



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Diseño metodológico para la gestión del riesgo en el proceso de aprovisionamiento de la cadena de suministro, caso de estudio IPS de oncología de Bogotá, D.C.**

**Juan Pablo Zamora Aguas**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería, Maestría en Ingeniería Industrial  
Bogotá D.C., Colombia  
2013



# **Diseño metodológico para la gestión del riesgo en el proceso de aprovisionamiento de la cadena de suministro, caso de estudio IPS de oncología de Bogotá, D.C.**

**Juan Pablo Zamora Aguas**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Ingeniería Industrial**

Director:

Ph.D., Wilson Adarme Jaimes

Línea de Investigación:

Logística y Gestión de la Cadena de Suministro

Grupo de Investigación:

Sociedad, Economía y Productividad SEPRO

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Maestría en Ingeniería Industrial

Bogotá D.C., Colombia

2013



## **Dedicatoria**

*A mi familia, en especial a Florecita mi mamá por su apoyo esmerado en este tiempo, a mi futura esposa Giovanna Milena por su cariño, apoyo y motivación en todo este proceso.*

*Juan Pablo.*



# Agradecimientos

A Dios, por permitirme cumplir esta meta tan importante en mi vida.

A mi director de tesis, el Doctor Wilson Adarme Jaimes por sus valiosos aportes y enseñanzas, por todo el apoyo brindando durante el desarrollo de mi tesis de maestría y por los espacios que desde el seminario de tesis del Grupo de Investigación Sociedad, Economía y Productividad – SEPRO, contribuyeron de manera fundamental para este trabajo.

A los profesores, investigadores y estudiantes del Grupo de Investigación Sociedad, Economía y Productividad - SEPRO de la Facultad de Ingeniería por sus valiosos aportes, en especial al equipo del proyecto IPS de oncología: Egdda, Nataly, Victor, Sergio y Diego.

A las instituciones prestadoras de servicios de salud IPS de oncología de la ciudad de Bogotá, que nos brindaron los espacios necesarios para la recolección de la información del proyecto.

A mis amigos y familiares por la motivación recibida en este tiempo.





## Resumen

En esta tesis de maestría se aborda el problema del riesgo de aprovisionamiento en la cadena de suministro aplicado al contexto del abasto de medicamentos oncológicos en las instituciones prestadoras de servicios de salud IPS de Bogotá D.C. en el marco del proyecto “Propuesta metodológica para la definición de políticas, reglas de negociación y coordinación en la gestión de abastecimiento de los medicamentos oncológicos en Colombia”, financiado por Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia. Se estableció y desarrolló la metodología a partir de la definición de los factores de riesgo internos y del entorno, la evaluación y análisis del riesgo, lo que permitió evaluar el desempeño de la cadena de suministro bajo los escenarios de riesgo actual y de mitigación del riesgo. Se utilizaron los modelos de causalidad y de simulación de flujos de la dinámica de sistemas, para valorar el comportamiento de los inventarios, los niveles de servicio y los costos de operación. A partir de los resultados de la investigación se propone la implementación de las estrategias de mitigación del riesgo para mejorar el desempeño de la cadena de suministro.

**Palabras clave:** Aprovisionamiento, riesgo, cadena de suministro, logística, dinámica de sistemas, medicamentos oncológicos.

## Abstract

In this master thesis addresses the supply risk problem using the systemic approach. The art developed considering the main contributions from a literature selection, including texts and research articles in the subject of risk management in the supply chain, logistics, supply chain management and system dynamics. The main objective is to establish a methodology for supply chain risk management, applicable to the context of cancer drugs chain in Bogotá, Colombia. The internal and environmental factors were considered, using system dynamics to assess the supply chain performance under the current risk scenario and a risk mitigation scenario. We present the results of research, with the assessment of the system behavior in the inventory and service levels, and operating costs. This thesis is the result of research on supply chain risk management (SCRM), carried out by the SEPRO (initials in Spanish of Society, Economy and Productivity) research group of Universidad Nacional de Colombia and cofounded by Colciencias in the project frame "Methodological approach for the definition of rules and policies for the coordination and negotiation in the oncological medication supply chain in Colombia".

**Keywords:** Sourcing, risk, supply chain, logistics, system dynamics, cancer drugs.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XV</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>16</b>
<b>Objetivo General.....</b>	<b>19</b>
<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>19</b>
<b>1. Estado del Arte .....</b>	<b>21</b>
1.1 Gestión de la cadena de suministro .....	21
1.2 Logística .....	23
1.3 Logística de aprovisionamiento.....	25
1.3.1 Algunas tendencias en aprovisionamiento .....	28
1.4 Riesgo .....	29
1.4.1 Riesgo en la cadena de suministro.....	32
1.4.2 Gestión del riesgo en la cadena de suministro .....	35
<b>2. Metodología de la investigación.....</b>	<b>43</b>
2.1 Revisión del estado del arte.....	45
2.2 Caracterización de la Cadena de Suministro .....	45
2.3 Metodología para la evaluación del riesgo .....	46
2.3.1 Etapa I. Contextualización.....	47
2.3.2 Etapa II. Evaluación y análisis del riesgo.....	48
2.3.3 Fase de Decisión y retroalimentación.....	50
2.4 Evaluación de estrategias para la CS .....	50
<b>3. Caracterización de la cadena de suministro .....</b>	<b>51</b>
3.1 Identificación de la estructura de la red de suministro.....	51
3.1.1 Proveedores de Medicamentos.....	52
3.1.2 Centrales de Preparación.....	54
3.1.3 Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS) en oncología...	55
3.1.4 Otras instituciones y organizaciones en la CS.....	60
3.1.5 Medicamentos Oncológicos .....	65
3.1.6 Registro de procedimientos de quimioterapia en las IPS.....	68
3.2 Relacionamiento de actores de la CS .....	70

---

3.2.1	Relacionamiento en el aprovisionamiento de medicamentos.....	70
3.2.2	Relacionamiento para el aprovisionamiento de mezclas de quimioterapia.....	73
3.2.3	Descripción de los flujos logísticos.....	75
3.2.4	Esquema de servicios de transporte utilizados en el aprovisionamiento	76
<b>4.</b>	<b>Análisis del riesgo .....</b>	<b>79</b>
4.1	Identificación del riesgo.....	80
4.1.1	Factores de riesgo externos.....	80
4.1.2	Factores de riesgo internos.....	82
4.1.3	Definición y evaluación del riesgo.....	83
4.1.4	Análisis del riesgo.....	85
4.1.5	Componentes para el seguimiento y control del riesgo .....	87
<b>5.</b>	<b>Formulación de Estrategias para la CS.....</b>	<b>90</b>
5.1	Metodología utilizada para el modelado con Dinámica de Sistemas.....	93
5.2	Formulación del Modelo .....	94
5.2.1	Acumulaciones: .....	94
5.2.2	Variables auxiliares.....	95
5.2.3	Diagrama de Flujos de modelo de simulación.....	98
5.3	Corridas de simulación y análisis de escenarios.....	100
5.3.1	Escenario en las condiciones de riesgo actual.....	100
5.3.2	Escenario con estrategias de mitigación de riesgo .....	103
5.4	Conclusiones preliminares del modelo de simulación.....	105
<b>6.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>106</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>110</b>
<b>Anexos.....</b>		<b>124</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Ilustración 1. Flujos aguas arriba y aguas abajo en la CS. ....	22
Ilustración 2. Funciones organizacionales clave en la cadena de suministro. ....	23
Ilustración 3. Componentes de la gestión logística ....	25
Ilustración 4. Proceso genérico de aprovisionamiento. ....	26
Ilustración 5. Elementos de la teoría relacional del riesgo. ....	31
Ilustración 6. Tipologías de riesgo. ....	33
Ilustración 7. Fuentes de riesgo en la cadena de suministro. ....	34
Ilustración 8. Fases de la metodología de investigación ....	44
Ilustración 9. Fase de caracterización de la CS. ....	46
Ilustración 10. Fases de la metodología de gestión del riesgo. ....	46
Ilustración 11. Identificación de riesgos por tipos de factores. ....	48
Ilustración 12. Calificación del riesgo. ....	49
Ilustración 13. Evaluación y análisis del riesgo. ....	49
Ilustración 14. Estructura general de la red de suministro. ....	51
Ilustración 15. Principales Participantes en la Cadena de Suministro Oncológica en Colombia. ....	53
Ilustración 16. Distribución de IPS de oncología en el país. ....	58
Ilustración 17. Relaciones con las entidades de regulación, control y vigilancia. ....	60
Ilustración 18. Principales Principios Activos de acuerdo al Total de Ventas en la SC en Porcentaje ....	67
Ilustración 19. Principales Principios Activos de acuerdo a las cantidades vendidas (porcentaje) ....	68
Ilustración 20. Esquema de relaciones en la cadena de suministro. ....	71
Ilustración 21. Forma de adquisición de medicamentos en las IPS. ....	72
Ilustración 22. Agentes comerciales a quienes las IPS compran medicamentos ....	73
Ilustración 23. Esquema de relacionamiento en el aprovisionamiento de mezclas de quimioterapia. ....	74
Ilustración 24. Forma de adquisición de medicamentos adecuados. ....	74
Ilustración 25. Flujos de la Cadena de suministro. ....	75
Ilustración 26. Esquema de servicios de transporte utilizados en el aprovisionamiento. .	77
Ilustración 27. Esquema de servicios de transporte utilizados en el aprovisionamiento de dosis de quimioterapia. ....	77
Ilustración 28. Componentes del Modelo de gestión del riesgo propuesto. ....	79
Ilustración 29. Identificación del riesgo - tipología y definición. ....	83

---

Ilustración 30. Priorización del riesgo de aprovisionamiento. ....	86
Ilustración 31. Evaluación de riesgos priorizados.....	86
Ilustración 32. Indicadores de riesgo para seguimiento y control .....	88
Ilustración 33. Metodología para el modelado con Dinámica de Sistemas DS. ....	94
Ilustración 34. Diagrama de flujos del modelo de simulación. ....	99
Ilustración 35. Diagrama del componente de costos del modelo de simulación .....	99
Ilustración 36. Resultados de simulación, escenario con riesgo.....	100
Ilustración 37. Comportamiento de costos, escenario con riesgo.....	102
Ilustración 38. Estrategias definidas en el escenario de mitigación del riesgo.....	103
Ilustración 39. Resultados de simulación, escenario con mitigación de riesgo. ....	104
Ilustración 40. Comportamiento de costos, escenario con mitigación de riesgo. ....	105

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Características del ERM frente a la gestión del riesgo tradicional.....	32
Tabla 2. Revisión de literatura en SCRM.....	36
Tabla 3. Resumen de artículos consultados por Journal. ....	41
Tabla 4. Resumen artículos consultados por año. ....	42
Tabla 5. Centrales de preparación ciudad de Bogotá D.C. ....	55
Tabla 6. Clasificación de Servicios de Salud en Oncología en Colombia .....	56
Tabla 7. Numero de prestadores habilitados en Servicios de Oncología por departamento .....	57
Tabla 8. IPS habilitadas en el código 709 de Oncología por Ciudad/Municipio.....	59
Tabla 9. Principales principios activos de acuerdo al total de ventas en la cadena.....	66
Tabla 10 Principales Principios Activos de acuerdo a las cantidades consumidas en unidades.....	67
Tabla 11. Códigos y Procedimientos CUPS en Quimioterapia.....	68
Tabla 12. Atenciones de procedimientos de quimioterapia 2011 .....	69
Tabla 13. Definición de los factores de riesgo externos.....	80
Tabla 14. Definición de los factores de riesgo internos.....	82
Tabla 15. Evaluación de los riesgos de aprovisionamiento.....	84
Tabla 16. Evaluación de los riesgos de negociación.....	84
Tabla 17. Evaluación de los riesgos de información. ....	85
Tabla 18. Resultados de simulación, escenario con riesgo.....	101
Tabla 19. Comportamiento de costos, escenario con riesgo.....	102

## Introducción

De acuerdo con la International Agency for Research on Cancer (IARC) de la Organización Mundial de la Salud, se estima que en el mundo aparecen más de 12 millones de casos nuevos de cáncer anualmente (IARC/WHO, 2008), donde el mayor porcentaje (80%) se presenta en países en vías de desarrollo, (Ministerio de la Protección Social de la República de Colombia, 2010). En Colombia se presentaron 62.660 nuevos casos de cáncer para el año 2008 (IARC/WHO, 2008). De acuerdo con el último informe de los Indicadores Básicos para el Monitoreo de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, en Colombia se registra una tasa de mortalidad por neoplasias malignas del 76,5 por cada 100.000 habitantes, para el 2010 más de 34.000 personas murieron por estas patologías (OPS/MPS/INS, 2010).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Cancerología (INC) que cada quinquenio presenta el resumen de las tasas de mortalidad por neoplastias malignas en las diferentes regiones del país a partir de los registros oficiales de los certificados de defunción diligenciados y procesados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), para el periodo 2005 al 2009 se presentaron en Colombia 151.204 muertes, de las cuales el 17,35% corresponden a las ocurridas en la ciudad de Bogotá. (Instituto Nacional de Cancerología, 2012).

Para el tratamiento de estas enfermedades, el mercado de medicamentos oncológicos a nivel mundial superó en el 2010 los 55,9 billones de dólares, lo que corresponde al 7,07% del total de ventas de medicamentos en el mercado global (IMS, 2010). Para el 2015 se proyecta un crecimiento del mercado global de medicamentos oncológicos de 75 a 80 billones de dólares (IMS Institute for Healthcare Informatics, 2011). En Colombia, en el año 2008, el 24% del gran total de los recobros al FOSYGA por concepto de



medicamentos, correspondió a tan solo a siete (7) medicamentos oncológicos, por valor de COL 277.562.625.543. (Vanegas, 2010).

Esta situación ha implicado un aumento significativo en el uso de medicamentos oncológicos en enfermedades del cáncer y la utilización de capacidades tecnológicas y operativas en el sistema de salud del País. Sin embargo, en la relación oferta y demanda, se observan desequilibrios en el mercado, dados por las condiciones de respuesta de los proveedores en tiempos de reabastecimiento y disponibilidad de algunos principios activos para oncología. Esta situación ha generado perturbaciones en el suministro, afectando las operaciones del sistema y la calidad de los servicios de salud.

En el diagnóstico presentado en la Política Farmacéutica Nacional 2012, se señala que uno de los principales problemas en el Sistema de Salud colombiano, está relacionado con la oferta, suministro y disponibilidad insuficiente de medicamentos esenciales. De acuerdo con este diagnóstico, en el 2008 del total de personas aseguradas atendidas por el sistema y que les fueron prescritos medicamentos, solamente el 63% recibió la receta completa, el 15,8% los recibió en forma insuficiente y el 21,2% no los recibió. Se encontró que alrededor del 16% de los casos en que no se recibieron los medicamentos, se asocian a situaciones de no disponibilidad del medicamento o que no se encontraban las cantidades requeridas. (Consejo Nacional de Política Económica y Social - DNP, 2012).

La problemática en la oferta, disponibilidad y suministro de medicamentos se constituye en un riesgo crítico para la cadena de suministro (CS), que afecta a pacientes y a la población colombiana en general por las implicaciones económicas, sociales y de salud pública que tiene para el País. El desabastecimiento de medicamentos afecta la continuidad de los tratamientos de oncología comprometiendo la salud del paciente, por los ajustes y cambios en los esquemas de manejo.

A nivel internacional, se ha identificado que la escasez de medicamentos oncológicos ha obligado a médicos tratantes establecer prioridades de aplicación en los pacientes, y a probar cambios en los tratamientos. Por ejemplo, la sustitución de la Capecitabina por el 5-fluorouracilo en la terapia adyuvante para el cáncer colorrectal aunque este tipo de opciones de tratamiento no han sido probados en la cura de estas enfermedades (Chabner, 2011). En otros casos, como la escasez de la Citarabina utilizado para la

leucemia de adultos y niños, los hospitales se han visto obligados a racionar el fármaco, a retrasar los tratamientos, y a formular para algunos pacientes tratamientos menos eficaces. La escasez de Citarabina ha sido particularmente preocupante porque no hay sustituto para el tratamiento de la leucemia mieloide aguda (Kaiser, 2011).

Por otra parte, el desabastecimiento de medicamentos conlleva a buscar sustitutos, que para el caso de Colombia, han generado sobrecostos por la diferencia de precios con los medicamentos disponibles en el mercado (Naciones Unidas, 2013).

En Colombia se han presentado problemas de cortes y desabastecimiento de los principios activos: 5 fluorouracilo, Azatioprina, Citarabina, Clorambucilo, Doxorubicina, Mercaptopurina, Metotrexato, Tioguanina, lo que ha generado mayores costos en el Sistema de Salud colombiano, por el desgaste administrativo en operaciones contingentes de búsqueda de medicamentos en el mercado y por las decisiones de compra a agentes comerciales con diferentes niveles de intermediación, que representan un incremento en los costos de aprovisionamiento.

En este sentido, la exposición al riesgo compromete los objetivos de la cadena, específicamente en aprovisionamiento, los cuales involucran el desempeño de los procesos de suministro, los niveles de oportunidad, servicio y costos totales.

A partir de estos antecedentes, se establecieron las preguntas claves de la investigación: ¿De qué forma se establece una metodología que permita identificar, evaluar y analizar el riesgo de aprovisionamiento en la cadena de suministro de medicamentos oncológicos?; ¿De qué manera se puede evaluar el desempeño de la cadena de suministro a partir de estrategias de mitigación del riesgo?

La investigación se realiza en el contexto de los sistemas de aprovisionamiento de medicamentos oncológicos de instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS) de oncología en la ciudad de Bogotá D.C., lo que llevó a definir los siguientes objetivos:

## Objetivo General

Diseñar una metodología para la gestión del riesgo del proceso de aprovisionamiento de la cadena de suministro, que permita orientar estrategias eficientes de operación en condiciones de riesgo, caso de estudio IPS de oncología de Bogotá, D.C.

## Objetivos Específicos

- a) Caracterizar el proceso de aprovisionamiento de la cadena de suministro de medicamentos oncológicos en Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud IPS de la ciudad de Bogotá.
- b) Identificar, evaluar y analizar el riesgo del proceso de aprovisionamiento de medicamentos oncológicos.
- c) Establecer las posibles estrategias de operación, pertinentes al contexto y al riesgo presente en la cadena de suministro.
- d) Desarrollar y modelar la propuesta de metodología de gestión del riesgo para evaluar los escenarios de mitigación del riesgo.

La propuesta metodológica se basa principalmente, en la caracterización del proceso de aprovisionamiento de medicamentos oncológicos, la identificación, evaluación y análisis del riesgo de suministro, y el establecimiento y valoración de las estrategias de manejo con la utilización de un modelo de dinámica de sistemas que incorpora las relaciones causales de la cadena de suministro con el propósito de evaluar el impacto en las operaciones de aprovisionamiento y gestión de inventarios.

En la metodología se aplica la investigación exploratoria de carácter mixta, utilizando información primaria y secundaria de una muestra de 23 (IPS) habilitadas con el servicio 709 de Oncología Clínica del grupo Apoyo Diagnóstico y Complementación Terapéutica, establecido por el Manual de procedimientos para la verificación de condiciones de

habilitación de servicios de oncología del Ministerio de Salud y Protección Social, (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012).

De esta manera, en el primer capítulo se realiza una revisión del estado del arte en el riesgo en la cadena de suministro, y para esto se presentan los principales conceptos alrededor de la gestión de la cadena de suministro, la logística, la logística de aprovisionamiento. En el segundo capítulo se presenta la metodología de investigación, en el tercer capítulo la caracterización de la cadena de suministro, en el cuarto capítulo la definición, evaluación y análisis del riesgo y el quinto capítulo presenta la evaluación del desempeño de la CS bajo estrategias de mitigación del riesgo, para lo cual se utilizó la dinámica de sistemas para modelar la CS.

# 1. Estado del Arte

En este capítulo se presentan los principales conceptos, teorías y enfoques relacionados con la gestión de la cadena de suministro, la logística de aprovisionamiento, el riesgo de aprovisionamiento y la gestión del riesgo en la cadena de suministro, resultado de un proceso de revisión bibliográfica.

## 1.1 Gestión de la cadena de suministro

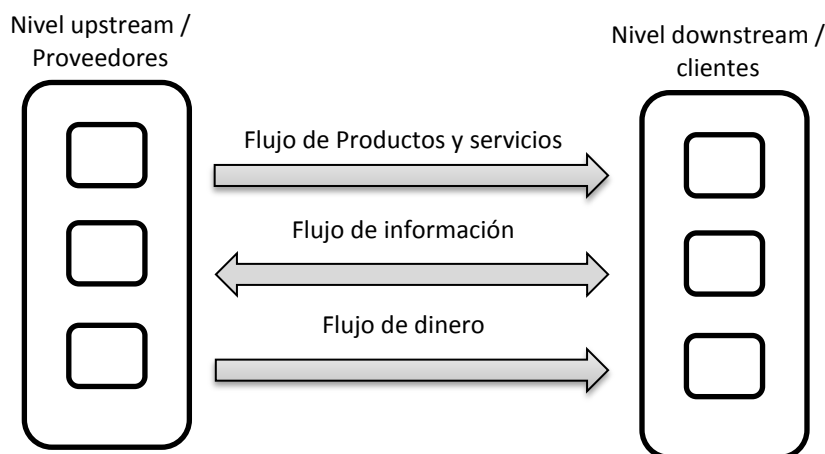
La cadena de suministro es el conjunto de estructuras y procesos de una organización, utilizados para ofrecer una salida al cliente. La salida puede ser un producto físico como un automóvil, el suministro de mano de obra calificada, servicios o diseño de productos. (Sterman, Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world, 2000). En una cadena de suministro se presentan estructuras para los flujos de proceso y las políticas de gestión que rigen los flujos.

La cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente. Dentro de su estructura incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle (o menudeo) e incluso a los mismos clientes. (Chopra & Meindl, 2008).

Desde el punto de vista del enfoque sistémico, la cadena de suministro se comporta como un sistema conformado por una serie de entidades comerciales, productivas y de

servicios logísticos, en donde su desempeño no se mide por el número de sus actores, sino por los resultados de sus interacciones. (Li & Maani, 2011). En este sentido, es fundamental considerar la contribución al desempeño general de la cadena a partir del relacionamiento entre los actores.

Una cadena de suministro es dinámica e implica un flujo constante de información, productos, servicios y dinero. De acuerdo con la función que cumpla un actor en la cadena de suministro, se establece si su relación es aguas arriba (upstream – por sus siglas en inglés) cuando es proveedor de materias primas, suministros o servicios, y aguas abajo (downstream – por sus siglas en inglés) cuando es cliente, distribuidor o intermediario comercial. En la Ilustración 1, se muestra un esquema general sobre los flujos en la cadena de suministro.



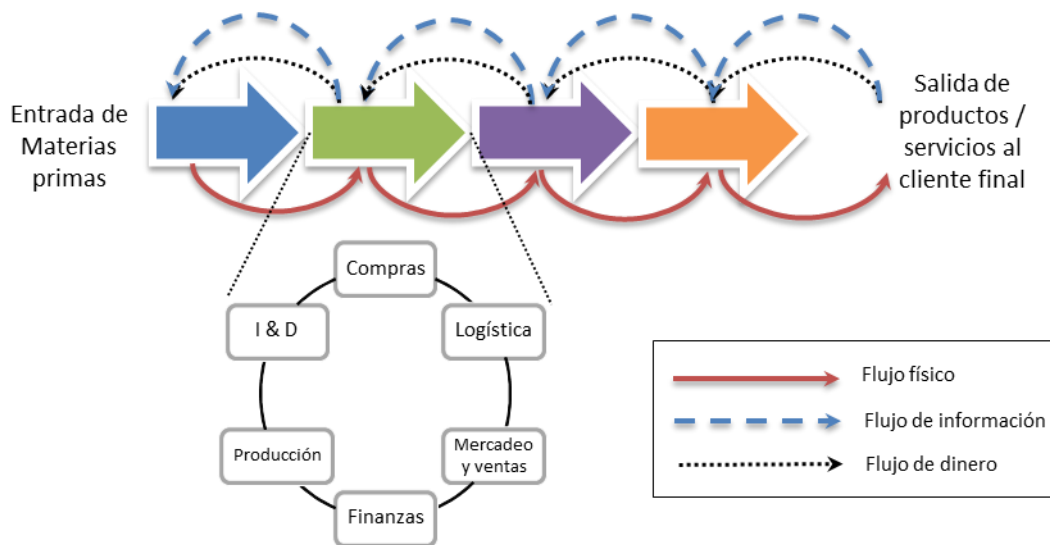
**Ilustración 1. Flujos aguas arriba y aguas abajo en la CS.**

Fuente: Elaboración propia

La gestión de la cadena de suministro (supply chain management SCM – por sus siglas en inglés), es un término que ha tenido un desarrollo significativo y ha sido usado popularmente desde finales de los años 80. Existe confusión acerca de su significado real, en muchos ámbitos se usa como sinónimo de logística, sin embargo su definición es mucho más amplia. (Stock & Lambert, 2001), la define como la integración de los procesos de negocio, que agregan valor para los clientes y otras partes interesadas a

través de los productos e información que se producen desde los proveedores originales hasta el usuario final.

Para cumplir los objetivos organizacionales, la gestión de la cadena de suministro involucra el desarrollo de las funciones misionales y de apoyo de la empresa. En la Ilustración 2, se presenta la estructura de los flujos en la cadena y la relación de las funciones clave: producción, investigación y desarrollo (I&D), compras, logística, mercadeo y ventas y finanzas.



**Ilustración 2. Funciones organizacionales clave en la cadena de suministro.**

Elaboración propia, adaptado de (Fredendall & Hill, 2001) y (Stock & Lambert, 2001).

## 1.2 Logística

En el año 2003, el Council of Logistics Management (actualmente el Council of Supply Chain Management Professionals - CSCMP), definió la logística como la parte de gestión de la cadena de suministro que planifica, ejecuta y controla eficiente y eficazmente el flujo hacia adelante y en reversa y el almacenamiento de bienes, servicios e información relacionada, entre el punto de origen y el punto de consumo con el fin de satisfacer los requerimientos del cliente (Sutherland, 2008).

La logística es el proceso de administrar estratégicamente la adquisición, el movimiento y almacenamiento de materiales, productos en proceso y el inventario final (incluidos los flujos de información relacionados), a través de la organización y sus canales de comercialización, de tal manera que la rentabilidad actual y futura se maximice a través de la relación costo-efectividad del cumplimiento de pedidos. (Christopher M. , 2005)

La logística se ocupa de la gestión de los flujos de mercancías o materiales desde el punto de origen hasta el punto de consumo, y en algunos casos hasta el punto de manejo o disposición final. (Lambert, Stock, & Ellram, 1998). Este concepto involucra otras actividades fundamentales, que tienen que ver con la gestión de los flujos para las actividades de remanufactura, reciclaje, tratamiento o eliminación de materiales.

Desde el punto de los indicadores de desempeño organizacionales, (Christopher M. , 2005), establece que el propósito de la gestión logística es planificar y coordinar todas las actividades necesarias para lograr los niveles deseados de servicio y calidad del producto suministrado al menor costo posible.

La logística puede ser abordada desde un contexto mucho más amplio, en donde se vincule el papel de los elementos de apoyo como los servicios, la infraestructura, las tecnologías de información y las comunicaciones TIC y los sistemas de regulación públicos y privados.

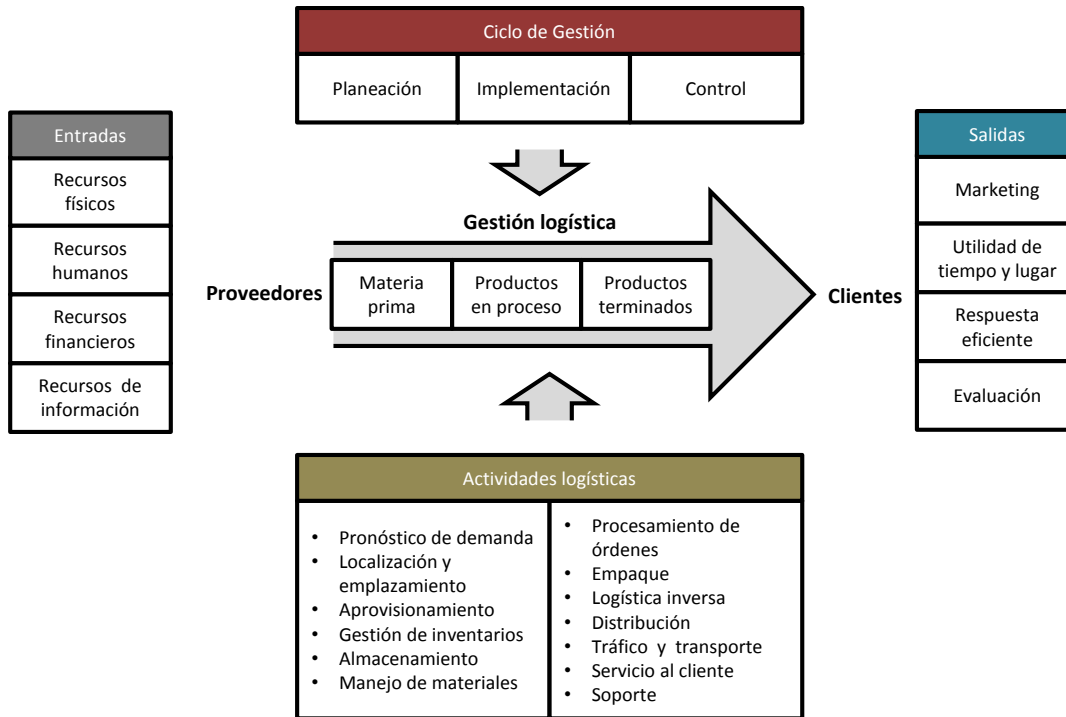
Desde el punto de vista de los sistemas, se espera que la logística proporcione una función integradora eficiente. Por ejemplo, en el análisis del ciclo de vida se identifica la necesidad de la logística en todas sus fases, desde la integración en las decisiones de diseño y de gestión, hasta la definición de estrategias para el manejo y disposición de los productos. (Blanchard, 2008).

En la Ilustración 3, se presenta los cinco componentes de la logística, que se relacionan con el ciclo de gestión, las entradas y salidas del proceso logístico, los flujos en la gestión logística y las actividades logísticas. Se observa que la interacción de los flujos inicia con los proveedores y finaliza con los clientes.



### 1.3 Logística de aprovisionamiento

El aprovisionamiento es un componente funcional de la logística y se encarga de la gestión de los flujos de entrada de materiales, suministros y servicios que son necesarios para las operaciones de producción y comercialización en los diferentes eslabones de la cadena de suministro.



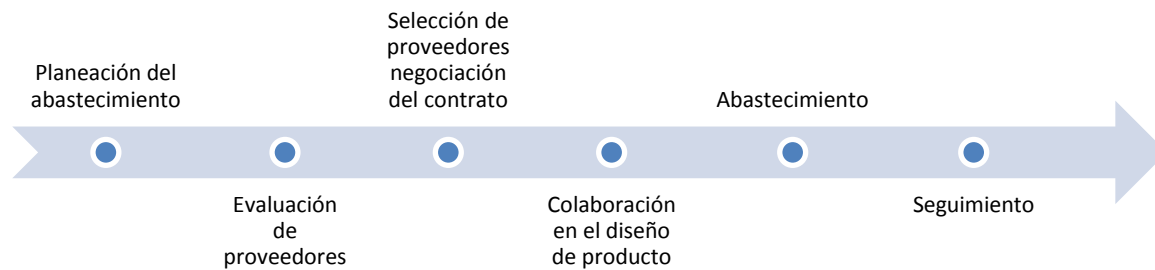
**Ilustración 3. Componentes de la gestión logística**

Adaptado de (Lambert, Stock, & Ellram, 1998).

Los procesos de aprovisionamiento incluyen la planeación del abastecimiento, la selección de los proveedores, el diseño de los contratos con los proveedores, la colaboración en el diseño del producto, el abastecimiento de materiales o servicios y la evaluación del desempeño de los proveedores (Chopra & Meindl, 2008).

En la Ilustración 4. Proceso genérico de aprovisionamiento.

**Adaptado de** .se presenta las principales actividades relacionadas con el aprovisionamiento, incluidas las actividades de seguimiento que complementan el ciclo de gestión.



**Ilustración 4. Proceso genérico de aprovisionamiento.**

Adaptado de **(Chopra & Meindl, 2008)**.

El objetivo principal del proceso de aprovisionamiento en la empresa, es garantizar la disponibilidad de las materias primas y los suministros en el momento oportuno, en las cantidades necesarias, en las condiciones de calidad requeridas y a un precio racional. Los factores que influyen en el cumplimiento de estas condiciones están relacionados con las capacidades y condiciones de entrega por parte de los proveedores, el servicio y la disponibilidad de medios de transporte, la programación coordinada de los medios de producción y de las operaciones logísticas de los agentes de la cadena, la estabilidad del mercado de las materias primas, entre otros. Si los procesos de aprovisionamiento no son eficaces, pueden presentarse interrupciones en las operaciones de la empresa que afectan los niveles de respuesta al cliente.

Las fallas en el aprovisionamiento afectan directamente a la CS, específicamente en los niveles de productividad, el inventario y los tiempos de ciclo en el sistema (Eltantawy, Fox, & Giunipero, 2009).

En los procesos de planeación empresarial, la interacción de la función de aprovisionamiento con producción, comercialización, ventas, almacenamiento y distribución, es necesaria para dimensionar las capacidades productivas y los niveles de respuesta al mercado. De acuerdo con (Defee, Williams, Randall, & Thomas, 2010), en la gestión de la cadena de suministro (SCM) confluyen diferentes áreas relacionadas con la gestión estratégica, compras, fabricación, comercialización, ventas y la logística. La valoración de los indicadores de desempeño para cada una de estas áreas depende en gran medida de la efectividad de las operaciones de abasto.

La vinculación de la función de aprovisionamiento en la planificación estratégica de la empresa, es fundamental, debido al alto impacto que los suministros tienen sobre los costos de operación, el precio, la disponibilidad y la calidad de los productos. En este sentido, varios estudios reconocen y destacan la importancia estratégica de la función de aprovisionamiento en la actividad industrial (González-Benito, 2010).

El aprovisionamiento contribuye a la eficiencia y eficacia de la empresa, ayuda a determinar la estructura de costos a través de las políticas de negociación con los proveedores. Permite la reducción de la inversión en inventarios y la mejora de la calidad de las materias primas mediante las prácticas de selección y desarrollo de proveedores. Facilita la creación de nuevos productos con la participación de proveedores en el desarrollo de tecnología (Fredendall & Hill, 2001).

La selección de los proveedores debe contemplar el tipo de cadena de suministro. De acuerdo con (Fisher, 1997), el diseño de una cadena de suministro ágil, debe considerar principalmente la velocidad y flexibilidad del proveedor, mientras que la adopción de una cadena de suministro eficiente, debe conducir a la selección de proveedores basado principalmente en términos de costo. Esta alineación se evalúa en dos dimensiones (la eficiencia y la capacidad de respuesta) que por lo general son impulsados por las demandas del mercado y de los clientes (Vachon, Halley, & Beaulieu, 2009).

Las políticas de aprovisionamiento deben responder a las estrategias corporativas, en este sentido la estrategia de compras, debe estar alineada con la estrategia del negocio para lograr una ventaja competitiva (Cousins, 2005). Si la estrategia del negocio es competir en precio, entonces la estrategia de compra debe centrarse en el precio, si la estrategia de negocio se centra en productos de alta variedad, entonces la compra debe centrarse en la flexibilidad (Drake, Lee, & Matloub, 2013). La empresa debe determinar y gestionar su estrategia de compras sobre la base de su estrategia de negocios y un profundo conocimiento de sus productos (Watts, Kim, & Hahn, 1995).

Con base en la estrategia de compras, se pueden determinar aspectos operacionales fundamentales, como la aplicación de criterios para la selección de las fuentes de

aprovisionamiento, el número de proveedores a utilizar, el desarrollo de planes de negociación, entre otros (Watts, Kim, & Hahn, 1995).

A partir del modelo de portafolios de compra desarrollado por (Kraljic, 1983), para establecer la estrategia de suministro, se han presentado diferentes estudios que revelan la importancia de su aplicación y mejora, para el desempeño de la organización, desde los aportes de (Gelderman & van Weele, 2005) y (Drake, Lee, & Matloub, 2013). El modelo inicial busca reducir al mínimo la vulnerabilidad en el suministro y aprovechar al máximo el potencial del poder de compra. El enfoque incluye la previsión de escenarios futuros de suministro, la identificación de opciones de compra disponibles y el desarrollo de estrategias de suministro individuales para materiales y productos, que reduzcan el riesgo y maximicen las utilidades del negocio.

### **1.3.1 Algunas tendencias en aprovisionamiento**

A nivel general se identifican diferentes tendencias en el aprovisionamiento, desde los enfoques verdes en la cadena de suministro, el estudio del riesgo de suministro y el aprovisionamiento global, entre otros. (Walker, Miemczyk, Johnsen, & Spencer, 2012), establecen que el abastecimiento sostenible puede definirse como la búsqueda de objetivos de desarrollo sostenible a través de las compras y el suministro. Las adquisiciones sostenibles son consistentes con los principios del desarrollo sostenible, que buscan beneficiar a la sociedad de los límites del medio ambiente, y la promoción de la buena gestión. Los requisitos del sistema para garantizar la sostenibilidad, exige que tanto proveedores, como prestadores de servicios, cumplan las disposiciones de producto y operaciones establecidas por la empresa.

De otra parte, el aprovisionamiento global (Global Sourcing – por sus siglas en inglés), es una práctica que se viene utilizando desde los años 80, sin embargo, su aplicación demanda retos importantes para las organizaciones. Las empresas requieren una estrategia eficaz para adquirir bienes y servicios en los mercados en los que operan. Cada vez más, un número mayor de compradores desarrollan una base de suministro en

más de un país con el fin de seguir siendo competitivos en el entorno empresarial global, el cual es complejo y dinámico. De acuerdo con (Giunipero & Monczka, 1997), para cumplir con el reto competitivo de los negocios internacionales, las empresas están recurriendo a una estrategia de ser "organizaciones de clase mundial". En el área de compras, esta "clase mundial" traduce la filosofía en ver el mundo como una fuente de productos y comprar al menor costo en todo el mundo.

De acuerdo con (Micheli, Cagno, & Zorzini, 2008), la creciente complejidad de los productos y servicios, dada por la dinámica de los mercados, los ciclos de vida más cortos, la globalización y las mejoras en la logística, ha llevado a las empresas a centrarse en su negocio principal. Sin embargo, la principal consecuencia de estos cambios en el entorno competitivo, han llevado a las empresas a depender más de sus proveedores. Una creciente dependencia de proveedores lleva a las empresas a ser aún más expuestas a eventos inciertos, por lo que la gestión de riesgo de suministro se hace necesaria, como parte de la gestión de la cadena de suministro.

## 1.4 Riesgo

El riesgo se entiende como la posibilidad de ocurrencia de eventos que pueden afectar un sistema. A nivel empresarial el riesgo puede incluir una variedad de factores con impacto potencial sobre las actividades, los procesos y los recursos de cualquier organización (Wu y Olson, 2010). Existen variadas definiciones alrededor del riesgo las cuales convergen hacia los mismos elementos, la probabilidad de ocurrencia y el impacto.

El riesgo implica la incertidumbre y algún tipo de pérdida o daño que se pueda generar. (Kaplan y Garrick, 1981) describen el riesgo como incertidumbre más daño. De acuerdo con (Boholm & Corvellec, 2011) quien cita algunas definiciones, el riesgo es la noción de la probabilidad de que un evento adverso ocurra durante un determinado período de tiempo (Royal Society, 1992) y las medidas cuantitativas de las consecuencias de peligros expresadas como probabilidades condicionales de sufrir daños (Hohenemser, Kates, & Slovic, 1985).

---

El riesgo se observa como la posibilidad latente de ocurrencia de eventos inesperados, independiente si estos ya se han presentado con anterioridad o no. En este sentido, la identificación del riesgo va más allá de considerar datos históricos, constituyéndose en un proceso de interpretación de la realidad sobre lo que puede expresar una condición de vulnerabilidad o exposición al riesgo.

De acuerdo (Zsidisin, 2003) el riesgo puede ser confuso porque se percibe como un constructo multidimensional. En este sentido, el riesgo toma dos dimensiones, el riesgo como causa y el riesgo como consecuencia (Juttner et al., 2003). El primero se refiere a una fuente de riesgo e incertidumbre, como los riesgos políticos, los riesgos de mercado o la volatilidad de la demanda del cliente, entre otros. El segundo se refiere al riesgo como consecuencia, es decir, aquellos operacionales que son resultado de la vulnerabilidad de los sistemas, por ejemplo, los riesgos operativos, riesgos humanos o riesgos del nivel de servicio al cliente, entre otros.

En la identificación del riesgo, la forma en que se observen las fuentes de incertidumbre permitirá entender si un riesgo corresponde a la dimensión causa o consecuencia. Dependiendo del nivel de agregación en el análisis del sistema, un riesgo de consecuencia puede constituirse en uno de causa en una instancia posterior. Esta condición implica un comportamiento de causalidad entre eventos que puede generar una serie de acontecimientos en diferentes instancias.

Algunos estudios han tratado de explicar desde lo social y cultural, cómo el riesgo es calificado y analizado bajo diferentes puntos de vista, y las diferencias que se presentan en la percepción o definición de un mismo tipo de riesgo por diferentes observadores (Hilgartner, 1992). En este sentido, lo que para una persona es un riesgo alto, para otra puede ser medio o bajo. Esta condición de subjetividad en la definición y calificación del riesgo, puede afectar la forma en que se establecen prioridades y acciones de manejo.

La teoría relacional del riesgo descrita por (Boholm & Corvellec, 2011) es una teoría interpretativa que pretende responder a las preguntas claves teóricas y prácticas de cómo y por qué algo se considera un riesgo, para esto se presentan por lo menos tres

elementos conceptuales en la definición del riesgo: un objeto, el daño y un vínculo basado en algún tipo de causalidad entre el objeto y el daño.

El objeto se constituye en la causa o en el agente generador del riesgo, lo que puede ser una circunstancia, fenómenos naturales o comportamientos en un sistema social. El daño o el riesgo propiamente dicho es la circunstancia adversa que se puede materializar, y el vínculo es la asociación sistémica entre los objetos de riesgo y los objetos en riesgo, que en algunos casos pueden ser más fuertes que en otros. La Ilustración 5, describe la relación entre los elementos de la teoría relacional del riesgo.

El estudio de las relaciones causales entre el objeto de riesgo y el objeto en riesgo, es fundamental para entender la vulnerabilidad al riesgo, la cual se presenta como una exposición a las perturbaciones graves que pueden afectar el desempeño de los sistemas (Wagner & Neshat, 2010).



**Ilustración 5. Elementos de la teoría relacional del riesgo.**

Adaptado de (Boholm & Corvellec, 2011).

Desde el punto de vista empresarial, la gestión del riesgo como parte formal de los procesos de toma de decisiones, tuvo sus inicios a finales de la década 1940. Sin embargo se tuvo un fuerte desarrollo en la década de 1990 con el surgimiento del concepto de gestión de riesgo empresarial (ERM, por sus siglas en inglés) (Dickinson, 2001), el cual se expresa como un enfoque sistemático e integrado para la gestión de todos los riesgos que enfrenta una organización. Este enfoque de riesgo empresarial tuvo avances importantes en su conceptualización como se observa en la Tabla 1. Esto permitió otorgar una concepción más amplia a las prácticas de gestión.

**Tabla 1. Características del ERM frente a la gestión del riesgo tradicional**

<b>Gestión del riesgo tradicional</b>	<b>ERM</b>
Riesgos individuales	Riesgos en el contexto de la estrategia del negocio
Identificación y evaluación del riesgo	Desarrollo del portafolio del riesgo
Enfoque de riesgos moderado	Enfoque en riesgos críticos
Mitigación del riesgo	Optimización del riesgo
Riesgos sin dueño	Definidas las responsabilidades del riesgo
Cuantificación del riesgo al azar	Seguimiento y medición de los riesgos

Fuente: (Dickinson, 2001).

Este enfoque del ERM permite a las empresas establecer las prácticas de riesgo enfocadas en el contexto de los mercados, la tecnología, la competencia, los servicios, la reglamentación, entre otros factores, con el propósito de asegurar la rentabilidad y la continuidad en el mercado.

### **1.4.1 Riesgo en la cadena de suministro.**

El riesgo en la cadena de suministro hace referencia a la posibilidad de ocurrencia de eventos inesperados que pueden causar cortes o perturbaciones en el flujo de productos, de recursos o información en las diferentes instancias de la cadena de suministro. En términos generales, los riesgos de la cadena de suministro se refieren a la posibilidad y el efecto de un desajuste entre la oferta y la demanda.

De acuerdo con (Juttner, Peck, y Christopher, 2003) una interrupción en cualquier nivel de la cadena de suministro puede afectar a la empresa en la entrega del producto, en la prestación del servicio al cliente y en la continuidad de las operaciones.



Los riesgos de la cadena de suministro se clasifican en riesgos internos y riesgos externos o del entorno. Diferentes autores han presentado tipologías del riesgo que se encuentran en alguna de estas dos clasificaciones. En la Ilustración 6, se presenta tres clasificaciones de riesgo tomadas de (Christopher M. , Logistics and Supply Chain Management. Creating Value-Adding Networks, 2005), (Manuj & Mentzer, 2008) y (Tummala & Schoenherr, 2011).

(Christopher, 2005)		(Manuj & Mentzer, 2008)		(Rao Tummala, 2011)	
Riesgos internos	Riesgos Externos	Riesgos internos	Riesgos Externos	Riesgos internos	Riesgos Externos
Riesgos de procesos	Riesgos de demanda	Riesgos operativos	Riesgos de suministro	Riesgos de inventario	Riesgos de retraso
Riesgos de control	Riesgos del ambiente	Riesgos de recursos	Riesgos de demanda	Riesgos de fabricación	Riesgos de interrupción
	Riesgos de aprovisionamiento		Riesgos de seguridad	Riesgos en la planta física	Riesgos de degradación
			Riesgos macro	Riesgos del sistema	Riesgos en el suministro
			Riesgos políticos		Riesgo del transporte
			Riesgos de competitividad		

**Ilustración 6. Tipologías de riesgo.**

Fuente: el autor

En un estudio presentado por (Sanchez-Rodrigues & Naim, 2010) se observa que el 60% de los problemas más frecuentes y que pueden tener mayor incidencia en el riesgo en la CS, tienen que ver con retrasos, disponibilidad de información, el conocimiento de la demanda, restricciones en las entregas y la coordinación en la CS. Otros en menor porcentaje, pero con incidencia en el desempeño de la CS, se relacionan con la rigidez de la infraestructura, los costos de operación, la integración de la CS y la tecnología. El nivel del riesgo presente en una CS, es afectado por el tamaño de la misma, ciclo y modo de operación. Las relaciones se hacen más complejas en la medida en que exista un alto número de proveedores y eslabones en la cadena.

Los factores de riesgo en la cadena de suministro son las fuentes o sucesos que pueden generar riesgos en los procesos de aprovisionamiento, almacenamiento y distribución en la cadena de suministro. En la Ilustración 7 se presentan algunas fuentes de riesgo, en donde se establece una relación del factor con el nivel de incertidumbre y el control que es posible aplicar. De esta manera, se observa que los factores de riesgo con mayor

incertidumbre salen del control de la empresa, es decir, no es posible evitar su materialización.



**Ilustración 7. Fuentes de riesgo en la cadena de suministro.**

Adaptado de **(Simchi-Levi, 2012)**

En el trabajo presentado por (Wu, Blackhurst, & Chidambaram, 2006), se describen adicionalmente otros factores de riesgo que afectan la cadena de suministro:

- Mercado de suministros, incluye los riesgos de las prácticas de aprovisionamiento global (Global Sourcing – por sus siglas en inglés), dependencia de proveedores extranjeros, especialmente en épocas de tensión política y el riesgo derivado de una mayor regulación.
- Condiciones organizacionales, políticas de calidad, entrega y precio, instalaciones de producción, capacidades técnicas, la situación financiera, de gestión y organización, historial de desempeño de las operaciones, garantía y reclamaciones.
- Cumplimiento de los procedimientos, comportamiento de la relación laboral, sistema de comunicación, controles de operación.
- Formación y competencias del personal, diferentes culturas empresariales, conflictos con los grupos laborales.

- Bloqueo, cierre o demoras en centros de transporte, plataformas logísticas
- Impactos de la legislación laboral y la política comercial, estructuras de gestión complejas entre vendedor y proveedor
- Los cambios en los mercados, los productos, la tecnología, la competencia y las regulaciones gubernamentales.

El área de análisis de riesgos es un tema bien documentado. Sin embargo, gran parte de la investigación sobre el riesgo y el flujo físico de las mercancías en la cadena de suministro se ha centrado principalmente en los flujos de salida en lugar del análisis del riesgo de los flujos de entrada o riesgos de suministro. (Zsidisin, Panelli, & Upton, Purchasing organization involvement in risk assessments, contingency plans, and risk management: an exploratory study, 2000), afirman el hecho, que desde la entrega de productos o servicios del proveedor, el riesgo puede tener un efecto perjudicial en la empresa compradora, posteriormente a través de la cadena de suministro, llegando a afectar en última instancia al consumidor. (Zsidisin & Ellram, 2003).

#### **1.4.2 Gestión del riesgo en la cadena de suministro**

La gestión del riesgo en la cadena de suministro (*SCRM – por sus siglas en inglés*) se define como la gestión de los riesgos a través de un enfoque coordinado entre los miembros de la CS para reducir la vulnerabilidad de la cadena en su conjunto (Christopher M. , 2002). La SCRM busca reducir, eliminar o evitar las perturbaciones de los flujos físicos y de información que afectan la interacción de los diferentes eslabones de la cadena de suministro.

En el contexto de la gestión de la cadena de suministro, el estudio del riesgo se constituye en un aspecto fundamental, que busca garantizar la continuidad en el suministro, la estabilidad en las operaciones internas y de interacción con clientes y proveedores, mantener los niveles de servicio en condiciones eficientes.

La SCRM aborda dos dimensiones, la primera tiene que ver con el riesgo operacional y con riesgos de interrupción en la CS, y la otra con los enfoques de mitigación del riesgo en la gestión de abastecimiento, gestión de la demanda, gestión de productos, y en la

gestión de la información. (Tang, 2006). En este sentido, con los programas de SCRM se busca que las empresas planifiquen y desarrollen planes de contingencia, planes de manejo, establecimiento de estrategias de diseño o rediseño de la cadena de suministro y de las condiciones de operación de la misma, buscando evitar los efectos negativos de interrupciones de suministro **Fuente especificada no válida..**

La planificación en toda la cadena de suministro, implica identificar y comunicar los problemas a los largo de la red logística, establecer estrategias de colaboración, cooperación y coordinación, enfocadas hacia el tratamiento y control de las fuentes de riesgo, evitando los problemas de asimetrías de información y sus efectos negativos en la gestión de la CS **Fuente especificada no válida..**

Con el propósito de revisar la evolución de los enfoques, aplicaciones y prácticas de la SCRM, se realizó la búsqueda de artículos de investigación en los principales Journals internacionales en logística y gestión de la cadena de suministro, utilizando las palabras clave: “supply chain risk mangement”, “supply risk” y “risk management”. Se seleccionaron y analizaron 46 artículos de investigación de los últimos 10 años de 20 revistas indexadas a nivel internacional como se muestra en la Tabla 3. Los resultados se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2. Revisión de literatura en SCRM.**

Autor	Enfoque
(Lockamy & McCormack, 2012)	Metodología para el modelado y evaluación de los perfiles de riesgo de los miembros de la CS a través de redes bayesianas. Los perfiles de riesgo de los proveedores se pueden utilizar para determinar los eventos de riesgo que tienen el mayor impacto potencial sobre los ingresos de la organización, y la más alta probabilidad de ocurrencia.
(Wieland & Wallenburg, 2012)	Metodología enfocada hacia la agilidad y la solidez de la empresa. A través de casos de estudio se proporciona una visión de la solidez como un requisito previo básico para hacer frente a los riesgos de aprovisionamiento, mientras que la agilidad es necesaria para hacer frente a los riesgos de la demanda.
(Colicchia & Strozzi, 2012)	Revisión de literatura en SCRM, se realizó un análisis de la evolución de temas clave en gestión del riesgo en la CS. Entre los cuales se destacan: Complejidad e

Autor	Enfoque
(Zamora, Adarme, & Palacios, 2012)	incertidumbre, prácticas y herramientas para SCRM, organización de procesos de SCRM y resiliencia y robustez en la CS.
(Pfohl, Gallus, & Thomas, 2011)	Marco para integrar el modelo de gestión del riesgo de la cadena de suministro SCRM con un modelo de trazabilidad de factores de riesgo del aprovisionamiento en la CS.
(Tummala & Schoenherr, 2011)	Modelamiento estructural interpretativo (ISM), que permite identificar y entender la interdependencia entre del riesgo con los diferentes niveles de la CS, incorpora los elementos relacionados con factores de poder y dependencia.
(Olson & Wu, 2011)	Modelo Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). Se presenta las fases de identificación, medición y evaluación de riesgos, evaluación de riesgos, planes mitigación y contingencia de riesgos, control y seguimiento del riesgo a través de sistemas de gestión de datos.
(Pontré, Welter, Veiga, & Faria, 2011)	Data Envelopment Analysis (DEA) y la simulación de Monte Carlo con el concepto de costo ajustado al riesgo. El análisis de simulación se aplica para comparar el rendimiento esperado de los proveedores y el rango de resultados esperados.
(Christopher, Mena, Khan, & Yurt, 2011)	Estructura metodológica para evaluar y manejar la incertidumbre y debilidades organizacionales, en relación con el riesgo de aprovisionamiento. Se utiliza la planificación de la gestión del riesgo para orientar las medidas de mitigación del riesgo.
(Xia & Chen, 2011)	Manejo de los riesgos del aprovisionamiento global. Se presenta una clasificación de los riesgos que abarcan cuatro categorías: riesgo de aprovisionamiento, riesgos de procesos y controles, riesgos ambientales y de sostenibilidad, y riesgos de demanda.
(Goh, Lim, & Meng, 2007)	Modelo para la toma de decisiones que involucra el ciclo del proceso operacional y el ciclo de vida del producto para mejorar la gestión de riesgos operativos y los factores de desempeño de la CS.
(Goh, Lim, & Meng, 2007)	Modelo estocástico multietapa que involucra factores de riesgo asociados a la oferta, la demanda y la interrupción en la CS. Incorpora una metodología para la solución del modelo a partir un algoritmo para maximizar el beneficio y reducir el riesgo.

Autor	Enfoque
(Tang & Nurmaya Musa, 2011)	Revisión de la literatura en gestión del riesgo de la cadena de suministro
(Thun & Hoenig, 2011)	Estudio de evaluación del riesgo en 67 plantas de manufactura alemanas. Se proponen instrumentos para el manejo del riesgo y su evaluación de impacto.
(Giannakis & Louis, 2011)	Modelo para el desarrollo de un sistema de soporte a la toma de decisiones multi agente para la gestión de las interrupciones y la mitigación del riesgo en cadenas de suministro.
(Jia & Rutherford, 2010)	Dimensión cultural-relacional del riesgo de la cadena de suministro gestión (SCRM). Se incorpora el término (SCRR) Supply Chain Relational Risk, que involucra la relación causal entre la adaptación cultural y el desempeño de las relaciones entre agentes.
(Kavcic & Bertoneclic, 2010)	Gestión del riesgo a partir de la orientación estratégica organizacional, aplicación de una metodología basada en el análisis cualitativo. Se muestra la existencia de un constante equilibrio entre mercado (flexibilidad) y la jerarquía (control) en la CS, se propone una estructura interna y externa de abastecimiento para reducir la exposición al riesgo de las organizaciones.
(Sanchez-Rodrigues & Naim, 2010)	Evaluación cualitativa de los diferentes tipos de incertidumbre que impactan las operaciones de transporte. Se desarrolla un modelo conceptual para clasificar los diferentes factores asociados a estos impactos.
(Peidro, Mula, Jiménez, & del Mar Botella, 2010)	Modelamiento de la incertidumbre de la cadena de suministro haciendo uso de los conjuntos difusos. Se desarrolla un modelo de programación lineal difusa multiescalón, multi producto, multi nivel y multi periodo para la planeación táctica de la cadena de suministro.
(Tuncel & Alpan, 2010)	Redes de Petri para establecer acciones de gestión del riesgo a partir de la modelación y análisis del riesgo.
(Wu, Wang, Chao & Cheng, 2010)	Gestión del riesgo aplicando estrategias de relacionamiento con los agentes en la cadena.
(Lin, Cai, & Xu, 2010)	Aplicación de aspectos contractuales para la coordinación de la CS, que buscan disminuir los riesgos de aprovisionamiento.

Autor	Enfoque
(Yang & Yang, 2010)	Teoría de la postergación para la gestión del riesgo de aprovisionamiento en la CS.
(Kumar, Tiwari & Babiceanu, 2010)	Aplicación de un modelo multiescalon para la cadena de suministro global con agentes distribuidos en diferentes países, que busca establecer políticas de manejo para minimizar el costo global y el riesgo
(Pujawan & Geraldin, 2009)	Modelo denominado la casa del riesgo ( <i>HOR – por sus siglas en inglés</i> ) que combina las ideas básicas del Quality Function Development (QFD) y el Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). El modelo consta de dos etapas, HOR1 para clasificar cada agente de riesgo en base a sus potenciales riesgos globales y HOR2 para dar prioridad a las acciones preventivas que la empresa debe seguir para maximizar la relación costo-eficiencia de los esfuerzos para hacer frente a los agentes de riesgo seleccionados en HOR1.
(Rao & Goldsby, 2009)	Revisión de literatura en gestión de riesgos de la cadena de suministro (SCRM). Se utiliza una tipología de las fuentes de riesgo, relacionada con factores ambientales, factores de la industria, factores organizacionales, factores de problemas específicos y los factores relacionados con la toma de decisiones.
(Oke & Gopalakrishnan, 2009)	Investigación sobre los tipos de riesgos en la cadena de suministro clasificados de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia, al impacto y a las estrategias comúnmente utilizadas para su mitigación y manejo.
(Xiao & Yang, 2009)	Conocimiento del riesgo de la cadena de suministro a través de un modelo para compartir la información relacionada con demandas, precios y niveles de servicio.
(Pereira, 2009)	Aporte de las tecnologías de la información y las comunicaciones a la gestión de la cadena de suministro, específicamente en la búsqueda de reducir la incertidumbre y el riesgo de información en la CS.
(Sodhi & Tang, 2009)	Modelo de programación estocástica y simulación Montecarlo para reducir el riesgo en condiciones de incertidumbre de la demanda y de los flujos de efectivo en la CS.
(Yu, Zeng & Zhao, 2009)	Metodología para la evaluación del impacto del riesgo de interrupción de aprovisionamiento en la cadena de suministro
(Neiger, Rotaru & Churilov, 2009)	Metodología para la identificación del riesgo, considerando los procesos de negocios de los miembros de la CS.

Autor	Enfoque
(Williams, Lueg & LeMay, 2008)	Modelo Supply Chain Security (SCS) como un componente de la estrategia global de suministro, se clasifica la literatura en seguridad de la CS en cuatro enfoques: intraorganizacional, interorganizacional, una combinación de intraorganizacional e interorganizacionales y otros.
(Micheli, Cagno & Zorzini, 2008)	Modelo de gestión del riesgo basado en la gestión de proveedores y gestión del riesgo de aprovisionamiento.
(Manuj & Mentzer, 2008)	Información detallada sobre la aplicabilidad de seis estrategias de gestión de riesgos con respecto a las condiciones ambientales para cadenas de suministro globales.
(Wu & Olson, 2008)	Data Envelopment Analysis (DEA) y simulación Montecarlo usando el concepto de costo ajustado al riesgo
(Tang & Tomlin, 2008)	Estrategias de flexibilidad en la CS de cinco casos empresariales para mitigar el riesgo de la CS.
(Nishat, Banwet & Shankar, 2007)	Teoría de grafos para cuantificar los riesgos de información en la CS, y el modelado estructural interpretativo ( <i>ISM – por sus siglas en inglés</i> ) para comprender las interrelaciones entre los facilitadores de información para la mitigación de riesgos. Se describen las condiciones de los factores de poder y dependencia.
(Ritchie & Brindley, 2007)	Modelo que integra las dimensiones de riesgo y desempeño en la cadena de suministro, considerando las causas, los factores, las consecuencias y las acciones de manejo del riesgo y del desempeño de la CS.
(Khan & Burnes, 2007)	Revisión de literatura. Se presentan algunos enfoques cualitativos y cuantitativos que se consideran para la gestión del riesgo en la cadena de suministro.
(Peck, 2005)	Análisis de las fuentes y factores de vulnerabilidad en la CS. Los hallazgos resaltan la falta de interpretación amplia del alcance y la naturaleza dinámica del problema de la vulnerabilidad en la CS, que debe ser considerado en cuatro niveles: flujo de valor / producto o proceso, las dependencias de los activos y la infraestructura, las organizaciones y las redes entre organizaciones, y el entorno social y natural.



Autor	Enfoque
(Towill, 2005)	Combinación del algoritmo automatic pipeline inventory and order based production control system (APIOBPCS) con la ubicación óptima del flujo de material para reducir el riesgo de la CS.
(Hallikas, et al., 2004)	Modelo de cooperación entre los miembros de la red de suministros para reducir el riesgo en la cadena.
(Harland, Brenchley & Walker, 2003)	Revisión de las definiciones y clasificación de los tipos de riesgo en la CS. Visión holística de la evaluación y gestión del riesgo. Aplicación de herramientas para la gestión del riesgo, caso de estudio en cuatro industrias.

**Tabla 2. Revisión de literatura en SCRM. (Continuación)**

**Tabla 3. Resumen de artículos consultados por Journal.**

Journal	N°. de Artículos
International Journal of Production Economics	8
The International Journal of Logistics Management	6
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	5
Supply Chain Management: An International Journal	5
European Journal of Operational Research	4
Computers in Industry	2
International Journal of Production Research	2
Journal of Purchasing & Supply Management	2
Business Process Management Journal	1
Expert Systems with Applications	1
Industrial Management & Data Systems	1
International Journal of Information Management	1
International Journal of Operations & Production Management	1
Journal of Enterprise Information Management	1
Journal of Operations Management	1
Journal of Public Procurement	1
Kybernetes	1
Management Research News	1
Omega	1
World Academy of Science, Engineering and Technology	1
<b>Total general</b>	<b>46</b>

Fuente: el autor.

Tabla 4. Resumen artículos consultados por año.

Año de la Publicación	No. de Artículos
2012	4
2011	10
2010	9
2009	8
2008	5
2007	3
2006	3
2005	2
2004	1
2003	1
<b>Total general</b>	<b>46</b>

Fuente: el autor.

## 2. Metodología de la investigación

Resultado de la revisión de la literatura se encontró que no existen antecedentes e investigaciones sobre la problemática del riesgo en la cadena de suministro en el contexto del sector salud colombiano y específicamente en el que tiene que ver con los medicamentos oncológicos. De acuerdo a esto, se utilizó la investigación exploratoria por la necesidad de tener una visión general y aproximada de la realidad de la cadena de suministro en lo relacionado con el contexto de la operación y de los factores de riesgo que comprometen su desempeño.

Se realizó una revisión de los principales aportes metodológicos de investigación en la cadena de suministro a partir del trabajo de (Kotzab & Westhaus, 2005), lo que permitió definir el objeto de estudio y el tipo de acercamiento al mismo. En este sentido se estableció como objeto de estudio las IPS que prestan servicios de oncología clínica en la ciudad de Bogotá, y se utilizó el estudio de caso como método de investigación.

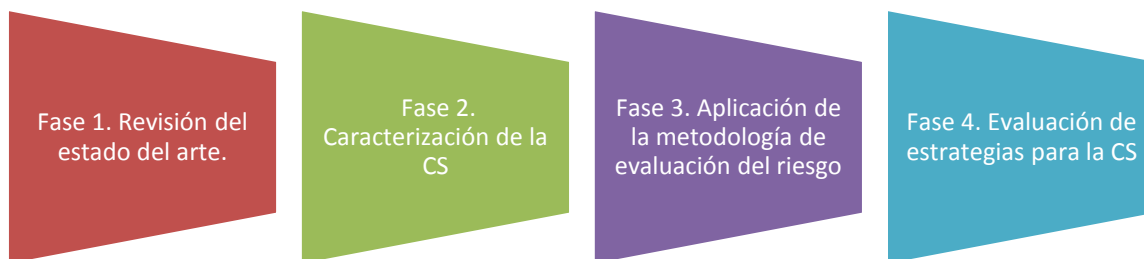
El estudio de caso es definido como una investigación empírica que investiga un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no son claramente evidentes (Yin, 1993). Esta metodología es particularmente relevante para la investigación en las cadenas de suministro, ya que puede ayudar a reunir una mejor información sobre su realidad, y facilita desarrollar mejores teorías, más completas acerca de estas (Seuring, 2005). El estudio de caso permite analizar con detalle el objeto de estudio, mediante la utilización de una variedad de procedimientos de recolección de datos durante un período de

tiempo. (Stake, 1995). Para el contexto de esta investigación, se utilizaron los datos primarios que permitieron identificar los factores de riesgo asociados a variables internas de la operación logística de aprovisionamiento y a los factores de riesgo externos de la cadena de suministro que se constituyen en un factor de vulnerabilidad.

Para la identificación de la estructura de la red, se definió una muestra por conveniencia de 23 IPS, a partir de una población de 45 IPS habilitadas con el servicio de oncología clínica 709 establecido por (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012), ubicadas en la ciudad de Bogotá. La identificación de los agentes que hacen parte de las actividades de abastecimiento y distribución de medicamentos oncológicos, permite establecer la red de flujos de carga y personas que configuran un espacio territorial interrelacionado (IIRSA, 2007), como resultado de lo anterior, se logró identificar los actores involucrados en la cadena que tienen diferentes funciones.

Se diseñaron instrumentos de recolección de información primaria, enfocados en el proceso de aprovisionamiento. El objetivo establecido es contextualización general en los procesos de aprovisionamiento en IPS, con los tópicos: compras, selección y evaluación de proveedores, negociación, trazabilidad y seguimiento en aprovisionamiento, servicios, riesgo. En el anexo 1 se presenta el instrumento de recolección de información.

Para el desarrollo de la tesis se establecieron cuatro fases, como se presenta en la Ilustración 8: revisión del estado del arte, caracterización de la CS y de la operación del sistema, aplicación de la metodología de evaluación y análisis del riesgo y evaluación de estrategias para la cadena de suministro.



**Ilustración 8. Fases de la metodología de investigación**

Fuente: el autor.

## 2.1 Revisión del estado del arte

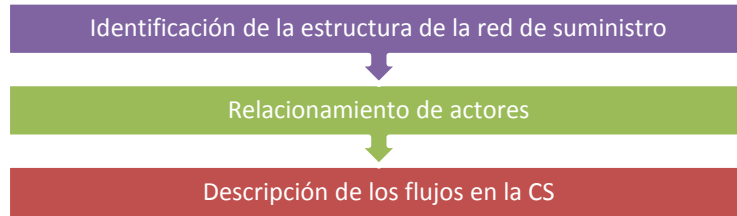
En la primera etapa de la metodología se realizó la revisión del estado del arte presentado en el capítulo 1. Se seleccionaron las fuentes de consulta, considerando los recursos bibliográficos pertinentes a la investigación en el campo de la logística, gestión de la cadena de suministro, gestión del riesgo en la cadena de suministro y en otros campos de interés y complementariedad para el propósito de la investigación, como dinámica de sistemas e investigación de operaciones.

La consulta se realizó en libros y artículos de investigación publicados en revistas científicas indexadas internacionalmente. Se utilizó un enfoque deductivo para la presentación y análisis de la literatura, partiendo desde el contexto de las operaciones de aprovisionamiento en logística y la gestión de la cadena de suministro, hasta los principales enfoques, aplicaciones y prácticas de la gestión del riesgo en la cadena de suministro.

Esta revisión, permitió entender desde el punto de vista teórico, los factores que pueden afectar las operaciones de aprovisionamiento en la cadena de suministro, desde otros contextos, pero con implicaciones en el objeto de estudio de la investigación. En este sentido, la revisión de literatura se constituyó en el punto de partida para determinar la estructura de datos e información que se debía recolectar en el marco de la logística de abasto y de las operaciones de la cadena de suministro.

## 2.2 Caracterización de la Cadena de Suministro

En la etapa de caracterización de la cadena de suministro, se realiza la descripción de las operaciones logísticas de aprovisionamiento en la cadena, a partir de la identificación de la estructura de la red de suministro, las condiciones de relacionamiento de los agentes de la CS y los procesos que permiten el flujo y manejo de los productos a lo largo de la cadena de suministro, como se muestra en la Ilustración 9.

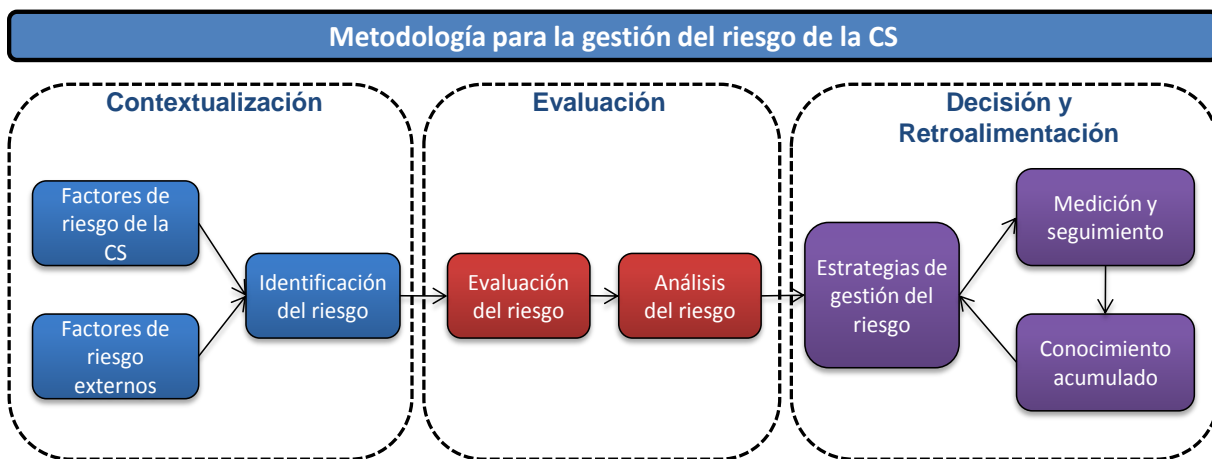


**Ilustración 9. Fase de caracterización de la CS.**

Fuente: El autor

### 2.3 Metodología para la evaluación del riesgo

En la fase 3 de aplicación de la metodología de gestión del riesgo de la CS, se establecen tres etapas como se presenta en la Ilustración 10. La Etapa I de contextualización contempla la descripción de los factores de riesgo internos asociados a los sistemas logísticos de la cadena y de los factores de riesgo externos que obedecen a aquellos factores económicos, políticos, tecnológicos y sociales, entre otros, que son potencialmente causantes de eventos adversos al funcionamiento de la CS. De esta forma, se busca que el análisis de los generadores o causantes de riesgo se realice de manera integral y permita identificar los riesgos en el contexto real del sistema.



**Ilustración 10. Fases de la metodología de gestión del riesgo.**

Fuente: el autor

En la contextualización y evaluación del riesgo se incluyen los tres elementos establecidos por (Wu, Blackhurst, & Chidambaram, 2006): la clasificación, identificación y cálculo del riesgo. Los cuales se describen a continuación:

- **Clasificación de Riesgo**

El propósito principal de la clasificación de riesgo es tener un punto de vista colectivo de un grupo de factores, lo que ayudará a los administradores a identificar el grupo que contribuye al riesgo máximo. Esto puede permitir a los gestores de suministro para dar el nivel requerido de importancia (en el proceso de gestión de riesgos) para cada grupo / tipo de factores. Un sistema de clasificación puede ser diseñado para satisfacer las necesidades de una cadena de suministro en particular o puede ser de cadena independiente.

- **Identificación del riesgo**

Este paso implica la definición de los riesgos, según los factores asociados, los cuales serán clasificados de acuerdo a la tipología definida. En la identificación del riesgo es fundamental considerar aquellos factores que pueden afectar el cumplimiento de los objetivos de la cadena, en relación con el producto, el cliente, el servicio, los costos, el entorno, el mercado de proveedores, entre otros. Una orientación estratégica en la empresa, permitirá orientar el enfoque de la gestión del riesgo.

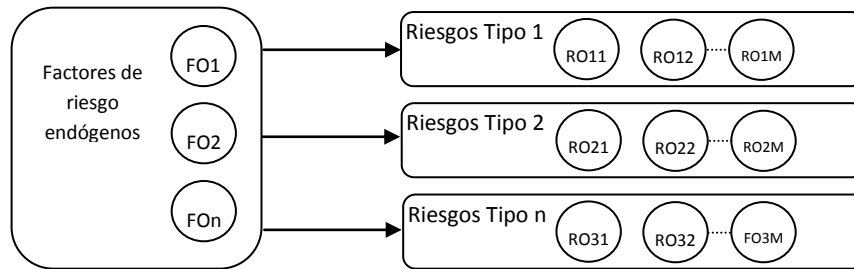
- **Cálculo del riesgo**

En general, los factores de riesgo identificados en el paso anterior deben ser evaluados para calcular el impacto del factor de riesgo en general. Este paso puede ser visto como una herramienta de apoyo a la decisión para la predicción de factores de riesgo.

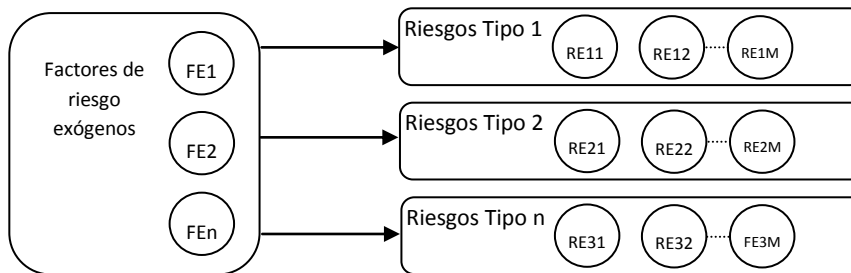
### **2.3.1 Etapa I. Contextualización**

La contextualización involucra la observación y descripción de los factores exógenos y endógenos que influyen sobre la operación de las actividades logísticas de la cadena y

que se constituyen en los agentes y circunstancias generadoras de riesgo, y la identificación del riesgo, tipificado de acuerdo a su naturaleza. En la Ilustración 11, la tipificación de los factores de riesgo y los riesgos que pueden estar presentes en la CS.



a) Tipología del riesgo de factores endógenos.



b) Tipología del riesgo de factores endógenos.

**Ilustración 11. Identificación de riesgos por tipos de factores.**

Fuente: el autor.

### 2.3.2 Etapa II. Evaluación y análisis del riesgo

La etapa II contempla la evaluación y análisis del riesgo, para lo cual se utiliza una metodología de calificación del riesgo en donde se definen dos componentes fundamentales, la probabilidad de ocurrencia y el impacto. Para esta calificación se utiliza los niveles presentados en la Ilustración 12.



Probabilidad de ocurrencia	Impacto del riesgo
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta</li> <li>Media</li> <li>Baja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leve</li> <li>Moderado</li> <li>Importante</li> <li>Catastrófico</li> </ul>

**Ilustración 12. Calificación del riesgo**

Fuente: Los autores.

La calificación de la probabilidad de ocurrencia está relacionada con la frecuencia de ocurrencia de los eventos de corte o interrupciones en el suministro y por lo tanto es importante el análisis del comportamiento histórico del sistema. Para esta calificación se establece la escala alta, media y baja. El impacto se evalúa de acuerdo al nivel de severidad que tenga la materialización del riesgo en el sistema. Se definieron los niveles leve, moderado, importante y severo.

<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	Alta	RM	RI	RE	RE
	Media	RT	RM	RI	RE
	Baja	RA	RT	RM	RI
		Leve	Moderado	Importante	Severo
<b>Impacto</b>					

**RA:** Riesgo Aceptable, **RT:** Riesgo tolerable, **RM:** Riesgo moderado, **RI:** Riesgo importante, **RE:** Riesgo Inaceptable

**Ilustración 13. Evaluación y análisis del riesgo**

Fuente: el autor

El resultado de la calificación del riesgo permite evaluar de manera integral el nivel de exposición de la cadena, y su resultado permitirá establecer los tipos de manejo que se consideren en la siguiente etapa. Los colores utilizados indican el nivel del riesgo, siendo el rojo el más severo.

### **2.3.3 Fase de Decisión y retroalimentación**

La etapa III de decisión y retroalimentación, corresponde en primer lugar a la definición de las estrategias de gestión del riesgo, que se desarrollan mediante las acciones de manejo, que de acuerdo a la evaluación realizada en la etapa II tendrán un nivel de prioridad y atención particular. Las opciones para el manejo pueden incluir eliminar, reducir, evitar, transferir o asumir el riesgo y dependen del análisis sistémico de la CS y la evaluación del riesgo. De acuerdo al alcance de esta investigación, no se contempla la fase de decisión y retroalimentación, sin embargo queda planteada en la metodología.

## **2.4 Evaluación de estrategias para la CS**

En la fase 4 de la metodología de la investigación se realiza la formulación de la propuesta que involucra el componente sistémico y las consideraciones de vulnerabilidad de la cadena. En esta fase se modela la cadena de suministro y a través de la simulación utilizando la dinámica de sistemas, se evalúa el desempeño de la CS, en relación con los niveles de existencias en el sistema, tiempos de reabastecimiento, costos de operación y niveles de servicio.

## 3. Caracterización de la cadena de suministro

### 3.1 Identificación de la estructura de la red de suministro

Los actores de la cadena de suministro de medicamentos oncológicos de la ciudad de Bogotá D.C., son los distribuidores y comercializadores de medicamentos oncológicos, las centrales de preparación de dosis y las instituciones prestadoras de servicios de salud IPS. Existen otros agentes en la cadena que actúan como productores de medicamentos (laboratorios farmacéuticos internacionales), acondicionadores y empacadores, operadores de servicios logísticos y operadores de manejo de desechos hospitalarios. En la Ilustración 14, se presenta la estructura general de la red de suministro. Las flechas indican el relacionamiento entre los diferentes agentes.

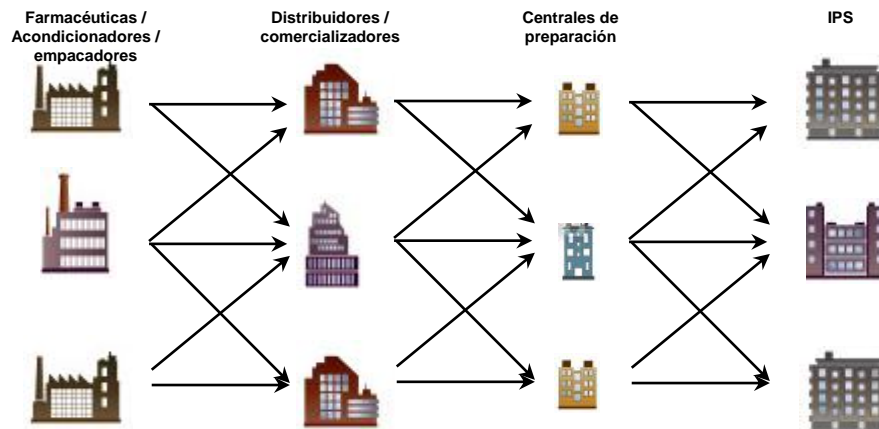


Ilustración 14. Estructura general de la red de suministro.

Fuente: el autor.

La cadena funciona de forma descentralizada, aun cuando hacen presencia grupos empresariales que cuentan con organizaciones que cumplen las funciones de distribución de medicamentos a través de farmacias o bodegas de suministros; de adecuación de dosis de quimioterapia a través de centrales de preparación, y de aplicación de medicamentos a pacientes en clínicas con servicios especializados en oncología clínica.

### 3.1.1 Proveedores de Medicamentos

Los distribuidores y comercializadores corresponden a los proveedores de medicamentos que realizan actividades de venta de medicamentos a compras locales o de importación, para ser distribuidos en las diferentes regiones del País. En este nivel de la cadena, se encontró que un alto número de agentes operan como intermediarios comerciales, los cuales prestan sus servicios a los diferentes eslabones de la cadena.

Existen otros establecimientos industriales y comerciales que dentro de sus operaciones realizan algún manejo de medicamentos, los cuales se encuentran regulados y supervisados por el Gobierno Colombiano, el cual definió mediante el Decreto 677 de 1995 los tipos de establecimientos (Presidencia de la República de Colombia - Ministerio de Salud, 1995), entre los cuales se encuentran:

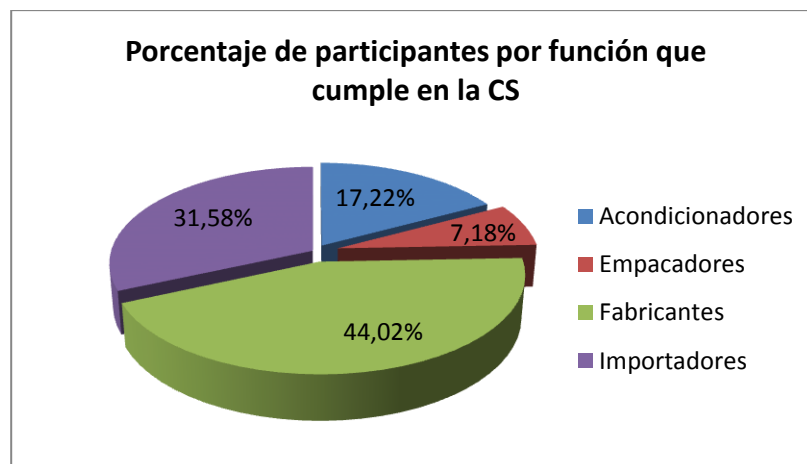
- a. **Centros de acopio de los recursos naturales:** establecimiento que almacena y comercializa al por mayor los recursos naturales en estado bruto, deshidratados o molidos, según sea el caso.
- b. **Establecimiento fabricante de preparaciones farmacéuticas a base de recursos naturales.** Es el lugar donde se elaboran las preparaciones farmacéuticas a base de recursos naturales.
- c. **Establecimientos distribuidores de preparaciones farmacéuticas y recursos naturales:** son aquellos establecimientos que almacenan, comercializan y expenden preparaciones farmacéuticas a base de recursos naturales que tienen

registro sanitario, bien sea importados o nacionales y/o recursos naturales en estado bruto.

**d. Establecimientos expendedores de materias primas:** son aquellos establecimientos que importan, almacenan, acondicionan, comercializan y expenden materias primas para medicamentos y cosméticos

**e. Establecimiento expendedor de preparaciones farmacéuticas y recursos naturales:** Es el lugar donde se expenden preparaciones farmacéuticas a base de recursos naturales, en estado bruto, en empaques individuales o en forma farmacéutica.

A partir de la base de datos suministrada por Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) con fecha de corte de junio de 2012, se logró establecer que para los medicamentos oncológicos se tienen registrados ante el INVIMA 92 fabricantes, 66 importadores, 36 acondicionadores y 15 empacadores. En la Ilustración 15 se presenta el porcentaje de participantes en la cadena de suministro, de acuerdo a la función que cumple. En el anexo 2 se detallan los nombres de estos agentes.



**Ilustración 15. Principales Participantes en la Cadena de Suministro Oncológica en Colombia.**

Fuente: el Autor.

De acuerdo con el INVIMA, los países de los cuales se importan los medicamentos oncológicos son:

1. Alemania
2. Argentina
3. Australia
4. Austria
5. España
6. Estados Unidos
7. Finlandia
8. Francia
9. India
10. Israel
11. Italia
12. Japón
13. México
14. Países Bajos
15. Paraguay
16. Reino Unido
17. Rumania
18. Suiza
19. Uruguay

En el mercado existen comercializadores intermediarios de medicamentos, que realizan ventas en el canal institucional y en el canal comercial, sin embargo en el país no se cuenta con un registro detallado de estos agentes.

### **3.1.2 Centrales de Preparación**

El siguiente nivel en la cadena, corresponde a las centrales de preparación (CP), las cuales son infraestructuras habilitadas por el gobierno colombiano para la elaboración, transformación, preparación, mezcla, adecuación y ajuste de concentraciones de dosis, reenvase o reempaque de medicamentos, para los tratamientos de oncología. En algunos casos, se presenta integración vertical en las IPS, las cuales no solamente realizan la atención médica al paciente, sino que también preparan sus propias mezclas.

Las centrales de preparación cumplen la función de producir las dosis personales para los pacientes de oncología, de acuerdo al esquema de tratamiento del médico oncólogo. La base para estas preparaciones son los principios activos (medicamentos oncológicos) que se venden de manera comercial en el mercado.

Para julio de 2012 se encontraban autorizadas por el INVIMA, veintidós 22 CP en la ciudad de Bogotá. En la tabla Tabla 5, se presentan la relación de CP.

**Tabla 5. Centrales de preparación ciudad de Bogotá D.C.**

Nombre
AL PHARMA S.A
BIO VIE LTDA
MIX SUPPLIER DE BOGOTÁ S.A.
UNIDOSSIS S.A.
FARMAMIX LTDA
ASISFARMA S.A.
FARMASANITAS LIMITADA (CENTRAL DE PREPARACIONES)
FUNDACION CARDIO INFANTIL
MACROMED LTDA.
HOSPITAL LA VICTORIA ESE III NIVEL
LIGA COLOMBIANA CONTRA EL CANCER
ORBUS PHARMA LTDA.
EVOLUCIA S.A.S.
HOSPITAL UNIVERSITARIO FUNDACION SANTA FE DE BOGOTA
INSTITUTO COLOMBIANO DEL SISTEMA NERVIOSO - CLINICA MONSERRAT
ASISFARMA S.A.
NUMIXX S.A.S.
PHARMADERM S.A
HOSPITAL UNIVERSITARIO CLINICA SAN RAFAEL
FARMASANITAS S.A.S.
CLÍNICA COLSUBSIDIO CIUDAD ROMA
RADIO FARMACIA TRACELAB S.A.S

Fuente: El autor a partir de (INVIMA, 2012)

### **3.1.3 Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS) en oncología**

Las IPS corresponden a hospitales y clínicas especializadas en servicios de oncología, responsables por el tratamiento a pacientes, lo que se realiza de dos formas, mediante dispensación de medicamentos en farmacia y mediante la aplicación de dosis de medicamentos preparados para cada paciente, lo cual se realiza en dos modalidades: servicio ambulatorio y hospitalización. Esto dependerá del estado general del paciente, de las patologías concomitantes y del tipo de medicación a recibir (Barbarica y Menéndez, 1997).

La identificación de las IPS de oncología, se realizó a partir de clasificación de los servicios de salud definidos por Gobierno colombiano a través del Manual de procedimientos para la verificación de condiciones de habilitación de servicios de oncología (Ministerio de Salud y Protección Social , 2012). En la Tabla 6, se presentan los servicios oncológicos que deben ser habilitados para la atención y tratamiento de pacientes con cáncer:

**Tabla 6. Clasificación de Servicios de Salud en Oncología en Colombia**

Grupo	Servicio Asociados a Oncología	Código del Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud
<b>1. Quirúrgico</b>	1.1 Cirugía oncológica	210
	1.2 Cirugía oncológica Pediátrica	227
	1.3 Cirugía de mama y tumores de tejidos blandos	232
	1.4 Cirugía plástica oncológica	237
<b>2. Consulta Externa</b>	2.1 Dolor y cuidados paliativos	309
	2.2 Oncología clínica	336
	2.3 Rehabilitación oncológica	346
	2.4 Cirugía de mama y tumores tejidos blandos	364
	2.5 Cirugía plástica oncológica	370
	2.6 Cirugía oncológica	373
	2.7 Cirugía oncológica pediátrica	374
	2.8 Dermatología oncológica	375
	2.9 Ginecología oncológica	379
	2.10 Hematología y oncología Clínica	381
	2.11 Oftalmología oncológica	390
	2.12 Oncología y hematología pediátrica	391
	2.13 Ortopedia oncológica	393
	2.14 Patología oncológica	394
	2.15 Urología oncológica	395
<b>3. Apoyo diagnóstico y complementación terapéutica</b>	3.1 Oncología clínica	709
	3.2 Radioterapia	711
	3.3 Medicina Nuclear	715

Fuente: (Ministerio de Salud y Protección Social , 2012).



Las IPS que presten servicios de salud deben contar con un registro de habilitación, lo cual está reglamentado por la Resolución 1043 de 2006. (Ministerio de la Protección Social, 2006). Bajo este criterio se realizó la búsqueda en el Registro Especial de Prestadores de Salud (REPS)<sup>1</sup>, en la tabla 4 se presenta la distribución de IPS y profesionales independientes (PI) habilitados en alguno de o varios servicios de Oncología. De acuerdo a esta tabla, se tiene que en Bogotá se encuentra el 21% de las IPS de oncología del País, como se muestra en la Ilustración 16.

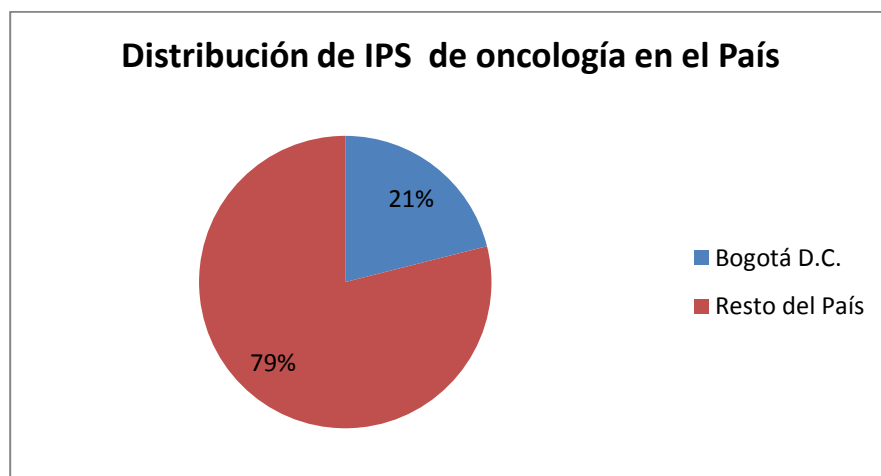
**Tabla 7. Numero de prestadores habilitados en Servicios de Oncología por departamento**

Departamento	Total Prestadores
Amazonas	2
Antioquia	90
Arauca	7
Atlántico	85
Bogotá D.C	199
Bolívar	59
Boyacá	12
Caldas	20
Caquetá	6
Casanare	1
Cauca	18
Cesar	24
Chocó	4
Córdoba	22
Cundinamarca	7
Huila	18
La Guajira	20
Magdalena	33
Meta	17
Nariño	24
Norte de Santander	27
Putumayo	2
Quindío	20
Risaralda	18
San Andrés y Providencia	2
Santander	73

<sup>1</sup>REPS: Base de datos donde se encuentra el registro de prestadores de servicios de salud habilitados por el Ministerio de Salud y Protección Social.

Departamento	Total Prestadores
Sucre	13
Tolima	24
Valle del cauca	97
Vaupés	1
Total general	945

Fuente: el autor. A partir de (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012).



**Ilustración 16. Distribución de IPS de oncología en el país.**

Fuente: el autor. A partir de (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012).

De acuerdo a la clasificación de servicios de oncología presentado en la Tabla 6, las IPS objeto de estudio corresponden a aquellas que prestan servicios de Oncología Clínica del grupo de Apoyo Diagnóstico y Complementación Terapéutica (código 709), debido a que son las IPS que se encuentran con la capacidad en infraestructura y personal (Ministerio de la Protección Social, 2006) para la administración de agentes quimioterapéuticos, citotóxicos, citostáticos, biomoduladores y terapias biológicas.

En total se encuentran 217 IPS habilitadas en el país con este servicio bajo el código 709, como se presenta en la Tabla 8, de las cuales 45 se encuentran ubicadas en la ciudad de Bogotá D.C., lo que corresponde al 20,7% del total de IPS habilitadas en este código. De acuerdo al alcance establecido para este estudio se toman como base las IPS de la ciudad de Bogotá.

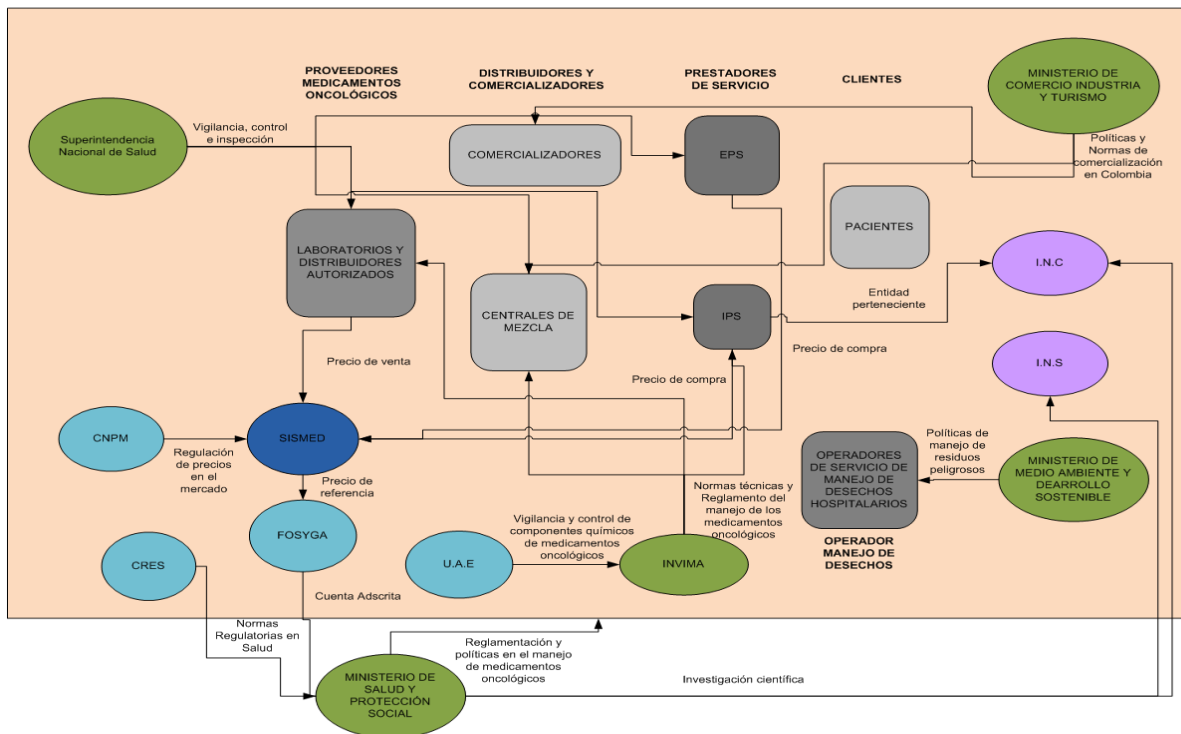
**Tabla 8. IPS habilitadas en el código 709 de Oncología por Ciudad/Municipio**

<b>Ciudad/municipio</b>	<b>IPS habilitadas código 709</b>
Bogotá	45
Medellín	21
Cali	18
Barranquilla	15
Cartagena	11
Bucaramanga	10
Santa marta	10
Cúcuta	8
Riohacha	7
Valledupar	7
Ibagué	6
Neiva	6
Pasto	5
Pereira	5
Manizales	4
Popayán	4
Sincelejo	4
Armenia	3
Tunja	3
Apartadó	2
Cartago	2
Floridablanca	2
Montería	2
Rionegro	2
Villavicencio	2
Arauca	1
Barrancabermeja	1
Bello	1
Buenaventura	1
Duitama	1
Envigado	1
Florencia	1
Girardot	1
Quibdó	1
San andrés	1
Soledad	1
Tuluá	1
Yopal	1

Fuente: el autor. A partir de (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012).

### 3.1.4 Otras instituciones y organizaciones en la CS.

Existen otras organizaciones dentro del sector que cumplen funciones de administración, aseguramiento, regulación, control y vigilancia, y otras que prestan servicios sociales de apoyo, como las asociaciones de pacientes, e instituciones sin ánimo de lucro. En la Ilustración 17, se presenta un esquema con la relaciones de los diferentes agentes en la cadena de suministro.



**Ilustración 17. Relaciones con las entidades de regulación, control y vigilancia.**

Fuente: el autor.

A continuación se describen las principales instituciones y organizaciones:

**a) Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS).**

- **Naturaleza:** Sector Público, Entidad perteneciente al Gabinete de Departamento del Gobierno.
- **Descripción de las funciones:** Orientar el Sistema de Protección Social y el Sistema de Seguridad Social hacia su integración y consolidación, mediante la aplicación de los principios básicos de Universalidad, Solidaridad, Calidad, Eficiencia y Equidad, con el objeto de tener un manejo integral del riesgo y brindar asistencia social a la población colombiana.
- **Papel dentro de la cadena:** Establecer políticas de vigilancia y control sobre los medicamentos oncológicos.

#### b) Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA)

- **Naturaleza:** Es un establecimiento público del orden nacional, de carácter científico y tecnológico, con personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente, perteneciente al Sistema de Salud, adscrito al Ministerio de la Protección Social y con sujeción a las disposiciones generales que regulan su funcionamiento.
- **Descripción de las funciones:** Proteger y promover la salud de la población, mediante la gestión del riesgo asociada al consumo y uso de alimentos, medicamentos, dispositivos médicos y otros productos objeto de vigilancia sanitaria.
- **Papel dentro de la cadena:** Planear, coordinar, desarrollar, ejecutar y controlar las actividades referidas a la normalización, acreditación, certificación, delegación y control de los productos, instituciones y laboratorios en lo referido a medicamentos oncológicos.

#### c) Comisión nacional de precios de medicamentos (CNPM)

- **Naturaleza:** Comisión perteneciente al Ministerio de Salud y Protección Social.
- **Descripción de las funciones:** Establecer y revisar los criterios generales para la formulación de la política de regulación de precios de medicamentos,

---

orientar y fijar los mecanismos a través de los cuales el Ministerio de Desarrollo Económico, hará el seguimiento y control de precios de los medicamentos y fijar los lineamientos generales para el Ministerio de Salud desarrolle un programa permanente de información sobre precios y calidades de los medicamentos, con especial énfasis en los medicamentos esenciales.

- **Papel dentro de la cadena:** Regular precios de los medicamentos en el mercado. Ofrecer información al SISMED.

**d) Comisión de Regulación en Salud (CRES) (institución en liquidación)**

- **Naturaleza:** Unidad administrativa especial adscrita al Ministerio de Salud y Protección Social.
- **Descripción de las funciones:** Encargada de expedir las normas regulatorias para contribuir al goce efectivo del derecho a la salud de los residentes del territorio nacional.
- **Papel dentro de la cadena:** Definir y modificar los Planes Obligatorios de Salud (POS) y el listado de medicamentos esenciales y genéricos que harán parte de los Planes de Beneficios.

**e) Instituto Nacional de Cancerología (INC)**

- **Naturaleza:** Entidad pública del orden nacional dependiente del Ministerio de Salud y Protección Social.
- **Descripción de las funciones:** Trabaja por el control integral del cáncer a través del cuidado de pacientes oncológicos, la investigación, la formación de talento humano y el desarrollo de acciones en salud pública.
- **Papel dentro de la cadena:** Ofrece atención médica a pacientes con cáncer. Realiza investigaciones sobre temas relacionados al cáncer.

**f) Instituto Nacional De Salud (INS)**

- **Naturaleza:** Entidad Adscrita al Ministerio de Salud y Protección Social
- **Tipología: Descripción de las funciones:** Contribuye a proteger y mejorar las condiciones de salud de las personas, mediante la prestación de servicios y producción de bienes en pro de la salud pública, en el marco del sistema general de seguridad social en salud y del sistema de ciencia y tecnología
- **Papel dentro de la cadena:** Realiza investigaciones sobre temas relacionados al cáncer.

#### g) Superintendencia Nacional de Salud (SNS)

- **Naturaleza:** Entidad Adscrita al Ministerio de Salud y Protección Social.
- **Descripción de las funciones:** Inspección, vigilancia y control del Sistema General de Seguridad Social en Salud.
- **Papel dentro de la cadena:** Inspección, vigilancia y control del Sistema General de Seguridad Social en Salud.

#### h) Ministerio de Comercio Industria y Turismo

- **Naturaleza:** Sector Público, Entidad perteneciente al Gabinete de departamento del gobierno
- **Descripción de las funciones:** Formular, adoptar, dirigir y coordinar las políticas generales en materia de desarrollo económico y social del país, relacionadas con la competitividad, integración y desarrollo de los sectores productivos de la industria, la micro, pequeña y mediana empresa, el comercio exterior de bienes, servicios y tecnología, la promoción de la inversión extranjera, el comercio interno y el turismo; y ejecutar las políticas, planes generales, programas y proyectos de comercio exterior.
- **Papel dentro de la cadena:** Políticas de comercialización de medicamentos oncológicos en el país.

#### i) Unidad sectorial de normalización en salud (U.S.N.S.)

- **Naturaleza:** Sector Público, Organismo funcional de carácter técnico para la orientación, definición, análisis y aprobación de estándares de calidad de la atención en salud.
- **Descripción de las funciones:** Ejerce una función de coordinación y compatibilización entre el Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad de la Atención en Salud y otros Sistemas de Calidad en particular el Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología; sistemas que son convergentes y compatibles pero tienen diferencias en el grado de desarrollo, en la forma como conceptualizan el problema de la calidad, como definen sus prioridades y las metodologías específicas que utilizan.
- **Papel dentro de la cadena:** Es un organismo funcional de carácter técnico para la orientación, definición, análisis y aprobación de estándares de calidad de la atención en salud.

#### j) **Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible**

- **Naturaleza:** Sector Público.
- **Tipología:** Entidad perteneciente al Gabinete de departamento del gobierno
- **Descripción de las funciones:** Encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.
- **Papel dentro de la cadena:** Políticas ambientales sobre el manejo de desechos tóxicos.

#### k) **Fondo Nacional de Estupefacientes (U.A.E.)**

- **Naturaleza:** Sector Público.
- **Tipología:** Organismo dependiente de la dirección general de salud pública.



- **Descripción de las funciones:** Ejercer la fiscalización de las sustancias de control especial y productos que las contengan, garantizando la disponibilidad de medicamentos monopolio del Estado, apoyando los programas contra la farmacodependencia y toxicología que adelanta el Gobierno Nacional.
- **Papel dentro de la cadena:** Ejercer un control estricto sobre las sustancias químicas que componen los medicamentos oncológicos comercializados en el país.

#### I) Entidades Promotoras de Salud (EPS)

- **Naturaleza:** Sector público y privado
- **Tipología:** Entidades responsables de la afiliación y el recaudo de las cotizaciones, por delegación del fondo de solidaridad y garantía.
- **Descripción de las funciones:** Por delegación del Estado: Recaudar cotizaciones, pagar las licencias de maternidad, pagar contenidos No POS (vía tutelas y CTC). Propias (funciones de aseguramiento): Administrar la afiliación, cubrir las incapacidades por enfermedad general, cubrir el POS de sus afiliados.
- **Papel dentro de la cadena:** Organizar y garantizar la prestación de servicios que se encuentran en el POS.

### 3.1.5 Medicamentos Oncológicos

Los medicamentos oncológicos son las sustancias farmacológicas que se utilizan para el tratamiento de las enfermedades de cáncer. Son fármacos capaces de inhibir el crecimiento desordenado de células, alertan la división celular y destruyen las células que se multiplican rápidamente. Incluyen una serie de sustancias químicas, que se utilizan para el tratamiento de enfermedades neoplásicas, como terapia única o asociados a otras medidas como cirugía, radioterapia, inmunoterapia, u hormonoterapia. (Martínez, García, Hernández, Manzanera, & Garrigós, 2002)

En el anexo 3, se relacionan los tipos de medicamentos oncológicos clasificados bajo el sistema de codificación internacional “ATC” o Sistema de clasificación Anatómica, Terapéutica, Química (*Anatomical, Therapeutic, Chemical Classification System - por sus siglas en inglés*), el cual es un índice de sustancias farmacológicas y medicamentos, organizados según grupos terapéuticos, instituido por la Organización Mundial de la Salud. (WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology, 2012).

Para el propósito del estudio, se establecieron los medicamentos oncológicos con mayor valor en ventas en Colombia en el año 2011, a partir de la base de datos del Sistema de Información de Precios de Medicamentos (SISMED) del Ministerio de Salud y Protección Social, los cuales se presentan en la Tabla 9.

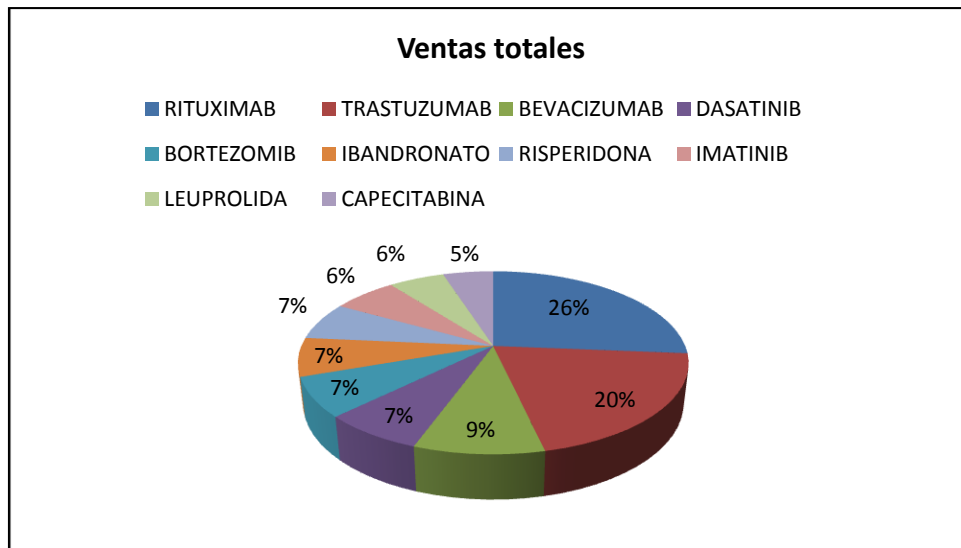
**Tabla 9. Principales principios activos de acuerdo al total de ventas en la cadena.**

No.	PRINCIPIO ACTIVO	TOTAL VENTAS
1	RITUXIMAB	115.075.258.136
2	TRASTUZUMAB	88.113.484.706
3	BEVACIZUMAB	39.854.910.926
4	DASATINIB	31.219.691.247
5	BORTEZOMIB	30.536.432.613
6	IBANDRONATO	29.788.565.377
7	RISPERIDONA	29.218.649.650
8	IMATINIB	27.823.356.821
9	LEUPROLIDA	24.077.090.665
10	CAPECITABINA	21.816.291.917

Fuente: El autor a partir de (SISMED - Ministerio de Salud y Protección Social, 2012)

En la

Ilustración 18, se presenta el comportamiento porcentual del valor de las ventas de principios activos oncológicos.



**Ilustración 18. Principales Principios Activos de acuerdo al Total de Ventas en la SC en Porcentaje**

Fuente: El autor a partir de (SISMED - Ministerio de Salud y Protección Social, 2012)

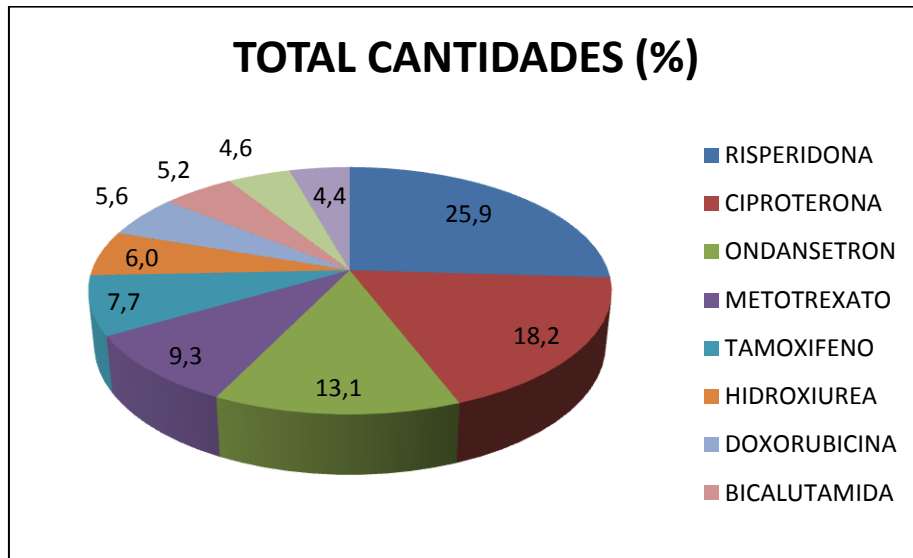
En la tabla 10, se presenta los 10 principios activos de medicamentos oncológicos que reportan la mayor cantidad de unidades vendidas:

**Tabla 10 Principales Principios Activos de acuerdo a las cantidades consumidas en unidades**

No.	PRINCIPIO ACTIVO	CANTIDADES
1	RISPERIDONA	1.069.592
2	CIPROTERONA	751.160
3	ONDANSETRON	540.529
4	METOTREXATO	385.391
5	TAMOXIFENO	318.331
6	HIDROXIUREA	245.810
7	DOXORUBICINA	229.573
8	BICALUTAMIDA	215.189
9	PACLITAXEL	188.470
10	IBANDRONATO	180.514

Fuente: El autor a partir de (SISMED - Ministerio de Salud y Protección Social, 2012)

En la Ilustración 19 se presenta el comportamiento de los 10 principios activos que tuvieron mayor cantidad de unidades vendidas.



**Ilustración 19. Principales Principios Activos de acuerdo a las cantidades vendidas (porcentaje)**

Fuente: El autor a partir de (SISMED - Ministerio de Salud y Protección Social, 2012)

### 3.1.6 Registro de procedimientos de quimioterapia en las IPS

A partir de la clasificación única de procedimientos de Salud (CUPS) (Ministerio de Salud, 2001), se presentan en la Tabla 11 los procedimientos que involucran el uso de medicamentos oncológicos.

**Tabla 11. Códigos y Procedimientos CUPS en Quimioterapia**

CUPS	Descripción Procedimiento
0124992501	Quimioterapia de inducción
0124992502	Quimioterapia intratecal
0124992503	Mono-quimioterapia (ciclo de tratamiento)
0124992504	Poliquimioterapia de bajo riesgo (ciclo de tratamiento) +
0124992505	Poliquimioterapia de alto riesgo (ciclo de tratamiento) +
0124992510	Infusión de quimioterapia intra-arterial (regional) o en cavidades +

Fuente: el autor, a partir de Cubo de información RIPS – Clasificaciones CUPS.

La información oficial del Ministerio de Salud y Protección Social sobre el reporte de procedimientos oncológicos con estos códigos CUPS, se consultó a través del Registro Individual de Prestaciones de Salud (RIPS), con permiso del Ministerio para el acceso al cubo SQL Sever Analysis Services de RIPS. El tratamiento y análisis de los datos se realizó en una tabla dinámica en Microsoft Excel®.

Desde la base de datos se filtra la información de acuerdo al criterio de clasificación de los seis procedimientos CUPS presentados en la Tabla 11, para identificar los prestadores de servicios a nivel nacional, que reportan dichos procedimientos, con el número de atenciones en el último año reportado (2011).

**Tabla 12. Atenciones de procedimientos de quimioterapia 2011**

<b>Departamento</b>	<b>Total de Atenciones 2011</b>	<b>Total Personas Atendidas 2011</b>	<b>Atenciones Promedio por Persona 2011</b>
Amazonas	21	21	1.00
Antioquia	16,834	5,284	3.19
Arauca	96	28	3.43
Atlántico	4,132	1,468	2.81
Bogotá D.C	35,895	11,669	3.08
Bolívar	4,157	1,232	3.37
Boyacá	843	353	2.39
Caldas	1,498	493	3.04
Caquetá	41	15	2.73
Casanare	18	6	3.00
Cauca	1,475	315	4.68
Cesar	570	211	2.70
Córdoba	2,124	679	3.13
Cundinamarca	237	83	2.86
Huila	4,468	1,194	3.74
La Guajira	39	20	1.95
Magdalena	1,408	567	2.48
Meta	1,038	543	1.91
Nariño	4,110	1,066	3.86
Nrt. de Santander	4,147	901	4.60
Quindío	1,574	568	2.77
Risaralda	3,578	928	3.86
Santander	6,438	2,029	3.17
Sucre	1,329	383	3.47

<b>Departamento</b>	<b>Total de Atenciones 2011</b>	<b>Total Personas Atendidas 2011</b>	<b>Atenciones Promedio por Persona 2011</b>
Tolima	3,441	1,064	3.23
Valle del cauca	14,725	3,758	3.92
Total País	114,236	34,878	3.28

Fuente: el autor, a partir de Cubo de información RIPS - (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012).

## **3.2 Relacionamiento de actores de la CS**

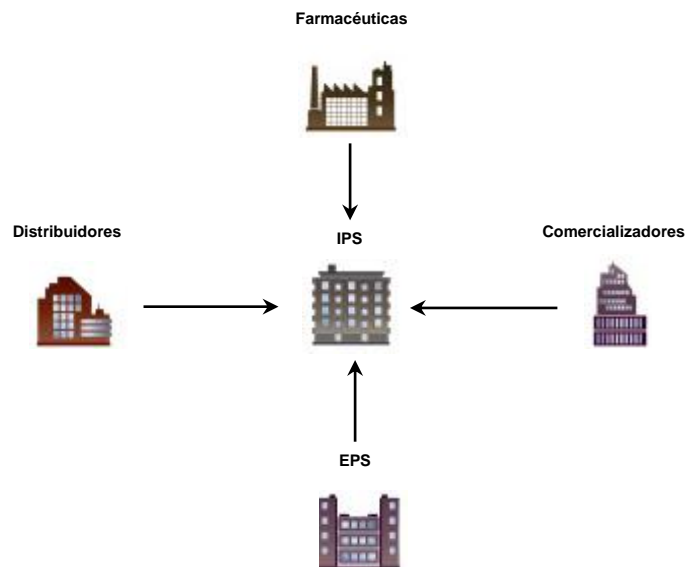
El mercado de los medicamentos oncológicos es principalmente de tipo institucional, debido a que quienes compran medicamentos a los agentes comerciales son las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud IPS, y no los pacientes. El paciente recibe el tratamiento a través de estas instituciones, las cuales se encuentran obligadas a cumplir los requerimientos mínimos de prestación de servicios para la atención integral del cáncer establecidos en la Ley 1384 de 2010. (Presidencia de la República de Colombia, 2010)

El aprovisionamiento de medicamentos oncológicos se presenta en dos formas. La primera está relacionada con la compra de los principios activos que son los medicamentos base para el tratamiento de las enfermedades del cáncer, producidos por los laboratorios farmacéuticos. Estos medicamentos son comercializados en el mercado comercial e institucional. La segunda forma, corresponde a la compra de las preparaciones de quimioterapia o medicamentos adecuados, los cuales corresponden a las dosis farmacológicas formuladas por el médico tratante y que son producidos por las centrales de preparación.

### **3.2.1 Relacionamiento en el aprovisionamiento de medicamentos**

El relacionamiento de los actores de la cadena de suministro tiene que ver con la forma en que operan los agentes comerciales en el mercado. Dentro de la investigación realizada, se encontró que existe un alto número de agentes comerciales que cumplen la función de proveedores a las IPS. Esto genera un alto nivel de intermediación en el mercado que produce altos costos para el sistema de salud colombiano.

En la Ilustración 20 se presenta el esquema que muestra este comportamiento. De esta manera, las IPS que tienen poder de adquisición y compran volúmenes altos de medicamentos, contratan directamente con los agentes comerciales de las firmas farmacéuticas o con los distribuidores mayoristas, logrando reducciones en el precio por eliminación de la intermediación. Las IPS que no tienen poder de negociación y compran bajos volúmenes de medicamentos, lo hacen a través de comercializadores, asumiendo generalmente un costo mayor en la compra de los medicamentos.

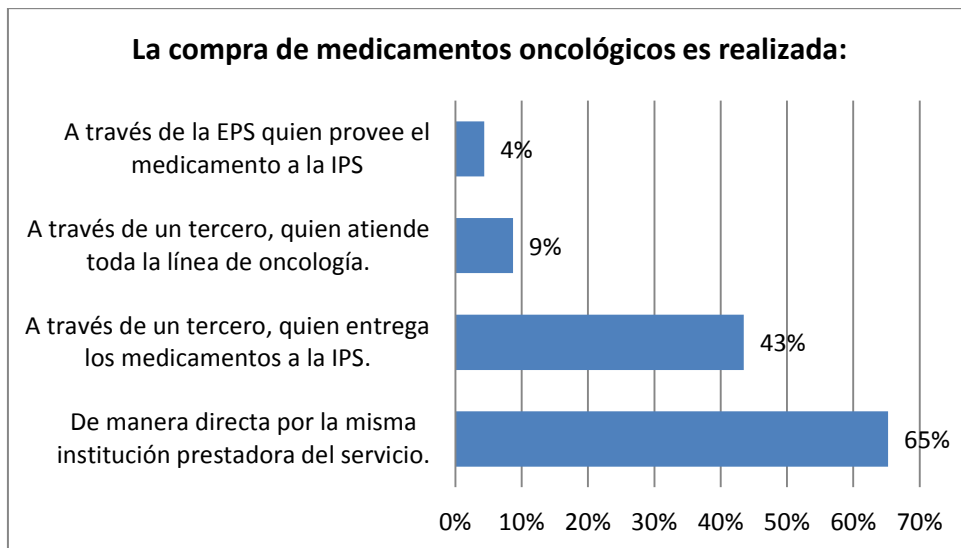


**Ilustración 20. Esquema de relaciones en la cadena de suministro.**

Fuente: el Autor.

El aprovisionamiento a través de las empresas promotoras de salud EPS, es otra forma de operar, en donde la EPS adquiere los medicamentos para cumplir las necesidades de las diferentes IPS vinculadas, con el propósito de reducir costos de intermediación y tener un mayor control en las operaciones de compra.

Resultado del trabajo de campo, se muestra en la Ilustración 21 la forma en que las IPS realizan la compra de medicamentos. El 65% de las IPS adquieren de manera directa sus medicamentos, el 43% lo realiza a través de un tercero quien entrega los medicamentos a la IPS, el 9% lo realiza a través de un tercero quien atiende toda la línea de oncología y el 4% a través de la EPS quien provee los medicamentos.

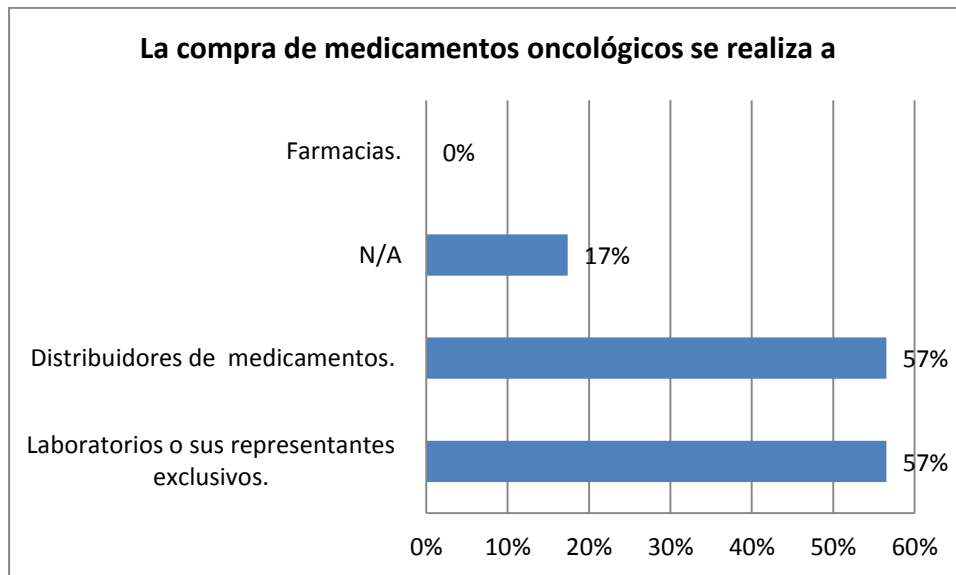


**Ilustración 21. Forma de adquisición de medicamentos en las IPS.**

Fuente: el autor.

En la Ilustración 22, se observa que las IPS que compran de manera directa los medicamentos, el 57% hacen la compra a los laboratorios farmacéuticos o sus representantes exclusivos, de igual forma el 57% de IPS responde que realiza sus compras a distribuidores o comercializadores. Con estos resultados se observa que las IPS deben acudir a diferentes agentes en la CS para la adquisición de los medicamentos, lo que sucede de acuerdo a los productos y al esquema de comercialización de las diferentes marcas en el mercado.





**Ilustración 22. Agentes comerciales a quienes las IPS compran medicamentos**

Fuente: el autor.

### **3.2.2 Relacionamiento para el aprovisionamiento de mezclas de quimioterapia.**

Para el aprovisionamiento de los medicamentos adecuados (preparaciones de quimioterapia), se realiza a través de las centrales de preparación. Las cuales obtienen los principios activos desde los distribuidores, comercializadores, las EPS, y las IPS cuando estas manejan stock de medicamentos. En algunos casos, las centrales de preparación cuentan con una función comercial, encargándose de proveer los medicamentos para la elaboración de las preparaciones de quimioterapia. En la Ilustración 23, se presenta un esquema que representa esta situación.

En la Ilustración 24 se observa que en el esquema de adquisición de mezclas de quimioterapia, el 39,1% lo realiza a través de un tercero (CP) quien recibe los medicamentos por parte de la IPS. El 34,8% son realizadas directamente por la IPS y el 21,7% a través de un tercero quien suministra los medicamentos.

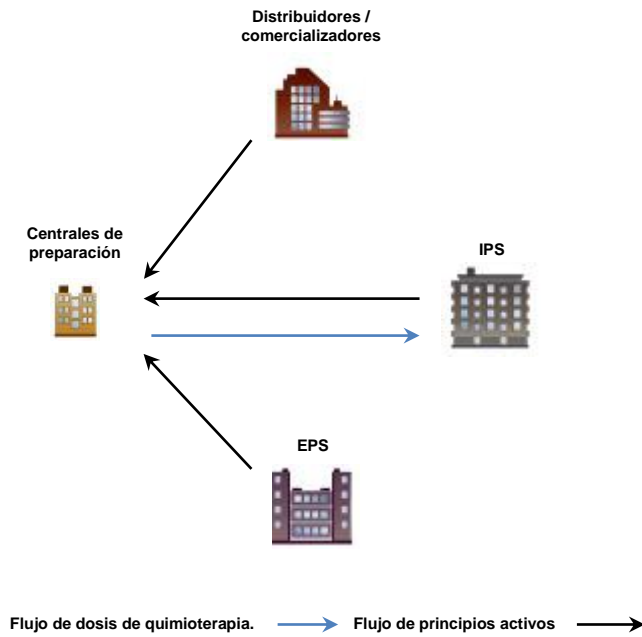


Ilustración 23. Esquema de relacionamiento en el aprovisionamiento de mezclas de quimioterapia.

Fuente: el Autor.

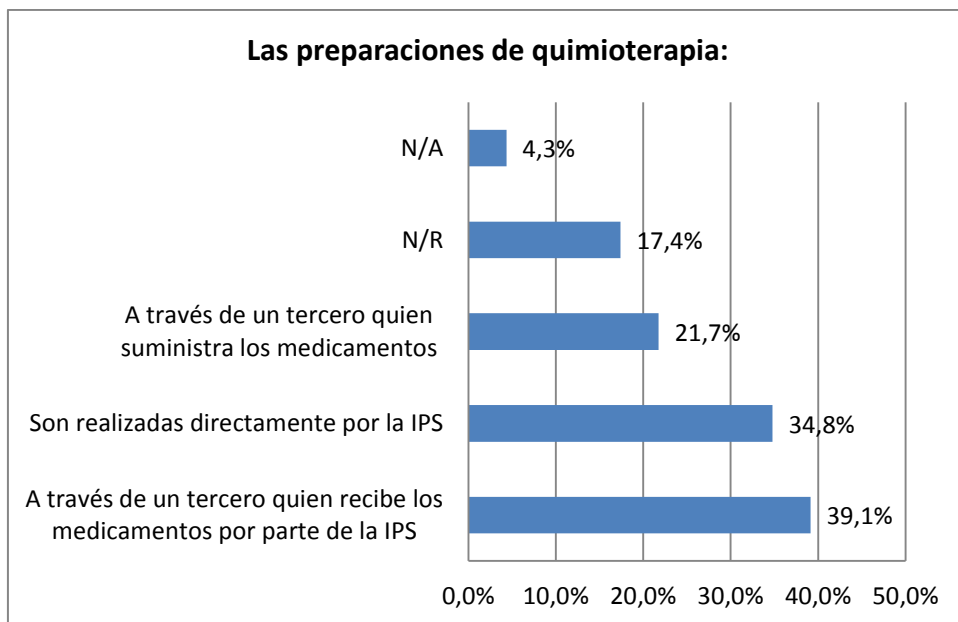
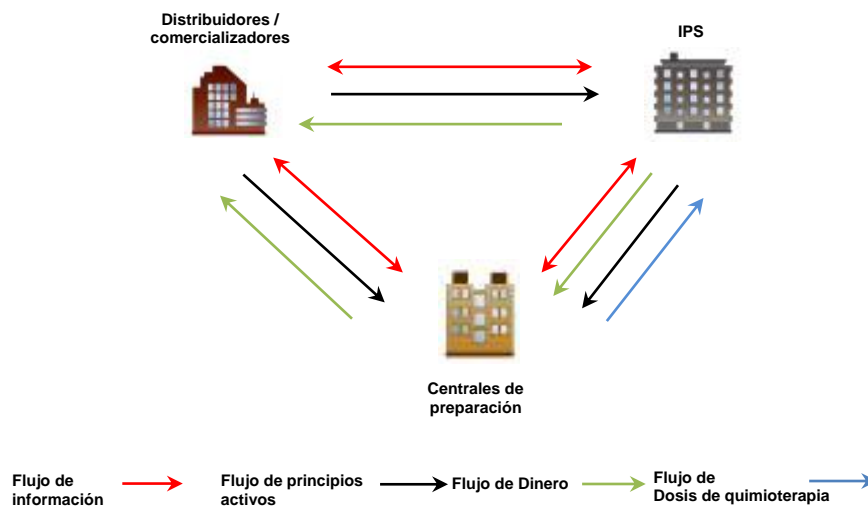


Ilustración 24. Forma de adquisición de medicamentos adecuados.

Fuente: el autor.

### 3.2.3 Descripción de los flujos logísticos

La relación de los tres eslabones de la CS, se da a través de los flujos de producto y de dinero como se presenta en la Ilustración 25.



**Ilustración 25. Flujos de la Cadena de suministro.**

Fuente: el autor.

En la relación IPS con las centrales de preparación (CP), los flujos físicos y de dinero, se presentan de acuerdo a la negociación entre estos eslabones, lo que define la forma de operación. El primer caso se presenta cuando la IPS contrata directamente con el proveedor la compra de los medicamentos, hace la recepción y el almacenamiento, y de acuerdo con la programación médica para la aplicación de quimioterapias, hace el envío o la entrega de los medicamentos a la CP para la elaboración de las dosis respectivas. La CP envía a la IPS las dosis para la aplicación a los pacientes.

Estas operaciones generan costos en los desplazamientos que se deben realizar, pero permiten reducir en la mayoría de los casos costos de intermediación en la compra de

medicamentos. El costo de transporte en cadena de frío para medicamentos, se cobra en promedio \$66.040 para un peso de 30 kilos en despachos al interior de la ciudad, de los cuales 41.040 corresponde al flete y 25.000 al costo de manejo.

El segundo caso se presenta cuando la CP compra los medicamentos a los distribuidores o comercializadores, presta el servicio de almacenamiento y manejo, y suministra las preparaciones a la IPS de acuerdo a las solicitudes de aplicación de quimioterapia.

En ambos casos, estos modelos de operación presentan ineficiencias por los desplazamientos que se deben realizar, pero resultan favorables para aquellas IPS que no cuentan con la infraestructura necesaria para realizar las mezclas y preparación de dosis.

Los flujos de información se presentan con la expedición de órdenes de pedido, revisión de los niveles de inventario, comunicación de la programación de los tratamientos de oncología, solicitudes y consultas entre los agentes.

### **3.2.4 Esquema de servicios de transporte utilizados en el aprovisionamiento**

Los servicios de transporte para el aprovisionamiento de medicamentos, se presenta en dos etapas, la primera es cuando las IPS adquieren directamente los medicamentos y los almacenan en sus instalaciones, y la segunda, cuando los medicamentos adecuados (dosis de quimioterapia) son recibidas para la aplicación de los tratamientos.

En la Ilustración 26, se observa que para la primera etapa de recepción de medicamentos sin adecuar, el 43% de los servicios de transporte son prestados por un tercero seleccionado por el proveedor de medicamentos. El 39% directamente por el proveedor y el 9% es prestado por un tercero seleccionado por la IPS. El 13 corresponde a otros esquemas que no son conocidos por las IPS.

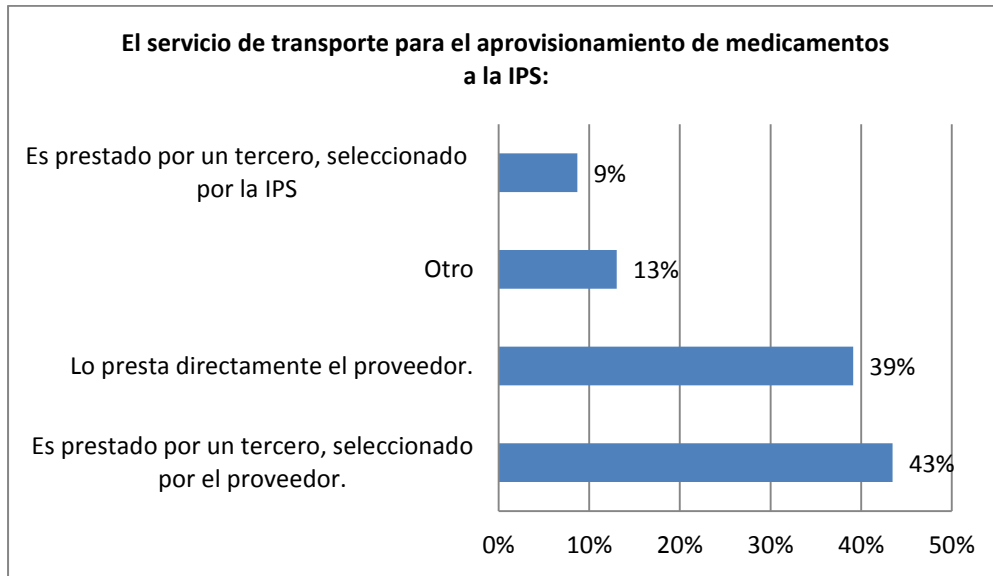


Ilustración 26. Esquema de servicios de transporte utilizados en el aprovisionamiento.

Fuente: el autor.

Para la etapa de recepción de medicamentos adecuados, se observa en la Ilustración 27, que el 74% lo realiza directamente la CP, el 21% a través de un tercero y el 5% por la IPS.

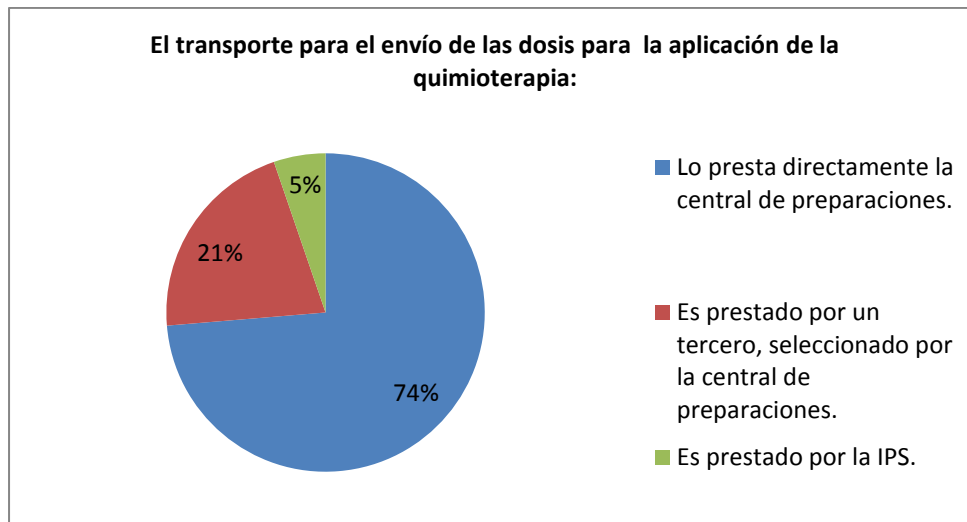


Ilustración 27. Esquema de servicios de transporte utilizados en el aprovisionamiento de dosis de quimioterapia.

Fuente: el autor.



## 4. Análisis del riesgo

Una vez revisado el contexto del riesgo en la cadena de suministro y desarrollado el trabajo de campo en las IPS, se identificaron los factores de riesgo, la tipología del riesgo y los riesgos asociados en la CS, se aplicó la metodología de evaluación de acuerdo a la calificación de la probabilidad de ocurrencia e impacto del riesgo, presentado en el capítulo 2 de la metodología.

El modelo de gestión del riesgo propuesto, se compone por los elementos básicos de la SCRM, que incluye las etapas de identificación, evaluación, mitigación, seguimiento y control. Se enlaza con el componente de la retroalimentación, buscando generar experiencia acumulada sobre los comportamientos y las decisiones tomadas. La importancia de la gestión de los datos históricos de los programas de gestión del riesgo en la CS, es que permite cuantificar las medidas de riesgo y adoptar lineamientos para la planeación de la cadena de suministro. En la Ilustración 28.

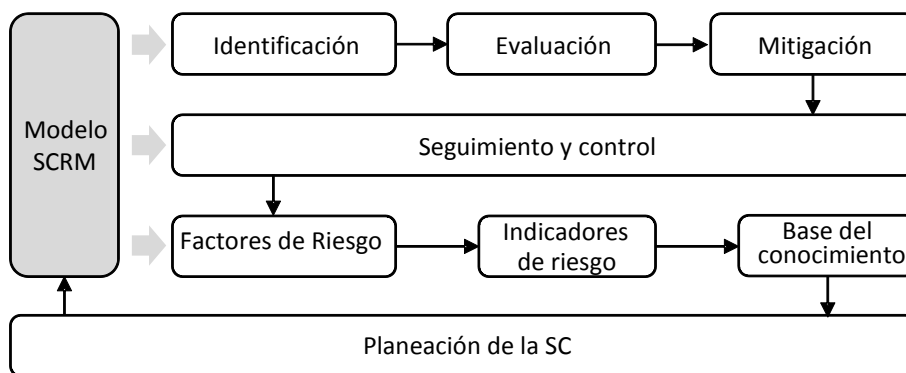


Ilustración 28. Componentes del Modelo de gestión del riesgo propuesto

Fuente: el autor

## 4.1 Identificación del riesgo

Para la identificación del riesgo, se establecieron los factores de riesgo externos e internos, que se comportan como una circunstancia o un agente generador de riesgo de aprovisionamiento en la cadena de suministro de medicamentos oncológicos.

### 4.1.1 Factores de riesgo externos

Los factores de riesgo externos se resumen en la Tabla 13, la cual presenta el factor de riesgo y su incidencia en las operaciones de aprovisionamiento de la cadena de suministro. La calificación de incidencia en el riesgo, corresponde a la percepción de los encuestados.

**Tabla 13. Definición de los factores de riesgo externos.**

<b>Factor de riesgo externo</b>	<b>Efecto sobre la operación de aprovisionamiento</b>	<b>Incidencia en el riesgo</b>
Capacidad de respuesta de los proveedores	Incumplimiento de pedidos en términos de tiempos de entrega y cantidades entregadas.	Alta
Agotamiento del principio activo	Afectación de la producción de medicamentos por escasez del principio activo	Alta
Capacidad de los sistemas logísticos	Aumento de los tiempos de aprovisionamiento por demoras en los sistemas logísticos. Afectación de la calidad de los productos por condiciones de manejo poco controladas en los medios de transporte. (medios de transporte no estandarizados para el transporte de medicamentos oncológicos, falta de regulación en este tipo de operaciones).	Alta
Cambios en la demanda frente a la oferta en el mercado	Variación de la demanda no considerada en la etapa de planeación. Se puede deber a un mayor número de pacientes que requieren	Media



<b>Factor de riesgo externo</b>	<b>Efecto sobre la operación de aprovisionamiento</b>	<b>Incidencia en el riesgo</b>
	medicamentos, o a cambios en los esquemas de tratamientos que requieren medicamentos con alta demanda. Afectan la programación de compras.	
Disponibilidad del medicamento	Bajo nivel de existencias de un tipo de medicamento en el mercado, debido a los altos costos de mantener inventario por las condiciones de manejo que se deben garantizar. (cadena de frío, luminosidad, humedad relativa, etc.)	Media
Condiciones de negociación	Baja capacidad de las IPS para negociar con los agentes de la CS. Condiciones desfavorables para las IPS, por las características del mercado de proveedores.	Alta
Proveedores únicos	Esto aplica para los medicamentos que son producidos exclusivamente por un fabricante, generando dependencia en el mercado.	Alta

**Tabla 13. Definición de los factores de riesgo externos.** (Continuación)

<b>Factor de riesgo externo</b>	<b>Efecto sobre la operación de aprovisionamiento</b>	<b>Incidencia en el riesgo</b>
Políticas sobre el precio de medicamentos	Los altos precios que se cobran en el mercado afectan los costos totales de operación. En el 2004, se estableció libertad regulada a medicamentos oncológicos, (Circular 01 de 2004 Comisión Nacional de Precios de Medicamentos).	Media
Intermediación comercial	Los altos niveles de intermediación producen efectos en los costos de compra.	Baja
Información disponible en la CS	Ausencia de información en la cadena de suministro. No se conocen en tiempo, las variables relacionadas con niveles de existencias en los diferentes niveles de la cadena, costos de	Alta

	operación. Afectan la toma de decisiones.	
Falta de Coordinación entre los agentes de la cadena	No se observan estrategias de coordinación implementadas por los agentes de la CS, lo que produce niveles mayores de vulnerabilidad a los diferentes tipos de riesgo	Media

Fuente: el autor.

### 4.1.2 Factores de riesgo internos

Los factores de riesgo internos, se constituyen en las fuentes de riesgo que hacen vulnerable a la CS desde las condiciones de operación internas. En la Tabla 14

**Tabla 14. Definición de los factores de riesgo internos**

<b>Factor de riesgo interno</b>	<b>Efecto sobre la operación de aprovisionamiento</b>	<b>Incidencia en el riesgo</b>
Políticas de negociación con proveedores	Ausencia de políticas de negociación, afectando las condiciones de entregas, precios, disponibilidad de producto.	Alta
Errores en la previsión de demanda	Falta de aplicación de técnicas formales para la previsión de la demanda de medicamentos oncológicos. Dimensionamiento erróneo de las operaciones, afectando el nivel de servicio y los costos de operación del sistema.	Medio
Ausencia de planes de contingencia	No se cuenta con metodologías formales para la elaboración y aplicación de planes de contingencia en situaciones de materialización del riesgo.	Medio
Capacidad de los sistemas de gestión de inventarios	Baja capacidad para adquirir y mantener mayores niveles de existencias de medicamentos, produciendo respuesta limitada en situaciones de materialización del riesgo.	Media

Factor de riesgo interno	Efecto sobre la operación de aprovisionamiento	Incidencia en el riesgo
Ausencia de sistemas de información integrados	No se utilizan sistemas de información integrados, que faciliten las operaciones de colaboración y coordinación en la cadena de suministro. Afectan las condiciones de operación de la cadena. Disminuye la efectividad de los sistemas de seguimiento y control.	Alta

### 4.1.3 Definición y evaluación del riesgo

A partir de los factores internos y externos, se identificaron tres tipos de riesgo: de aprovisionamiento, de condiciones de negociación y de información. Se establecieron nueve riesgos, con base en la tipología definida, como se presenta en la Ilustración 29.

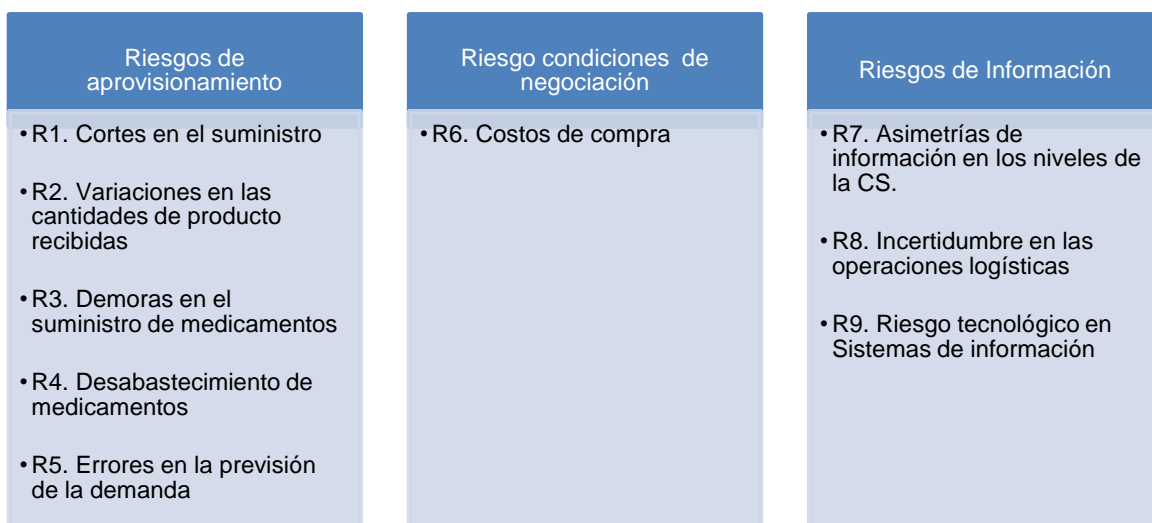


Ilustración 29. Identificación del riesgo - tipología y definición.

Fuente: el autor

Se realiza la calificación y evaluación del riesgo acuerdo a lo descrito en la metodología del capítulo 2. En la Tabla 15 se presenta la evaluación de los riesgos de aprovisionamiento. En la Tabla 16. Evaluación de los riesgos de negociación.

Factores de riesgo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Evaluación
--------------------	--------	--------------	---------	------------

Factores de riesgo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Evaluación
Condiciones de negociación				RE
Proveedores únicos	R6. Costos de compra	A	I	
Políticas sobre el precio de medicamentos				
Intermediación comercial				

Fuente: el autor.

Tabla 17 se presenta la evaluación de los riesgos de información y en la Tabla 16 la evaluación de los riesgos de negociación.

**Tabla 15. Evaluación de los riesgos de aprovisionamiento.**

Factores de riesgo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Evaluación
Capacidad de respuesta de los proveedores / Agotamiento del principio activo	R1. Cortes en el suministro	B	C	RI
Capacidad de los sistemas logísticos	R2. Variaciones en las cantidades de producto recibidas	M	I	
Cambios en la demanda frente a la oferta en el mercado	R3. Demoras en el suministro de medicamentos	M	M	
Disponibilidad del medicamento	R4. Desabastecimiento de medicamentos			
Errores en la previsión de demanda	R5. Errores en la previsión de la demanda	B	C	

Fuente: el autor.

**Tabla 16. Evaluación de los riesgos de negociación.**

Factores de riesgo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Evaluación
Condiciones de negociación	R6. Costos de compra	A	I	RE

Factores de riesgo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Evaluación
Proveedores únicos				
Políticas sobre el precio de medicamentos				
Intermediación comercial				

Fuente: el autor.

Tabla 17. Evaluación de los riesgos de información.

Factores de riesgo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Evaluación
Información disponible en la CS	R7. Asimetrías de información en los niveles de la CS.	M	I	RI
Falta de Coordinación entre los agentes de la cadena	R8. Incertidumbre en las operaciones logísticas	M	I	RI
Ausencia de sistemas de información integrados	R9. Riesgo tecnológico en Sistemas de información	M	M	RM

Fuente: el autor.

#### 4.1.4 Análisis del riesgo

Con base en los resultados obtenidos de la evaluación, se estableció una priorización del riesgo, para enfocar el análisis hacia aquellos riesgos que pueden tener un impacto mayor en las operaciones de aprovisionamiento. Esta priorización se presenta en la Ilustración 30.

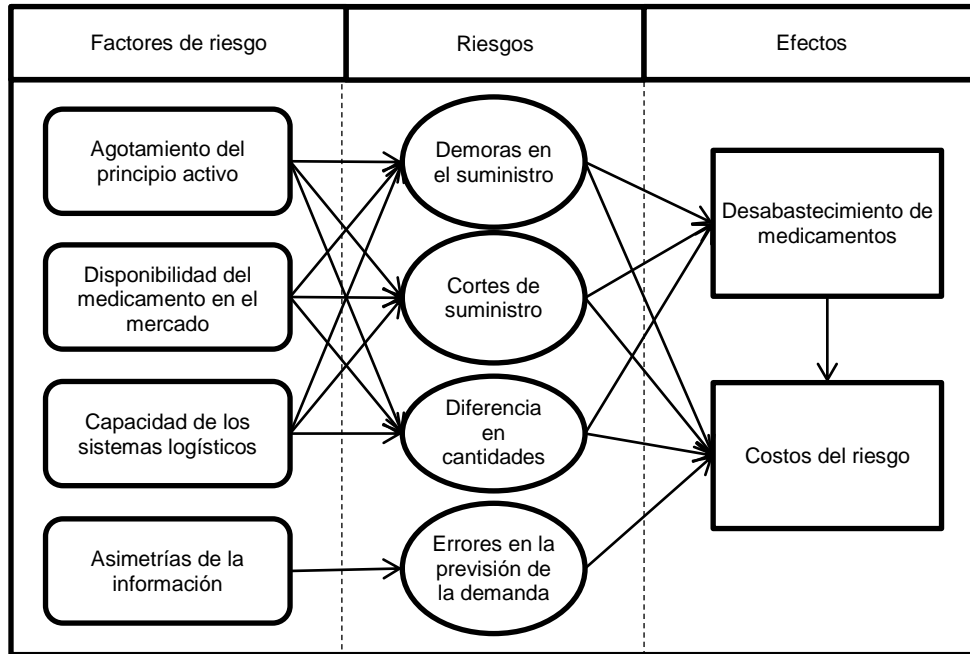


Ilustración 30. Priorización del riesgo de aprovisionamiento.

Fuente: el autor.

La evaluación de los riesgos priorizados se presenta en la Ilustración 31.

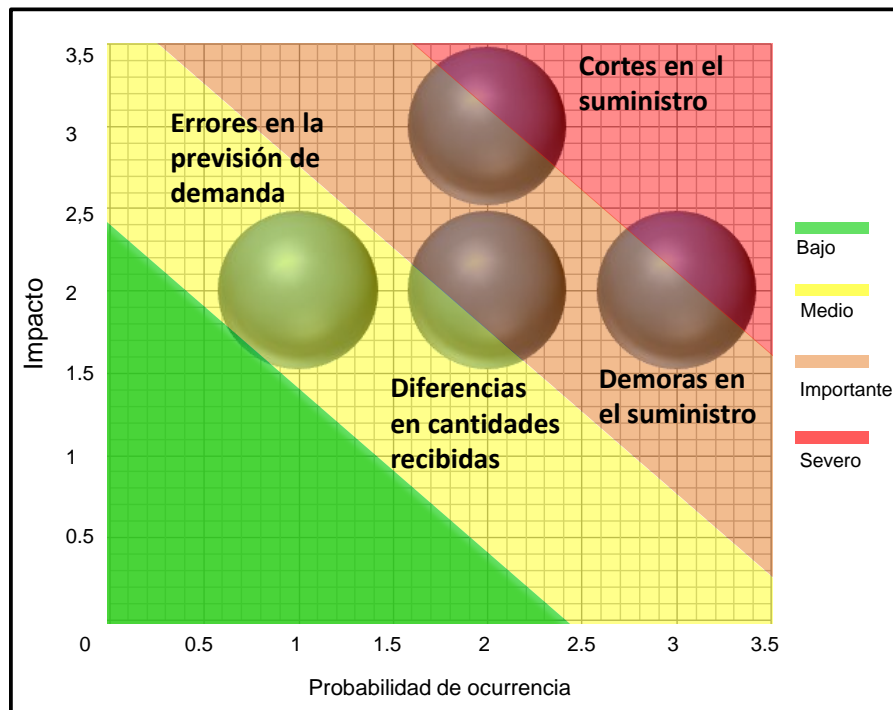


Ilustración 31. Evaluación de riesgos priorizados

Fuente: el autor

### **4.1.5 Componentes para el seguimiento y control del riesgo**

Para la etapa de seguimiento y control del riesgo se definen los indicadores de riesgo necesarios para hacer trazabilidad al comportamiento de variables e indicadores que permiten tomar decisiones oportunas, antes y durante la materialización del riesgo. Estos indicadores guían las estrategias de mitigación del riesgo en la CS y ayudan a establecer nuevas condiciones para la identificación, evaluación y análisis del riesgo.

Los indicadores de riesgo son métricas utilizadas para proporcionar una señal temprana del aumento la exposición al riesgo en las diversas áreas de la organización. En algunos casos, pueden representar los principales ratios de la gestión de toda la organización. Permiten a partir de la evaluación de los indicadores, establecer la evolución de los riesgos y las oportunidades potenciales, señalando el tipo de decisiones que deben ser tomadas. Otros pueden ser más elaborados e implican la agregación de varios indicadores de riesgo individuales en una puntuación multidimensional sobre eventos emergentes que pueden dar lugar a nuevos riesgos y oportunidades. (Hancock, Beasley, y Branson, 2010). En la Ilustración 32, se presentan los indicadores de riesgo para los tres tipos de riesgos identificados.



**Ilustración 32. Indicadores de riesgo para seguimiento y control**

Fuente: el autor





## 5. Formulación de Estrategias para la CS

La formulación de estrategias se realiza con base en el estudio del comportamiento de la cadena de suministro en las condiciones actuales de riesgo. De esta manera, el análisis del desempeño es un referente para establecer las variables que se ven afectadas en el ambiente de vulnerabilidad de la CS. La metodología para establecer las estrategias para la CS, utiliza el enfoque sistémico, con el propósito de entender las dinámicas presentes que son afectadas en el relacionamiento de los agentes por los factores de riesgo evaluados.

Resultado de la revisión de las técnicas para analizar el comportamiento de la CS, se estableció que la técnica más adecuada, que involucre el análisis de flujos y permita conocer el comportamiento del sistema en términos de desempeño, es la dinámica de sistema, bajo las siguientes consideraciones:

La dinámica de sistemas (DS) combina la teoría, los métodos y la filosofía necesaria para analizar el comportamiento de los sistemas, no solamente en lo relacionado con la gestión, sino también en los campos relacionados con el medio ambiente, la política, el comportamiento económico, la medicina, la ingeniería y otros (Forrester, 1991).

El campo de la DS, desarrollado en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) en 1950 por Jay Forrester, se basa en la estructura y dinámica de los sistemas complejos. Sobre la base de la teoría de la ingeniería de control y la teoría de sistemas dinámicos no lineales, la DS se utiliza en el desarrollo de modelos formales y de simulación que permiten capturar dinámicas complejas, para crear un ambiente propicio para el aprendizaje y el diseño de políticas (Sterman, 2002).

La DS desarrolla el concepto de la realimentación en los sistemas, el cual se constituye como un principio básico del control que permite tomar decisiones para alinear los objetivos esperados frente a

la situación actual. En este sentido, la dinámica de sistemas ayuda a identificar la estructura de los sistemas y su comportamiento. Los niveles de discrepancia en las variables del sistema, resultan obvios cuando se establece la composición estructural y dinámica de los sistemas, y son la base para establecer estrategias que orienten su comportamiento. (Liu, Xu, Li, Wang, & Wu, 2012)

El comportamiento sistémico de las redes de suministro se relaciona fuertemente con su estructura. Esta estructura incluye elementos tanto operativos como de comportamiento (Sterman, *Operational and Behavioral Causes of Supply Chain Instability*, 2005). Lo operativo se asocia a las estructuras física e institucional. La estructura física incluye la colocación de inventarios en toda la red de proveedores y clientes, las operaciones de producción, la realización de pedidos, transporte, etcétera. La estructura institucional incluye el grado de coordinación horizontal y vertical en la CS, la competencia entre y dentro de las empresas, la disponibilidad de información de cada organización y de las áreas funcionales. Los elementos del comportamiento comprenden los modelos mentales de los tomadores de decisiones, incluyendo sus actitudes, atribuciones sobre otros actores, y las heurísticas y rutinas que utilizan para interpretar la información que tienen y tomar decisiones tales como producción, capacidad y precios, entre otras.

En este sentido, la contribución de la DS para entender e interpretar los efectos del riesgo en el desempeño de la cadena de suministro, es fundamental, considerando que los elementos de las estructuras física e institucional, son los elementos que constituyen los factores de riesgo y a su vez hacen parte de los componentes centrales para establecer las estrategias de manejo y mitigación del riesgo.

Los factores de riesgo asociados al aprovisionamiento en la CS se presentan de manera endógena a los elementos operativos y de comportamiento y de forma exógena por factores del entorno, económicos, tecnológicos, sociales, políticos y de infraestructura pública, entre otros.

El problema del abastecimiento ha sido estudiado desde el punto de vista de los sistemas dinámicos, entendiendo a la CS como el conjunto de estructuras y procesos de una organización, utilizados para ofrecer una salida al cliente, lo que puede ser un producto o un servicio. (Sterman, 2000).

La gestión de las incertidumbres y de la dinámica de las CS de las empresas requiere un énfasis continuo en la adaptación de la oferta a la demanda. Con el objetivo de utilizar la CS como una fuente de ventajas competitivas, muchas empresas se esfuerzan no solamente de forma reactiva,

respondiendo a la demanda del cliente, sino que también de manera proactiva para mejorar las condiciones de operación de la cadena de suministro para mejorar los beneficios (An & Ramachandran, 2005).

Mediante la simulación y el análisis de este modelo, Forrester examinó "... muchos temas de investigación actuales en la gestión de la cadena de suministro [...] incluyendo la amplificación de la demanda, cambios de inventario, el efecto de las políticas publicitarias en la variación de la producción, control descentralizado, o el impacto de la utilización de tecnología de la información en el proceso de gestión "(Angerhofer y Angelides, 2000: 342).

El enfoque en bucles de retroalimentación y demoras hace de la DS una herramienta valiosa para la investigación de las cadenas de suministro. Una ventaja importante es la posibilidad de deducir la ocurrencia de un modo de comportamiento específico debido a la estructura que conduce a que el comportamiento de los sistemas sea transparente.

De acuerdo con (Größler & Schieritz, 2005) el modelado y la simulación permiten analizar el comportamiento dinámico de las cadenas de suministro. Los circuitos de retroalimentación, retrasos y acumulaciones son algunas de las causas estructurales más importantes de comportamiento dinámico contra-intuitivo.

Incluso relativamente simples estructuras de la cadena de suministro conducen a los individuos a tomar sistemáticamente decisiones subóptimas debido a los bucles de retroalimentación inherentes de la cadena (por ejemplo, entre los pedidos y las mercancías entrantes) y demoras (por ejemplo, tiempos de procesamiento de pedidos). El efecto (negativo) de los bucles de retroalimentación y los retrasos en el rendimiento de los tomadores de decisiones se ha demostrado en diversos estudios (Brehmer, 1992; Dörner, 1996).

Experimentos de simulación permiten una investigación sistemática de las relaciones causa-efecto que están separados por el espacio y el tiempo, las condiciones extremas y situaciones que no se pueden observar en la realidad debido a los costos y riesgos implicados.

De acuerdo con Parunak et al. (1998), muchos de los modelos computarizados desarrollados en el campo de la gestión de la cadena de suministro utilizan la dinámica del sistema (DS).

DS es una metodología de simulación que emplea el manejo continuo de tiempo y una visión global sobre los objetos para modelar y analizar los sistemas socio-económicos dinámicos. Muchos de sus conceptos básicos se derivan de la teoría de control de realimentación de ingeniería.

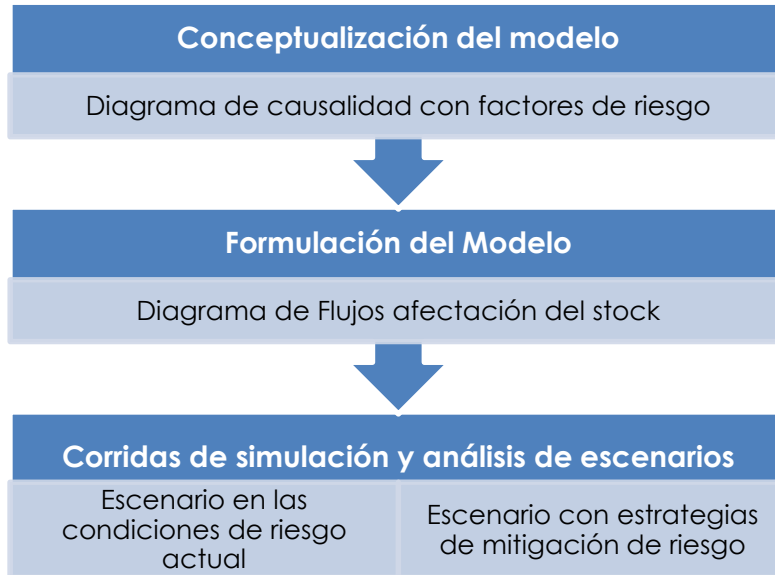
La descripción del modelo matemático se realiza con la ayuda de una o muchas ecuaciones diferenciales ordinarias. "El objetivo declarado del enfoque de dinámica de sistemas es comprender cómo la estructura de retroalimentación de un sistema da lugar a su comportamiento dinámico." (Richardson, 1991: 299) La estructura consta de varios bucles de retroalimentación que interactúan como elementos básicos de la metodología de construcción. En conjunto, estos bucles de retroalimentación representan las políticas y los procesos continuos que subyacen a eventos discretos (Forrester, 1961). Los bucles de realimentación relacionan el stock (estado) y las variables de flujo (cambio). Además de los bucles de retroalimentación, la acumulación y los retrasos son las características principales que constituyen modelos de DS (Forrester, 1968). En la práctica, la elaboración de los modelos de dinámica de sistemas, se apoyan en la interacción de grupos interdisciplinarios (Vennix, 1996).

## **5.1 Metodología utilizada para el modelado con Dinámica de Sistemas**

La metodología para aplicar la dinámica de sistemas, se basa en la estructura y en las condiciones de operación de la CS. Se utilizan principalmente dos herramientas. Los diagramas de causalidad, que permiten modelar las interacciones de los componentes del sistema y su influencia en los demás elementos. Y los diagramas de flujos, que permiten establecer las relaciones de cambio en el sistema a partir de las relaciones definidas en el diagrama causal.

El modelo de dinámica de sistemas se basa en la metodología propuesta por Jay Forrester y utilizada ampliamente por diferentes autores a nivel internacional. Se plantea entonces la estructura del sistema a partir de la representación de los flujos y las acumulaciones de medicamentos en las diferentes instancias en la CS, dadas por las operaciones de aprovisionamiento, almacenamiento y distribución. Estas instancias no representan un nodo específico en la CS, o un lugar físico de almacenamiento o distribución, sino que se componen de manera agregada de los flujos y

acumulación de productos en el sistema. Las acumulaciones son claves en la dinámica de los sistemas, debido a que caracterizan el estado del sistema, definen su comportamiento y se constituyen en una fuente de información para la toma de decisiones. En la Ilustración 33 se presenta la metodología establecida. La etapa de conceptualización del modelo, se desarrolló con el análisis de causalidad de los factores de riesgo.



**Ilustración 33. Metodología para el modelado con Dinámica de Sistemas DS.**

Fuente: el autor

## 5.2 Formulación del Modelo

A continuación se describe la formulación del modelo de simulación, diseñado con el software Vensim PLE 6.0 b. en la Ilustración 34 y la Ilustración 35, se muestran los diagramas de flujo del modelo, con los flujos y los niveles que representan el sistema.

### 5.2.1 Acumulaciones:

**Stock de medicamentos en el sistema.** Este nivel es alimentado por el flujo *Órdenes recibidas*, que corresponde al número de unidades de medicamentos que ingresan al sistema durante un periodo de tiempo. Se presentan los flujos de salida: *Dispensación de*

*medicamentos* y *Envío de medicamentos a CP*, que balancean el stock a través de las operaciones de distribución de medicamentos hacia las farmacias para dispensación y hacia las centrales de preparación para la adecuación de las dosis de quimioterapia. En el modelo el nivel se representa como aparece a continuación:

*Stock de medicamentos*( $t$ )

$$= \int_{t_0}^t (\text{flujo de órdenes recibidas}(\tau) - \text{Dispensación de medicamentos}(\tau) - \text{Envío de medicamentos a CP}(\tau))d(\tau) + \text{Stock de medicamentos}(t_0) \quad (1)$$

Donde  $t$  es el tiempo durante el cual se cuantifica el nivel de stock,  $t_0$  es el tiempo inicial. En la ecuación (1), se considera un inventario inicial que es representado por *Stock de medicamentos* ( $t_0$ ). El nivel de stock es objeto de análisis sobre la base de las necesidades de medicamentos por periodo de tiempo, y proporciona la información necesaria para la toma de decisiones de reaprovisionamiento y de manejo del riesgo.

## 5.2.2 Variables auxiliares

Las siguientes ecuaciones corresponden a las variables auxiliares, de las cuales tres tienen connotación de flujos. En las variables auxiliares no se consideran los subíndices, a menos que sea necesario.

*Solicitudes de tratamientos* indica el valor mensual del consumo agregado de los medicamentos en [unidades/mes]. Para la corrida inicial de la simulación se asigna el valor constante que corresponde al consumo agregado promedio mensual del principio activo: Doxorubicina, que en el último año ha presentado eventos de desabastecimiento en el país, y que por lo tanto es objeto de interés para este estudio.

El *factor de corrección de la demanda* es el factor que ajusta el consumo histórico al comportamiento real de demanda, sobre la base del crecimiento y las variaciones que se presentan en las aplicaciones de quimioterapia, por cambios o suspensiones en los esquemas de tratamiento.

La variable **Programación de tratamientos** es el número de tratamientos de oncología (quimioterapia) programados durante un periodo de tiempo desde las IPS. En la relación causal con **Solicitudes de tratamientos** se establece la demora **Aprobación EPS**, que corresponde al tiempo del trámite de aprobación de la EPS. En la ecuación (2) se presenta esta variable.

$$\begin{aligned}
 & \textit{Programación de tratamientos} \\
 & = \textit{Solicitudes de tratamientos} \\
 & * \textit{Factor de corrección de la demana/Aprobación EPS}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

**Emisión de Órdenes**, es el número de unidades de producto ordenadas al proveedor por periodo. Está dada por la programación de tratamientos más la diferencia del Stock, en [unidades/mes].

$$\begin{aligned}
 & \textit{Emisión de Órdenes} = \textit{IF THEN ELSE (Diferencia stock} \\
 & < 0, \textit{Diferencia stock} + \textit{Programación de tratamientos} , \\
 & \textit{Programación de tratamientos} )
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

La **Diferencia Stock** es la diferencia de las existencias de medicamentos en el sistema en relación con la demanda por periodo de tiempo. Es una variable de control que permite ajustar el stock con el propósito de evitar el desabastecimiento de forma oportuna y disminuir el costo de manejo de inventarios. Está dado por [unidades/mes].

$$\textit{Diferencia Stock} = (\textit{Stock de medicamentos} - \textit{Programación de tratamientos})
 \tag{4}$$

**Procesamiento de órdenes** representa la respuesta del proveedor a las solicitudes de compra de medicamentos. Esta dada por el producto de la **Emisión de órdenes** por el **factor de riesgo del mercado** considerando la demora de respuesta dada por el **tiempo de procesamiento**. Se expresa en [unidades/mes].



$$\text{Procesamiento de órdenes} = \frac{\left( \text{Emisión de órdenes} * \text{factor de riesgo de la oferta} \right)}{\text{tiempo de procesamiento}} \quad (5)$$

**Factor de riesgo de la oferta:** es un factor de riesgo asociado a la incertidumbre en la respuesta del mercado de proveedores de medicamentos. Se da por la probabilidad de ocurrencia de eventos asociados a rupturas y demoras en el flujo de productos generados en las fuentes de aprovisionamiento.

**Tiempo de procesamiento,** es el tiempo de respuesta del mercado de proveedores sobre las órdenes de compra de medicamentos, expresado en [mes].

**Órdenes recibidas,** es el flujo de entrada de medicamentos recibidos en el sistema por unidad de tiempo. Su valoración está dada por el producto entre el procesamiento de órdenes y el factor de riesgo de aprovisionamiento. Contempla el tiempo de respuesta de los servicios de distribución utilizados por el proveedor. [unidades/mes].

**Órdenes recibidas**

$$= (\text{Procesamiento de órdenes} * (1 - \text{Factor de Riesgo de Aprovisionamiento})) / \text{Tiempo de respuesta} \quad (6)$$

**Factor de riesgo de aprovisionamiento:** es el factor de riesgo asociado a la incertidumbre en el abastecimiento por los servicios de distribución, transporte y manejo. Se da por la probabilidad de ocurrencia de eventos asociados a interrupciones en el flujo de productos generados en los servicios logísticos de distribución hacia las IPS.

**Tiempo de respuesta,** corresponde a la demora en el aprovisionamiento, resultado del tiempo de respuesta de los servicios de distribución de medicamentos desde el proveedor hacia las IPS.

**Dispensación:** es el flujo de salida que representa la cantidad de medicamentos entregados por el servicio de farmacia por periodo de tiempo. Corresponde al producto entre el **Stock de medicamentos** por la proporción de medicamentos destinada a dispensación. Esta dado en [unidades/mes].

***Dispensación = IF THEN ELSE(Programación de tratamientos  $\geq$  Stock de medicamentos,  
Stock de medicamentos \* Proporción a dispensación, Programación de tratamientos \*  
Proporción a dispensación)*** (7)

***Envío de medicamentos a CP:***, es un flujo de salida que corresponde a la cantidad de medicamentos enviados a central de preparaciones, para adecuación a dosis personales, en [unidades/mes]. Resulta de multiplicar ***Stock de medicamentos*** por la proporción de medicamentos destinada a central de preparaciones.

***Envío de medicamentos a CP = IF THEN ELSE(Programación de tratamientos  
 $\geq$  Stock de medicamentos, Stock de medicamentos \* Proporción a CP,  
Programación de tratamientos \* Proporción a CP)*** (8)

### 5.2.3 Diagrama de Flujos de modelo de simulación

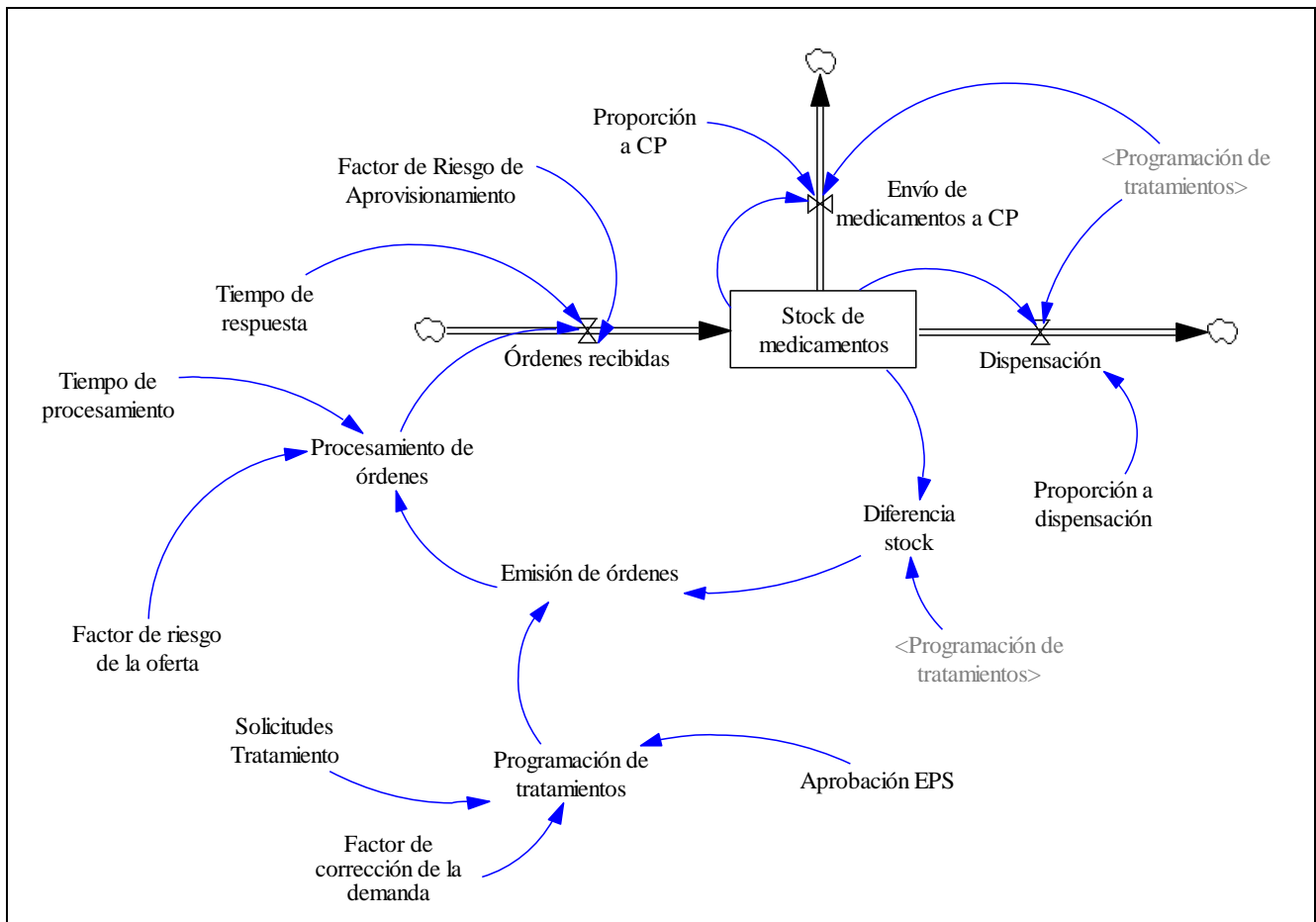


Ilustración 34. Diagrama de flujos del modelo de simulación.

Fuente: el autor.

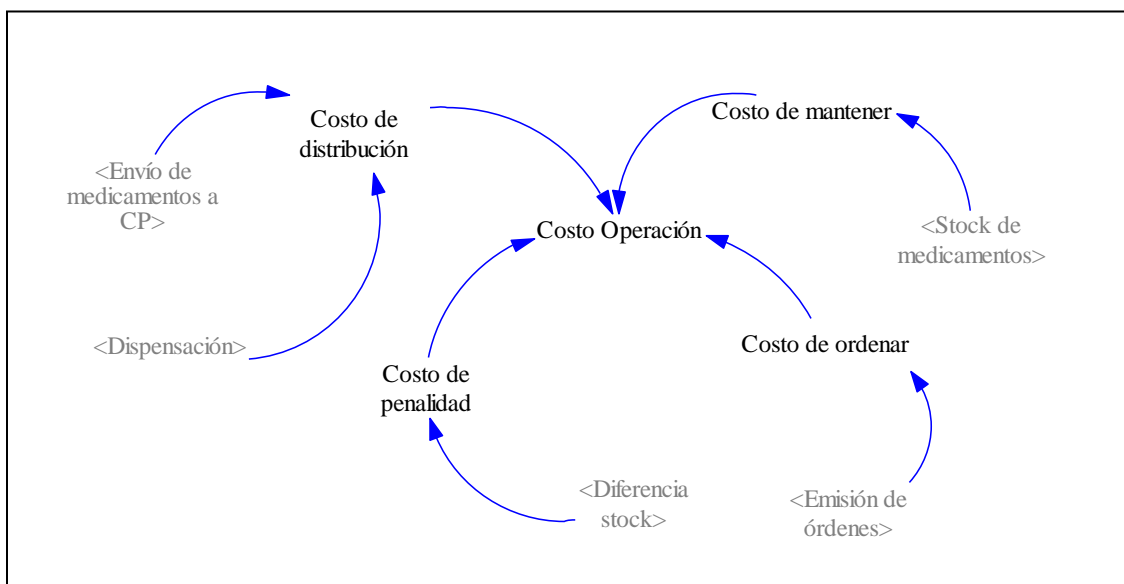


Ilustración 35. Diagrama del componente de costos del modelo de simulación

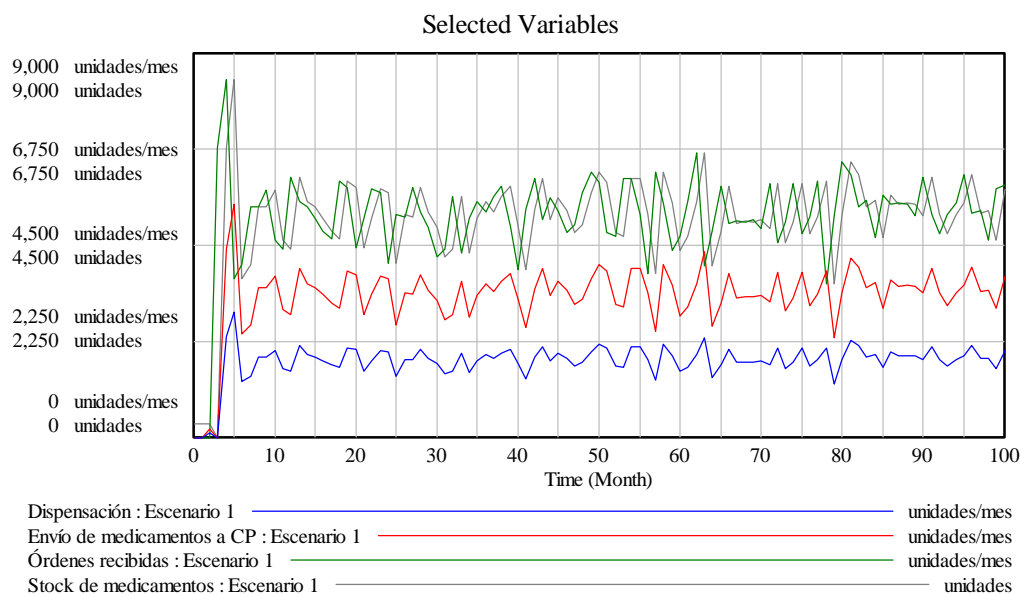
Fuente: el autor.

## 5.3 Corridas de simulación y análisis de escenarios

Se evaluaron dos escenarios con corridas de simulación para periodos de 100 meses. En el primer escenario se consideran las condiciones actuales de riesgo y el segundo corresponde a un escenario teórico con estrategias de mitigación del riesgo.

### 5.3.1 Escenario en las condiciones de riesgo actual

El primer escenario incluye los factores de riesgo evaluados en el estudio y su impacto sobre las operaciones del sistema. En los resultados de la simulación en este escenario, presentados en la Ilustración 36, se observa cómo el comportamiento del flujo de entrada es afectado por los factores de riesgo, generando déficits en diferentes periodos por las diferencias entre la demanda y la oferta global de medicamentos. La diferencia entre el nivel stock y la solicitud de tratamientos en el sistema, hace evidente la problemática del riesgo de aprovisionamiento en la CS. El análisis de los flujos de salida, permite observar la respuesta del sistema en los periodos de tiempo de la simulación.



**Ilustración 36. Resultados de simulación, escenario con riesgo.**

Fuente: el autor.

En la Tabla 18, se presentan los resultados del escenario actual con riesgo, en donde se observa que en promedio se programan mensualmente 19.183 unidades de medicamento, de los cuales solamente se procesan por parte del proveedor 7.206 unidades mensuales promedio, con una desviación estándar de 1.370 unidades.

**Tabla 18. Resultados de simulación, escenario con riesgo**

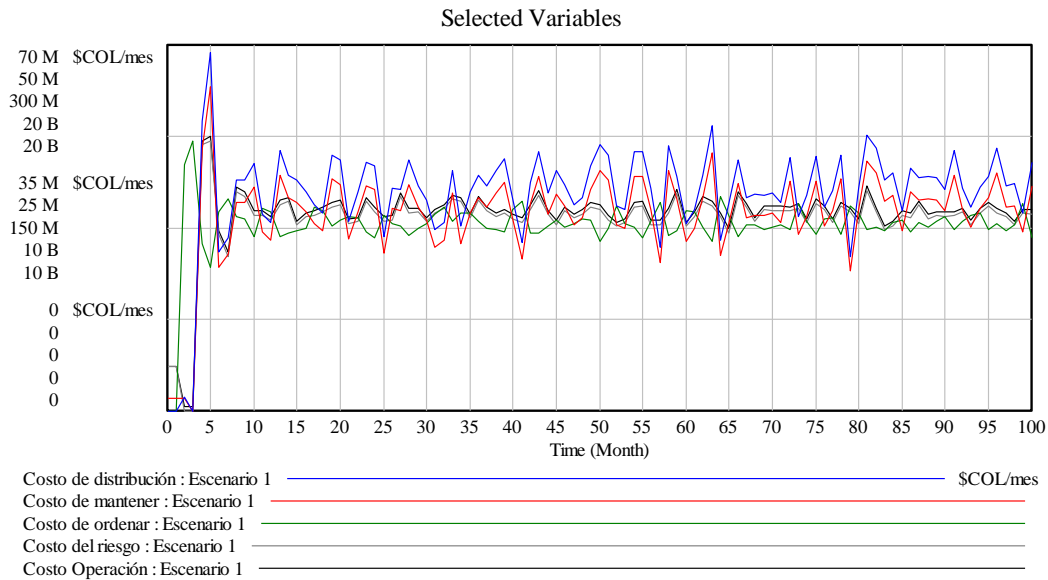
Variables	Promedio	Desviación estándar
Programación de tratamientos [unidades/mes]	19.183,47	2.740,22
Aprobación EPS [mes]	1,56	0,44
Órdenes a proveedor [unidades/mes]	12.661,54	2.076,09
Procesamiento de órdenes [unidades/mes]	7.206,38	1.370,55
Demoras en el suministro [mes]	0,85	0,27
Stock de medicamentos	5.090,58	1.222,97
Dispensación [unidades/mes]	1.779,46	437,08
Envío de medicamentos a CP [unidades/mes]	3.304,71	811,72

Fuente: el autor.

En relación con el tiempo de respuesta, se observa que en promedio el lead time del proveedor es de 0,85 meses, lo que corresponde a 25,5 días promedio, con una desviación estándar de 0,27 meses (8 días).

Otro indicador que llama la atención, es el que tiene que ver con la aprobación de los tratamientos por parte de la EPS, el cual resultó en 1,56 meses, es decir 47 días en promedio se demora la EPS para dar aprobación a los tratamientos, para que inicie la programación de los esquemas de tratamiento por parte del cuerpo médico. El promedio del número de órdenes al proveedor mensual es de 12.671, lo que representa una diferencia de más de 6.500 unidades (33,9%) en relación con la programación mensual.

El comportamiento de costos para el escenario inicial, se presenta en la figura 9, en donde se refleja un alto costo de penalidad por la condición actual de riesgo de aprovisionamiento.



**Ilustración 37. Comportamiento de costos, escenario con riesgo.**

Fuente: el autor.

Con estos resultados, se observa un nivel de respuesta del mercado del 56,91% que representa el déficit del medicamento en el sistema. El nivel de respuesta de los servicios logísticos de aprovisionamiento se encuentra en 71,31%, lo que corresponde a un problema de oportunidad en los tiempos de entregas. En promedio se tiene que de cada 100 pacientes que requieren medicamentos, solamente a 38 se le están entregando y que la espera de estos pacientes para obtener la aprobación y recibir el tratamiento se encuentra en 2,41 meses promedio.

El comportamiento de los costos, presenta unas características particulares. El costo de riesgo representa cerca del 70% de los costos totales de la operación. De acuerdo con el análisis, se observa que la utilización de medicamentos de alto costo, sustitutos del principio activo Doxorubicina, genera un costo incremental que se constituye en el principal componente de costo del sistema. Este costo es definido en el modelo como el costo de penalidad. En la Tabla 19, se presenta el comportamiento de los costos, en porcentaje, sobre el costo total de la operación.

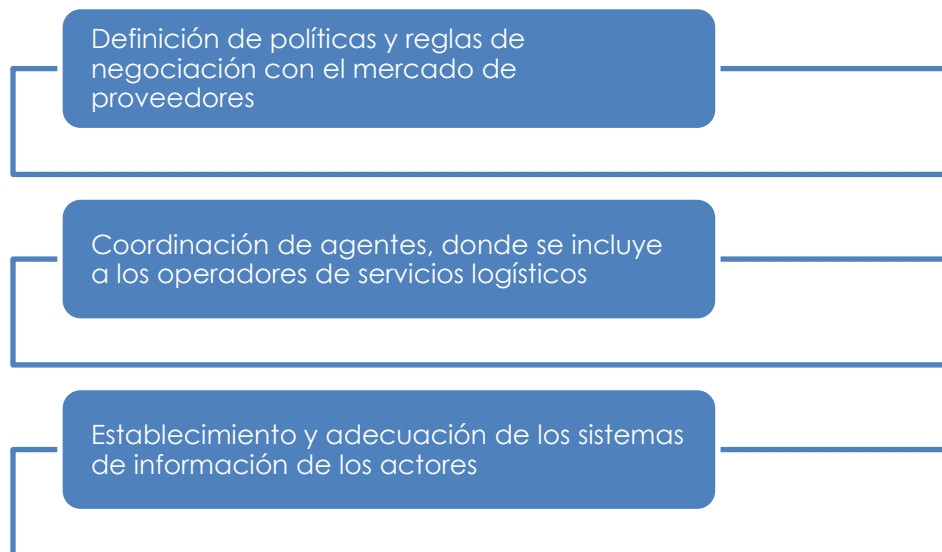
**Tabla 19. Comportamiento de costos, escenario con riesgo**

Costo	% del COOP
Costo de distribución	5,63%
Costo de mantener	3,12%
Costo de ordenar	20,59%
Costo de riesgo	70,66%
Costo total de la operación	100%

Fuente: el autor.

### 5.3.2 Escenario con estrategias de mitigación de riesgo

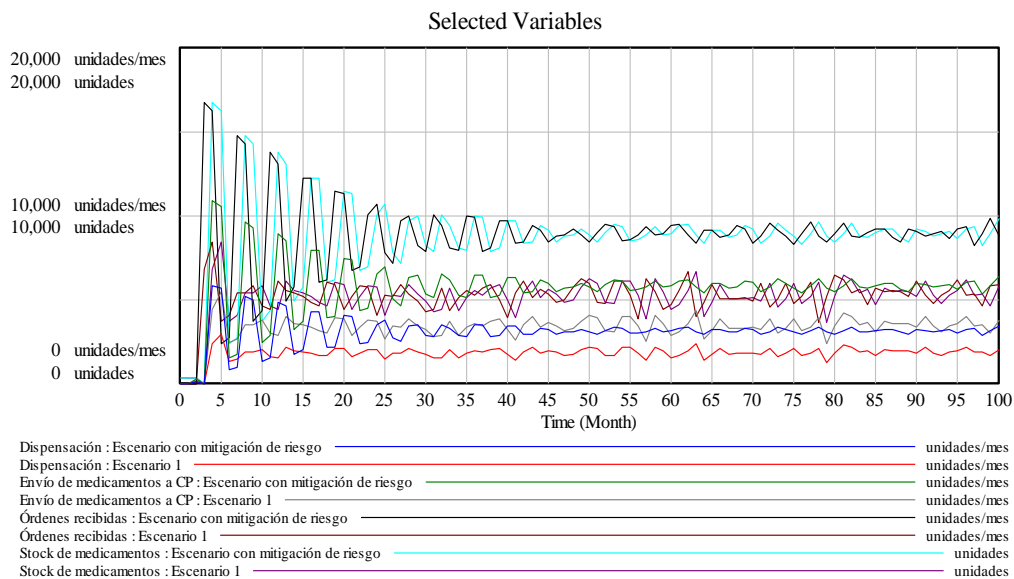
En el segundo escenario, se considera la reducción teórica de los factores de riesgo de suministro, por la aplicación de estrategias de mitigación y manejo del riesgo, enfocadas hacia la definición de políticas y reglas de negociación con el mercado de proveedores, la coordinación de agentes, donde se incluye a los operadores de servicios logísticos, y el establecimiento y adecuación de los sistemas de información de los entes administradores y reguladores del sistema de salud, que den soporte transversal a la CS, y que provean información confiable para la toma de decisiones.



**Ilustración 38. Estrategias definidas en el escenario de mitigación del riesgo.**

Fuente: el autor.

El desarrollo de estas estrategias, se deberá realizar en una etapa posterior, sin embargo, con el propósito de evaluar un posible escenario de mitigación, se toman valores proyectados sobre la base de las hipótesis del proyecto de investigación. En este sentido, se corrió el modelo de simulación con factores de riesgo reducidos, para valorar los posibles impactos en la operación del sistema y los costos asociados. La Ilustración 39 presenta la comparación de los dos escenarios.



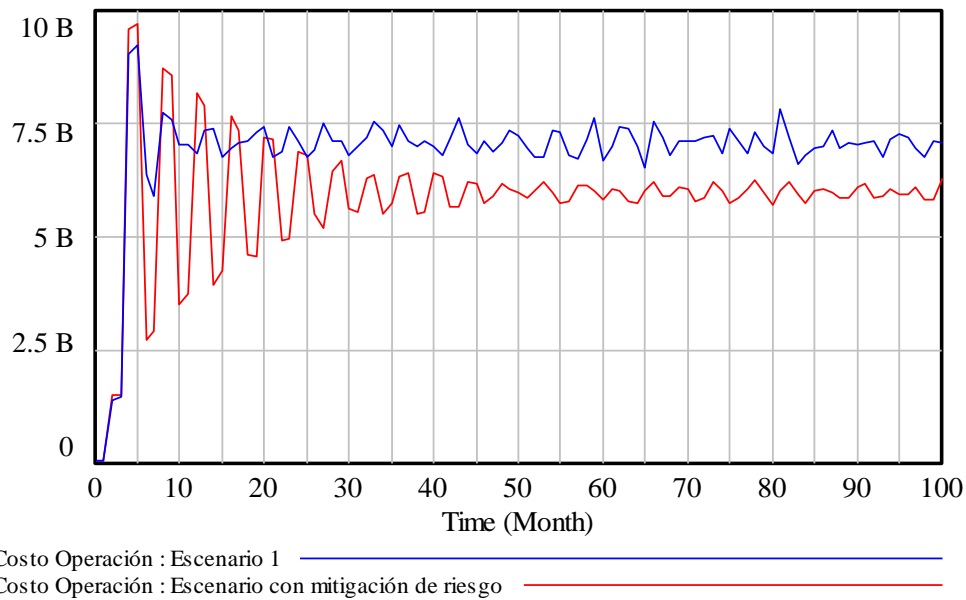
**Ilustración 39. Resultados de simulación, escenario con mitigación de riesgo.**

Fuente: el autor.

Se observa que el desabastecimiento presentado por los cortes en el suministro se reduce de manera ostensible, en donde el nivel de respuesta del mercado pasaría del 56,91% al 85,81%. En este escenario los costos se reducirían en el 21,26%. En la Ilustración 40, se presenta el comportamiento de los costos totales de operación en ambos escenarios.

Otros escenarios más optimistas permitirían tener unos mejores indicadores de servicio y de costos, sin embargo, la hipótesis desarrollada considera la dinámica compleja del mercado, que sobrepasa los medios de control normativos y de operación, sobre las condiciones actuales del mercado en el País.





**Ilustración 40. Comportamiento de costos, escenario con mitigación de riesgo.**

Fuente: el autor.

## 5.4 Conclusiones preliminares del modelo de simulación

El escenario teórico en donde se reduce el componente de riesgo en los factores aprovisionamiento, mercado de los proveedores e información, permite evaluar y comparar las principales variables de desempeño del sistema con el escenario actual en condiciones de riesgo. Se observa con el escenario teórico la reducción de los factores de riesgo, mejorando los indicadores de cumplimiento de demanda en un 28,9%. Los niveles de inventarios se mantendrían en un nivel promedio que responde a las necesidades del mercado, lo que implica reducción de los costos totales de operación en más del 20%. Esta reducción de costos, se da principalmente por la disminución de los costos de oportunidad por desabastecimiento (incluye el costo de riesgo) y por la reducción de los costos de mantenimiento de inventarios.

Otro aspecto fundamental, es que con el modelo teórico se reduciría el impacto sobre la salud de los pacientes, porque se lograría dar continuidad y oportunidad en los esquemas de tratamiento.

## 6. Conclusiones

El estudio revela información fundamental sobre los efectos del riesgo de aprovisionamiento en la CS de medicamentos oncológicos, las implicaciones a nivel de los costos de operación y de los indicadores de servicio, que suponen una afectación sobre la salud de los pacientes de oncología.

Dentro de los principales resultados se observa que una causa que incide en el cumplimiento de los objetivos de los programas de oncología del sector salud, se asocia a la materialización de los riesgos de aprovisionamiento: demoras en el suministro, cortes en el suministro, diferencias en cantidades recibidas frente a las solicitadas y errores en la previsión de la demanda. Se encontró que los principales factores de riesgo están relacionados con el agotamiento del principio activo del medicamento, la disponibilidad del medicamento en el mercado, la capacidad técnica y de respuesta de los sistemas logísticos y las asimetrías de la información en la cadena de suministro.

El riesgo de aprovisionamiento, es causante de inestabilidad en las operaciones del sistema de suministro de medicamentos oncológicos en Colombia, generando sobrecostos e impactos en la CS. Estos efectos tienen incidencias funcionales en las IPS, comprometiendo la continuidad de los servicios y la respuesta oportuna al cliente.

Las implicaciones observadas tienen que ver con desabastecimiento de los medicamentos, largos tiempos de respuesta a los pacientes, altos costos de gestión de inventarios, altos costos de intermediación en la compra de medicamentos, inestabilidad en los niveles de servicio y mala imagen de las instituciones de salud ante la población en general.

Los riesgos de aprovisionamiento tienen efectos en el ámbito institucional, económico, sectorial y de salud pública. En primera instancia se explica el ámbito institucional. Los cortes y las perturbaciones en el flujo de entrada de medicamentos en las IPS generan cargas administrativas y operativas que obligan a destinar recursos para programar y ejecutar actividades de contingencia que permitan disponer de los medicamentos en desabastecimiento. Las actividades que realizan las IPS, para este propósito son principalmente, identificar fuentes de aprovisionamiento alternas como otros proveedores en el mercado, sin embargo esta opción no siempre es posible debido a que en el sector es común encontrar distribuidores propios o exclusivos de los laboratorios farmacéuticos que producen los medicamentos y que se comercializan en el país.

Otra opción a la cual acuden las IPS cuando en el mercado de los proveedores se presenta desabastecimiento, es una forma de colaboración intra e interinstitucional con farmacias de la misma IPS o con farmacias de otras Instituciones dentro o fuera de la ciudad, incluidas las de asociaciones de pacientes que disponen de estos medicamentos. Estas operaciones de colaboración son una opción informal y poco segura debido a que cuando se presentan desabastecimientos, afectan todo el mercado por las condiciones de comercialización ya mencionadas, lo que conlleva a que en un mismo periodo de tiempo varias instituciones se encuentren buscando un mismo medicamento, dificultando la solución de la situación imprevista.

El segundo ámbito y tal vez el más importante, tiene que ver con la salud de la población de pacientes de oncología, debido a que la oportunidad y continuidad de los esquemas de tratamiento con medicamentos oncológicos se pueden ver afectados. De forma general, se encontró que cuando se produce el corte en el suministro, se consumen las existencias de las farmacias, luego se agota la posibilidad de colaboración con farmacias de otras instituciones, estas soluciones son temporales y cuando se agotan, afectan la oportunidad de los tratamientos, generando demoras o aplazamientos en la dispensación o aplicación, lo que puede producir efectos en la salud del paciente.

Cuando los inventarios se agotan, los tratamientos son ajustados, debiéndose suspender el tratamiento o hacer cambios de contenidos en la preparación de la quimioterapia o re formulando un nuevo esquema de tratamiento. Estas situaciones deben ser estudiadas por los médicos tratantes y los comités de oncología para establecer nuevas formulaciones.

---

En lo económico se observa otro efecto para el sistema de seguridad social en salud que tiene que ver con las opciones del mercado farmacéutico, en este sentido la alternativa de sustitución de medicamentos ofrecida por el mercado es mucho mayor que el precio del medicamento inicial. Esto constituye en un problema que afecta las finanzas públicas y por lo tanto a las IPS.

Con los resultados de la investigación se observa que el nivel de respuesta actual del mercado es 56,91%, lo que implica un déficit en el cumplimiento de la demanda de medicamentos en el sistema. La respuesta de los servicios logísticos es de 71,31% en promedio, lo que representa retrasos en los plazos de entrega. Se encontró que en 52% de los casos, el tiempo de espera del paciente para recibir el tratamiento es de más de tres meses. En promedio, se encontró que de 100 pacientes que requieren medicamentos, sólo 38 de ellos reciben los medicamentos en condiciones normales.

En relación con el costo de la operación, se encontró que el costo de riesgo es de 70,66%, lo que corresponde principalmente, a la diferencia en precio que debe pagar el sistema para utilizar substitutos del principio activo Doxorrubicina. Este costo representa el componente de costo más alto del sistema. Los demás costos involucrados, tienen que ver con las operaciones de gestión de inventarios, costo de ordenar y mantener, los cuales representan en su conjunto el 29,34% de los costos totales de la operación. El costo de ordenar representa el 20,59%, el costo de mantener el 3,12% y el costo de distribución el 5,63%.

En la configuración teórica, se observa que la escasez ocurrida por interrupciones en el suministro se reduce de una manera importante, en la que el nivel de respuesta del mercado pasará de 56,91% a 85,81%. En esta configuración, el costo podría ser reducido en 21,26%.

En el modelo propuesto de riesgo en la cadena de suministro, se consideraron tres elementos fundamentales: su naturaleza, el ambiente que lo propicia y las implicaciones en las operaciones de la cadena de suministro. El primer elemento se relaciona con los agentes generadores del riesgo y con las situaciones internas y externas que potencialmente conllevan a que éste se presente. Estos elementos determinan el tipo de riesgo y su severidad. El siguiente elemento, se asocia al contexto en el cual se presenta el riesgo, dado por las condiciones organizacionales, técnicas, operacionales, de seguimiento y control, que influyen en los niveles de vulnerabilidad y exposición al riesgo. El tercer elemento denota todas aquellas situaciones que son resultado de la materialización del riesgo, y que

impactan las operaciones de la cadena de suministro, afectando la respuesta al cliente, los niveles de servicio, la calidad y los costos del sistema.

Con la aplicación de la dinámica de sistemas se presentó y evaluó la problemática del riesgo en la CS de medicamentos oncológicos de manera sistémica. La evaluación de escenarios permitió contrastar el comportamiento del sistema actual, respecto a un sistema idealizado sin riesgo. El escenario actual representa el comportamiento del sistema, con las interrupciones y retrasos que generalmente se presentan en el abastecimiento y distribución de medicamentos.

En este sentido, el riesgo debe ser gestionado de manera sistémica, toda vez que una fuente latente de riesgo en un punto de la cadena, tiene implicaciones causales por las interrelaciones con otros puntos de la misma. El desencadenamiento de eventos se presenta por la dependencia y relación causal entre los agentes en los diferentes niveles. Esta situación define el nivel de vulnerabilidad, y por lo tanto su estudio es fundamental para reducir la exposición al riesgo y establecer las estrategias de mejoren el desempeño de la CS de manera integral. Dentro de las estrategias se recomienda desarrollar la definición de políticas y reglas de negociación, desarrollar mecanismos de coordinación y establecer sistemas de información compartidos.

El establecimiento de un escenario ideal, permite visualizar, un campo de investigación de interés que permite a futuro formular estrategias de reducción, mitigación y eliminación del riesgo, que otorgue al sistema estabilidad en las operaciones de abastecimiento y suministro. En este sentido si se logra reducir los factores de riesgo, se reducirán los impactos en la CS.

## 7. Bibliografía

- Adarme, W. (2011). *Desarrollo metodológico para la optimización de la cadena de suministro esbelta con m proveedores y n demandantes bajo condiciones de incertidumbre. Caso aplicado a empresas.*
- An, L., & Ramachandran, B. (2005). System Dynamics Model to Understand Demand Conditioning Dynamics in Supply Chains. *Proceedings of the 23rd International Conference of the System Dynamics Society*. Boston.
- Barbarica, M., & Menéndez, A. (1997). Reconstitución y Dispensación de Medicamentos Citostáticos. *Guía para el desarrollo de los Servicios Farmacéuticos Hospitalarios, Serie de Medicamentos Esenciales y Tecnología.*
- Blanchard, B. (2008). Logistics as an Integrating System's Function. En G. D. Taylor, *Logistics Engineering Handbook*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, LLC.
- Bulut, H., & Lawrence, J. (2007). *Meat Slaughter and Processing Plants' Traceability Levels Evidence From Iowa.*
- Chabner, B. (2011). Drug Shortages — A Critical Challenge for the Generic-Drug Market. *The New England Journal of Medicine*, 365(23), 2147-2149.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro. Estrategia, planeación y operación*. México: Pearson.
- Chopra, S., & Sodhi, M. (2004). Managing risk to avoid supply-chain breakdown. *Sloan Management Review*, Vol. 46 No. 1, pp. 53-61.

- Chopra, S., & Sodhi, M. (2004). Managing risk to avoid supply-chain breakdown. *Sloan Management Review*, 46(1), 53-61.
- Christopher, M. (2002). *Supply Chain Vulnerability*. Report for Department of Transport, Local Government and the Regions, Cranfield University.
- Christopher, M. (2005). *Logistics and Supply Chain Management. Creating Value-Adding Networks* (Third edition ed.). Great Britain: Prentice Hall.
- Christopher, M. (2005). Managing risk in the supply chain. En M. Christopher, *Logistics & Supply Chain Management* (págs. 231-58.). Harlow: Prentice-Hall .
- Christopher, M., & Holweg, M. (2011). Supply Chain 2.0": managing supply chains in the era of turbulence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41(1), 63 - 82.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 15 No. 2, pp. 1-13.
- Christopher, M., Mena, C., Khan, O., & Yurt, O. (2011). Approaches to managing global sourcing risk. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(2), 67-81.
- Christopher, M., Peck, H., Rutherford, C., & Juttner, U. (2003). *Supply Chain Resilience*. Cranfield, Bedford: Cranfield University.
- Colicchia, C., & Strozzi, F. (2012). Supply chain risk management: a new methodology for a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(4), 403 - 418.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social - DNP. (30 de Agosto de 2012). Documento CONPES Social 155 - Política Farmacéutica Nacional. Colombia.
- Cousins, P. (2005). The alignment of appropriate firm and supply strategies for competitive advantage. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(5), 403 -428.

- Creswell, J. W. (2009). *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks, Calif: Sage Publications.
- Defee, C. C., Williams, B., Randall, W. S., & Thomas, R. (2010). An inventory of theory in logistics and SCM research. *International Journal of Logistics Management*, 21(3), 404 - 489.
- Dickinson, G. (2001). Enterprise Risk Management: Its Origins and Conceptual Foundation. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*, 26 (3), 360-366.
- Division of Packaging Logistics, D. o. (2009). *Traceability Research at Packaging Logistics*.
- Drake, P., Lee, D., & Matloub, H. (2013). The lean and agile purchasing portfolio model. *Supply Chain Management: An International Journal*, 18(1), 3 –20.
- Fisher, M. (1997). What is the right supply chain for your product? *Harvard Business Review*, 75(2), 105 -116.
- Forrester, J. W. (1991). System Dynamics and the Lessons of 35 Years. En K. B. De Greene, *The Systemic Basis of Policy Making in the 1990s*.
- Fredendall, L., & Hill, E. (2001). *Basics of Supply Chain Management*. Virginia: St. Lucie Press/ APICS Series on Resource Management.
- Gaudenzi, B., & Borghesi, A. (2006). Managing risks in the supply chain using the AHP method. *The International Journal of Logistics Management*, 17(1), 114 - 136.
- Gelderman, C., & van Weele, A. (2005). Purchasing Portfolio Models: A Critique and Update. *The Journal of Supply Chain Management*, 41(3), 19-28.
- Giunipero, L., & Monczka, R. (1997). Organizational approaches to managing international sourcing. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 27(5/6), 321-336.
- Goh, M., Lim, J., & Meng, F. (2007). A stochastic model for risk management in global supply chain networks. *European Journal of Operational Research*, 182(1), 164–173.



- González-Benito, J. (2010). Supply strategy and business performance. An analysis based on the relative importance assigned to generic competitive objectives. *International Journal of Operations & Production Management*, 30(8), 774 -797.
- Größler, A., & Schieritz, N. (2005). Of Stocks, Flows, Agents and Rules – "Strategic" Simulations in Supply Chain Research. En H. Kotzab, & M. Westhaus, *Research methodologies in supply chain management* (pág. 619). New York: Physica-Verlag.
- Halldórsson, Á., & Aastrup, J. (2003). Quality criteria for qualitative inquiries in logistics. *European Journal of Operational Research*, 144(2), 321-332.
- Hamel, G., & Valikangas, L. (2003). The quest for resilience. *Harvard Business Review*, 52-63.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1991). Metodología de la Investigación.
- Hertz, S. (2001). Dynamics of alliances in highly integrated supply chain networks. *International Journal of Logistics*, Vol. 4 No. 2, pp. 237-51.
- Hilgartner, S. (1992). The social construction of risk objects: or, how to pry open networks of risk. En J. F. Short, & L. C. Boulder, *Organizations, Uncertainties, and Risk*. Westview Press.
- Hohenemser, C., Kates, R., & Slovic, P. (1985). A Causal Taxonomy. En R. Kates, C. Hohenemser, & J. Kasperson (Edits.), *In Perilous progress: Managing the hazards of technology* (págs. 67-89). Westview Press.
- Hong, Y., & Choi, T. (2002). "Unveiling the structure of supply networks: case studies in Honda, Acura and Daimler Chrysler. *Journal of Operations Management*, Vol. 20, pp. 469-93.
- HU, Z., JIAN, Z., Ping, S., & XIAOSHUAN, Z. (s.f.). *Modeling Method of Traceability System based on Information Flow in Meat Food Supply Chain*.
- IARC/WHO. (2008). *GLOBOCAN 2008 (IARC) Section of Cancer Information*. Recuperado el 01 de 05 de 2012, de International Agency for Research on Cancer / World Health Organization: <http://www.iarc.fr>

- IIRSA. (2007). *Metodología de Análisis del Potencial de Integración Productiva y Desarrollo de Servicios Logísticos de Valor Agregado de Proyectos IIRSA*. (Vol. Tomo 1. Guía Metodológica).
- IMS. (2010). *Top 20 Global Therapeutic Classes, 2010*. Recuperado el 01 de 05 de 2012, de <http://www.imshealth.com>
- IMS Institute for Healthcare Informatics. (2011). *The Global Use of Medicines: Outlook Through 2015*. New Jersey.
- Instituto Nacional de Cancerología. (2012). *Instituto Nacional de Cancerología*. Recuperado el 2 de Mayo de 2012, de <http://www.cancer.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=437&conID=790&pagID=774>
- INVIMA. (2012). Centrales de preparación autorizadas a julio de 2012. Bogotá D.C., Colombia.
- Jia, F., & Rutherford, C. (2010). Mitigation of supply chain relational risk caused by cultural differences between China and the West. *The International Journal of Logistics Management, Vol. 21(2)*, 251 - 270.
- Jüttner, U., & Maklan, S. (2011). Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical study. *Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 16 Iss: 4 pp. 246 - 259*.
- Kavcic, K., & Bertoneclj, A. (2010). Strategic orientation of organizations: risk management perspective. *Kybernetes, 39(5)*, 735 - 749.
- Khabbazi, M., Yusof Ismail, M., & Ismail, N. (s.f.). *Modeling of Traceability Information System for Material Flow Control Data*.
- Khan, O., & Burnes, B. (2007). Risk and supply chain management: creating a research agenda. *The International Journal of Logistics Management, 18(2)*, 197 - 216.
- Kogan, K., & Tapiero, C. (2007). *Supply Chain Games: Operations Management and Risk Valuation*. New York: Springer Science+ Business Media, LLC.

- Kotzab, H., & Westhaus, M. (2005). *Research methodologies in supply chain management*. New York: Physica-Verlag.
- Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. *Harvard Business Review*, 61(5), 109-117.
- Lambert, D., Stock, J., & Ellram, L. (1998). *Fundamentals of Logistics Management*. Irwin/ McGraw-Hill.
- Laudon, L. (2008). *Sistemas de Información Gerencial*.
- Lee, C.-G. (2008). Purchasing and Sourcing. En G. D. Taylor, *Logistics Engineering Handbook*. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Lee, D.-H., & Dong, M. (2008). A heuristic approach to logistics network design for end-of-lease computer products recovery. *Transportation Research Part E* 44, 455–474.
- Lee, H., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). The bullwhip effect in supply chains. *Sloan Management Review*, Vol. 38 No. 3, pp. 93-102.
- Li, A., & Maani, K. (2011). A Supply Chain Paradox. *29th International Conference of the System Dynamics Society* (págs. 1 -24). Washington: System Dynamics Society.
- Li, X., & Chandra, C. (2007). A knowledge integration framework for complex network management. *Industrial Management & Data Systems*, 107(8), 1089 - 1109.
- Liu, Z., Xu, J., Li, Y., Wang, X., & Wu, J. (2012). Using system dynamics to study the logistics outsourcing cost of risk. *Kybernetes*, 41(9), 1200 -1208.
- Lockamy, A., & McCormack, K. (2012). Modeling supplier risks using Bayesian networks. *Industrial Management & Data Systems*, 112(2), 313 - 333.
- Manuj, I., & Mentzer, J. (2008). Global supply chain risk management strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(3), 192 - 223.
- Martínez, M., García, F., Hernández, M., Manzanera, J., & Garrigós, J. (2002). Los Citostáticos. *Enfermería Global*.

- Micheli, G., Cagno, E., & Zorzini, M. (2008). Supply risk management vs supplier selection to manage the supply risk in the EPC supply chain. *Management Research News*, 31(11), 846 - 866.
- Ministerio de la Protección Social. (2006). *Resolución 1043. Por la cual se establecen las condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud para habilitar sus servicios e implementar el componente de auditoría para el mejoramiento de la calidad de la atención.* . Reglamentación.
- Ministerio de Salud. (2001). *RESOLUCIÓN NÚMERO 1896*. Regulación, Bogotá.
- Ministerio de Salud y Protección Social . (2012). *Manual de procedimientos para la verificación de condiciones de habilitación de servicios de oncología.*
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). Manual de procedimientos para la verificación de condiciones de habilitación de servicios de oncología. Bogotá D.C., Colombia.
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). *Resgistro Especial de Prestadores de Salud - REPS*. Recuperado el 10 de 08 de 2012, de <http://201.234.78.38/habilitación>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). *Sistema de Información de Prestaciones de Salud - RIPS*. Recuperado el 10 de Agosto de 2012, de Ministerio de Salud y Protección Social: <http://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/rips.aspx>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). *Sistema de Información de Prestaciones de Salud - RIPS*. Recuperado el 10 de Agosto de 2012, de <http://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/rips.aspx>
- Monteiro, S., & Caswell, J. (s.f.). *Optimal choice of Voluntary traceability as a food risk management tool.*
- MPS, M. D. (s.f.). *Sistema de Información de Prestaciones de Salud - RIPS*. Recuperado el 10 de Agosto de 2012, de MINISTERIO DE SALUD Y LA PROTECCION SOCIAL: <http://www.minsalud.gov.co/salud/Paginas/rips.aspx>

- Naciones Unidas. (2013). *Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos*. Recuperado el 25 de 01 de 2013, de [http://www.hchr.org.co/acnudh/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1727:desabastecimiento-de-farmacos-oncologicos&catid=56:desc&Itemid=83](http://www.hchr.org.co/acnudh/index.php?option=com_content&view=article&id=1727:desabastecimiento-de-farmacos-oncologicos&catid=56:desc&Itemid=83)
- Nishat, M., Banwet, D., & Shankar, R. (2006). Supply chain risk mitigation: modeling the enablers. *Business Process Management Journal*, 12 (4), 535 - 552.
- Nishat, M., Banwet, D., & Shankar, R. (2007). Information risks management in supply chains: an assessment and mitigation framework. *Journal of Enterprise Information Management*, 20(6), 677 - 699.
- Olson, D., & Wu, D. (2011). Risk management models for supply chain: a scenario analysis of outsourcing to China. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(6), 401 - 408.
- Peck, H. (2005). Drivers of supply chain vulnerability: an integrated framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(4), 210 - 232.
- Peck, H. (2005). Drivers of supply chain vulnerability: an integrated framework. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 35 Iss: 4 pp. 210 - 232.
- Perea, E., Grossmann, I., Ydstie, E., & Tahmassevi, T. (2000). Dynamic modeling and classical control theory for supply chain management. *Computers & Chemical Engineering*, Vol. 24, pp. 1143-9.
- Pfohl, H.-C., Gallus, P., & Thomas, D. (2011). Interpretive structural modeling of supply chain risks. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41(9), 839 - 859.
- Pfohl, H.-C., Köhler, H., & Thomas, D. (2010). State of the art in supply chain risk management research: empirical and conceptual findings and a roadmap for the implementation in practice. *Logistics Research*, 2(1), 33-44.
- Ponomarov, S., & Holcomb, M. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 20 Iss: 1 pp. 124 - 143.

- Pontré, J., Welter, V., Veiga, J., & Faria, I. C. (2011). Risk Management in Humanitarian Procurement and Supply Chain. *Journal of Public Procurement*, 11(3), 301-322.
- Presidencia de la República de Colombia - Ministerio de Salud. (1995). Decreto 677. *Decreto Presidencial*. Colombia.
- Presidencia de la República de Colombia. (2010). *Ley 1384. "Ley Sandra Ceballos, por la cual se establecen las acciones para la atención integral del Cáncer en Colombia"*.
- Pujawan, N., & Geraldin, L. (2009). House of risk: a model for proactive supply chain risk management. *Business Process Management Journal*, 15(6), 953 - 967.
- Reich, J. (2006). Three psychological principles of resilience in natural disasters. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, Vol. 15 No. 5, pp. 793-8.
- Ritchie, B., & Brindley, C. (2007). Supply chain risk management and performance: A guiding framework for future development. *International Journal of Operations & Production Management*, 27(3), 303 - 322.
- Rodarte, A., Röhrich, K., & Molina, J. (s.f.). *FOOD CHAIN ANALYSIS FOR TRACEABILITY WITHIN THE TRACEBACK PROJECT*.
- Rose, A. (2006). Economic resilience to disasters: toward a consistent and comprehensive formulation. En D. Paton, & D. Johnston, *Disaster Resilience: An Integrated Approach* (págs. 226-48.). Springfield, IL: Charles C. Thomas.
- Royal Society. (1992). *Risk: Analysis, Perception and Management: Report of a Royal Society Study Group*. London: Royal Society.
- Särndal, C.-E., Swensson, B., & Wretman, J. (1992). *Model Assisted Survey Sampling*. Springer Series in Statistics. New York: Springer - Verlag.
- Seuring, S. (2005). Case Study Research in Supply Chains – An Outline and Three Examples. En H. Kotzab, & M. Westhaus, *Research methodologies in supply chain management*. New York: Physica-Verlag.

- Simchi-Levi, D. (2012). Managing Risk in the Supply Chain. *Supply Management Congress*.
- Sinha, P., Whitman, L., & Malzahn, D. (2004). Methodology to mitigate supplier risk in an aerospace supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 9 No. 2, pp. 154-68.
- SISMED - Ministerio de Salud y Protección Social. (2012). Base de datos de medicamentos oncológicos. Colombia.
- Smith, R. (2004). Operational capabilities for the resilient supply chain. *Supply Chain Practice*, Vol. 6 No. 2, pp. 24-35.
- Sterman, J. (2000). *Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world*. Boston: Irwin/McGraw-Hill.
- Sterman, J. (2002). System Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World. *ESD Internal Symposium, MIT*.
- Sterman, J. (2005). *Operational and Behavioral Causes of Supply Chain Instability*. Boston: Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.
- Stock, J., & Lambert, D. (2001). *Strategic Logistics Management* (Cuarta ed.). Boston: McGraw-Hill Irwin.
- Sutherland, J. (2008). Logistics from a Historical Perspective. En G. D. Taylor, *Logistics engineering handbook*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Swamidass, P., & Newell, W. (1987). Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: a path analytic model. *Management Science*, Vol. 33, pp. 509-24.
- Swanson, M., Bartol, N., & Moorthy, R. (2010). *Piloting Supply Chain Risk Management for Federal Information Systems*. National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg: NIST.
- Tang, O., & Nurmaya Musa, S. (2011). Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 25-34.
- Timmerman, P. (1981). Vulnerability, Resilience and the Collapse of Society: A Review of Models and Possible Climatic Applications. En I. f. Studies. Toronto: University of Toronto.

- Towill, D. (2005). The impact of business policy on bullwhip induced risk in supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(8), 555 - 575.
- Tummala, R., & Schoenherr, T. (2011). Assessing and managing risks using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(6), 474 - 483.
- Tummala, R., & Schoenherr, T. (2011). Assessing and managing risks using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). *Supply Chain Management: An International Journal*, 16 (6), 474 - 483.
- Tummala, R., & Schoenherr, T. (2011). Assessing and managing risks using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP). *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(6), 474 - 483.
- Vachon, S., Halley, A., & Beaulieu, M. (2009). Aligning competitive priorities in the supply chain: the role of interactions with suppliers. *International Journal of Operations & Production Management*, 29 (4), 322 -340.
- Value, I. I. (s.f.). *Full Value Traceability*.
- Van der Vorst, J., & Beulens, A. (2002). Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign and strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 32 No. 6, pp. 409-30.
- Vanegas, E. (2010). *Tesis de maestría: Caracterización, diagnóstico e intervención de los procesos de aprovisionamiento, almacenamiento y manejo de inventarios de medicamentos oncológicos en Colombia*. Bogotá: Universidad de la Sabana.
- Wagner, S., & Neshat, N. (2010). Assessing the vulnerability of supply chains using graph theory. *International Journal Production Economics*, 126 , 121–129.
- Walker, H., Miemczyk, J., Johnsen, T., & Spencer, R. (2012). Sustainable procurement: Past, present and future. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 18(4), 201–206.



- Watts, C., Kim, K. Y., & Hahn, C. (1995). Linking purchasing to corporate competitive strategy. *International Journal of Purchasing & Materials Management*, 31(2), 3-8.
- Westman, W. (1986). Resilience: concepts and measures. En B. Dell, A. Hopkins, & B. Lamont, *Resilience in Mediterranean-type Ecosystems* (págs. 5-19.). Dordrecht: W. Junk.
- WHO Collaborating Centre for Drug Statistics Methodology. (04 de 05 de 2012). Recuperado el 22 de Agosto de 2012, de <http://www.whocc.no/>
- Wieland, A., & Wallenburg, C. (2012). Dealing with supply chain risks: Linking risk management practices and strategies to performance. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(10).
- Williams, Z., Lueg, J., & LeMay, S. (2008). Supply chain security: an overview and research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 19(2), 254 - 281.
- Woods, E., Wei, S., Singgih, S., & Adar, D. (2002). Supply chain management as beyond operational efficiency. *International Symposium on Tropical and Subtropical Fruits* (págs. Vol. 575, pp. 425-31.). ISHS Acta Hort.
- Wu, T., Blackhurst, J., & Chidambaram, V. (2006). A model for inbound supply risk analysis. *Computers in Industry*, 57(4), 350-365.
- Xia, D., & Chen, B. (2011). A comprehensive decision-making model for risk management of supply chain. *Expert Systems with Applications*, 38(5), 4957–4966.
- Zamora, J. P., Adarme, W., & Palacios, L. (2012). Risk Monitoring Through Traceability Information Model. *World Academy Of Science, Engineering and Technology*, 71, págs. 764-768. Venice.
- Zapata, J. G., & Steiner, R. (2012). *Pertinencia de incentivar la competencia en el mercado de medicamentos biotecnológicos en Colombia y su impacto sobre las finanzas del sector de la salud*. Bogotá: Fedesarrollo Centro de Investigación Económica y Social.
- Zsidisin, G., & Ellram, L. (2003). An Agency Theory Investigation of Supply Risk Management. *Journal of Supply Chain Management*, 39(3), 15-27.

Zsidisin, G., Panelli, A., & Upton, R. (2000). Purchasing organization involvement in risk assessments, contingency plans, and risk management: an exploratory study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 5(4), 187 -197.



## **Anexos**