



Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año

Datos generales del Proyecto

Código del proyecto: 2813			
Título del proyecto: Diseño de una metodología para la identificación, medición y gestión de riesgo financiero y operacional en cadenas de abastecimiento en empresas colombianas			
Facultad o Instituto Académico: Ingeniería - Ciencias Sociales y Económicas			
Departamento o Escuela: Ingeniería Industrial - Economía			
Grupo (s) de investigación: Logística y Producción - Macroeconomía aplicada y economía financiera			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Diego Fernando Manotas Duque	9 hrs/semana	9 hrs/semana
Co-investigadores	Leonardo Rivera Cadavid	9 hrs/semana	9 hrs/semana
	Jorge Mario Uribe Gil	9 hrs/semana	9 hrs/semana
	Inés María Ulloa Villegas	9 hrs/semana	9 hrs/semana
Otros participantes	Estudiantes de doctorado: Juan Carlos Osorio, Stephanía Mosquera, Alvaro Restrepo	40 hrs/semana	40 hrs/semana

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

1. Resumen ejecutivo:

La gestión integral de riesgos en cadenas de abastecimiento (GIRCA) se ha constituido en un tema clave de las agendas de discusión de todo tipo de organizaciones. A nivel empresarial hoy es explícita la necesidad de incorporar la incertidumbre propia a la que se exponen los diferentes procesos y actividades que se ejecutan. En un marco más amplio, la gestión de riesgos en cadenas de abastecimiento exige mayores esfuerzos en los procesos de identificación, medición y administración de riesgos, ya que agrega mayores elementos de complejidad relacionados con la integración de los diferentes agentes de la cadena.

El proyecto Diseño de una metodología para la identificación, medición y gestión de riesgo financiero y operacional en cadenas de abastecimiento en empresas colombianas se orientó hacia la construcción de metodologías para la identificación, medición y gestión de los riesgos operacionales y financieros en cadenas de abastecimiento de diferentes tipos de empresas. Las metodologías que se desarrollaron son lo suficientemente generales para que se facilite su aplicación en diferentes tipos de organizaciones.

Las principales preguntas de investigación abordadas en el proyecto fueron:

¿Cómo deberá ser una metodología apropiada para la identificación, medición y gestión de riesgos financieros de mercado en las cadenas de abastecimiento de PyMES colombianas?

¿Cómo deberá ser una metodología apropiada para la identificación, medición y gestión de riesgos operacionales en las cadenas de abastecimiento de PyMES colombianas?

Los objetivos planteados para el desarrollo del proyecto fueron los siguientes:

Objetivo General

Diseñar una metodología para la identificación, medición y gestión de riesgo financiero y operacional en cadenas de abastecimiento en empresas colombianas.

Objetivos Específicos

- a. Seleccionar un sector industrial representativo en la ciudad de Cali y su área de influencia inmediata para la validación de la metodología de gestión de riesgos diseñada
- b. Diseñar y aplicar una metodología para la identificación de factores de riesgo operacional

- y financiero que puedan afectar el desempeño de los agentes en la cadena de abastecimiento considerada.
- c. Diseñar y aplicar una metodología para la medición cualitativa y cuantitativa del riesgo operacional y financiero en la cadena de abastecimiento considerada.
 - d. Validar la metodología diseñada mediante su aplicación en una cadena de abastecimiento.

A continuación se presentarán los principales hallazgos realizados en el desarrollo del proyecto.

2. Síntesis del proyecto:

El objetivo general del proyecto de investigación se orientó hacia el diseño de una metodología para la identificación, medición y gestión de riesgo financiero y operacional en cadenas de abastecimiento en empresas colombianas. Dada la multiplicidad de riesgos financieros y operacionales que pueden presentarse en las diferentes cadenas de abastecimiento, se optó por la identificación y posterior análisis de diversos factores de riesgo en diferentes eslabones de las cadenas de suministro.

Bajo este enfoque se abordaron diferentes metodologías de identificación de factores de riesgo financiero que podrían afectar a las empresas colombianas. Se realizaron diversos trabajos orientados hacia la identificación y medición de riesgo cambiario, riesgo de precios de commodities en particular azúcar y energía que podrían afectar los ingresos o los costos asociados a la cadena de abastecimiento de una empresa. En forma simultánea se orientaron otros trabajos hacia la identificación y medición de factores de riesgo operacional que pudieran afectar el desempeño de la cadena de abastecimiento.

En términos generales entre los principales factores de riesgo de mercado tratados en el presente proyecto de investigación se incluyeron: precios de la electricidad, precios de commodities, tasa de cambio determinante en procesos de exportación y procesos de abastecimiento internacional.

Con el fin de dar cumplimiento al objetivo específico 1 se consideraron diversas cadenas de abastecimiento susceptibles de ser estudiadas bajo los enfoques de medición de riesgo financiero y operacional que se pretendían estudiar. En la tabla 1 se presentan las cadenas de

Elaborado por: Vicerrectoría de Investigaciones

abastecimiento estudiadas y los factores de riesgo financiero considerados.

Tabla 1. Cadenas de Abastecimiento estudiadas

Cadena de Abastecimiento	Factores de Riesgo
Cadena de abastecimiento energético	Precio de la energía eléctrica
Sector comercial	Precio de la energía eléctrica, demanda de energía eléctrica
Cadenas de abastecimiento con presencia de 3PL	Factores de riesgo operacional en el proceso de contratación de operadores 3PL
Producción y comercialización de azúcar	Precio internacional del azúcar, tasa de cambio
Ensambladoras de motocicletas	Tasa de cambio, Variabilidad de la demanda, riesgo de tasa de interés (LIBOR)
Empresa de fabricación bajo pedido	Riesgo de demanda y modelos de gestión de inventarios
Sector químico del Valle del cauca	Riesgo logístico en la cadena de abastecimiento
Industria de pasabocas a base de papa y plátano	Riesgo operacional en la cadena de abastecimiento

A continuación, se presenta una síntesis de los trabajos más relevantes realizados en el marco del proyecto de investigación.

2.1. Medición de riesgos financieros en la cadena de abastecimiento energética

Elaborado por: Vicerrectoría de Investigaciones

Una de las cadenas más importantes que fue objeto de estudio permanente del proyecto fue la cadena de suministro de energía eléctrica. La principal razón para la selección de esta cadena de abastecimiento fue la gran volatilidad de los precios de la electricidad en el mercado nacional y el consecuente efecto sobre los indicadores de costo y rentabilidad de las empresas colombianas en las cuales la energía constituye un insumo fundamental en los procesos productivos. La energía eléctrica es un insumo básico en la mayoría de las cadenas de suministro que operan en el país de allí la importancia en el desarrollo de una metodología o modelo de abastecimiento energético que permita a los usuarios no regulados la consideración de las diversas fuentes de suministro disponibles, teniendo en cuenta la incertidumbre en los factores de demanda y precio. El carácter transversal de la energía eléctrica como insumo fundamental de la totalidad de las cadenas de suministro del país y la disponibilidad de datos en este mercado orientó el desarrollo de metodologías de medición de riesgo financiero de mercado hacia la cuantificación de los efectos de la volatilidad en los precios de la electricidad sobre el costo y consecuentemente la utilidad operacional de los llamados usuarios no regulados, es decir, las empresas del país para las cuales el nivel de consumo energético permite cierta flexibilidad en su proceso de abastecimiento.

Algunos autores sostienen que en industrias intensivas en capital como la industria textil, la industria cementera, la industria química y la industria de alimentos el peso relativo de los costos de energía en el total de costos de la empresa puede llegar a ser del 25%. Existe una creciente preocupación de los empresarios nacionales sobre los costos de la energía en el país. La Cámara de Grandes Usuarios de Energía y Gas creada por la ANDI en el año 2000 ha venido indicando de manera sostenida que las tarifas de energía que los usuarios no regulados pagan en Colombia son muy altas si se comparan con otros países de la región. Esta situación afirma la ANDI resta competitividad a la industria local. En este contexto es importante entender la dinámica de los precios de la electricidad en Colombia, considerando que la nuestra matriz de generación energética es predominantemente hídrica con apoyo y respaldo en fuentes térmicas a gas y carbón.

Mientras se desarrollaba el proyecto de investigación se sancionó en el país la Ley 1715 de Mayo de 2015, que se constituyó en el marco regulatorio para la incorporación de fuentes de energía



renovables en los procesos de autogeneración energética que pueden llevar a cabo los usuarios no regulados en el país.

En un primer trabajo publicado a inicios del 2014 se había abordado el problema de la definición de un portafolio de abastecimiento energético para usuarios no regulados en Colombia. En este trabajo los autores propusieron un modelo de optimización del portafolio de abastecimiento de energía eléctrica para consumidores finales no regulados en el mercado de electricidad colombiano. El propósito del modelo era determinar la cantidad óptima de energía que debe ser suministrada por cada una de las tres formas de abastecimiento disponibles para el usuario: compra basada en mercado spot, compra mediante contratos bilaterales y cogeneración, minimizando el costo esperado de abastecimiento de energía y el valor en riesgo asociado. Para el cumplimiento de este objetivo se usó un modelo de optimización estocástica y el indicador de riesgo empleado fue el valor en riesgo condicional (Conditional Value at Risk-CVaR). (Manotas, Oliveros, Taborda, Vidal, Lozano 2014)

Para darle continuidad al trabajo mencionado que se publicó previo a la Ley 1715, se orientó un trabajo de investigación doctoral en el área de ingeniería. Este trabajo fue desarrollado por el ingeniero Álvaro Restrepo con la supervisión de los profesores Diego Manotas y Carlos Lozano. El trabajo se tituló **“Valoración de un portafolio de fuentes de generación de energías renovables en ambientes Smart Grid y programas de respuesta a la demanda”**. El propósito fundamental del trabajo mencionado fue el análisis de las opciones e incentivos contemplados en la Ley 1715 para el problema de abastecimiento energético considerando la incertidumbre en los precios de la electricidad, la posibilidad de incorporar fuentes de energía renovable en el portafolio de abastecimiento y la oportunidad de incluir los efectos derivados de los programas de adopción de mecanismos tipo Smart Grids y programas de gestión de la demanda. La tesis doctoral del ingeniero Álvaro Restrepo fue sustentada y aprobada con calificación meritoria.

Producto del trabajo realizado en el marco de la investigación doctoral del ingeniero Restrepo se desarrollaron varias publicaciones las cuales se sintetizan a continuación:

Tabla 2. Publicaciones producto de investigación doctoral

Publicación	Síntesis
Portafolio para Auto-Generación de Electricidad con Fuentes Renovables en Edificios Comerciales. Restrepo-Garcés, Álvaro R, Manotas-Duque, Diego F, & Lozano, Carlos A. (2016). Información tecnológica, 27(1), 91-104, Chile.	El objetivo de este trabajo fue la conformación de un portafolio óptimo para la autogeneración de electricidad con fuentes de energía renovables (FER) en edificios comerciales con base en la caracterización del consumidor, la incertidumbre de las FER, la normatividad de Colombia y las opciones reales del proyecto. Se diseñó una metodología de optimización que comienza con la selección de las alternativas FER, utilizando métodos multicriterio. La evaluación económica de las alternativas se realizó con el método flujo de caja descontado. La flexibilidad del valor presente del proyecto se definió con la Teoría de Opciones Reales y el portafolio óptimo se calculó a través de la maximización del valor presente del proyecto. El caso de estudio se desarrolló en un centro comercial concluyendo que las energías renovables son viables cuando se incluyen las opciones reales.
Auto-generación de electricidad, Optimización y Evaluación en el marco de las nuevas políticas de apoyo en Colombia (Self-generation of Electricity, Assessment and Optimization Under the New Support Schemes in Colombia). Álvaro René Restrepo; Diego Fernando Manotas; Carlos A. Lozano. IEEE Latin America Transactions, Volume: 14, Issue: 3, March 2016, 1317-1323. EEUU.	En este trabajo se propone un método para la evaluación de proyectos de autogeneración eléctrica bajo el nuevo marco normativo colombiano. El modelo se centró en el análisis de valor en riesgo de las diferentes alternativas de autogeneración. Para la construcción del modelo se utilizaron técnicas como redes neuronales para la modelación de precios, simulación de Monte Carlo y análisis de opciones reales.
Multicriteria Hybrid Method – ROA, for the Choice of Generation of Renewable Sources: Case Study in Shopping	Este artículo propone un método híbrido, conformado por las técnicas Proceso de Análisis Jerárquico, Técnica para el Orden de preferencia por similitud con la solución ideal, Análisis de Opciones Reales, Simulación de Monte Carlo



Centers. Álvaro René Restrepo; Diego Fernando Manotas; Carlos A. Lozano. Aprobado para publicación Revista Chilena de Ingeniería – INGENIARE. Volumen 25 N° 4, octubre - diciembre 2017	y Método Binomial para seleccionar las tecnologías más adecuadas para la auto-generación de electricidad en Centros Comerciales (SCs), considerando criterios técnicos, tecnológicos, ambientales y económicos, dentro del marco normativo colombiano. El caso de estudio se realizó con base en datos reales de SCs y en tres ciudades colombianas con diferentes condiciones meteorológicas. Se demostró que, aplicando las opciones reales, las tecnologías fotovoltaicas son viables para ser implementadas en el sector comercial. El trabajo es una contribución conceptual y metodológica para mejorar la comprensión de los complejos procesos de toma de decisiones y su aplicación en la evaluación de tecnologías RES, considerando las opciones reales implícitas e incentivos presentes en el marco normativo de un país o región.
---	---

Posteriormente, en otro de los trabajos doctorales en curso, la economista Stephanía Mosquera López, estudiante del Doctorado en Ingeniería: Énfasis Ingeniería Industrial, presentó y socializó su propuesta de investigación titulada “Issues on financial risk measurement and management in electricity markets” bajo la dirección de los profesores Diego Fernando Manotas y Jorge Mario Uribe. Producto del trabajo que ha venido desarrollando la estudiante se presenta como resultado del presente proyecto de investigación el artículo titulado **“Risk asymmetries in hydrothermal power generation markets”**, en el cual se estudian de manera detallada las asimetrías de riesgos existentes en el mercado de generación hidrotérmica en Colombia. El resultado de este trabajo permite establecer parámetros de negociación claves para consumidores y generadores en la cadena de abastecimiento energética. Las asimetrías de riesgo encontradas en el mercado de electricidad en Colombia exigirían a los generadores y consumidores comportamientos abiertamente diferentes frente a la volatilidad de los precios de la electricidad en el país.

La propuesta doctoral de la estudiante ya fue aprobada y socializada bajo el reglamento establecido por la Universidad. Los evaluadores de la propuesta doctoral de la estudiante fueron el profesor Andrés Mora de la Universidad de Los Andes y el profesor Cuauhtémoc Sánchez del Instituto Tecnológico Orizaba de México.

2.2. Riesgo operacional en cadenas de suministro con operadores 3PL

Otro de los trabajos doctorales orientados en el marco del proyecto de investigación fue el de Identificación y priorización del riesgo operacional en cadenas de suministro con participación de empresas 3PL en países emergentes. Este trabajo es desarrollado en la actualidad por el ingeniero Juan Carlos Osorio, con la orientación del profesor Diego Fernando Manotas y del profesor Jorge Luis García de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. La propuesta doctoral derivada de este trabajo ya fue aprobada y socializada de conformidad con el reglamento de la Universidad del Valle. El trabajo actualmente se encuentra en curso.

El trabajo doctoral de ingeniero Osorio se centra en la identificación, priorización y evaluación del riesgo operacional en cadenas de abastecimiento en las cuales participan operadores 3PL. Este tipo de cadenas son las más comunes dado el creciente auge de los procesos de tercerización de actividades de las cadenas de suministro como transporte o almacenamiento.

Las principales fases de un proceso de gestión de riesgo operacional en una cadena de suministro son:

- Identificación de los factores de riesgo
- Evaluación de los riesgos
- Gestión de los riesgos
- Monitoreo de los riesgos

A la fecha, producto del trabajo desarrollado por el ingeniero Osorio se han publicados dos capítulos en libros de investigación. En el primero de ellos titulado: “Operational Risk Management in Third Party Logistics (3PL)”, publicado en el “Handbook of Research on Managerial Strategies for Achieving Optimal Performance in Industrial Processes” en 2016, se presenta una detallada revisión de las principales actividades que han sido objeto de procesos de tercerización en la gestión de cadenas de suministro. Posteriormente dicha información se cruza con los procesos propios de la gestión de riesgo operacional con el fin de establecer una priorización de los principales factores de riesgo operacional que podrían afectar a una cadena de suministro que realiza algunas de sus actividades a través de operadores 3PL.

En el segundo capítulo de libro publicado, titulado “Decision Support System for Operational Risk



Management in Supply Chains with 3PL Providers” en el texto: “Current Trends on Knowledge-Based Systems” (Marzo, 2017) se presenta un modelo QFD difuso para desarrollar el proceso de priorización de factores de riesgo operacional en diferentes actividades de la cadena de suministro que se encuentran en procesos de tercerización.

Además de estos productos se han desarrollado algunas ponencias y artículos. Los productos derivados del trabajo desarrollado por el ingeniero Osorio se presentan en la sección de productos.

2.3. Trabajo de Grado Maestría en Economía Aplicada “Medición de riesgo financiero en empresas no financieras: una aplicación al sector azucarero colombiano”.

Estudiante: Stephanía Mosquera López

Directores: Jorge Mario Uribe – Diego Fernando Manotas

En este trabajo de grado se realizó una aplicación en el sector azucarero colombiano, de una metodología que aún no ha sido ampliamente explorada en la literatura, para la construcción de un indicador de factibilidad que permita la valoración de proyectos de una manera más robusta, al modelar adecuadamente la incertidumbre. Este indicador es el Valor en Riesgo (VeR), indicador que se construye haciendo uso de técnicas econométricas como la modelación de la de volatilidad condicional autoregresiva de las series, así como la modelación multivariada a través de cópulas de las relaciones de dependencia entre éstas y, de la simulación de escenarios mediante técnicas de Monte Carlo.

Esta metodología se aplicó en una empresa del sector azucarero colombiano, sector de gran importancia para la economía del país y de la región. Este sector tuvo una producción en el 2013 de 2,13 millones de toneladas de azúcar, registrando un incremento anual de 2,4% con relación al 2012. Además, el sector azucarero generó más de 180.000 empleos en los primeros eslabones de su cadena productiva. Se estimó el valor en riesgo de la utilidad bruta operacional, variable de salida que se ve afectada por los factores de riesgo modelados. En este caso, los factores no afectan la totalidad de la utilidad bruta, sino solo aquella parte de ésta que se deriva de las exportaciones. En el caso del ingenio considerado se supuso un volumen de ventas nacionales y



un volumen de exportaciones para construir el VeR. Se encontró así, que el valor en riesgo de la utilidad bruta mensual promedio al 95% de confianza es igual a \$11.642.922.983 pesos colombianos (COP). Este estudio permitió dejar un precedente relevante para la academia y el sector, para trabajos posteriores que cuenten con datos reales y con la orientación adecuada por parte de los empresarios.

2.4. Trabajo de Grado Maestría en Ingeniería Industrial: Modelo de optimización para el análisis y diseño de cadenas de abastecimiento con medidas de valor económico como indicadores de desempeño

Estudiante: Luis Alfredo Payan

Directores: Diego Fernando Manotas – Leonardo Rivera Cadavid

En el diseño de cadenas de abastecimiento existen diferentes tipos de decisiones categorizadas en tres niveles: operativo, táctico y estratégico. Dentro del operativo, típicamente se ubica la definición del nivel de servicio (a través de la planeación de la producción y despachos de bienes) ofrecido a los clientes; en el nivel táctico se tiene principalmente la definición de flujos de transporte y cantidad de inventarios y finalmente el nivel estratégico enmarca aquellas decisiones de largo plazo tales como el número, ubicación y capacidad de las instalaciones en cada punto de la cadena. Debido a la amplia gama de decisiones y su trascendencia, el diseño de cadenas de abastecimiento tiene por objetivo proveer una plataforma adecuada que garantice una administración eficiente de todos los flujos y operaciones que la conforman.

La incertidumbre en las diferentes variables que conforman tanto los elementos tradicionales como los financieros en el diseño de cadenas de abastecimiento es una característica inherente en problemas reales. La variabilidad de la demanda, de los tiempos de reposición (lead times), tasas de interés, tasas de cambio entre otras, son aspectos que difícilmente se pueden omitir sin afectar la efectividad de los resultados de cualquier modelación en el campo. Se precisa entonces, involucrar parámetros de medición de riesgo asociados a estas incertidumbres y plantear mecanismos de gestión y cubrimiento para controlarlo, considerándolo desde el diseño mismo de las cadenas de abastecimiento. En el caso de modelos con consideraciones



financieras, los indicadores de desempeño usados como funciones objetivo, asociadas a la creación de valor, como lo son el EVA®, ROI (Retorno sobre las inversiones), FCF (Flujos de caja libre) entre otros, son frecuentemente acompañados con medidas de riesgo asociadas a la variabilidad de su valor e integrados a través de las preferencias de riesgo del agente decisor. En este trabajo de grado se propone un modelo de optimización de la cadena de abastecimiento de una empresa vallecaucana dedicada al ensamblaje de motocicletas. El modelo propuesto utiliza el criterio de valor presente del flujo de caja libre como función objetivo. El modelo incorpora indicadores robustos de cuantificación de riesgo como el valor en riesgo condicional asociado al valor presente del flujo de caja libre de la empresa.

2.5. Trabajo de Grado Maestría en Ingeniería Industrial: Modelo para la gestión de riesgo financiero en el proceso de abastecimiento internacional de una empresa ensambladora

Estudiante: Paola Gordillo

Directores: Diego Fernando Manotas – Stephanía Mosquera

En la actualidad, con el proceso de globalización que se lleva alrededor del mundo, las empresas se han visto en la necesidad de abrir sus mercados locales, por lo que le apuestan a la apertura de mercados y por tal motivo es necesario implementar operaciones de comercio exterior. Debido a esta apertura de mercado, las mismas quedan expuestas a diferentes tipos de riesgos financieros, entre los cuales se encuentran la volatilidad de las tasas de cambio y de las tasas de interés. Es por esto que en el momento de establecer estrategias que permitan la mitigación de los riesgos a los que se expuso, es necesario realizar evaluaciones con varios enfoques, entre los que están: enfoque de mercado, enfoque financiero y enfoque contable. Las actividades de gestión y medición de estos riesgos que son desarrolladas por las organizaciones dependen en gran parte del apoyo que brinda la alta gerencia, dado que las decisiones que se toman en pro de mitigar estos riesgos se ven reflejadas finalmente en los resultados de la organización.

El problema asociado a la gestión del riesgo financiero afecta a muchas compañías, y en consecuencia el propósito principal de este trabajo de investigación, fue el desarrollo de un



modelo para la gestión del riesgo financiero, que considerara los principales factores de riesgo, que afectan el desempeño de la compañía. Dichos factores son la tasa de cambio y la tasa de interés asociadas al proceso de abastecimiento internacional. Adicionalmente se analizó el efecto de las estrategias de cobertura cambiaria utilizada por la empresa. Este trabajo de investigación se desarrolló en una empresa ensambladora en Colombia, cuya materia prima principal se adquiere en el exterior.

En este sentido, la metodología que se llevó a cabo en este trabajo de investigación, inició con la revisión del proceso de abastecimiento internacional de la empresa, identificando los diferentes factores de riesgo financiero a los que se encuentra expuesta, posteriormente se realizó el análisis de los factores de riesgo, seguido de la formulación del modelo de medición haciendo uso de diferentes técnicas, tales como el Valor en Riesgo – ***VaR*** – y la Pérdida Esperada en las Colas – ***ES*** –; así como modelos autorregresivos como el ***ARIMA***, y modelos univariados de series de tiempo con varianza no constante como el modelo ***GARCH***, con el objetivo de valorar el impacto financiero y contable de las estrategias de cobertura consideradas, y por último un caso de aplicación, en el cuál podremos revisar los resultados que arroja el modelo propuesto.

2.6. Trabajo de Grado Maestría en Ingeniería Industrial: Modelo de valoración de riesgo financiero para la definición de políticas de inventario de materia prima en una empresa de fabricación bajo pedido

Estudiantes: Héctor Grajales – Gina Ortiz

Director: Diego Fernando Manotas

En este proyecto, se construyó y aplicó un modelo de valoración del riesgo financiero que define la política de inventarios de materia prima que genera el mayor beneficio económico para una compañía de fabricación bajo pedido, considerando la incertidumbre inherente a las variables exógenas del proceso de decisión. Para la construcción del modelo se propuso una metodología estructurada en tres fases. En la primera, se realiza una clasificación ABC para identificar aquellos productos con mayor relevancia económica dentro de los inventarios y se definen las variables que intervienen en el diseño y selección de las políticas. En la segunda fase, se desarrolla el



modelo que relaciona las variables de entrada con criterios de decisión financieros establecidos y se evalúa su comportamiento en diferentes escenarios a través de la simulación Monte Carlo. En la tercera fase, se evalúan las políticas de inventario efectuando recomendaciones de acuerdo al nivel de exposición al riesgo de cada una y la rentabilidad ofrecida.

Adicionalmente a los trabajos de doctorado y maestría vinculados al proyecto de investigación se han dirigido varios trabajos de pregrado vinculados al proyecto. A continuación en la tabla 3 se presenta la relación de dichos trabajos.

Tabla 3. Trabajos de pregrado

Identificación del trabajo de grado	Resumen
Modelo de gestión de riesgos logísticos para pymes pertenecientes a la industria de productos químicos del Valle del Cauca Estudiantes: Francisco Javier Bolaños Ordoñez - Jhimy Ferney Moreno Ordoñez Director: Leonardo Rivera Ingeniería Industrial	Presenta el estudio que se llevó a cabo con cinco pymes del sector químico ubicadas en la ciudad de Cali, que permitió conocer inicialmente los principales riesgos relacionados con sus procesos logísticos para luego, con base en esta información, desarrollar un modelo de gestión de riesgos logísticos para este tipo de empresas, compuesto por cinco fases (Identificación, Medición, Evaluación, Prevención y Mitigación y Monitoreo), propuesto a manera de guía y utilizando metodologías de fácil uso, con el ánimo de que se convierta en una herramienta útil y funcional para estas empresas.
Modelo de gestión de riesgos logísticos para pymes pertenecientes a la industria de pasabocas en el Valle del Cauca Estudiantes: Jhon Eiber Vasquez Gonzalez - Camilo Ernesto Zuñiga Dorado Director: Leonardo Rivera Ingeniería Industrial	Desarrolla un modelo de gestión de riesgos operacionales para Pymes de la industria de pasabocas a base de papa y plátano, con el fin de determinar cuáles son los principales eventos negativos (asociados a los procesos de fabricación) a los que están expuestas las empresas pertenecientes a éste sector y calificar el grado de afectación de dichos eventos, y de esta forma, dar una pauta en cuanto a las decisiones a tomar, para lograr el nivel de tratamiento requerido por las necesidades de las Pymes en cuestión, con el único propósito de lograr los objetivos empresariales.
Modelo multicriterio para la selección y evaluación del desempeño de un proveedor 3PL considerando el riesgo. Estudiantes: Giselle Ramírez Flórez - Natalia Tabares Urrea Director: Juan Carlos Osorio Gómez Ingeniería Industrial	En este trabajo de grado se desarrolla un modelo de valoración multicriterio que considera diferentes dimensiones de desempeño de operadores 3PL. El modelo involucra elementos de desempeño financiero, técnico y operacional asociados a proveedores 3PL en actividades relacionadas con transporte y almacenamiento

3. Productos:

En la tabla 4 se presentan los principales productos de investigación obtenidos a la fecha, en el marco del proyecto “Diseño de una metodología para la identificación, medición y gestión de riesgo financiero y operacional en cadenas de abastecimiento en empresas colombianas”

Tabla 4. Cantidad y tipo de productos pactados en el Acta de Trabajo y Compromiso y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Productos de nuevos conocimientos				
Artículo completo publicado en revistas A1 o A2 ó Artículo en revista indexada internacional (SCOPUS)	2 artículos sometidos revista tipo A o 1 en revista indexada SCOPUS		1 artículo A1 (Scopus), 2 artículos A2 (Scopus), 2 artículos tipo A (Revista Nacional) 5 artículos publicados en total	
Artículo completo publicado en revistas B			1 artículo B (Scopus)	
Capítulos en libros que publican resultados de investigación			2	
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados	No. de trabajos de grado	No. de estudiantes vinculados	No. de trabajos de grado
Estudiantes de pregrado		2	6	3
Semillero de Investigación	2		4	
Estudiantes de maestría	1	1	5	4
Estudiantes de doctorado	1		3	3
Productos de divulgación				
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales	No. de ponencias nacionales	No. de ponencias internacionales
	1	1	6	3
Propuesta de investigación				
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1		3	



3.1. *Detalle de Productos*

Artículos en Revista Indexadas

Tipo de producto:	Artículo A1 Internacional - SCIMAGO Q1 SCOPUS
Nombre General:	Revista Electric Power Systems Research. (Año 2017). Vol: 147. Págs: 154 - 164
Nombre Particular:	Risk asymmetries in hydrothermal power generation markets
Ciudad y fechas:	Junio 2017.
Participantes:	Stephanía Mosquera López, Diego Fernando Manotas Duque, Jorge Mario Uribe.
Sitio de información:	DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2017.02.032
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción – Grupo de Investigación en Macroeconomía Aplicada y Economía Financiera.

Tipo de producto:	Artículo A2 Nacional
Nombre General:	Revista Ingeniería y Competitividad ISSN: 0123-3033. (Año 2015). Vol: 17. Núm.: 2. Págs.: 41 - 51.
Nombre Particular:	Measuring financial risk in non-financial firms: an application to the Colombian sugar sector
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia – Recibido: Enero 14 de 2015; Aceptado: Julio 1 de 2015
Participantes:	Stephanía Mosquera López
Sitio de información:	Enlace Web: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=291340438005
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Tipo de producto:	Artículo A2 Internacional - SCOPUS
Nombre General:	Revista Investigación Económica. (Año 2015). Vol: 74. Núm.: 293. Págs.: 131 – 170.
Nombre Particular:	Regímenes de volatilidad del tipo de cambio en Colombia e intervenciones de política
Ciudad y fechas:	Distrito Federal, México – Julio-Septiembre de 2015
Participantes:	Jorge Mario Uribe, Diana Marcela Jiménez y Julián Fernández
Sitio de información:	http://dx.doi.org/10.1016/j.inveco.2015.06.002
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Macroeconomía Aplicada y Economía Financiera - Grupo de Investigación Logística y Producción



Tipo de producto:	Artículo A2 Nacional
Nombre General:	Revista Ecos de Economía: A Latin American Journal of Applied Economics e- ISSN: 2462-8107. (Año 2015). Vol: 19. Núm.: 41. Págs.: 24 - 44.
Nombre Particular:	Dinámicas del tipo de cambio, quiebre estructural e intervenciones de política
Ciudad y fechas:	Medellín, Antioquia, Colombia - Diciembre 1 de 2015
Participantes:	Natalia Restrepo, Jorge Mario Uribel Gil
Sitio de información:	DOI: http://dx.doi.org/10.17230/ecos.2015.41.2
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Macroeconomía Aplicada y Economía Financiera.

Tipo de producto:	Artículo A2 Indexada Internacional - SCIMAGO Q2 - SCOPUS
Nombre General:	Revista Información Tecnológica ISSN: 0718-0764. (Año 2016). Vol: 27. Núm: 1. Págs: 91 - 104
Nombre Particular:	Portafolio para Auto-Generación de Electricidad con Fuentes Renovables en Edificios Comerciales
Ciudad y fechas:	La Serena, Chile – Recibido: Agosto 3 de 2015; Aceptado: Octubre 5 de 2015; Versión final: Noviembre 4 de 2015; Publicado: Febrero 2016.
Participantes:	Álvaro Rene Restrepo Garcés, Diego Fernando Manotas Duque, Carlos Arturo Lozano Moncada
Sitio de información:	DOI: http://dx.doi.org/10.1017/asb.2015.21
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Tipo de producto:	Artículo B Indexada Internacional – SCIMAGO Q2 SCOPUS
Nombre General:	Revista IEEE Latin America Transactions, ISSN: 1548-0992 Volume: 14, Páginas: 1317 -1323
Nombre Particular:	Auto-generación de electricidad, Optimización y Evaluación en el marco de las nuevas políticas de apoyo en Colombia
Ciudad y fechas:	mar-16
Participantes:	Álvaro René Restrepo; Diego Fernando Manotas; Carlos A. Lozano
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupos, centros, institutos o laboratorio al cual se adscriben los autores del proyecto.
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción



Capítulos de libro de investigación

Tipo de producto:	Capítulo de libro
Nombre General:	Libro "Handbook of Research on Managerial Strategies for Achieving Optimal Performance in Industrial Processes". IGI Global Editorial Discovery.
Nombre Particular:	Operational Risk Management in Third Party Logistics (3PL)
Ciudad y fechas:	Estados Unidos – 2016
Participantes:	Juan Carlos Osorio, Diego Fernando Manotas Duque, Leonardo Rivera Cadavid
Sitio de información:	http://www.igi-global.com/chapter/operational-risk-management-in-third-party-logistics-3pl/151784
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Tipo de producto:	Capítulo de libro
Nombre General:	Libro Current Trends on Knowledge-Based Systems: Theory and Applications. Springer Verlag on Intelligent Systems Reference Library book series.
Nombre Particular:	Decision support system for operational risk management in supply chain with 3PL providers
Ciudad y fechas:	Estados Unidos – 2017
Participantes:	Juan Carlos Osorio, Diego Fernando Manotas Duque, Leonardo Rivera Cadavid, Ismael Canales Valdivieso
Sitio de información:	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-51905-0_10
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción



**Trabajos de grado
pregrado**

Tipo de producto:	Tesis Pregrado
Nombre Particular:	Modelo de gestión de riesgos logísticos para pymes pertenecientes a la industria de productos químicos del Valle del Cauca
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia - 2016.
Participantes:	Francisco Javier Bolaños Ordoñez - Jhimy Ferney Moreno Ordoñez – Director: Leonardo Rivera
Sitio de información:	Biblioteca Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Tipo de producto:	Tesis Pregrado
Nombre Particular:	Modelo de gestión de riesgos operacionales para pymes de cali de la industria de pasabocas a base de papa y plátano
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia - 2016.
Participantes:	Jhon Eiber Vasquez Gonzalez - Camilo Ernesto Zuñiga Dorado – Director: Leonardo Rivera
Sitio de información:	Biblioteca Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Tipo de producto:	Tesis Pregrado
Nombre Particular:	Modelo multicriterio para la selección y evaluación del desempeño de un proveedor 3PL considerando el riesgo
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia - 2016.
Participantes:	Giselle Ramírez Flórez - Natalia Tabares Urrea – Director: Juan Carlos Osorio Gomez
Sitio de información:	Biblioteca Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción



**Trabajos de grado
maestría**

Tipo de producto:	Trabajo de Grado Maestría en Economía Aplicada
Nombre Particular:	Medición de riesgo financiero en empresas no financieras: una aplicación al sector azucarero colombiano
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia - 2015
Participantes:	Estudiante: Stephanía Mosquera López Directores: Jorge Mario Uribe – Diego Fernando Manotas
Sitio de información:	Biblioteca Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción – Grupo de Investigación en Macroeconomía Aplicada y Economía financiera

Tipo de producto:	Tesis Maestría en Ingeniería Industrial
Nombre Particular:	Modelo de optimización para el análisis y diseño de cadenas de abastecimiento con medidas de valor económico como indicadores de desempeño
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia - 2015
Participantes:	Luis Alfredo Payán Canizales – Director: Diego Fernando Manotas Duque; Leonardo Rivera Cadavid
Sitio de información:	Biblioteca Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Tipo de producto:	Tesis Maestría en Ingeniería Industrial
Nombre Particular:	Modelo para la gestión de riesgo financiero en el proceso de abastecimiento internacional de una empresa ensambladora
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia - 2017
Participantes:	Estudiante: Paola Gordillo – Director: Diego Fernando Manotas – Stephanía Mosquera
Sitio de información:	Biblioteca Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción



Tipo de producto:	Tesis Maestría en Ingeniería Industrial
Nombre Particular:	Modelo de valoración de riesgo financiero para la definición de políticas de inventario de materia prima en una empresa de fabricación bajo pedido.
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia - 2015
Participantes:	Estudiante: Héctor Grajales – Gina Ortiz – Director: Diego Fernando Manotas
Sitio de información:	Biblioteca Universidad del Valle
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Ponencias Internacionales

Tipo de producto:	Ponencia Internacional
Nombre General:	2nd International Workshop on Intelligent Decision Support Systems for Industry
Nombre Particular:	Operational Risk Assessment in 3PL for Maritime Transportation
Ciudad y fechas:	Cancun, Mexico - Instituto Tecnológico de Cancún - Octubre, 2016.
Participantes:	Juan Carlos Osorio Gómez, Diego Fernando Manotas Duque, Jorge Luis García Alcaraz
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Tipo de producto:	Ponencia Internacional
Nombre General:	MIT SCALE Latin America Conference
Nombre Particular:	Financial risk measurement in a model of supply of raw materials
Ciudad y fechas:	Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos - Massachusetts Institute of Technology, 2016
Participantes:	Diego Fernando Manotas
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción



Tipo de producto:	Ponencia Internacional
Nombre General:	5th World Production and Operations Management Conference P&OM
Nombre Particular:	Operational Risk Identification on a Supply Chain with Third-Party Logistics (3PL)
Ciudad y fechas:	Centro Internacional de Convenciones de La Habana, Cuba. - Septiembre, 2016.
Participantes:	Juan Carlos Osorio Gómez, Jenifer Ramos Ríos, Diego Fernando Manotas Duque
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Sociedad de Producción y Gestión de Operaciones (POMS), Asociación Europea de Gestión de Operaciones (EURoma), y la Dirección de Operaciones y Asociación Estratégica Japonesa (JOMSA).

Ponencias Nacionales

Tipo de producto:	Ponencia Nacional
Nombre General:	Congreso Internacional Gestión e Innovación
Nombre Particular:	Elementos de Ingeniería Financiera en Cadenas de Suministro
Ciudad y fechas:	Tunja, Colombia - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), 2016
Participantes:	Diego Fernando Manotas
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Tipo de producto:	Ponencia Nacional
Nombre General:	II Congreso Internacional Industria y Organizaciones CIIO.
Nombre Particular:	Selección multicriterio de proveedores bajo consideraciones de riesgo en la cadena de suministro
Ciudad y fechas:	Bogotá, Colombia - Agosto, 2015.
Participantes:	Juan Carlos Osorio Gómez, Diego Fernando Manotas, Jorge Luis García
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción



Tipo de producto:	Ponencia Nacional
Nombre General:	III Congreso Internacional Industria y Organizaciones CIIO.
Nombre Particular:	QFD difuso para priorización de riesgos operacionales en cadenas de suministro con participación de proveedores 3PL
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia – Universidad del Valle - Agosto, 2016.
Participantes:	Juan Carlos Osorio Gómez, Diego Fernando Manotas Duque, Jorge Luis García Alcaraz
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Tipo de producto:	Ponencia Nacional
Nombre General:	III Congreso Internacional Industria y Organizaciones CIIO.
Nombre Particular:	Identificación del riesgo operacional en cadenas de suministro a partir del modelo SCOR
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia – Universidad del Valle - Agosto, 2016.
Participantes:	Juan Carlos Osorio Gómez, Jenifer Ramos Ríos, Diego Fernando Manotas Duque
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Tipo de producto:	Ponencia Nacional
Nombre General:	III Congreso Internacional Industria y Organizaciones CIIO.
Nombre Particular:	Selección multicriterio de un proveedor de materia prima considerando el riesgo
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia – Universidad del Valle - Agosto, 2016.
Participantes:	Juan Carlos Osorio Gómez, Juan Camilo Escandón López, Cristian Andrés Parra Calderón, Marcela Narváez Velasco.
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción



Tipo de producto:	Ponencia Nacional
Nombre General:	III Congreso Internacional Industria y Organizaciones CIIO.
Nombre Particular:	Evaluación multicriterio de proveedores 3pl considerando el riesgo operacional.
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia – Universidad del Valle - Agosto, 2016.
Participantes:	Juan Carlos Osorio Gómez, Giselle Ramírez F., Natalia Tabares U
Sitio de información:	
Formas organizativas:	Grupo de Investigación Logística y Producción

Propuestas de Investigación presentadas a entidades externas:

Convocatorias 2014, 2015 y 2016 – Redes Temáticas de Investigación CONACYT- México

Se participó como socio fundador de la Red de Optimización de Procesos Industriales – ROPRIN que fue favorecida con recursos del CONACYT – México e las convocatorias de 2014-2 y 2015. Estas redes fueron coordinadas por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) y el Instituto Tecnológico Orizaba respectivamente. En el marco de esta convocatoria se financiaron varias estancias de estudiantes y profesores de las universidades pertenecientes a la red, entre ellas la Universidad del Valle (Se adjuntan constancias).

La Red de Optimización de Procesos Industriales (ROPRIN) es una agrupación de académicos y profesionales que buscan generar, aplicar y transmitir nuevo conocimiento enfocado a la mejora continua para la optimización de procesos productivos, mediante el desarrollo y aplicación de tecnología para el uso eficiente y sustentable de los recursos disponibles y la generación de recurso humano capaz de realizar investigación científica y aplicada de alto nivel que impacte positivamente a la competitividad del sector productivo.

Sitio web: <http://www.roprin.org/>

- Red Temática de Optimización de Procesos Industriales, financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en el año 2014. (Coordina Universidad Autónoma de Ciudad Juárez).
- Red temática de Optimización de Procesos Industriales, financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en el año 2015. (Coordina Instituto Tecnológico Orizaba).
- Proyecto de Investigación “Análisis de la Cadena de Suministro de la Industria Maquiladora”, financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología en el año 2016.



Convocatoria 669-2014 “Diseño de cadenas de abastecimiento para sistemas alternativos de generación eléctrica basados en residuos sólidos municipales”

En el marco de la convocatoria 669-2014 Convocatoria para apoyar proyectos de investigación y desarrollo en ingenierías 2014 se presentó la propuesta titulada “Diseño de cadenas de abastecimiento para sistemas alternativos de generación eléctrica basados en residuos sólidos municipales”. Esta propuesta fue presentada con la participación de los grupos de investigación en Alta Tensión (GRALTA), Estudio y Control de la Contaminación Ambiental (ECCA) y Logística y Producción (LOGYPRO).

Desafortunadamente la propuesta no fue seleccionada en el marco de la convocatoria mencionada.

Convocatoria Fedesarrollo concurso de investigación: Fondo Germán Botero de los Ríos

Se presentó la propuesta Análisis de estrés de las exportaciones colombianas y Sensibilidad por rubros ante choques externos en la convocatoria del Fondo Germán Botero de Los Ríos administrado por FEDESARROLLO. Esta convocatoria se orientaba hacia temas vinculados con “comercio exterior de bienes y servicios diferentes al minero energético.

Fecha: Noviembre de 2014

4. Impactos actual o potencial:

Producto del trabajo desarrollado en el presente proyecto de investigación se formularon metodologías para la identificación, análisis y medición del riesgo financiero y operacional en diversas cadenas de suministro.

Las metodologías desarrolladas son potencialmente transferibles a la industria a través de procesos de consultoría y asesoría. De hecho todas las metodologías desarrolladas en el proyecto fueron probadas y aplicadas en empresas de la región.

A partir de este trabajo se abren interesantes oportunidades de investigación en el campo de la gestión integral de riesgos financieros en sectores como el energético, específicamente en el análisis de proyectos de generación con energías alternativas, así como en proyectos de transmisión y distribución. En el sector solidario, donde recientemente se acaba de sancionar un nuevo decreto que obliga a los fondos de empleados del país a adoptar medidas de regulación prudencial basadas en la ponderación de los activos según nivel de riesgo.

Como resultado del proyecto se aportan metodologías de medición de riesgo basadas en modelos cuantitativos robustos que se convierten en parte fundamental de los procesos de gestión de riesgo a nivel empresarial.



Del mismo modo se desarrollan metodologías de carácter multicriterio que son perfectamente adaptables en los procesos de identificación y priorización de factores críticos en el marco de los sistemas de gestión de riesgo operacional. Este tipo de modelos puede resultar muy útil para la banca en procura de la implementación de los Sistemas de Administración de Riesgo Operacional (SARO).

Adicionalmente, otro de los impactos claves del presente proyecto se deriva de la transferencia de conocimiento en estos temas hacia los estudiantes de pregrado y posgrado. Se empieza a observar un creciente interés de los estudiantes en el desarrollo de su trabajo de grado hacia los temas de gestión integral del riesgo financiero de mercado, crédito y operacional.

La presente versión del informe contiene las observaciones de los evaluadores:

Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones