



Certificación ISO 9001:2015

---

---

# **Consideraciones para un marco conceptual sobre resiliencia en la cadena de suministro**

Agustín Bustos Rosales  
Jose Alfonso Balbuena Cruz  
Alma Zamora Domínguez  
Alejandro Ascencio Laguna  
José Arturo Pérez Sánchez

**Publicación Técnica No. 496  
Sanfandila, Qro, 2017**



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**  
**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Consideraciones para un marco conceptual sobre  
resiliencia en la cadena de suministro**

**Publicación Técnica No. 496**  
**Sanfandila, Qro, 2017**

---



Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Integración del Transporte, del Instituto Mexicano del Transporte; por Dr. Agustín Bustos, M.I. Alfonso Balbuena, M.C. Alejandro Ascencio, Lic. Alma Zamora y M.I. José Arturo Pérez.

Esta publicación es resultado del proyecto TI 03-16 como parte de las actividades de la Coordinación de Integración del Transporte.



# Contenido

---

Resumen		iv
Abstract		vi
Resumen	Ejecutivo	viii
	Introducción	1
Capítulo 1.	Conceptos de resiliencia en la cadena de suministro	4
Capítulo 2.	Desastres naturales e infraestructura de transporte	13
Capítulo 3.	Flujos actuales de granos de importación	21
Capítulo 4.	Modelo conceptual	27
	Conclusiones	31
	Bibliografía	35

# Resumen

---

En el presente estudio se analizan algunas de las afectaciones que potencialmente podrían presentarse en la cadena de suministro en las importaciones de Estados Unidos y que ingresan a nuestro país por el puerto de Veracruz, ante una eventual contingencia debida a un fenómeno natural; con la intención de elaborar un modelo conceptual que establezca las distintas actividades en el manejo de granos agrícolas dentro del puerto y su conectividad hacia los principales destinos de la carga.

El objetivo del estudio es determinar los riesgos en la cadena de suministro de graneles agrícolas de importación por vía marítima, ante la presencia de desastres naturales u otros eventos que puedan afectar la infraestructura de transporte; para así determinar las soluciones alternas que respondan adecuadamente a las necesidades de accesibilidad de alimentos en los centros de consumo.

Asimismo, se establece como adecuado el marco conceptual de resiliencia en la cadena de suministro propuesto por Ponomarov (2009); ya que incorpora la administración y control de las capacidades logísticas de la cadena, para poder hacer frente a eventos disruptivos; además de que resalta la importancia de la capacidad de aprendizaje de la cadena, para mejorar su preparación ante posibles eventos futuros.



# Abstract

---

This paper analyzes some of the effects that could potentially occur in the grain supply chain that are imported from the United States at a national level and that enter to Mexico through the port of Veracruz in the event of an eventual contingency due to a phenomenon Natural with the intention of elaborating a conceptual model that establishes the different activities in the handling of agricultural grains inside the port and its connectivity towards the main destinations of the cargo.

The objective of the study is to determine the risks in the supply chain of import bulk by sea in the presence of natural disasters or other events that could affect the transport infrastructure, to determine alternative solutions that adequately respond to the needs of accessibility Food in the centers of consumption.

Likewise, the conceptual framework of resilience in the supply chain proposed by Ponomarov (2009) is established as adequate, since it incorporates the administration and control of the logistics capacities in the supply chain in order to deal with disruptive events, besides highlights the importance of the chain's ability to learn to improve its preparation before possible future events.



## **Resumen ejecutivo**

---

El presente estudio pretende analizar las afectaciones que pudieren darse a la cadena de suministro de granos importados desde Estados Unidos a nivel nacional y que ingresan a nuestro país por el puerto de Veracruz, ante una eventual contingencia debida a un fenómeno natural; con la intención de elaborar un modelo conceptual que establezca las distintas actividades en el manejo de granos agrícolas dentro del puerto y su conectividad hacia los principales destinos de la carga.

El tema es importante, ya que los flujos de graneles agrícolas tienen gran relevancia en la economía de cualquier nación, debido a que están vinculados a un sector estratégico, como es el de la alimentación; por lo tanto, la producción, distribución y transportación de granos a su destino final es fundamental para la subsistencia humana y animal, en cualquier parte del mundo.

## **Resiliencia, Riesgo e Incertidumbre de la Cadena de Suministro**

En la actualidad, la gestión de cadenas de suministro desempeña un papel cada vez más importante. Es común que se produzcan numerosos eventos que amenazan con interrumpir las operaciones y ponen en peligro la capacidad de desempeñarse de manera eficiente. Estos eventos pueden ser desastres naturales, o bien provocados por la misma actividad humana; como fallas en los equipos, incendios, conflictos laborales, incumplimientos de proveedores, inestabilidad política, entre otros.

Estos eventos pueden afectar severamente el desempeño de una empresa. Dichas afectaciones pueden darse no solo en la cadena de suministro, sino que pueden dar lugar a daños financieros que podrían poner en riesgo la viabilidad de las empresas.

De acuerdo con Melnyk (2015), la resiliencia de la cadena de suministro es "la capacidad de una cadena de suministro para resistir las interrupciones y recuperar la capacidad operacional después de que se produzcan las interrupciones". Como se mencionó anteriormente; desde esta perspectiva, la resiliencia consta de dos componentes críticos pero complementarios: Resistencia y capacidad de recuperación.

## **Principales desastres naturales en 2013 y 2014, de tipo hidrometeorológico, en México**

La tendencia con la que este tipo de fenómenos se ha presentado indica que en el promedio de los últimos catorce años, nueve de cada diez desastres en México fueron a causa de fenómenos hidrometeorológicos. En 2013, de los 56,479.5 millones de pesos estimados en daños y pérdidas para este tipo de fenómenos, 85% fueron propiciados por ciclones tropicales; le siguieron en menor medida los efectos de la sequía -con 7%-, las lluvias e inundaciones -con 4%- y las bajas temperaturas, con 3%. Gradilla (2014) encuentra que muchos de estos fenómenos tienen afectaciones en infraestructura de transporte, que puede tardar más de un día para reestablecer sus estándares de servicio; por lo que es necesario tomar acciones para continuar con la operación de las cadenas de suministro.

## **Ejemplos de casos internacionales de afectaciones en la cadena de suministro**

Los desastres naturales que afectaron a Japón y Tailandia en 2011 fueron los más devastadores de la región de Asia y el Pacífico, en la historia reciente. En marzo de 2011, un terremoto golpeó la parte noreste de Japón, y fue seguido por un devastador tsunami; luego, a finales de 2011, las inundaciones en Tailandia causaron un enorme daño al país. Dadas las importantes posiciones de Japón y Tailandia en las cadenas mundiales de suministro de muchos sectores económicos, las dos catástrofes causaron grandes perturbaciones tanto a nivel nacional como mundial; lo que puso de relieve la naturaleza interconectada de los mercados y las economías mundiales.

Los dos casos destacan los diferentes tipos de impactos de los desastres naturales en la cadena de suministro global. Japón no sólo actúa como un proveedor importante en muchas industrias (por ejemplo, partes de automóviles, productos químicos, piezas electrónicas y acero) sino también como fabricante de productos finales. Como resultado, el terremoto impactó tanto a los proveedores de aguas arriba de los países en desarrollo, como a los clientes finales en los países desarrollados; ya que tanto la demanda como los flujos de suministro se vieron seriamente afectados.

Las perturbaciones causadas por el desastre en Japón afectaron fuertemente a algunas cadenas de suministro, en particular aquellas que dependían de pocas fuentes o una sola fuente para ciertos insumos. Por ejemplo, Ethox Chemicals, una multinacional química estadounidense, se basa en un material clave suministrado por solo tres empresas en el mundo; una de las cuales se encuentra en Japón. Después del desastre en Japón, Ethox sufrió escasez de suministro; ya que los otros dos proveedores (en Europa y Malasia) no pudieron compensar la paralización del suministro en Japón.

El caso de Toyota es paradigmático de la falta de resiliencia. Durante años, la compañía se había centrado en una gestión de la operación basada en la eficiencia y en una cadena de suministro estrechamente gestionada; por lo tanto, la holgura y los residuos fueron eliminados de sus operaciones. La entrega *just-in-time* se convirtió en estándar y los niveles de inventario se redujeron a un mínimo.

Sin embargo, esta eficiencia en la operación volvió muy vulnerable a la empresa. La compañía ahora era más propensa a las interrupciones de la cadena de suministro, de lo que nunca había esperado. La reducción de su base de abastecimiento, las iniciativas de abastecimiento único y las existencias mínimas de inventario que han sido eficaces en un entorno estable han causado ahora graves problemas. El cierre de unos pocos proveedores de piezas de automóviles detuvo las líneas de ensamblaje de Toyota -en todo el mundo- en unos días y condujo a una caída global en la producción de marzo de 2011, de alrededor del 30%.

Toyota tardó más de seis meses en recuperarse de la interrupción, y regresar a una operación similar a la que tenía antes del desastre; al entregar los productos en los volúmenes requeridos.

## **Flujos de granos de importación vía marítima**

De acuerdo con la API Veracruz, durante el periodo enero-diciembre de 2015 se registró un movimiento total de carga de 23.17 millones de toneladas (incluyendo petróleo y derivados); esto es 9.2% más que en el mismo periodo de 2014, 1889 embarcaciones fueron atendidas.

En cuanto a carga comercial (sin el petróleo y derivados), el movimiento acumulado enero-diciembre de 2015 alcanzó un total de 21.4 millones de toneladas; 8.2% más que el registrado en el mismo periodo de 2014.

Martner et al. (2011) muestran algunos ejercicios de costos en que se incurre al importar granos hacia México, desde los Estados Unidos. Resalta un estudio de costos que comprende, además de las tarifas por uso de infraestructura, servicios al buque y a la infraestructura. Realizaron una comparativa entre los puertos de New Orleans y de Veracruz, para identificar que tan competitivo es un puerto mexicano en materia de costos.

Para ese mismo ejemplo, en el enlace terrestre de Kansas al puerto de New Orleans, se estimó un flete de \$20.11 dólares por tonelada transportada. Ya en su destino, en el caso de la conexión terrestre del puerto de Veracruz a San Juan del Río se calculó un flete de \$11 dólares por tonelada. El enlace marítimo entre ambos puertos tuvo un flete de \$15 dólares por tonelada. A estos costos de los arcos de transporte, agregan los costos en terminales; por lo que el costo total de la cadena de granos desde Kansas a San Juan del Río fue de \$58.18 dólares por tonelada.

También en Martner et al. (2011) aparece un análisis de costos para rutas alternas, el grano que va a San Juan del Río, llega por el puerto de Altamira o por frontera norte, pasa por Nuevo Laredo. En ambos casos fue utilizado transporte ferroviario para los tramos terrestres (vía Nuevo Laredo, todo el trayecto es vía terrestre).

De acuerdo con los Datos Estadísticos del Movimiento de Carga 2015 del Puerto de Veracruz, un buque granelero agrícola -en promedio- transportaba 31,365 toneladas en 2014, mientras que para 2015 movía 30,587 toneladas; lo cual representa una disminución de 2.5%.

Para el caso de 2015, el mismo documento establece que en ese año arribaron 219 buques graneleros; lo que da un promedio de un buque cada 1.67 días.

Con esto, ante el supuesto de un evento meteorológico que detuviera las operaciones del Puerto de Veracruz una semana, este afectaría las operaciones de aproximadamente cuatro buques graneleros; lo que representaría 122348 toneladas, como se puede apreciar en el cuadro 3.5.

**Cuadro 3.5. Movimiento promedio semanal de graneles agrícolas por el puerto de Veracruz**

Granel agrícola	
Buques 2015	219
Ton promedio	30587

Frecuencia promedio	
días entre buque	1,67
buques por semana	4,2
buques enteros	4
toneladas por semana	122 348

En un caso extremo, en el supuesto de que la totalidad de esta carga semanal tuviera como destino el área metropolitana de la Ciudad de México (por su cercanía, se tomarán las estimaciones de costo de San Juan del Río, Querétaro), el transportar esas toneladas por las vías alternas del Puerto de Altamira o el cruce fronterizo Nuevo Laredo, se tendría sobrecostos por tonelada de 6,33 y 9,05 dólares, respectivamente.

El uso de vías alternas para mover la carga correspondiente a una semana tendría un gran impacto en los costos de transporte; esto es, un aumento de 10,9% en el costo cuando se utiliza el puerto de Altamira, situación que se vería agravada al usar Nuevo Laredo, en donde el costo aumentaría un 15,6%; como se puede ver en el cuadro 3.6.

### Cuadro 3.6. Diferencia en costos por el uso de cadenas sustitutas por vías alternas

	Costo tonelada (USD)	por Diferencia	Porcentaje costo extra
Vía Veracruz	\$ 58,17	--	--
Vía Altamira	\$ 64,50	\$ 6,33	10,9%
Vía Nuevo Laredo	\$ 67,22	\$ 9,05	15,6%

	Costo (USD)	semanal Diferencia
Vía Veracruz	\$ 7.116.983	--
Vía Altamira	\$ 7.891.446	\$ 774.463
Vía Nuevo Laredo	\$ 8.224.233	\$ 1.107.249

Como puede observarse en el cuadro 3.6, el uso de una ruta alterna en una cadena sustituta ante un evento que detuviera la operación portuaria durante una semana tendría un impacto que, en el peor de los casos, estaría en el orden del millón de dólares.

## Marco conceptual de Ponomarov

Ponomarov y Holcomb (2009) proponen un modelo con base en la importancia relativa de las capacidades logísticas durante las fases de resiliencia en la cadena de suministro: preparación, respuesta y recuperación. Dicho modelo parte de la siguiente proposición:

*P1. Entre mejor sea la integración dinámica de las capacidades logísticas, mayor será la resiliencia en la cadena de suministro.*

El modelo incorpora tres principios basados en el concepto de resiliencia psicológica (control, coherencia y conectividad) como parte del marco conceptual de resiliencia en la cadena de suministro.

Las capacidades logísticas son colocadas estratégicamente dentro del modelo, de tal manera que se refleje su importancia relativa en cada fase de resiliencia. Estas capacidades son agrupadas en tres categorías mayores como coherencia, conectividad y control.

En el contexto de la cadena de suministro, el control se refiere a la dirección y regulación de acciones estratégicas y tácticas dentro de la cadena.

Este modelo permite a las cadenas de suministro contar con una ventaja competitiva, que es creada a través de las capacidades logísticas; las cuales comprenden las capacidades de demanda, abastecimiento y alta dirección. Se ha encontrado que las empresas que tienen los tres tipos de capacidades (de afuera hacia adentro, de adentro hacia afuera y a través de la cadena) son capaces de actuar y de anticiparse ante cambios en el mercado. La naturaleza dinámica de los negocios globales necesita que una cadena de suministro sea capaz de adaptarse a los cambios. Más aun, deben ser capaces de manejar de manera eficiente eventos o disrupciones inesperados. Esta resiliencia diferencia a una empresa de sus competidores; esto es, construye una ventaja competitiva que es sostenible.

Finalmente, el modelo toma en cuenta aspectos de aprendizaje en la resiliencia que en Ponomarov (2009) han sido discutidos desde la perspectiva de las ciencias sociales y ecológicas. La capacidad de aprender a partir de un evento inesperado para estar mejor preparado en futuras disrupciones es una propiedad primordial de la resiliencia.



# Introducción

---

En atención al Plan Nacional de Desarrollo 2013 - 2018, PND -publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo de 2013, en la Meta Nacional IV, México Próspero- se encuentra el Objetivo 4.8: “Desarrollar los sectores estratégicos del país”, y el objetivo 4.9: “Contar con una infraestructura de transporte que se refleje en menores costos para realizar la actividad económica”; dentro de este último, aparece la estrategia 4.9.1: “Modernizar, ampliar y conservar la infraestructura de los diferentes modos de transporte, así como mejorar su conectividad bajo criterios estratégicos y de eficiencia”. Particularmente, bajo esta estrategia, el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018 (PECiTI) menciona las siguientes líneas de acción para el sector marítimo-portuario:

- Mejorar la conectividad ferroviaria y carretera del sistema portuario.
- Generar condiciones que permitan la logística ágil y moderna en los nodos portuarios, que apoye el crecimiento de la demanda, la competitividad y la diversificación del comercio exterior y de la economía.
- Reducir los tiempos para el tránsito de carga en las terminales especializadas.

Estas líneas de acción tendrían gran repercusión en el Programa Sectorial de Relaciones Exteriores, también identificado en PECiTI, particularmente en la estrategia sectorial 2.6. “Contribuir a la atención de los grandes retos al desarrollo en los mecanismos multilaterales, desde una perspectiva integral destacando el enfoque preventivo en donde el tema prioritario a atender sería el de resiliencia frente a desastres naturales y tecnológicos”.

Los principales graneles agrícolas que se consumen en México llegan por los puertos marítimos; en el caso de la costa del Golfo, Veracruz es el principal puerto de llegada. Ante una eventual ruptura de la cadena en el puerto de Veracruz o en sus vías de acceso, el producto tendría que llegar por la frontera norte, utilizando modos de transporte terrestre (autotransporte o ferrocarril), los cuales son más caros que el modo marítimo. Esto implica que el no reestablecer la cadena en el nodo marítimo traería como consecuencia un sobre costo en la cadena de suministro; además de la posibilidad de saturar las vías alternas con la consecuencia adicional de no satisfacer la demanda en los principales centros de consumo, como podrían ser la Zona Metropolitana de la Ciudad de México o de la ciudad de Puebla.

## **Naturaleza del comercio internacional de granos**

El presente estudio pretende analizar las afectaciones que podrían darse a la cadena de suministro de granos importados de Estados Unidos y que ingresan a nuestro país por el puerto de Veracruz, ante una eventual contingencia debida a un fenómeno natural; con la intención de elaborar un modelo conceptual que establezca las distintas actividades en el manejo de granos agrícolas dentro del puerto, y su conectividad hacia los principales destinos de la carga.

El tema es importante, ya que los flujos de estos graneles agrícolas tienen enorme relevancia en la economía de cualquier nación, debido a que están vinculados a un sector estratégico como es el de la alimentación; por lo tanto, la producción, distribución y transportación de granos a su destino final es fundamental para la subsistencia humana y animal en cualquier parte del mundo.

Es común que, en el comercio internacional de granos, el costo del transporte represente más del 30% del valor de la mercancía; por lo tanto, se trata de bienes muy sensibles a las variaciones de los fletes del transporte. En este contexto, la selección del modo de transporte adecuado es muy importante para no incurrir en situaciones donde la movilidad de la mercancía se vuelva onerosa y económicamente inviable.

Los modos de transporte marítimo y ferroviario presentan las mejores condiciones para movilizar grandes volúmenes o tonelajes de mercancías de bajo o medio valor económico; no obstante, las regulaciones inadecuadas o distorsiones en el mercado por prácticas de los prestadores de servicio podrían conducir a la utilización de otros modos de transportación, cuya vocación natural no sea necesariamente la más eficiente para manejar este tipo de cargas.

Los principales graneles agrícolas (maíz, trigo, sorgo, soya, frijol y arroz) en México, representaron en 2007 más de 50 millones de toneladas al año, para cubrir los requerimientos de productos o insumos básicos destinados tanto al consumo humano, como al consumo animal. El comercio exterior de granos representa un tercio del consumo nacional; donde el 96% de estos movimientos corresponde a importaciones, y sólo el restante 4% son exportaciones.

En ese mismo año, por puertos marítimos se movieron 11.2 millones de toneladas; de las cuales el cuarenta y nueve por ciento tuvo como entrada el puerto de Veracruz. Para el año 2013, la cantidad de graneles agrícolas se incrementó a 13.5 millones de toneladas, las cuales entraron y salieron principalmente por los puertos de Veracruz (48 por ciento participación), Progreso (11 por ciento), Manzanillo (9 por ciento), Guaymas (6 por ciento), Coatzacoalcos (6 por ciento y Tuxpan (5 por ciento).

Aunque hasta el momento no se ha presentado un fenómeno que paralice por semanas al puerto de Veracruz, tampoco se había presentado un fenómeno que paralizara una zona completa en los últimos años; tal es el caso de la zona turística de Los Cabos en Baja California Sur, en 2014; por lo que es conveniente

prevenir acciones a tomar para reorganizar una cadena de suministro estratégica que pudiera verse afectada. Abonando a este tema, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, visión 10-20-40 del Gobierno de la República, establece que “en México prevalecen condiciones de alta vulnerabilidad ante el cambio climático”.



# 1 Conceptos de resiliencia en la cadena de suministro

---

En la actualidad, la gestión de cadenas de suministro desempeña un papel cada vez más importante, Es común que se produzcan numerosos eventos que amenazan con interrumpir las operaciones y ponen en peligro la capacidad de desempeñarse de manera eficiente. Estos eventos pueden ser desastres naturales o bien, provocados por la misma actividad humana; como fallas en los equipos, incendios, conflictos laborales, incumplimientos de proveedores, inestabilidad política, entre otros.

Estos eventos afectarían severamente el desempeño de una empresa. Dichas afectaciones pueden darse no solo en la cadena de suministro, sino que pueden dar lugar a daños financieros que podrían poner en riesgo la viabilidad de las empresas.

Un enfoque difundido para lidiar con las interrupciones en el desempeño es el desarrollo de sistemas de cadena de suministro resilientes. De acuerdo con Melnik et al. (2015) no existe una concordancia en lo que debe entenderse por resiliencia; esto es, la forma en que se opera y cómo y en donde invertir para mitigar el riesgo y, una vez dada la afectación, recuperarse de las interrupciones.

Específicamente, el mismo artículo sugiere que la resiliencia ocurre por diseño y no por accidente. La cadena de suministro resiliente requiere dos capacidades críticas: la capacidad de resistencia y la capacidad de recuperación.

- La resistencia define la capacidad de la cadena de suministro para retrasar una interrupción y reducir el impacto una vez que se produce la interrupción.
- La recuperación define la capacidad de la cadena de suministro para recuperarse de una interrupción.

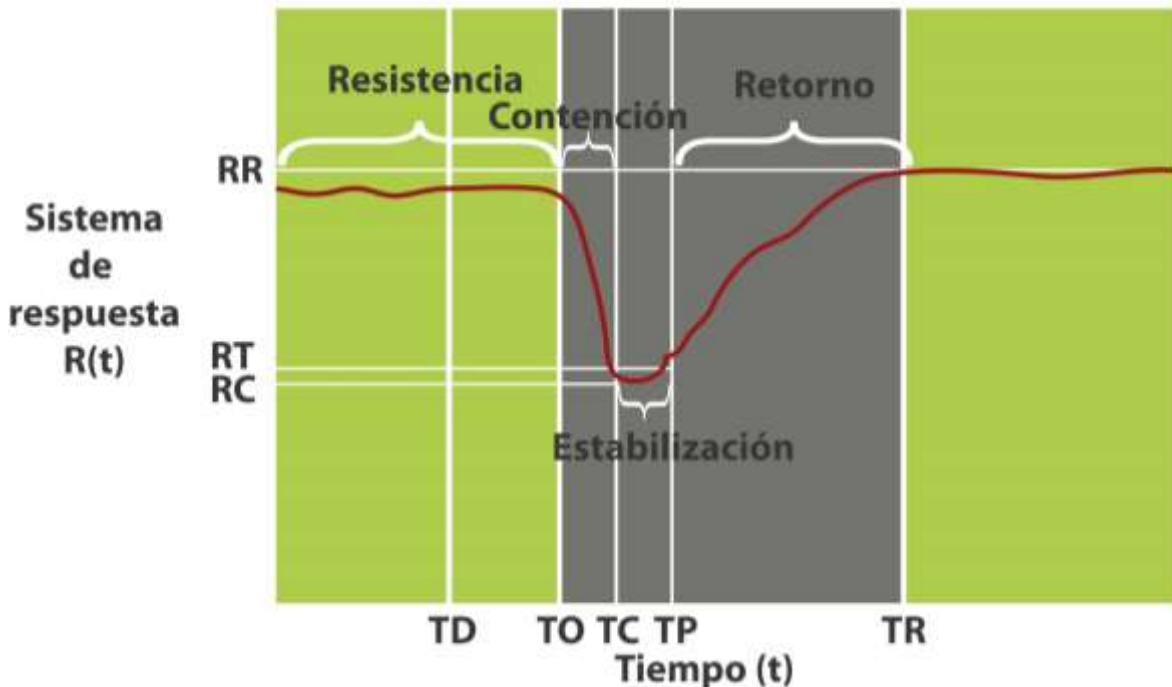
## 1.1 Definición de la resiliencia de la cadena de suministro

El concepto de resiliencia tiene como raíz al trabajo de Holling (1973), ecologista que señaló las características de un sistema ecológico resiliente. Desde entonces, la noción de resiliencia se ha aplicado a campos tan diversos como la Psicología, el pensamiento sistémico, la gestión de desastres y, más recientemente, la gestión de la cadena de suministro.

De acuerdo con Melnyk, la resiliencia de la cadena de suministro es "la capacidad de una cadena de suministro para resistir las interrupciones y recuperar la capacidad operacional después de que se produzcan las interrupciones". Como mencionó anteriormente desde esta perspectiva, la resiliencia consta de dos componentes críticos pero complementarios: resistencia y capacidad de recuperación.

En cuanto a la capacidad de recuperación, esta es la capacidad de un sistema para volver a la funcionalidad, una vez que se ha producido una interrupción. El proceso de recuperación del sistema se caracteriza por una fase de estabilización después de la cual se puede buscar un retorno a un estado estable de rendimiento. El rendimiento final alcanzado en estado estacionario puede o no volver a adquirir niveles de rendimiento originales, y depende de muchos factores de la disrupción.

La figura 1.1 muestra el impacto de una interrupción en el tiempo, desde el momento en que la interrupción se origina en algún lugar del sistema (en el tiempo TD), hasta que el sistema ha regresado a alguna forma de estado estacionario (TR).



**Figura 1.1 Factores de resiliencia de la cadena de suministro a través del tiempo.**

Fuente: Melnyk et al. 2015

En esta ilustración se identifican las cuatro etapas de la resiliencia: la resistencia o evitación, la contención, la estabilización y el retorno.

En la figura se identifican dos variables fundamentales para entender el concepto de resiliencia, T y R. T denota el momento en el que ocurre un evento específico; mientras que R denota el impacto relativo del evento medido en términos monetarios, unidades perdidas, entre otros que muestren la afectación al desempeño de la cadena de suministro de una empresa. Tomados en conjunto, el tiempo (T) y la respuesta (R) son importantes porque definen puntos de inflexión en las series de tiempo en donde se puede observar un cambio de estado.

Los intervalos entre los distintos tiempos T identifican rasgos de resistencia y recuperación de la cadena por ejemplo, TO-TD se refiere a la brecha entre el momento en que ocurrió la interrupción (TD) y el momento en que esa interrupción comenzó a afectar a la empresa (TO); indica cuánto tiempo tomará para que el desempeño de la empresa sea impactado. Este intervalo de tiempo también identifica la cantidad máxima de alerta temprana con que la empresa puede contar para comenzar a tomar medidas para minimizar los efectos negativos de la interrupción.

De la misma manera, el intervalo TO-TC permite identificar el tiempo transcurrido desde que el evento disruptor comienza a afectar el desempeño de la cadena, hasta que este es contenido para que no descienda más.

El tiempo TP indica el momento en que inicia la recuperación; y TR, el momento en que se muestra la recuperación y estabilización del sistema.

Una vez completada la recuperación, las empresas reflexionan a menudo sobre su experiencia para documentar lecciones apropiadas e identificar mejoras en el sistema para reducir riesgos futuros. Esto completa un ciclo de resiliencia de la cadena de suministro de: evitación → contención → estabilización → retorno → revisión → evitación.

## 1.2 Resistencia y recuperación

Aunque la evitación total de una interrupción de la cadena de suministro es una meta deseable, los accidentes y las interrupciones seguirán ocurriendo. Es por eso que las empresas necesitan desarrollar la capacidad de tratar directamente con eventos que son inevitables.

La figura 1.2 ilustra una visión alternativa de la resiliencia de la cadena de suministro, que caracteriza la resiliencia en las capacidades de resistencia y recuperación junto con las respectivas fases: evitación, contención, estabilización y retorno.



**Figura 1.2. Capacidades y fases de resiliencia**

Si bien las empresas claramente preferirían tener una alta capacidad de resistencia y recuperación, es más probable que las empresas tengan una mezcla de estas cualidades. Teniendo en cuenta las limitaciones de recursos y los factores competitivos, es posible que las empresas necesiten elegir dónde es mejor invertir recursos limitados.

Con esto en mente, la matriz de resistencia y recuperación (figura 1.3) caracteriza posibles posiciones en las que una empresa podría encontrarse con respecto a niveles variados de estos atributos.





**Figura 1.3. Matriz de resistencia contra recuperación**

De acuerdo con la figura anterior, las cadenas de suministro que exhiben bajas capacidades -tanto de resistencia como de recuperación- tendrían baja resistencia: Experimentarían casi todas las interrupciones, al tiempo que tendrían recuperaciones lentas y débiles como resultado de la falta de capacidad para recuperarse eficazmente. Estas cadenas de suministro son "frágiles".

- Su pronóstico a largo plazo es muy pobre ya que probablemente no durará y no crecerá, a menos que esté protegido por condiciones únicas de mercado o reguladoras.
- Las empresas de estas industrias han sobrevivido, sin embargo, porque la competencia efectiva no existe o porque la competencia elige no competir en tales mercados o entornos regulatorios. Como resultado, las cadenas de suministro frágiles que proporcionan servicio al cliente de mala calidad persisten porque la base de clientes está condicionada a aceptar un bajo servicio al cliente.

En contraste con las cadenas de suministro con baja resistencia, aquellas que exhiben altos niveles de resistencia son capaces de evitar más fácilmente los riesgos potenciales. Cuando también poseen la capacidad para una recuperación efectiva, rápidamente se recuperan de aquellos eventos que son inevitables. Tales cadenas de suministro se clasifican como "resistentes".

En algún lugar entre frágil y resistente hay dos posiciones intermedias. Las cadenas de suministro que se caracterizan por una capacidad para minimizar adecuadamente las interrupciones, pero una capacidad insuficiente para recuperarse rápidamente, son cadenas de suministro "resistentes pero lentas".

- Estas cadenas de suministro presentan altos niveles de resistencia, pero si el sistema se interrumpe en última instancia, los impactos de la cadena de suministro son negativos.
- El uso del término "lento" en este caso no implica ineptitud o falta de deseo de restaurar la operación, sino una capacidad insuficiente para hacerlo. Esto puede surgir, por ejemplo, debido a la falta de entrenamiento de recuperación ya que los recursos se enfocan hacia la resistencia en su lugar.

La otra posición media se caracteriza por cadenas de suministro que presentan baja resistencia a eventos perturbadores, pero rápidamente superan su impacto. Estas cadenas de suministro se denominan "vulnerables pero receptivas". Al igual que un fusible eléctrico en un edificio, éstas pueden ser desconectadas fácilmente, pero tienen la capacidad de recuperarse rápidamente.

### **1.3 Resiliencia, Riesgo e Incertidumbre de la Cadena de Suministro**

Las diferencias entre la resistencia de la cadena de suministro, el riesgo y la incertidumbre son a menudo borrosas y poco claras. Lamentablemente, esta cuestión se ve exacerbada por el hecho de que algunos utilizan el riesgo y la incertidumbre de forma intercambiable; lo que implica que estos dos conceptos sean los mismos. Sin embargo, este no es el caso; si bien están vinculados, son conceptos separados y distintos.

Christopher y Peck (2004) ven el riesgo como la “variación en la distribución de resultados posibles y su probabilidad”; el cual puede ser puesto en función de su probabilidad de ocurrencia y de su severidad o impacto.

Existe el riesgo de que las empresas tengan que lidiar con las posibilidades de encontrar situaciones que puedan afectarles negativamente. Sin embargo, no todos los eventos futuros son igualmente desconocidos. La experiencia de sucesos pasados permite tener una idea de eventos posibles de ocurrir, su probabilidad e impacto.

Las empresas pueden predecir la probabilidad de estos eventos durante un período establecido para ayudarles a determinar cómo reaccionar potencialmente cuando se producen. Los eventos con mayor probabilidad y un impacto potencial significativo requieren una mayor preparación.

En contraste, la incertidumbre considera eventos impredecibles; puesto que no se han encontrado previamente. Lo anterior implica que el tipo de acontecimiento se encuentra fuera de la experiencia pasada.

Para entender las diferencias, se ejemplifica con lo que sucedió en la planta nuclear de Fukushima, después del terremoto de Tohoku y el tsunami; lo que

causó el desalojo de 100000 personas, de sus hogares. Cuando 11 de los 50 reactores nucleares de Japón cerraron inmediatamente después del terremoto, la capacidad de producir electricidad se redujo un 40 por ciento.

Melnik et al. (2015) establecen que cuando la planta fue construida por primera vez en la década de 1960, la altura máxima esperada de un tsunami era de 5 metros; por lo que el dique construido en la planta para resistir este evento de riesgo potencial fue de 5,7 metros. Sin embargo, la ola generada por el tsunami que azotó la planta fue de 13 a 15 metros de altura. Este evento refleja la incertidumbre que siempre está presente. Si bien se hicieron planes para resistir una ola de tsunami, los planificadores no previeron que un tsunami tan grande golpeará la planta.

Al diferenciar entre el riesgo y la incertidumbre, se identifica una importante regla para la resiliencia: Cuando se enfrenta principalmente por el riesgo, tiene sentido invertir en mejorar la resistencia; Cuando se trata de la incertidumbre, es más apropiado invertir en mejorar las capacidades de recuperación.

## **1.4 Enfoque de vulnerabilidad**

De acuerdo con Sheffi y Rice (2005), las interrupciones pueden ser clasificadas como eventos aleatorios, accidentales o intencionales. El método de estimar la probabilidad de cada clase difiere. Las probabilidades de fenómenos aleatorios como terremotos, huracanes, inundaciones o tormentas eléctricas pueden estimarse a partir de datos históricos. La probabilidad de accidentes también puede ser valorada desde datos de la industria respectiva, eventos previos o programas de seguridad de la empresa. En cuanto a interrupciones intencionales, la probabilidad es más difícil de estimar debido a que puede estar en función de acciones o decisiones específicas de una empresa en particular.

La vulnerabilidad hacia un riesgo específico varía considerablemente de compañía a compañía, ésta es más alta cuando tanto la probabilidad como el impacto de la interrupción son altos. En el otro extremo, eventos que rara vez suceden y que tienen poca repercusión en el desempeño de la empresa representan los niveles más bajos de vulnerabilidad.

Interrupciones que combinan alta probabilidad y bajas consecuencias son parte de la operación diaria en el flujo normal de negocios, mientras que aquellas interrupciones con poca probabilidad pero alto impacto hacen necesaria una planeación tal que permita regresar a la actividad normal; ver figura 4.



**Figura 4. Vulnerabilidad de la operación en función de la probabilidad e impacto**

## **2 Disrupciones ante eventos de tipo hidrometeorológico**

---

### **2.1 Principales desastres naturales en 2013 y 2014 de tipo hidrometeorológico en México**

La tendencia con la que este tipo de fenómenos se ha presentado indica que el promedio de los últimos catorce años, nueve de cada diez desastres en México fueron a causa de fenómenos hidrometeorológicos. En 2013, de los 56479.5 millones de pesos estimados en daños y pérdidas para este tipo de fenómenos, 85% fueron propiciados por ciclones tropicales; le siguieron en menor medida los efectos de la sequía, con 7%; las lluvias e inundaciones, con 4%; y las bajas temperaturas, con 3%. Gradilla (2014) encuentra que muchos de estos fenómenos tienen afectaciones en infraestructura de transporte, que puede tardar más de un día para reestablecer sus estándares de servicio; por lo que es necesario tomar acciones para continuar con la operación de las cadenas de suministro.

A continuación se enlistan los principales fenómenos que se presentaron en 2013 y 2014 y sus repercusiones en la infraestructura de transporte.

#### **2.1.1 Bárbara 2013, en Chiapas**

Dentro de los desastres más costosos que han afectado a Chiapas se encuentran tres ciclones tropicales, dos lluvias y un deslizamiento. Bárbara se convirtió en el quinto más caro, con un impacto de 1889.5 millones de pesos; dejó a otro ciclón que llevaba el mismo nombre en el sexto sitio. El impacto de Bárbara en la infraestructura de comunicaciones y transportes fue el mayor de este año; representó 69.2% del total de daños y pérdidas a causa del ciclón tropical; y provocó deslaves, derrumbes y caída de árboles.

En el caso de las carreteras federales, los perjuicios se concentraron en la destrucción de muros de contención, por inestabilidad de taludes, causada por el escurrimiento de agua; así como socavaciones y deslaves que dañaron terracerías y drenajes. El monto de daños y pérdidas ascendió a 124.9 millones de pesos. En el caso de las carreteras rurales federales, hubo deterioros de superficies de rodamiento y obras complementarias, y sus efectos sumaron 54 millones de pesos. La infraestructura carretera a cargo del estado fue la que sufrió los mayores impactos a causa del fenómeno; ya que mostró daños por derrumbes y deslaves, socavaciones y asentamientos de estribos, afectaciones en superficies de rodamiento por escurrimiento y saturación de humedad a la estructura de

caminos, azolves y daños en obras de drenaje. Un total de 352 localidades fueron afectadas, lo que perjudicó a más de un millón de personas.

Finalmente, el monto total de afectaciones en el sector carretero ascendió a 1307.5 millones de pesos, donde 95.5% representa daños (costo de la reconstrucción) y el restante 4.5% corresponde a pérdidas (gastos de operación, limpieza y remoción de escombros). Este fue en el sector más perjudicado a causa de Bárbara.

### **Cuadro 2.1 Principales eventos meteorológicos en Chiapas**

Fecha de Inicio	Tipo de fenómeno	(Millones de pesos)
04-oct-05	Ciclón tropical Stan	15,031.50
08-ago-10	Lluvias de agosto a septiembre	8,456.06
31-oct-07	Lluvias a consecuencia de los frentes fríos 2 y 4	3,396.78
04-nov-07	Deslizamientos, Juan de Grijalva	1,015.95
29-may-13	Ciclón tropical Bárbara	1,889.5
02-jun-07	Ciclón tropical Bárbara	307.60

### **2.1.2 Barry 2013, en Veracruz**

Debido a la magnitud del huracán Barry, sus efectos sobre la población y sus bienes, así como en la infraestructura pública y en los sectores productivos; setenta y seis municipios del estado de Veracruz fueron declarados en desastre.

En 2010, los ciclones Karl y Matthew dejaron cuantiosos daños y pérdidas por más de 24 mil millones de pesos; Barry ocupa ya el segundo puesto entre los huracanes con más daños en Veracruz, tras alcanzar los 4530 millones de pesos.

El impacto de Barry en la infraestructura de comunicaciones y transportes fue el mayor, ya que representó 62.3% del total de daños y pérdidas a causa del ciclón tropical; que tuvo varios efectos por deslaves, derrumbes y caída de árboles. En el caso de las carreteras federales, los perjuicios se concentraron en deslaves, superficies de rodamiento, baches y alcantarillas. El monto para resarcir los daños en infraestructura federal ascendió a 243.2 millones de pesos.

La infraestructura carretera a cargo del estado fue la que sufrió los mayores impactos a causa del fenómeno; ya que hubo daños por derrumbes y deslaves, socavaciones y asentamientos de estribos, afectaciones en superficies de rodamiento por escurrimiento y saturación de humedad a la estructura de caminos,

azolves, afectaciones en obras de drenaje. El monto de las afectaciones en carreteras estatales ascendió a 2535.6 millones de pesos.

### **Cuadro 2.2 Principales eventos meteorológicos en Veracruz**

Fecha de Inicio	Tipo de fenómeno	(Millones de pesos)
2010	Ciclones tropicales Karl y Matthew	24,379.8
2013	Ciclón tropical Barry	4,530.6
2011	Tormenta tropical Arlene	3,077.4
2007	Ciclón tropical Dean	3,036.2
2009	Lluvias e inundaciones	1,912.3
2008	Lluvias e inundaciones	1,413.4

### **2.1.3 Manuel 2013, en Guerrero**

A mediados del mes de septiembre, la conjunción de los ciclones tropicales Ingrid y Manuel (el primero formado en el Atlántico y el segundo del lado del Pacífico) tuvieron efectos destructivos sobre Guerrero, que es uno de los estados de mayor marginación en el país. Entre el 14 y el 16 de septiembre, la Secretaría de Gobernación (SEGOB) declaró en desastre los 81 municipios que conforman la entidad. A la postre, la interacción de estos dos fenómenos originaría uno de los mayores desastres de la época contemporánea, del estado y del país.

Los efectos más severos del huracán Manuel se vislumbraron en el sector de comunicaciones y transportes, en especial las carreteras: 48.9% del total de daños y pérdidas generadas por este huracán correspondieron a este sector; es decir, casi la mitad. Aproximadamente 95% de la red federal libre de peaje presentó algún tipo de perjuicio en treinta y siete puntos medulares; mientras que de diez puentes, seis se colapsaron y cuatro tuvieron daños parciales. Las consecuencias fueron cuantificadas en dos rubros: los Apoyos Parciales Inmediatos, que sirvieron para el retiro de derrumbes, relleno de deslaves y pasos provisionales, principalmente; y los recursos destinados a la reconstrucción de infraestructura de diverso tipo, que sumaron los 185.5 millones de pesos, mientras que la reconstrucción se elevó a 1,687 millones de pesos, los cuales incluyeron las carreteras federales libres de peaje y los puentes descritos anteriormente.

Entre los tramos que requirieron las mayores inversiones en reconstrucción sobresalen los casos de: Chilpancingo-Acapulco, Chilpancingo-Acatlán de Osorio, Cuernavaca-Chilpancingo, Acapulco-Zihuatanejo-Cd. Altamirano. Entre estas cuatro concentraron el 81.2% de la reconstrucción.

### **2.1.4 Dolly 2014, en Tamaulipas**

Debido a las afectaciones que provocó la tormenta tropical Dolly -entre el 3 y 4 de septiembre, en Tamaulipas- los municipios de Aldama, González, Llera, Victoria, Xicoténcatl y El Mante fueron declarados en desastre; posteriormente, el 13 y 14 del mismo mes, lluvias e inundaciones afectaron los municipios de Güémez y Ocampo, por lo que también recibieron la mencionada calificación; asimismo, las lluvias del 13 y 14 de septiembre provocaron daños y pérdidas calculados en 300.2 millones de pesos.

En lo referente a este sector, se requirieron 70 acciones para reconstruir carreteras, caminos y puentes destruidos; tanto por la tormenta tropical Dolly, como por las lluvias del 13 y 14 de septiembre. En el km 184 de la carretera Victoria-Valles, el agua rebasó la carpeta asfáltica, el tránsito vehicular quedó suspendido durante tres horas. También se registró la formación de baches a consecuencia de las intensas lluvias; sin embargo, las carreteras estatales después de la presencia de Dolly en la entidad quedaron transitables.

### **2.1.5 Odile 2014, Baja California Sur**

El 14 de septiembre de 2014, el huracán Odile (categoría IV en la escala Saffir-Simpson, con vientos máximos sostenidos de 205 km/h y rachas de hasta 240 km/h) ingresó a la porción sur de la península de Baja California, por Cabo San Lucas, municipio de Los Cabos, los días 14 y 15 de septiembre. Durante su recorrido por Baja California Sur, ocasionó severos daños a todo tipo de infraestructura en los cinco municipios de la entidad, principalmente en Los Cabos y La Paz.

El huracán Odile causó los mayores daños en la infraestructura de transmisión y de distribución de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en su historia, tanto por la cantidad de infraestructura económica como por el monto financiero. Como resultado de ello, el 95 % de los usuarios del estado quedaron sin energía eléctrica.

Para restablecer este servicio, se pusieron en marcha plantas de emergencia gracias a la coordinación de la Secretaría de Salud, Petróleos Mexicanos y Conagua; fue prioritaria la infraestructura estratégica como hospitales, clínicas de salud, aeropuertos y plantas de bombeo de agua. Pemex suministró oportunamente el combustible necesario

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS), registraron 583.8 millones de pesos por daños en el concepto de aviones y aeropuertos asegurados.

Seguido de este rubro, se encuentra la infraestructura carretera federal; cuyo monto ascendió a 399.3 millones de pesos. Las pérdidas en el sector carretero federal correspondieron a deslaves y derrumbes, así como a la caída de



señalamientos y afectaciones de obras de drenaje; el monto por este concepto fue de 96.8 millones de pesos, mientras que los gastos de operación y supervisión fueron de 21.4 millones. De acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en Baja California Sur hubo, además, dos puentes colapsados y ocho más dañados.

## **2.2 Ejemplos de casos internacionales de afectaciones en la cadena de suministro**

Los desastres naturales que afectaron a Japón y Tailandia, en 2011, fueron los más devastadores de la región de Asia y el Pacífico en la historia reciente. En marzo de 2011, un terremoto masivo (conocido ahora como el Gran Terremoto en el Este de Japón) golpeó la parte noreste de Japón y fue seguido por un devastador tsunami. Luego, a finales de 2011, las inundaciones en Tailandia causaron un enorme daño al país. Dadas las importantes posiciones de Japón y Tailandia en las cadenas mundiales de suministro de muchos sectores económicos, las dos catástrofes causaron grandes perturbaciones tanto a nivel nacional como mundial; lo que puso de relieve la naturaleza interconectada de los mercados y las economías mundiales.

Los dos casos destacan los diferentes tipos de impactos de los desastres naturales en la cadena de suministro global. Japón no sólo actúa como un proveedor importante en muchas industrias (por ejemplo, partes de automóviles, productos químicos, piezas electrónicas y acero) sino también como fabricante de productos finales. Como resultado, el terremoto impactó tanto a los proveedores de aguas arriba de los países productores como a los clientes finales en los países desarrollados, ya que tanto la demanda como los flujos de suministro se vieron seriamente afectados.

Por otra parte, Tailandia es un proveedor importante en la cadena de suministro global, particularmente en los sectores automotriz y electrónico; por lo tanto, los socios de la cadena de suministro fueron afectados negativamente por el desastre, ya que no pudieron obtener partes y componentes de Tailandia durante la inundación.

### **2.2.1 El Gran Terremoto en el este de Japón**

En marzo de 2011, un terremoto que golpeó a Japón provocó un devastador tsunami, lo que llevó a la fusión de los reactores nucleares en Fukushima. El desastre causó 210.000 millones de dólares estadounidenses en daños económicos, lo que representa el 3,8% del Producto Interno Bruto (PIB) de Japón.

La combinación de los daños causados por el terremoto y el tsunami, así como los reactores nucleares de Fukushima, afectaron áreas amplias y causaron graves daños en varios sectores, especialmente en las industrias manufactureras y químicas. Como resultado de este desastre, las empresas sufrieron enormes pérdidas directas; por otra parte, el suceso tuvo un impacto a largo plazo en la capacidad de las empresas para elaborar y entregar sus productos o servicios.

Algunas empresas, aunque no fueron golpeadas directamente por el terremoto ni el tsunami, experimentaron el impacto del desastre indirectamente por la infraestructura dañada en el país. El suministro de energía en la parte norte de Japón se vio gravemente interrumpido debido al fallo de la central nuclear de Fukushima. Como resultado, la producción de cualquier planta industrial se estancó. Además, muchos caminos y ferrocarriles fueron destruidos, y la mayoría de los principales puertos marítimos en las áreas afectadas fueron cerrados. Esto hizo muy difícil la movilidad de los productos finales, componentes y materias primas; lo que, provocó diversas interrupciones en la cadena de suministro.

Como la economía de Japón está altamente integrada en la economía mundial, las interrupciones directas e indirectas del suministro causadas por el desastre se experimentaron a nivel mundial. Después del gran terremoto en el este de Japón, la producción de automóviles japoneses y la producción de componentes eléctricos disminuyeron un 47,7% y 8,25%, respectivamente. Los efectos negativos de la catástrofe japonesa se extendieron a otros países de la región. Esto fue más evidente en los casos de Tailandia (-19,7 por ciento), Filipinas (-24 por ciento), Indonesia (-6,1 por ciento) para la producción de automóviles; y Filipinas (-17,5 por ciento) y Malasia (- 8,4%) para la producción de componentes eléctricos. Los impactos perturbadores del terremoto del este de Japón tuvieron un impacto más largo en el sector automotriz (alrededor de tres meses) que en el sector eléctrico (alrededor de dos meses).

Las perturbaciones causadas por el desastre en Japón afectaron fuertemente algunas cadenas de suministro, en particular aquellas que dependen de pocas fuentes o una sola fuente para ciertos insumos. Por ejemplo, Ethox Chemicals - una multinacional química estadounidense- se basa en un material clave suministrado por solo tres empresas en el mundo, una de las cuales se encuentra en Japón. Después del desastre en aquel país, Ethox sufrió escasez de suministro, ya que los otros dos proveedores (en Europa y Malasia) no pudieron compensar la paralización del suministro en Japón.

Otro ejemplo es la industria del automóvil. Con el daño a la empresa Renesas Electronic Corp, el mayor fabricante de microchips a medida en el mundo, toda la industria automotriz en Japón y en otras partes del mundo experimentó una severa suspensión de producción; debido a que los chips específicos del usuario eran difíciles de resurtir y la gestión estricta del "just-in-time" en la industria provocó un inventario extremadamente bajo, por lo general por hasta seis horas. Las interrupciones en la cadena de suministro y el correspondiente estancamiento de

la producción en varias industrias, en particular en las industrias orientadas a la exportación, pusieron de relieve los riesgos de perder cuota de mercado mundial.

### **2.2.1.1 El caso de Toyota.**

Durante años, la compañía se había centrado en una gestión de la operación basada en la eficiencia y en una cadena de suministro estrechamente gestionada. Por lo tanto, la holgura y los residuos fueron eliminados de sus operaciones; la entrega “just-in-time” se convirtió en estándar y los niveles de inventario se redujeron a un mínimo. Estas prácticas permitieron a Toyota convertirse en el fabricante de automóviles más vendidos en todo el mundo. Sin embargo, la compañía ahora era más propensa a las interrupciones de la cadena de suministro de lo que nunca había esperado. La reducción de su base de abastecimiento, las iniciativas de abastecimiento único y las existencias mínimas de inventario que habían sido eficaces en un entorno estable causaron graves problemas. El cierre de unos pocos proveedores de piezas de automóviles detuvo las líneas de ensamblaje de Toyota en todo el mundo, en unos días, y condujo a una caída global en la producción, en marzo de 2011, de alrededor del 30%.

Toyota tardó más de seis meses en recuperarse de la interrupción, y regresar a una operación similar a la que tenía antes del desastre; para poder entregar los productos en los volúmenes requeridos.

Para las empresas, la implicación es muy clara: la competitividad de una organización dependerá en la medida en que pueda seguir el ritmo de la tendencia de diseñar y operar cadenas de suministro más robustas y anticipadoras. Existe la necesidad de desarrollar cadenas de suministro más resistentes, pero todavía no está claro para los gerentes cómo lograr la resiliencia y cómo las diferentes capacidades fomentan o disminuyen la resiliencia en una red de cadena de suministro (Ponomarov y Holcomb, 2009).

Las interrupciones de la cadena de la industria del automóvil en Japón causadas por el terremoto causaron una escasez severa de coches pequeños y medianos, en el mercado mundial; así como la producción reducida de automóviles en los Estados Unidos de América y Europa, que dependen de los surtidores japoneses de las piezas. Los datos indican que Toyota fue alcanzado por General Motors como el mayor fabricante de automóviles del mundo, en volumen, durante 2011.

## **2.2.2 Las inundaciones de 2011 en Tailandia**

En la segunda mitad de 2011, graves inundaciones infligieron importantes daños en varios países del sur de Asia y en la región de Sindh en Pakistán. Tailandia sufrió una inundación particularmente grave, entre junio y diciembre de 2011, que causó más de 40.000 millones de dólares en daños y pérdidas, y obstaculizó la capacidad de producción del país. Las inundaciones en Tailandia se atribuyeron a

varios factores; entre ellos una combinación de planificación urbana deficiente, deforestación, falta de sistemas de gestión de las aguas de inundación y fracaso de los planes maestros previos sobre la mitigación de las inundaciones.

Uno de los principales impactos negativos de las inundaciones en Tailandia fue en el contexto de las cadenas de suministro globales. Como consecuencia de la globalización, la economía de Tailandia se ha integrado en las cadenas de suministro mundiales y ahora tiene una posición importante en ellas; como lo indican las entradas importantes de inversión extranjera directa (IED), la intensidad de las actividades de exportación y la amplia actividad de las empresas multinacionales (Ye y Abe, 2012).

Impulsadas por las presiones para reducir los costos, las empresas y los proveedores en Tailandia se han agrupado en un pequeño número de lugares industriales. Debido parcialmente a una planificación urbana inadecuada, siete polígonos industriales en las provincias de Ayutthaya y Pathum Thani habían sido construidos en tierras bajas. Durante la inundación, estos polígonos industriales fueron severamente inundados, lo que dio lugar a grandes pérdidas de producción manufacturera; con un promedio del 29,4% entre octubre de 2011 y enero de 2012. Además de las pérdidas directas debidas a daños físicos, muchas empresas sufrieron interrupciones en la cadena de suministro. Estas perturbaciones también dañaron a las empresas cuyos activos físicos no se vieron afectados. Por ejemplo, las plantas de Nissan y Toyota en Tailandia no sufrieron daños físicos por las inundaciones, pero ambas empresas tuvieron que suspender la producción debido a las dificultades para obtener piezas de proveedores que habían sido directamente afectadas por las inundaciones. (Nissan, 2011; Toyota, 2011). En el caso de Toyota, los efectos indirectos de la parada en la fabricación se extendieron a otros sitios de producción alrededor del mundo. Las líneas de producción en Malasia, Viet Nam, Pakistán, Filipinas, Estados Unidos y Canadá tuvieron que ser ajustadas para compensar los productos perdidos en Tailandia. (Toyota, 2011).

Según un estudio de las empresas japonesas sobre el impacto de las inundaciones en Tailandia, incluidas las empresas de los sectores manufacturero y no manufacturero, el 78% de todos los encuestados se vieron afectados directa o indirectamente. Entre las empresas afectadas; el sector automotriz, el sector comercial, el sector electrónico y el sector siderúrgico y metálico representaron el 17%, el 16%, el 11% y el 9%, respectivamente.

### 3 Flujos de granos de importación vía marítima.

---

La API Veracruz, durante el periodo enero-diciembre de 2015 registró un movimiento total de carga de 23 169 346 toneladas (incluyendo petróleo y derivados), esto es 9.2% más que en el mismo periodo de 2014, y atendieron 1,889 embarcaciones.

En cuanto a carga comercial (sin el petróleo y derivados), el movimiento acumulado enero-diciembre de 2015 alcanzó un total de 21 424 788 toneladas;, 8.2% más que el registrado en el mismo periodo de 2014.

Con respecto al movimiento por tipo de carga se tiene que:

- La carga general suelta (sin incluir vehículos) alcanzó un total de 1 437 533 toneladas esto es, un 1.3% menos que en enero – diciembre de 2014. Por tipo de tráfico, se registran incrementos en las importaciones de acero, 26.0%; aluminio, 276.4%; tubos de acero, 94.6%; maquinaria, 5.6%; y en exportaciones, la maquinaria incrementó en 39.1%.
- Los vehículos automotores registran un total de 1 057 080 toneladas, con un incremento del 6.6%. Este mismo tráfico alcanzó un total de 755 998 unidades, al registrar un aumento del 11.1%.
- En cuanto a la carga general en contenedores, fueron movidas 9 137 419 toneladas (incluyendo los movimientos en transbordo); lo que contabiliza un total de 931 812 TEUs, y registra un incremento del 10.0%, en relación con el mismo periodo de 2014. El movimiento de la Terminal de ICAVE registró un incremento de 12.5%, mientras que el manejo de la empresa CICE descendió en 1.8%.
- En el mineral a granel se manejaron 2 334 323 toneladas, registró un incremento del 19.9% respecto al mismo periodo de 2014. Hubo incrementos en las importaciones de pet-coke 49.2%, fertilizantes en 2.5, y arrabio de fierro en 74.4%.
- Los granos agrícolas alcanzaron un total de 6 698 472 toneladas, tras registrar un incremento de 6.3%. Subieron las importaciones de maíz, 14.0%; soya, 16.2%; canola, 28.6% y arroz 8.5%. Mientras que la exportación de azúcar a granel (clasificada en este rubro) bajó en 13.1% (exceptuando la manejada en sacos).
- En referencia a los fluidos, hubo un movimiento de 759 961 toneladas, con un incremento del 16.1% en relación con el mismo periodo de 2014. Incrementaron la importación de aceite vegetal en 29.5%, monómero de estireno en 23.8%, grasa amarilla en 41.4%, sebo 56.8%, y ortoxileno con 123.1%; entre otros productos.

En lo que al tráfico de minerales a granel se refiere, el cuadro 3.1 muestra cómo en el período enero – diciembre de 2015 no hubo movimiento de cabotaje; mientras que en el movimiento de altura, más del 95% correspondió a tráfico de importación.

**Cuadro 3.1. Tráfico de carga agrícola, período enero – diciembre 2015**

	ALTURA (Ton)		EXPORTACION		CABOTAJE (Ton)			Total
	BUQUES	IMPORTACION	BUQUES	EXPORTACION	BUQUES	ENTRADA	SALIDA	
GRANEL AGRICOLA	219	6374575		323897	--	--	--	6698472
Porcentaje		95,2%		4,8%				
En muelle convencional	55	996253		323897	--	--	--	1320150
En Term. Especializada	164	5378322		--	--	--	--	5378322

Fuente: API Veracruz

Martner et al. 2011, muestran algunos ejercicios de costos en que se incurre al importar granos hacia México desde los Estados Unidos.

En el mismo trabajo, los autores realizan un estudio de costos que comprende, además de las tarifas por uso de infraestructura, servicios al buque y a la infraestructura. Se realizó una comparativa entre los puertos de New Orleans y de Veracruz para identificar qué tan competitivo es un puerto mexicano en materia de costos; el resultado aparece en el cuadro 3.2, a continuación.

**Cuadro 3.2. Costos portuarios en cadena de granos ejemplo 2009**

Puerto New Orleans

Puerto Veracruz

Costos portuarios (USD/Buque)	
Puerto fijo	450
Puerto variable	NA
Atraque	31738,47
Muellaje	13333,33
Seguridad a la carga	1111,11
Otros servicios	21552,92
<b>Total</b>	<b>68185,83</b>

Costos portuarios (USD/Buque)	
Puerto fijo	1760
Puerto variable	6974,15
Atraque	8448,77
Muellaje	15384,62
Pilotaje	923,08
Amarre/desamarre	382,92
remolque	12517,85
lanchaje	544,77
<b>Total</b>	<b>46936,16</b>

Costo/Ton	USD/Ton
Portuario	1,7
Maniobras terminal	4,5
Gastos aduanales	Nd
<b>Total</b>	<b>6,2</b>

Costo/Ton	USD/Ton
Portuario	1,17
Maniobras terminal	4,5
Gastos aduanales	0,19
<b>Total</b>	<b>5,86</b>

Para ese mismo ejemplo, para el enlace terrestre de Kansas al puerto de New Orleans se estimó un flete de \$20.11 dólares por tonelada transportada. Ya en destino, en el caso de la conexión terrestre del puerto de Veracruz a San Juan del Río se calculó un flete de \$11 dólares por tonelada. El enlace marítimo entre ambos puertos tuvo un flete de \$15 dólares por tonelada. A estos costos de los arcos de transporte se agregan los costos en terminales vistos en el cuadro anterior, por lo que el costo total de la cadena de granos desde Kansas a San Juan del Río fue de 58.18 dólares por tonelada como se puede ver en el cuadro 3.3.

Se puede observar en el cuadro que el flete de transporte terrestre en el país de origen representa más del 34% del flete total y es el que tiene mayor impacto en la

estructura tarifaria de la cadena. Cabe destacar que el transporte terrestre, tanto en Estados Unidos como en México, se realizó por modo ferroviario

**Cuadro 3.3. Ejemplo de costo total unitario Kansas, USA – San Juan del Río, México**

	Costo total por ton (USD/Ton)	
Flete terrestre USA	\$ 20.11	35%
Costo portuario USA	\$ 1.70	3%
Terminal USA	\$ 4.50	8%
Flete marítimo	\$ 15.00	26%
Costo portuario México	\$ 1.17	2%
Terminal México	\$ 4.50	8%
Gastos aduanales México	\$ 0.19	0%
Flete terrestre México	\$ 11.00	19%
	<b>\$ 58.17</b>	

Al igual que en el cuadro 3.3, Martner et al. 2011 hacen un análisis de costos para rutas alternas; al llevar el grano a San Juan del Río, por el puerto de Altamira, o por frontera norte pasando por Nuevo Laredo. En ambos casos se utilizó transporte ferroviario para los tramos terrestres (vía Nuevo Laredo, todo el trayecto es vía terrestre).

En el cuadro 3.4 se aprecia el resumen de los costos totales incurridos.

**Cuadro 3.4. Costos de transporte de granos por vías alternas**

<b>Opción 1. Vía Nuevo Laredo</b>	
Kansas - Nuevo Laredo	\$ 57.00
Nuevo Laredo - San Juan del Río	\$ 10.22
<b>total</b>	<b>\$ 67.22</b>
<b>Opción 2. Vía Altamira</b>	
Kansas - New Orleans	\$ 26.00
New Orleans - Altamira	\$ 15.00
Costos Altamira	\$ 4.50
Altamira - San Juan del Río	\$ 19.00
<b>Total</b>	<b>\$ 64.50</b>



Como puede observarse, el trayecto vía Veracruz presenta los menores costos hay una diferencia de \$6,33 dólares por tonelada con respecto a la ruta por Altamira, y de \$9.05 dólares por tonelada con respecto a la ruta por Nuevo Laredo.

### 3.1 Consideraciones de costo

De acuerdo con los Datos estadísticos del movimiento de carga 2015 del Puerto de Veracruz, un buque granelero agrícola en promedio transportaba 31,365 toneladas en 2014, mientras que para 2015 movía 30,587 toneladas. Lo cual representa una disminución de 2.5%.

Para el caso de 2015, el mismo documento establece que en ese año arribaron 219 buques graneleros; lo que da un promedio de un buque cada 1.67 días.

Con esto, si se supone un evento meteorológico que detuviera las operaciones del Puerto de Veracruz una semana, este afectaría las operaciones de aproximadamente cuatro buques graneleros; lo que representa 122 348 toneladas, como se puede apreciar en el cuadro 3.5.

**Cuadro 3.5. Movimiento promedio semanal de graneles agrícolas por el puerto de Veracruz**

Granel agrícola	
Buques 2015	219
Ton promedio	30587

Frecuencia promedio	
días entre buque	1,67
buques por semana	4,2
buques enteros	4
toneladas por semana	122 348

En un caso extremo, en el supuesto de que la totalidad de esta carga semanal tuviera como destino el área metropolitana de la Ciudad de México (por su cercanía, se tomarán las estimaciones de costo a San Juan del Río, Querétaro), el transportar esas toneladas por las vías alternas del Puerto de Altamira o el cruce fronterizo Nuevo Laredo tendría sobrecostos por tonelada de 6,33 y 9,05 dólares respectivamente.

El uso de vías alternas para mover la carga correspondiente a una semana tendría un gran impacto en los costos de transporte; esto es, un aumento de 10,9% en el costo cuando se utiliza el puerto de Altamira, situación que se ve agravada al usar Nuevo Laredo, en donde el costo aumenta un 15,6% como se puede apreciar en el cuadro 3.6.

**Cuadro 3.6. Diferencia en costos por el uso de cadenas sustitutas por vías alternas**

	Costo por tonelada (USD)	Diferencia	Porcentaje costo extra
Vía Veracruz	\$ 58,17	--	--
Vía Altamira	\$ 64,50	\$ 6,33	10,9%
Vía Nuevo Laredo	\$ 67,22	\$ 9,05	15,6%

	Costo semanal (USD)	Diferencia
Vía Veracruz	\$ 7.116.983	--
Vía Altamira	\$ 7.891.446	\$ 774.463
Vía Nuevo Laredo	\$ 8.224.233	\$ 1.107.249

Como se observa en el cuadro 3.6, el uso de una ruta alterna en una cadena sustituta, ante un evento que detuviera la operación portuaria durante una semana, tendría un impacto que en el peor de los casos estaría en el orden del millón de dólares.

## 4 Marco conceptual de Ponomarov

---

Ponomarov y Holcomb (2009) proponen un modelo con base en la importancia relativa de las capacidades logísticas, durante las fases de resiliencia en la cadena de suministro: preparación, respuesta y recuperación. Dicho modelo parte de la siguiente proposición:

*P1. Entre mejor sea la integración dinámica de las capacidades logísticas, mayor será la resiliencia en la cadena de suministro.*

El modelo incorpora tres principios basados en el concepto de resiliencia psicológica (control, coherencia y conectividad) como parte del marco conceptual de resiliencia en la cadena de suministro.

Las capacidades logísticas son colocadas estratégicamente dentro del modelo, de tal manera que se refleje su importancia relativa en cada fase de resiliencia. Estas capacidades son agrupadas en tres categorías mayores como coherencia, conectividad y control.

En el contexto de la cadena de suministro, el control se refiere a la dirección y regulación de acciones estratégicas y tácticas dentro de la cadena.

Ponomarov comenta que la planeación y el control de operaciones son componentes necesarios para una gestión exitosa de la cadena de suministro; ya que ante escenarios inciertos, estos elementos permiten con precisión el impacto del entorno en el que se desenvuelve la cadena de suministro. Por otra parte, establece que el desempeño de la cadena de suministro es altamente sensible ante el desarrollo de mecanismos de control operacional; por lo que realiza la siguiente proposición:

*P2. Entre más grande es la resiliencia de la cadena de suministro será mejor el control de las capacidades logísticas ante una disrupción en la cadena.*

En la literatura de gestión de emergencias, Coherencia es definida como el entendimiento mejorado que resulta de eventos disruptivos o amenazas potenciales. Se debe tener procesos para proveer orden y estructura que reduzcan la incertidumbre; un sistema sin este elemento de resiliencia sería incapaz de prevenir o contrarrestar los resultados de una disrupción.

La coherencia vista desde la perspectiva de la cadena de valor sugiere que su meta es construir una coherencia dentro de la cadena de suministro tal; que la red tenga la capacidad de actuar e innovar para tener un mejor valor, así como para lograr ventajas competitivas.

Con estas perspectivas de coherencia, Pomonarov formula la siguiente proposición.

*P3. Entre mayor es la resiliencia de la cadena de suministro, se tiene una mejor coherencia de las capacidades logísticas cuando ocurre una disrupción.*

La conectividad es el tercer principio psicológico de resiliencia que se refiere al comportamiento de la gente para actuar unidos en tiempos de desastre.

Desde el punto de vista de la cadena de suministro; la conectividad es comúnmente definida como el grado en que un grupo de proveedores, fabricantes, distribuidores, 3PL, minoristas y clientes desarrollan una red integrada para coordinarse de manera eficiente.

La red integrada provee una coordinación sistemática de esfuerzos para evitar el desperdicio de recursos y para garantizar la replicación de resultados. Una comunidad resiliente se caracteriza por esta interconectividad.

*P4. Entre mayor es la resiliencia de la cadena de suministro, mayores serán los niveles de integración (conectividad) a través de las capacidades logísticas cuando se esté ante una disrupción.*

El compartir tanto riesgos como recompensas entre los miembros de la cadena es uno de los componentes clave de una efectiva gestión. El compartir riesgos requiere de análisis y evaluación continuos de riesgos, lo cual solo es posible con el soporte de la alta dirección de las empresas involucradas.

Las cadenas de suministro usualmente operan en un ambiente de negocios dinámico, donde situaciones específicas de riesgo dependen de múltiples factores. Para evaluar la exposición de la cadena de suministro, los miembros de la cadena deben identificar los riesgos directos e indirectos, así como las causas potenciales y las fuentes de esos riesgos en cada arco significativo a lo largo de la cadena. De esta manera, la evaluación y repartición del riesgo entre los miembros es un elemento esencial para su mitigación.

El compartir riesgos habilita una toma de decisiones efectiva bajo condiciones de incertidumbre, y fortalece las relaciones entre las capacidades logísticas y la resiliencia de la cadena de suministro:

*P5. Entre mayor es el nivel de reparto de riesgo de una cadena de suministro (basado en un análisis y evaluación continuos del riesgo, así como en el apoyo de la alta dirección), más fuerte será la relación entre las capacidades logísticas y la resiliencia de la cadena de suministro.*

La ventaja competitiva es creada a través de las cualidades logísticas, las cuales comprenden las capacidades de demanda, abastecimiento y alta dirección. Se ha encontrado que las empresas que tienen los tres tipos de capacidades (de afuera

hacia adentro, de adentro hacia afuera y a través de la cadena) son capaces de actuar y anticiparse ante cambios en el mercado. La naturaleza dinámica de los negocios globales necesita que una cadena de suministro sea capaz de adaptarse a los cambios. Más aun, deben ser capaces de manejar de manera eficiente eventos o interrupciones inesperados. Esta resiliencia distingue a una empresa de sus competidores; esto es, construye una ventaja competitiva que es sostenible. De ahí que sea apropiado examinar el papel de las capacidades logísticas en producir ventajas competitivas sostenibles:

*P6: Entre mayor es la resiliencia, mayor es la ventaja competitiva sostenible.*

La figura 1 corresponde al marco conceptual propuesto por Ponomarov. Este marco incluye las seis proposiciones mostradas en el capítulo, además del elemento de aprendizaje organizacional.

Finalmente, el modelo toma en cuenta aspectos de aprendizaje en la resiliencia que en Ponomarov (2009) han sido discutidos desde la perspectiva de las ciencias sociales y ecológicas. La capacidad de aprender a partir de un evento inesperado para estar mejor preparado para futuras interrupciones es una propiedad primordial de la resiliencia.

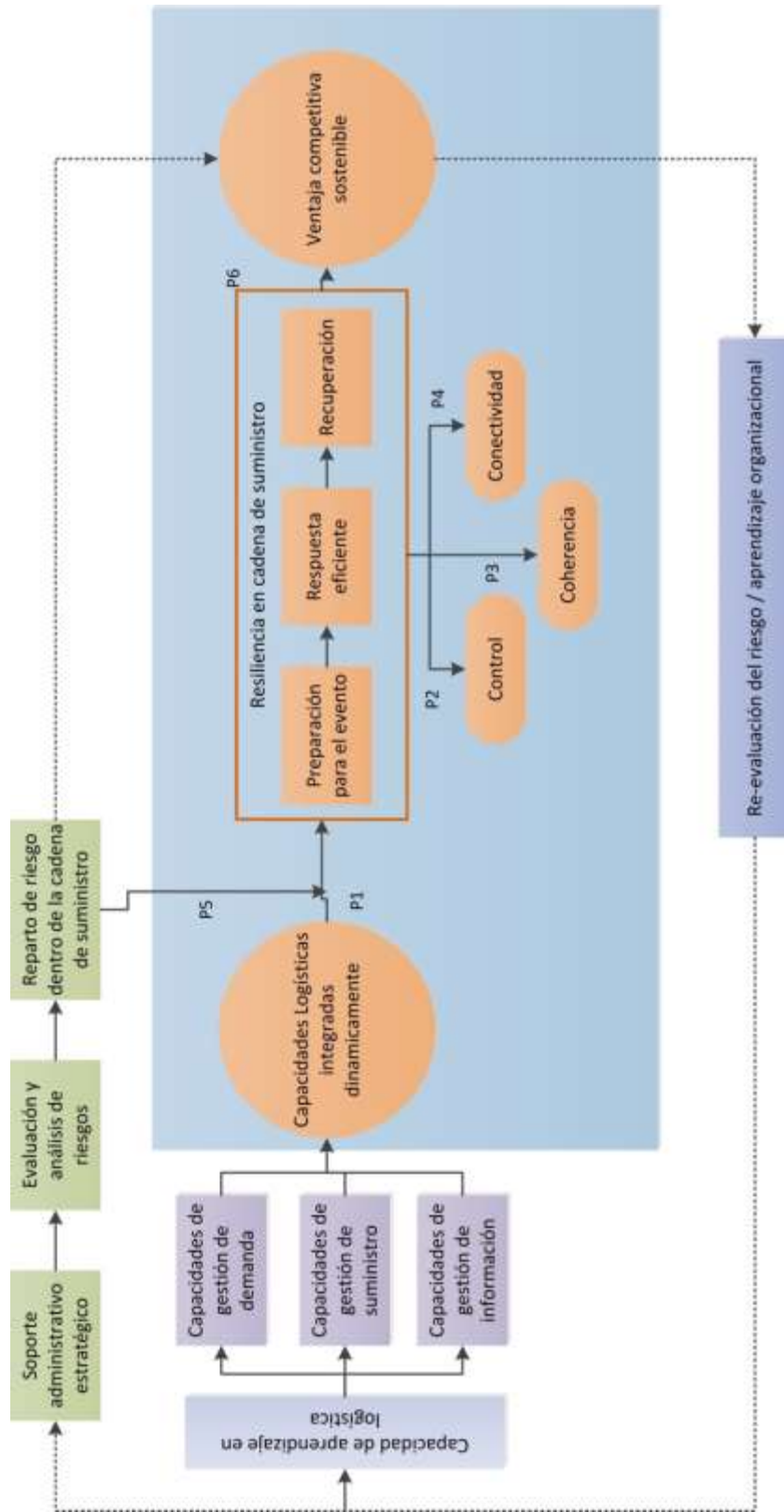


Figura 1. Marco conceptual de resiliencia en la cadena de suministro  
Fuente: Ponomarov, 2009

## Conclusiones

---

En este estudio se analizaron las afectaciones que se podrían dar a la cadena de suministro de granos que se importan desde Estados Unidos a nivel nacional y que ingresan a nuestro país por el puerto de Veracruz ante una eventual contingencia debida a un fenómeno natural, el cual es un tema relevante ya que los flujos de graneles agrícolas están vinculados a un sector estratégico, como es el de la alimentación.

Se ha encontrado que es muy común que se produzcan eventos que amenacen con interrumpir las operaciones. Eventos que pueden ser desastres naturales o bien, provocados por la misma actividad humana. Estos eventos pueden afectar severamente el desempeño de una empresa. Dichas afectaciones pueden darse no solo en la cadena de suministro, sino que podrían poner en riesgo la viabilidad de las empresas.

Se encontró además que la tendencia con la que este tipo de fenómenos se ha presentado, indica que en el promedio de los últimos catorce años, 9 de cada 10 desastres en México fueron a causa de fenómenos hidrometeorológicos. En 2013, de los 56,479.5 millones de pesos estimados en daños y pérdidas para este tipo de fenómenos, 85% fueron propiciados por ciclones tropicales, le siguieron en menor medida los efectos de la sequía con 7%, las lluvias e inundaciones con 4% y las bajas temperaturas con 3%. Gradilla (2014) encuentra que muchos de estos fenómenos tienen afectaciones en infraestructura de transporte que puede tardar más de un día para reestablecer sus estándares de servicio, por lo que es necesario tomar acciones para continuar con la operación de las cadenas de suministro.

Se propone un caso hipotético de afectación a las operaciones en el puerto de Veracruz por parte de un fenómeno meteorológico.

- De acuerdo con la API Veracruz, durante el periodo enero-diciembre de 2015 se registró un movimiento total de carga de 23.17 millones de toneladas (incluyendo petróleo y derivados), esto es 9.2% más que en el mismo periodo de 2014 y se atendieron 1889 embarcaciones.
- En cuanto a carga comercial (sin el petróleo y derivados) el movimiento acumulado enero-diciembre de 2015 alcanzó un total de 21.4 millones de toneladas, 8.2% más que el registrado en el mismo periodo de 2014.

De Martner et al. (2011), se tomaron algunos ejercicios de costos en que se incurre al importar granos hacia México desde los Estados Unidos. Resalta un

estudio de costos que comprende además de las tarifas por uso de infraestructura, servicios al buque y a la infraestructura.

Se realizó una comparativa entre los puertos de New Orleans y de Veracruz para identificar que tan competitivo es un puerto mexicano en materia de costos.

En un caso extremo, en el supuesto de que la totalidad de esta carga semanal tuviera como destino el área metropolitana de la Ciudad de México (por su cercanía, se tomarán las estimaciones de costo de San Juan del Río, Querétaro), el transportar esas toneladas por las vías alternas del Puerto de Altamira o el cruce fronterizo Nuevo Laredo, se tendrían sobrecostos por tonelada de 6,33 y 9,05 dólares respectivamente.

- El uso de vías alternas para mover la carga correspondiente a una semana tendría un gran impacto en los costos de transporte, esto es, un aumento de 10,9% en el costo cuando se utiliza el puerto de Altamira, situación que se ve agravada al usar Nuevo Laredo, en donde el costo aumenta un 15,6%.
- El uso de una ruta alterna en una cadena sustituta ante un evento que detuviera la operación portuaria durante una semana tendría un impacto que en el peor de los casos estaría en el orden del millón de dólares.

La principal intención fue la de elaborar un modelo conceptual que establezca las distintas actividades en el manejo de granos agrícolas dentro del puerto y su conectividad hacia los principales destinos de la carga.

Para lo anterior, se considera el modelo que Ponomarov y Holcomb (2009) proponen con base en la importancia relativa de las capacidades logísticas durante las fases de resiliencia en la cadena de suministro: preparación, respuesta y recuperación. Dicho modelo parte de la siguiente proposición:

- *P1. Entre mejor sea la integración dinámica de las capacidades logísticas, mayor será la resiliencia en la cadena de suministro.*

El modelo incorpora tres principios basados en el concepto de resiliencia psicológica (control, coherencia y conectividad) como parte del marco conceptual de resiliencia en la cadena de suministro.

Las capacidades logísticas son colocadas estratégicamente dentro del modelo de tal manera que se refleje su importancia relativa en cada fase de resiliencia. Estas capacidades son agrupadas en tres categorías mayores como coherencia, conectividad y control.

En el contexto de la cadena de suministro, el control se refiere a la dirección y regulación de acciones estratégicas y tácticas dentro de la cadena.



Este modelo permite a las cadenas de suministro contar con una ventaja competitiva que es creada a través de las capacidades logísticas, las cuales comprenden las capacidades de demanda, abastecimiento y alta dirección.

Se ha encontrado que las empresas que tienen los tres tipos de capacidades (de afuera hacia adentro, de adentro hacia afuera y a través de la cadena) son capaces de actuar y de anticiparse ante cambios en el mercado. La naturaleza dinámica de los negocios globales necesita que una cadena de suministro sea capaz de adaptarse a los cambios. Más aun, deben ser capaces de manejar de manera eficiente eventos o interrupciones inesperados. Esta resiliencia diferencia a una empresa de sus competidores, esto es, construye una ventaja competitiva que es sostenible.



## Bibliografía

---

Administración Portuaria Integral de Veracruz. *Datos estadísticos del movimiento de carga enero – diciembre 2014*. (2015)

Administración Portuaria Integral de Veracruz. *Datos estadísticos del movimiento de carga enero – diciembre 2015*. (2016)

Centro Nacional de Prevención de Desastres. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en 2013*. (2015).

Centro Nacional de Prevención de Desastres. *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en 2014*. (2016)

Christopher, M. and Peck, H. *Building the resilient Supply Chain*. International Journal of Logistics Management, 15(2), pp1-13 (2004)

Gradilla, L. Transporte federal de personas en México: transición hacia la sustentabilidad y la resiliencia. Instituto Mexicano del Transporte (2014)

Holling. C.S. *Resilience and Stability of Ecological Systems*. Annual Review of Ecology and Systematics Vol. 4:1-23 (Volume publication date November 1973).

Melnyk, S., Closs, D., Griffis, S., Zobel, C., Macdonald, J. Understanding Supply Chain Resilience. In [http://www.supplychain247.com/article/understanding\\_supply\\_chain\\_resilience](http://www.supplychain247.com/article/understanding_supply_chain_resilience)

Martner, C., Morales, C., Moreno, A., Perez, A., Martinez, J., de la Torre, M. *Competencia y eficiencia de las cadenas de carga en México*. Instituto Mexicano del Transporte. (2009).

Martner, C. y Moreno, A. 2001. "Tendencias recientes en el transporte marítimo internacional y su impacto en los puertos mexicanos". Publicación Técnica No.162 del Instituto Mexicano de Transporte. Sanfandila, Querétaro, México.

Nissan (2011). "Report on the Impact of Flooding in Thailand on Nissan Operations (Report #3)", en [http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2011/\\_STORY/111104-01-e.html](http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2011/_STORY/111104-01-e.html)

Ponomarov, S. & M. Holcomb. *Understanding the concept of supply chain resilience*. International Journal of Logistics Management, 20(1), pp. 124–143 (2009).

Toyota (2011). "Toyota Vehicle Production Adjustments Due to Floods in Thailand". En <http://www2.toyota.co.jp/en/news/11/11/1104.html>

Ye, L. y Abe. M. *The impacts of natural disasters on global supply chains*. Asia-Pacific Research and Training Network on Trade working paper. (2012)



Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El colorado-Galindo"  
Parque Tecnológico San Fandila  
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México  
CP 76703  
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610  
Fax +52 (442) 216 9671

[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)

<http://www.imt.mx/>