de factores de riesgo del fenómeno de estudio podrá ser más cuantitativa a medida que se disponga de mayor número de datos estadísticos que permitan la aplicación del método de componentes principales, no obstante, la obtención de los principales factores de riesgo a través de este método permitirá identificar datos de interés que deberán ser recabados al registrar futuros incidentes.

Se propone como trabajo futuro validar estadísticamente el índice calculado con la frecuencia de robos reales y considerar la influencia de la época del año en que se realiza el transporte de mercancías.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Mexicano del Transporte por el apoyo otorgado para la realización del proyecto de investigación así como a los empresarios y expertos entrevistados que aportaron datos indispensables para la investigación.

Referencias

- Cavinato, Joseph (2004). Supply chain logistics risk -From the back room to the board room. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (5), 383-387.
- Chopra, Sunil, y ManMohan Sodhi. «“Managing risk to avoid supply chain breakdown”».» *MIT Sloan Management Review*, 2004: Fall, 53-61.
- Dalkey, Norman, & Helmer, Olaf (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management science*, 9(3), 458-467.
- Dalkey, Norman C., Brown, Bernice B., & Cochran, Samuel (1969). *The Delphi method: An experimental study of group opinion* (Vol. 3). Santa Monica, CA: Rand Corporation.
- Daultrey, Stu (1976). Principal components analysis. Norwich: Geo Abstracts Limited.
- De la Garza G. Jorge., Morales S. Blanca. N. y Gonzáles C. Beatriz A. (2013) *Análisis Estadístico Multivariante*. 1ª Edición McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Dimitrios, Tsamboulas, y Moraiti Panayota. Identification of potential target locations and attractiveness assessment due to terrorisms in the freight transport. *Journal of Transportation Security*, 2008: 189-207.

- FreightWatch. FreightWatch Annual Report Mexico Cargo Theft: 2010. Austin, Tx, 2011.
- Sánchez, Gabriel. G.(2003). *Técnicas participativas para la planeación*: procesos breves de intervención. Fundación ICA.
- Gurrea, Manuel. T. (2000). *Análisis de componentes principales*. Proyecto e-Math Financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD).
- Hendricks, Kevin, & Singhal, Vinod (2005). An empirical analysis of the effect of supply chain disruptions on long-run stock Price and equity risk of the firm. *Production and operation Management*, 1(14), 35-52.
- Lai, Vincent S., Trueblood, Robert P., & Wong, Bo K. (1999). *Software selection: a case study of the application of the analytical hierarchical process to the selection of a multimedia authoring system*. *Information & Management*, 36(4), 221-232.
- Li, Xiangyang, Charu Chandra, y Jiun-Yan Shiau. *Developing Taxonomy and Model for Security Centric Supply Chain Management*. Michigan: Department of industrial and Manufacturing systems engineering, University of Michigan, 2008.
- Linstone, Harold A., & Turoff, Murray (2002). *The Delphi Method. Techniques and applications*, 53.
- Martner, Carlos, Morales, Guadalupe, & De La Torre, Elizabeth. (2005). Cadenas logísticas de exportación en México. Sanfandila, Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte.
- Okoli, Chitu, & Pawlowski, Suzanne D. (2004). The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42(1), 15-29.
- Pérez Gabriel, González Rosa y Ascencio Luis (2011). Seguridad de la cadena logística y su incidencia en la competitividad de Mesoamérica. *Boletín FAL - Facilitación del Comercio y el Transporte en América Latina*. Unidad de Servicios de Infraestructura de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL). N°300, 2011:8.
- Puljić, Maja. The influence of cognitive biases on managerial perceptions. *The 10th International Research Seminar*. United kingdom: Loughborough University, UK, 2010.
- Recurso Confiable. *Estadísticas de robo 2010*. 2011. Recuperado de Recurso: http://www.recursoconfiable.com/rep_sin_state.asp.
- Saaty, Thomas L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Rodrigues, Vasco S.; Stantchev, Damian; Potter, Andrew; Naim, Mohamed; Whiteing, Anthony. Establishing a transport operation focused uncertainty model for the supply chain. *International Journal of Operations and Production Management*, 2008: 388-411.
- Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. (2013). Secretariado Ejecutivo del Sistema nacional de Seguridad Pública. Recuperado noviembre de 2013, de <http://www.secretariadoejecutivosnsp.gob.mx/>
- Sheffi, Yossi. (2011). Supply chain management under the threat of international terrorism. *The International Journal of logistics management* 12, n° 2: 1-11.
- Triantaphyllou, Evangelos, & Mann, Stuart H. (1995). Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, 2(1), 35-44.

- Uhlig, Stefanie. *Managing disruptions in transportation systems*. Faculty of Economics and Business Administration, University Maastricht,, Netherlands, 2008.
- Urciuoli, Luca. Drivers of Security in Distribution Networks– a Survey of Swedish. En *Proceedings of the 10th International Research Seminar on Supply Chain Risk*, de ISCRiM, editado por Samir Dani. UK, 2010.
- Henry, Willis. y Ortiz, David. *Evaluating the security of the global containerized Supply Chain*. Santa Monica, C.A.: RAND, 2004.
- Wilson, Martha. *The impact of transportation disruptions on supply chain performance*. California: ELSEVIER, 2007.
- Young, Richard, & Esqueda, Paul (2005). Vulnerabilidades de la cadena de suministros:consideraciones para el caso América Latina. *Revista latinoamericana de administración*,34,Cladea Bogotá, 63 - 78.

CONCLUSIONES GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN.

La primera conclusión de este estudio es que, contrariamente a lo sugerido al principio por transportistas y usuarios del transporte, la ruta no es un factor determinante en el riesgo de robo, ya que el cambio de ruta para reducir el robo, no es efectivo en el largo plazo. En cambio, el tipo de mercancía, sí es un factor en el riesgo de robo y, posiblemente, el factor principal.

Un factor no considerado en un principio que resultó de gran importancia, es la falta de control del personal de las empresas para evitar fugas de información; sin embargo, esta validación no sólo debe aplicarse a los conductores de las unidades, igualmente importante identificar al personal con acceso a información sobre los embarques. Los expertos también coinciden en que la empresa debe implementar procedimientos para asegurar la integridad de los datos y evitar su robo por parte de terceros.

El método propuesto en este estudio presenta ventajas con respecto a la metodología tradicional de gestión del riesgo, que se basa en identificar y priorizarlo de acuerdo con las estimaciones subjetivas de impacto; el estudio comprobó la afirmación de Puljić (2010): "hay ciertos sesgos cognitivos que conducen a los distintos administradores a sobreestimar su propio conocimiento, las destrezas y su capacidad de influir en las circunstancias en las que trabajan y toman sus decisiones". Esto es de particular importancia en la gestión de la Cadena de Suministro de riesgos, ya que la percepción del riesgo y las decisiones sobre la forma de tratar con él dependen en gran medida de la interpretación individual de la situación y las actitudes psicológicas de quien toma las decisiones. Aunque esta propuesta se ha hecho para abordar el problema del robo de mercancías en México, dicha metodología puede ser utilizada para estudiar los riesgos de la cadena de suministro cuando la información estadística es insuficiente para apoyar la toma de decisiones.

La correcta identificación de factores de riesgo del fenómeno de estudio podrá ser más cuantitativa a medida que se disponga de mayor número de datos estadísticos que permitan la aplicación del método de componentes principales, no obstante, la obtención de los principales factores de riesgo a través de este método permitirá identificar datos de interés que deberán ser recabados al registrar futuros incidentes.

REFERENCIAS

- Ahokas, J., & Hintsa, J. (2011). *Assuring supply chain continuity in industrial supply chains and complying with authorised economical operator AEO europe*. Lausanne: BIT research centre, Aalto University, school of science and technology y Cross- border research Association, Lausanne, Switzerland.
- Argod y Gupta, (2005). A Stochastic Optimization Case Study using ILOG CPLEX Concert Technology: Dual Sourcing Model For Managing Supply Chain Disruptions. *Research Computing Cyberinfrastructure*, 1-21.
- Bainman, S., Netessine, S., & Kunreuther, H. (2004). *Procurement in supply Chains when the end products exhibits the "weakest link" property*. The Wharton School, University of Pennsylvania.
- Bichou, K. (2008). *Security and risk -based models in shipping and ports: review and critical analysis*. OECD.
- Bier, V. M. (1993). Statistical Methods for the Use of Accident Precursor Data in Estimating the Frequency of Rare Events. *Proceedings of Siggraph'93.41*, págs. 267-280. Anaheim: Computer Graphics Annual Conference Series, ACM.
- Bob, R., & Brindley, C. (2010). Supply Chain Risk Management: Where are we? *The School of Business and Economics Loughborough University, UK*, 7-10.
- Bode, C., & M. Wagner, S. B. (2010). When do supply chain disruptions become the norm? Insights from normal accident and high reliability theories. *The School of Business and Economics Loughborough University, UK*, 15-19.
- Cavinato, J. (2004). Supply chain logistics risk -From the back room to the board room. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 34 (5), 383-387.
- Chelsea C. White III., A. L. (2004). *A research agenda for supply chain security and productivity*. Georgia: School of industrial and systems engineering Georgia Institute of Technology.
- Chopra, S., & Sodhi, M. (2004). "Managing risk to avoid supply chain breakdown". *MIT Sloan Management Review*, Fall, 53-61.
- Chow, G. Frank, D. y Jiang, T. (2006). Applying Supply Chain Logistics Modeling to Border Security and Efficiency,. *Canadá-U.S. Border: Security vs Prosperity ITS-Applications to Achieve a Delicate Balance*. Bureau of Intelligent Transportation Systems and Freight Security (BITSAFS).
- Chu, Y., & Squire, B. (2010). A methodology for identifying, categorising and prioritising. En S. Dani (Ed.), *Proceedings of the 10th International Research Seminar on Supply Chain Risk*, (págs. 35-38). UK.
- Dalkey, Norman, & Helmer, Olaf (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management science*, 9(3), 458-467.

- Dalkey, Norman C., Brown, Bernice B., & Cochran, Samuel (1969). The Delphi method: An experimental study of group opinion (Vol. 3). Santa Monica, CA: Rand Corporation.
- Daultrey, Stu (1976). Principal components analysis. Norwich: Geo Abstracts Limited.
- De la Garza G. Jorge., Morales S. Blanca. N. y Gonzáles C. Beatriz A. (2013) Análisis Estadístico Multivariante. 1ª Edición McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Dani, S. (2010). The international Supply chain risk management network (ISCRIM). *The 10 international research seminar on supply chain risk management*. UK: The school of Business and economics loughborough University,UK.
- David Serafine, C. (1905). *What is slowly rusting your global supply chain?*Government incentives and Cargo Crime.
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (Junio de 2004). *Guia administración del riesgo*. Bogotá, Bogotá, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia.
- Deep, A., y Dani, S. (2010). Scenario planning in Supply Chain Risk Management. *The 10th International Research Seminar* (págs. 30-34). United Kingdom: The School of Business and Economics.
- Dimitrios, T. y Moraiti P. (2008) Identification of potential target locations and attractiveness assessment due to terrorisms in the freght transport. *Journal of Transportation Security*, 2008: 189-207.
- Donner, M., & Kruk, C. (2009). *Supply Chain Security Guide*. Washington DC 20433: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
- FreightWatch. FreightWatch Annual Report Mexico Cargo Theft: 2010. Austin, Tx, 2011.
- Gaonkar, R., & Viswanadham, N. (2004). *A Conceptual and Analytical Framework For the Management of Risk in Supply Chains*. India: Gaunkar ISA.
- Ghadge, A. y Dani, S., (2010). Supply Chains Risks: a Systems Thinking Perspective. The 10th International Research Seminar. United kingdom: Loughborough University, UK.
- Gurrea, Manuel. T. (2000). Análisis de componentes principales. Proyecto e-Math Financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD).
- Hair, Joseph. E. (1999). *Análisis Multivariado*.Madrid: Prentice Hall.
- Harrison, J. (2010). Supply Chain Security and International Terrorism. En A. Thomas, Supply Chain Security. Praeger.

- Hendricks, K., & Singhal, V. (2005). An empirical analysis of the effect of supply chain disruptions on long-run stock Price and equity risk of the firm. *Production and operation Management*, 1(14), 35-52.
- Hotelling, H. (1933). Analysis of a complex of statistical variables into principal components. *Journal of Educational Psychology*, Vol 24(7), Oct 1933, 498-520. doi:10.1037/h0070888
- Lai, Trueblood y Wong, (1999). Software selection: a case study of the application of the analytical hierarchical process to the selection of a multimedia authoring system. *Information & Management*, 36(4), 221-232.
- Linstone, Harold A., & Turoff, Murray (2002). *The Delphi Method. Techniques and applications*, 53.
- Jessup., G. (2006). A feasibility Study evaluating transportation security systems and associateds multi-modal efficiency *impacts*. Washington: School of economic science Washington State University.,Transportation Northwest (tansnow).,Department of civil Engineering.
- Jüttner, U., & Peck, H. (2003). Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 6(4), 197-210.
- Krishnan, M., Parente, E., & Shulman, J. A. (Mayo de 2007). Understanding Latin America's supply chain risks. *McKinseyQuarterly*.
- Lee, H., & Billington, C. (1992). *Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities*. Sloan Management Review.
- Lee, H., & Whang, S. (2003). Higher supply chain security with lower cost: Lessons from total quality management. *GSB Research Paper 1824, Stanford Graduate School of Business, Stanford University*.
- Lewis, B., Erera, A., & White, C. (2003). Optimization approaches for efficient container security operations at transshipment seaports. *Transportation Research Record*, (1822): pp 1-8.
- Li, X., Chandra, C., & Shiau, J.-Y. (2008). *Developing Taxonomy and Model for Security Centric Supply Chain Management*. Michigan: Department of industrial and Manufacturing systems engineering, University of Michigan.
- Luedtke, J., & White, C. (2004). The Value of Asset Visibility in the Supply Chain: Single and Dual Source Models. *IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics: Proceedings*, 89-94.
- March, J. G., & Shapira, Z. (1987). Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking. *Management Science*, 33, 1404-1418.
- Martha, J., & Subbakrishna, S. (2002). Targeting a just in case supply chain for the inevitable next disaster. *Supply Chain Management Review*, 6 (5) 18-23.
- McNicholas, M. (2008). *Maritime Security An Introduction*. Burlington MA, USA: Elsevier.

- Mikuriya, K. (2008). Supply Chain Security: The Customs Community's Response. En *Supply Chain Security: The Customs Community's Response* (pág. www.wcoomd.org). World Customs Journal.
- Reynoso, R. N. (2011). *Modelo de bioseguridad en la cadena de suministros de productos alimenticios, teniendo en cuenta la gestión de la cadena de suministros y la visión de procesos de negocio. Aplicación a la industria alimenticia, de la zona del bajo*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Okoli, Chitu, & Pawlowski, Suzanne D. (2004). The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications. *Information & Management*, 42(1), 15-29.
- Pearson, K. (1901). On lines and planes of closest fit to systems of points in space. *Philosophical Magazine* 2:559-572. <http://pbil.univ-lyon1.fr/R/pearson1901.pdf>
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos Multivariantes*. Mc. graw Hills.
- Pérez Gabriel, González Rosa y Ascencio Luis (2011). Seguridad de la cadena logística y su incidencia en la competitividad de Mesoamérica. Boletín FAL - Facilitación del Comercio y el Transporte en América Latina. Unidad de Servicios de Infraestructura de la División de Recursos Naturales e Infraestructura de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL). N°300, 2011:8.
- Pipitone, F. (2010). Pega delincuencia al autotransporte. *T 21*, 16-19.
- Pipitone, F. (n/e). Lo que nos heredó la crisis en materia de seguridad y su costo. *Séptimo encuentro de transporte y logística "The day after" reingeniería logística después de la crisis*. KROLL.
- Pirola, F., Pinto, R., & Zsidisina, G. (2010). Supply Risk Management: Mving Towards a Quantitative Approach. *The SCchool of Business and Economics Loughborough University, UK*, 39-45.
- Puljić, M. (2010). The influence of cognitive biases on managerial perceptions. *The 10th International Research Seminar*. United kingdom: Loughborough University, UK.
- Quiang, Q., y Nagurney A. (2011). *A bi-criteria measure to assess supply chain network performance for critical needs under capacity and demand disruptions*. Pennsylvania: Pennsylvania State University, University of Massachusetts.
- Ritchie y Brindley (2010). Supply Chain Risk Management: Where are we?. *The 10 international research seminar on supply chain risk management*. UK: The school of Business and economics loughborough University, UK.
- Recurso Confiable. Estadísticas de robo 2010. 2011. Recuperado de Recurso: http://www.recursoconfiable.com/rep_sin_state.asp.

- Rueda, X. G., Perret, F.-L., & Wieser, P. (2007). *a model for de design of effective and resilient supply chain security management systems*. École Polytechnique Fédérale de Lauusane.
- Saaty, Thomas L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 48(1), 9-26.
- Sánchez, Gabriel. G.(2003). Técnicas participativas para la planeación: procesos breves de intervención. Fundación ICA.
- Sanchez-Rodrigues, V., Stantchev, D., Potter, A., Naim, M., & Whiteing, A. (2008). Establishing a transport operation focused uncertainty model for the supply chain. *International Journal of Operations and Production Management*, 388-411.
- Secretariado Ejecutivo del Sistema Nacional de Seguridad Pública. (2013). Secretariado Ejecutivo del Sistema nacional de Seguridad Pública. Recuperado noviembre de 2013, de <http://www.secretariadoejecutivosnsp.gob.mx/>
- Sharma, A., Subramanian, L. y Brewer, E. (2008). Secure Rural Supply Chain Management Using Low Cost Paper Watermarking. California: University of California, Department of Computer Science. Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Networked systems for developing regions. ACM New York, NY, USA.
- Sheffi, Y. (2001). Supply chain management under the threat of international terrorism. *The International Journal of logistics management*, 12(2), 1-11.
- Siu-Lun, J., Kwok, S.-K., & Hing-Choi, A. (2009). Hybrid Risk Management Methodology:. *International Journal of Engineering Business Management*, 1(1), 25-32.
- Sodhi, Son y Tang, C. (2010). What is Supply Chaing Risk Management in the Perception of Researchers? *The School of Business and Ecomics Loughborough University, UK*, 11-14.
- Thomas Cook . (9 de abril de 2003). Obtenido de http://www.thomascook.info/tck/downloads/GB_english_gesamt.pdf
- Triantaphyllou y Mann, (1995). Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, 2(1), 35-44.
- Urciuoli, L. (Sep 6-7 de 2010). Drivers of Security in Distribution Networks– a Survey of Swedish. En ISCRiM, & S. Dani (Ed.), *Proceedings of the 10th International Research Seminar on Supply Chain Risk*. UK, UK.
- Vanany, I., Zailani, S., & Pujawan, N. (2009). Supply chain risk management: literature review and future research. *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*, 2(1), 16-33.
- Wilson, M. (2007). *The impact of transportation disruptions on supply chain performance*. California: ELSEVIER.

- Xu, X., Liang, Z., & Han, W. (2010). Coordinating Supply Chain Distribution in the Presence of Production. *International Journal of Engineering Business Management*, 2(2), 41-46.
- Young, R. R., & Esqueda, P. (2005). Vulnerabilidades de la cadena de suministros: consideraciones para el caso América Latina. *Revista latinoamericana de administración*, 34, Cladea Bogotá, 63 - 78.

ANEXOS

321

Seguridad de la Cadena de Suministro, Robo al Autotransporte de Carga

Supply Chain Security, Road Freight Theft

Elizabeth De La Torre¹, Carlos Martner², José Luis Martínez³, Elías Olivares⁴, Elías Jiménez⁵

Instituto Mexicano del Transporte. México. ¹ elizabeth.delatorre@imt.mx, ² martner@imt.mx, ³ ejimenez@imt.mx
Universidad Popular Autónoma de Puebla. México. ³ jose Luis.martinez01@upaep.mx, ⁴ elias.olivares@upaep.mx

Resumen

En México el robo se ha convertido en uno de los riesgos más relevantes para la eficiencia y la competitividad de las cadenas de suministro. Esta propuesta busca identificar las variables que influyen sobre el riesgo de robo en el autotransporte como paso previo de una metodología para evaluar cuantitativamente la influencia de las variables identificadas y medir el nivel de seguridad del transporte de carga, apoyando así a la toma de decisiones en la creación de esquemas de seguridad. El proceso para identificar estas variables de riesgo es el análisis estadístico de la información disponible de robos de carga mediante el método de componentes principales, determinando un primer conjunto de variables de interés para el diseño de una encuesta que se aplicó a expertos en seguridad de la cadena de suministro empleando el método Delphi. Los resultados del método permitirán confirmar o identificar nuevas variables, con las primeras cuantificaciones de su influencia en el riesgo.

Palabras Clave: Seguridad, Robo, Cadena de Suministro, Gestión del Riesgo

Abstract

In Mexico theft has become one of the most relevant risks to efficiency and competitiveness for supply chains. In this context, this proposal aims to identify variables and their influence on the role of risk management, in order to build a methodology to assess quantitatively the influence of the variables identified and measure security level of cargo transportation to facilitate decision-making on security schemes creation. The process for identifying these risk variables is statistical analysis based on information available about cargo theft by the analysis method of principal components, determining a first set of variables of interest for design a survey to be applied to security experts supply chain using the Delphi method. Results will confirm the variables identified or will help to identify new ones, allowing quantifying their influence on risk.

Key Words: Security, Theft, Supply Chain, Risk Management

1. Introducción

Desde finales del Siglo XX, el tema de la seguridad y el riesgo en la cadena de suministro ha sido abordado por diversos autores; sin embargo el número de contribuciones sobre esta temática aún es incipiente, sobre todo con respecto al robo al autotransporte. La importancia de esta temática se ha evidenciado en las iniciativas y certificaciones en materia de seguridad, que enfatizan el impacto que tiene en las cadenas de suministro a nivel internacional. Sheffi (2001) así como Willis y Ortiz (2004) identificaron tempranamente la necesidad de avanzar en el entendimiento, identificación y cuantificación

Analyzing risk factors for highway theft in Mexico

E. de la Torre¹, C. Martner¹, J. Martínez², E. Olivares²
& E. Moreno¹

¹Mexican Transportation Institute, Mexico

²Popular Autonomous University of the State of Puebla, Mexico

Abstract

In recent years thefts in the Mexican trucking sector have increased, causing huge losses to carriers, so a study to know the risk factors faced by the motor carriers seems pertinent. Security is a relatively recent topic in logistics and supply chain studies, mainly based on conceptual views and qualitative data on operational disruptions in the supply chain and security issues related to terrorism. This article aims to identify variables influencing the risk of trucking robbery in Mexico, providing information to facilitate security assessments of freight, and the planning of security schemes for companies. To identify these risk variables a statistical analysis of the available national information on freight thefts is done, determining a first set of variables to design a survey applied to experts in supply chain security based on the Delphi method. Results allow us to confirm the variables or suggest new ones, showing their influence on the risk.

Keywords: supply chain risk, security, theft.

1 Introduction

Since the late twentieth century, security and risk in the supply chains has been addressed around the world; however the number of works is still reduced especially on trucking theft, even while the articles on logistic and supply chain have grown steadily. The importance of this topic is evidenced by the safety initiatives and certifications, which emphasize its impact in the supply chains. Some authors identify the need of research to understand, identify and quantify the risk in the supply chain to improve its management, with both conceptual and methodological contributions. Some of these contributions are as follows.



International Congress on Logistics & Supply Chain, CILOG 2013.
Sanfandilla, Queretaro, Mexico. 24-25 October 2013.

Metodología para evaluar el nivel de riesgo en el autotransporte de carga

Martha Elizabeth de la Torre Romero
Eric Moreno Quintero
Cinthya Aguilar Soriano
Carlos Martner Peyrelongue
Coordinación de Integración del Transporte
Instituto Mexicano del Transporte (IMT)
Queretaro, México

José Luis Martínez Flores
Eliás Olivares Benítez
Posgrado en Logística y Dirección de la Cadena de
Suministro
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
(UPAEP)
Puebla, México

Resumen—Se propone una metodología para cuantificar riesgos de robo en el autotransporte de carga, útil para planes de seguridad de las empresas transportistas. Se aborda la problemática del robo al autotransporte en México, que en años recientes ha impactado seriamente la logística y la competitividad del subsector.

Se examina el robo de carga partiendo de encuestas a transportistas y un Análisis de Componentes Principales de datos sobre robos. Esta información fundamenta la opinión de un grupo de expertos utilizando la Técnica Delphi y el Proceso de Jerarquía Analítica, para determinar y ponderar factores de riesgo, los cuales permiten calcular un índice de riesgo para situaciones específicas de transporte (carga movida, ruta, etc.).

Obtener información confiable sobre robos de carga es muy difícil, por lo sensible del tema y la inexactitud de los datos publicados. Estas imprecisiones y las percepciones subjetivas asociadas se atenúan con esta metodología basada en opiniones de expertos y en las técnicas referidas para integrar el índice de riesgo propuesto. Este índice permite dimensionar y comparar estrategias de seguridad para las empresas, apoyando su toma de decisiones. Mejoras futuras en la información disponible y en las encuestas a transportistas afinarán los resultados, incrementando la seguridad del subsector.

Palabras Clave—seguridad; robo; cadena de suministro; gestión del riesgo.

I. INTRODUCCION

La tarea de lograr el suministro de bienes en tiempo y forma, ha sido un tema complejo de abordar a través de la historia, debido a que depende en gran medida de la coordinación de un número variable de actividades que se llevan a cabo en ámbitos que no siempre pueden ser controlados, en las cuales intervienen diferentes actores, cada uno con intereses propios, comunes e incluso opuestos. Si a la complejidad de la coordinación le sumamos todos aquellos factores naturales u ocasionados por el hombre que pueden interferir en el buen desempeño de la cadena de suministro, la incertidumbre puede llegar a ser abrumadora.

Desde finales del Siglo XX, el tema de la seguridad y el riesgo en la cadena de suministro ha sido abordado por diversos autores; sin embargo el número de contribuciones sobre esta temática aún es incipiente, sobre todo con respecto al robo al autotransporte. La relevancia de esta problemática se

ha evidenciado en las iniciativas y certificaciones en materia de seguridad, que enfatizan el impacto que tiene en las cadenas de suministro a nivel internacional. [1] así como [2] identificaron tempranamente la necesidad de avanzar en el entendimiento, identificación y cuantificación del riesgo en la cadena de suministro para lograr avances en su gestión, realizando importantes progresos que fundamentan dichos estudios, con aportaciones tanto conceptuales como metodológicas. Algunas de estas aportaciones son las siguientes:

Sheffi [1] presenta una introducción para entender el riesgo de la cadena de suministro, y en particular el ligado con acontecimientos terroristas; además propone un conjunto de ideas para lograr la capacidad de reacción en el diseño de la cadena de suministro. [2], dan un marco de referencia para la evaluación y gestión de la seguridad de la cadena de suministro. Su reporte se enfocó principalmente a mejorar la seguridad y eficiencia de la cadena en el transporte intermodal para la prevención de ataques terroristas.

Por su parte, [3] diseñaron un modelo multicriterio que permite evaluar el riesgo de las cadenas de suministro internacionales con la finalidad de prevenir actos terroristas. [4] introducen una clasificación de los riesgos en la cadena de suministro y los eventos o factores que conducen a los mismos, entre los que destacan los riesgos del transporte que pueden atribuirse tanto a interrupciones permanentes como temporales (demoras) debido a varios factores clave, tales como congestión, catástrofes naturales y terrorismo. Por su parte, [5] argumenta que en general los autores no mencionan explícitamente la interrupción del transporte como una categoría de riesgo por separado, y por tanto, puede considerarse que este tema no se ha abordado con el detalle que se merece.

Wilson [6] distingue interrupciones en general y de transporte. Esta última la refiere como cualquier interrupción del flujo de los bienes, mientras que otros tipos de perturbaciones también incluyen por ejemplo, las interrupciones en la fabricación de los productos. Su trabajo examina los efectos de las interrupciones del transporte en el rendimiento de la cadena de suministro utilizando dinámica de sistemas en dos escenarios diferentes de la cadena.

En la revisión de la literatura, puede observarse que son pocos los autores que identifican los factores generadores de

Elizabeth de la Torre

De: Revista de Investigación <nova_scientia@delasalle.edu.mx>
Enviado el: jueves, 20 de marzo de 2014 06:08 p.m.
Para: Elizabeth de la Torre
Asunto: ACUSE DE RECIBO ARTÍCULO 256

Estimada M. en C. Elizabeth de la Torre Romero:

Reciba un cordial saludo.

Esta es la información que hemos recibido como propuesta de su artículo:

Título: *"Herramienta para la Evaluación del Riesgo de Robo en el Autotransporte de Carga"*

Autores: Elizabeth de la Torre, Carlos Martner, Eric Moreno Quintero, José Luis Martínez y Elías Olivares Benítez

Fecha de recepción: 13 de marzo de 2014.

La clave asignada a su artículo es: **256**

Por favor, refiera esta clave en toda la correspondencia relacionada con el artículo.

Quieramos pedir una recomendación de 5 posibles árbitros de su trabajo.

Una vez completado el proceso de dictaminación, le haremos llegar la resolución tomada por el Consejo Editorial.

Le agradecemos su valiosa contribución para la Revista Nova Scientia.

Atentamente,

José Luis Álvarez Espinosa

Secretario Ejecutivo de la Revista

http://nova_scientia.delasalle.edu.mx/

Tel. 01 477 7 10 85 00 ext. 608

Nova Scientia **ISSN 2007 - 0705**

Indizada en: **CONACyT** <http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/IndiceRevistas/Paginas/Indice8.aspx>