



Revista EIA

ISSN: 1794-1237

revista@eia.edu.co

Escuela de Ingeniería de Antioquia  
Colombia

Zamora Aguas, Juan Pablo; Adarme Jaimes, Wilson; Vanegas Escamilla, Egdda Patricia  
COORDINACIÓN EN REDES DE SUMINISTRO DE MEDICAMENTOS. CASO  
APLICADO AL SECTOR SALUD COLOMBIANO  
Revista EIA, vol. 13, núm. 25, enero-junio, 2016, pp. 171-183  
Escuela de Ingeniería de Antioquia  
Envigado, Colombia


Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149247787013>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# COORDINACIÓN EN REDES DE SUMINISTRO DE MEDICAMENTOS. CASO APLICADO AL SECTOR SALUD COLOMBIANO

 JUAN PABLO ZAMORA AGUAS<sup>1</sup>

WILSON ADARME JAIMES<sup>2</sup>

EGDDA PATRICIA VANEGAS ESCAMILLA<sup>3</sup>

## RESUMEN

Este artículo presenta la evaluación de escenarios de coordinación de actores en la red de suministro de medicamentos oncológicos utilizando la dinámica de sistemas. Se describe el contexto actual y la problemática del abastecimiento resultado de la investigación realizada en instituciones prestadoras de servicios de salud (IPS) con servicios de oncología de diferentes ciudades de Colombia. Se desarrolla una revisión de los principales aspectos relacionados con la coordinación en sistemas de suministro, se evalúan y analizan dos escenarios de coordinación basados en el uso de información compartida y la toma de decisiones conjunta utilizando parámetros de referencia de medicamentos de alto costo que requieren adecuación en centrales de mezcla (CM) para aplicación de tratamientos de quimioterapia en pacientes con cáncer. Los resultados dieron ahorros cercanos al 14% y niveles de cumplimiento alrededor del 98%, lo que implica una contribución importante al sistema de salud colombiano.

**PALABRAS CLAVE:** Logística; Coordinación; Redes de suministro; Cadenas de suministro; Dinámica de Sistemas; Medicamentos oncológicos.

## DRUG SUPPLY NETWORK COORDINATION. A CASE APPLIED TO THE COLOMBIAN HEALTH SECTOR.

## ABSTRACT

This paper shows the evaluation of coordination scenarios in cancer drugs supply network using system dynamics. The current context and the supply problems are described from research conducted at Oncology Health Care Insti-

---

<sup>1</sup> Ingeniero Industrial (Universidad Distrital Francisco José de Caldas), Especialista en Gestión de Proyectos de Ingeniería (Universidad Distrital Francisco José de Caldas), Magíster en Ingeniería Industrial (Universidad Nacional de Colombia).

<sup>2</sup> Ingeniero Industrial (Universidad Industrial de Santander UIS), Especialista en Gerencia de la Producción y Mejoramiento Continuo (UPTC), Maestría en Ingeniería. Énfasis en logística – Producción. (Universidad del Valle). Doctorado en Ingeniería, Industria y Organizaciones, Énfasis Logística (Universidad Nacional de Colombia).

<sup>3</sup> Química Farmacéutica (Universidad Nacional de Colombia), Especialista en Gerencia de Salud Pública (Universidad del Rosario), Maestría en Diseño y Gestión de Procesos con énfasis en logística (Universidad de la Sabana), Estudiante doctorado en Ingeniería Industria y Organizaciones (Universidad Nacional de Colombia)



*Autor de correspondencia:* Zamora Aguas, J.P. (Juan Pablo). Universidad de la Salle: Carrera 2 No. 10-70, Bloque F piso 6, Programa de Ingeniería Industrial / Tel.: (571) 3535360 ext. 2559 / 2579  
Correo electrónico: jpzamora@unisalle.edu.co

### *Historia del artículo:*

Artículo recibido: 19-I-2015 / Aprobado: 20-V-2016

Disponible online: 30 de octubre de 2016

Discusión abierta hasta octubre de 2017



tutions (HCI) in different cities of Colombia. A review of the main issues of supply system coordination and the evaluation and analysis of two coordination scenarios based on sharing information and joint decision-making is presented. Benchmarks for expensive drugs which require mixed process in Compounding Centers (CC) for chemotherapy application in cancer patients are used. Close to 14% savings and around 98% compliance levels presents the results, this represents an important contribution to Colombian health system.

**KEYWORDS:** Logistics; Coordination; Supply Networks; Supply Chains; System Dynamics; Cancer Drugs.

## COORDENAÇÃO EM REDES DE ABASTECIMENTO DE MEDICAMENTOS. UM CASO APLICADO AO SECTOR DE SAÚDE COLOMBIANO.

### RESUMO

O artigo apresenta a avaliação de cenários de coordenação de atores na rede de suprimento (abastecimento) de medicamentos oncológicos utilizando a dinâmica de sistemas. É descrito o contexto atual junto com a problemática do abastecimento como resultado da pesquisa realizada nas instituições fornecedoras de saúde com distintos serviços de oncologia de distintas cidades da Colômbia. É desenvolvida a revisão dos principais tópicos relacionados com a coordenação em sistemas de abastecimento. Assim mesmo, são avaliados e analisados dois cenários de coordenação baseados no uso da informação compartilhada e a tomada de decisões conjunta utilizando parâmetros de referencia de medicamentos de alto custo que precisam adequação nas centrais de mistura para aplicação de tratamentos de quimioterapia em pacientes com câncer. Os resultados permitem poupanças perto dos 14% e níveis de conformidade perto dos 98%, o que representa uma importante contribuição para o sistema de saúde colombiano.

**PALAVRAS-CHAVE:** logística, coordenação, Redes de Abastecimento, Cadeias de abastecimento, Dinâmica de Sistemas, medicamentos contra o cancer.

### 1. INTRODUCCIÓN

La coordinación en los sistemas de suministro tiene como propósito fundamental articular las capacidades productivas y operativas de los actores de la red de suministro (RS) bajo las restricciones de demanda en espacio y tiempo. Arshinder, *et al.*, (2011) definen la coordinación del suministro como el establecimiento de las acciones y de los medios necesarios para gestionar las interdependencias entre los miembros de la RS. A través de la coordinación del suministro se busca mejorar los procesos de toma de decisiones a lo largo de la red, con el propósito de obtener un mayor desempeño global (Arshinder, *et al.*, 2008).

En el contexto actual, en donde las RS son cada vez más complejas debido a la estructura, tamaño,

objetivos e intereses particulares (Choi y Krause, 2006), se presentan retos importantes en las organizaciones para alcanzar altos niveles de competitividad mediante un trabajo conjunto y no individual, convirtiendo la interdependencia entre miembros de la red, en una relación de “partnering” o “alianza”. Michalska, (2009) establece que estas relaciones permiten obtener beneficios mutuos y garantizar la continuidad de las organizaciones.

Para el caso del sector de salud colombiano, se hará referencia a la red de suministro de medicamentos oncológicos (RSMO), en la que se observan altos niveles de complejidad debido a la cantidad de actores y sus roles en las diferentes instancias que la conforman.

Los principales miembros de la red, son aquellos que actúan como productores de materias primas y de medicamentos a nivel internacional, los importadores, distribuidores y comercializadores, las Entidades Promotoras de Salud (EPS), las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS), las Centrales de Adecuación de Medicamentos (CM) para la adecuación de dosis unitarias, y los agentes que prestan servicios logísticos de manejo y distribución de medicamentos.

A partir de la investigación, se determinó que uno de los principales problemas que afecta la RSMO es relacionado con los riesgos de interrupciones en el suministro y el desabastecimiento de medicamentos, que generan altos costos en el sistema de salud colombiano, con efectos negativos en los niveles de servicio en los pacientes con cáncer. De acuerdo con (Zamora, *et al.*, 2013), para los medicamentos con alta vulnerabilidad a este tipo de riesgos, se encontró que el nivel de respuesta de los sistemas de suministro corresponde al 56,91% y en los servicios logísticos de aprovisionamiento al 71,31%, lo que evidencia un problema de déficit y oportunidad en los tiempos de entregas.

El análisis integral de esta situación, permitió establecer que la desarticulación entre los miembros de la red, evidencia la necesidad de definir de mecanismos de coordinación en las operaciones de abastecimiento de la RS, que permita reducir los niveles de vulnerabilidad y mejorar las condiciones de operación. A partir de este contexto, se estableció como objetivo principal mejorar el desempeño de la RSMO en términos de niveles de servicio y costos de operación, mediante el diseño y evaluación de escenarios de coordinación.

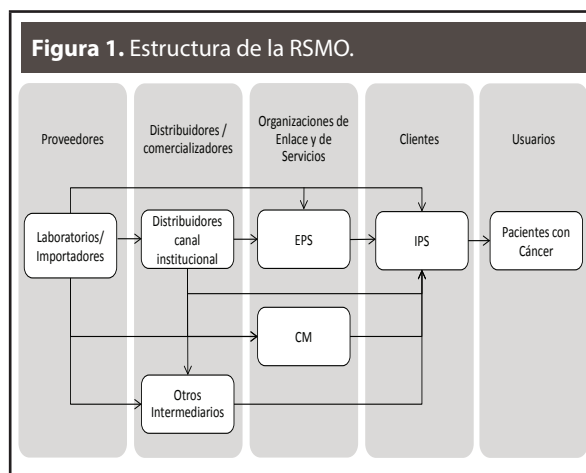
## 2. CONTEXTO SECTOR SALUD

### 2.1. Red de suministro de medicamentos oncológicos (RSMO)

La RSMO funciona de manera descentralizada, con altos niveles de intermediación por la presencia de múltiples agentes que cumplen una función co-

mercial en la venta de medicamentos a lo largo de la red. En la **Figura 1**, se presenta un esquema con los diferentes actores y los flujos de distribución de medicamentos hacia las IPS.

Las relaciones de los diferentes actores de la red con las IPS se enfocan principalmente hacia aspectos comerciales de venta de medicamentos y servicios, a diferencia de la relación entre las EPS y las IPS en donde se presenta, en algunos casos, estrategias de consolidación de flujos desde las entidades promotoras de salud hacia las instituciones prestadoras de servicios, con beneficios implícitos por volúmenes de compra desde las EPS hacia los diferentes proveedores.



### 2.2. Riesgo en la red de suministro de medicamentos oncológicos (RSMO)

Los factores de riesgo de interrupciones en el suministro y desabastecimiento de medicamentos en la RSMO, se relacionan con la disponibilidad de información a lo largo de la RS, la capacidad de respuesta de los sistemas logísticos, las condiciones dinámicas de la demanda, la infraestructura tecnológica utilizada y otros factores de tipo relacional entre los miembros de la RS. Los factores relacionales están asociados con la desarticulación de las actividades de planeación, programación y utilización de recursos y servicios, y con el poder de negociación en la red.

Las implicaciones observadas son rupturas en el flujo de productos, incumplimiento en los tiempos de respuesta a pacientes, inadecuada gestión de inventarios, aumento en los costos de intermediación por la compra de medicamentos e inestabilidad en los niveles de servicio, provocando una imagen desfavorable de las instituciones de salud ante la población en general, y posibles efectos negativos en la salud de los pacientes por situaciones de no continuidad en los tratamientos de oncología.

### **2.3. Gestión de la red de suministro de medicamentos oncológicos (RSMO).**

Los enfoques tradicionales empleados en la gestión de la cadena de medicamentos, comúnmente conocidos como gestión del suministro de medicamentos, están enfocados fundamentalmente hacia los flujos de los medicamentos, la información de índole técnico e información relacionada con el precio (Organización Mundial de la Salud, 1998). El enfoque de redes de suministro a diferencia del estudio de relaciones diádicas o tríadicas en las cadenas de suministro, aumenta la posibilidad de mejorar los resultados del sistema de suministro (Pillbeam, *et al.*, 2012). Para las redes de suministro de los sistemas de salud, las operaciones coordinadas entre los diferentes actores de la red, se configuran en un reto de la gestión para superar el fraccionamiento entre el aseguramiento y la prestación de los servicios de salud, y garantizar el acceso efectivo a los medicamentos (Bigdeli, *et al.*, 2013).

El desabastecimiento de medicamentos a nivel internacional, ha llevado a que la Federación Mundial de Farmacia inste a los países a implementar modelos que mitiguen el riesgo desde la gestión de la demanda y el suministro (International Pharmaceutical Federation, 2013).

En Colombia, aunque la Ley 1438 de 2011 (Ocampo-Rodríguez, *et al.*, 2013) exige la prestación de los servicios de salud con un enfoque de redes, son pocos los modelos que contemplan la aplicación de mecanismos y técnicas de coordinación y colaboración. El enfoque de redes ha sido aplicado en progra-

mas de interés en salud pública como tuberculosis, vacunación, entre otros, y no son altamente eficientes en cuanto a sus niveles de servicio e impacto.

De acuerdo con (Valdivieso, *et al.*, 2008), en la gobernación de la cadena de suministros en el área de servicios de salud en Colombia, se evidencian la integración vertical, los contratos de mercadeo y de manera poco común las alianzas estratégicas.

En la investigación realizada no se evidenciaron modelos formales de atención de redes, no obstante la definición de servicios oncológicos del país, lo presenta como una característica relevante para facilitar el papel de las entidades en el cumplimiento de su rol frente a la política nacional de cáncer (Suárez, 2008).

## **3. COORDINACION EN LOS SISTEMAS DE SUMINISTRO (CCS).**

La coordinación de los sistemas de suministro (CSS) se concibe como un medio para rediseñar la estructura del flujo de recursos para alcanzar un mejor desempeño (Lee, 2010). La CSS se evidencia en particular, en el grado de relación entre los miembros de la red como un medio para compartir los riesgos y los beneficios que resultan de un desempeño empresarial superior al que se consigue de forma individual (Lambert, *et al.*, 1999).

La condición de riesgo en el aprovisionamiento en las RS ha llevado a establecer acciones de coordinación entre los socios de la red para evitar y mitigar el riesgo, de tal manera que el valor y los beneficios generados se maximicen y compartan equitativamente (Kleindorfer y Saad, 2009).

En las RS se utilizan mecanismos de coordinación (MC) que buscan mejorar el desempeño y las relaciones entre los miembros de la red (Danese, *et al.*, 2004). La implementación de acciones que involucran a las diferentes instancias de la red de suministro se pueden identificar a nivel general en cuatro tipos de MC: i) contratos entre agentes de la RS; ii) tecnologías de información; iii) información

compartida; y, iv) toma de decisiones conjunta (Ars-hinder *et al.* 2008).

La necesidad de establecer mecanismos efectivos de coordinación en la red de suministro, no es tarea fácil, e implica abordar factores estratégicos y operativos de forma integral debido a la naturaleza compleja de la RS, especialmente por las características de concentración de actores, su configuración y formas de operación (Harland, *et al.*, 2004; Choi, *et al.*, 2001).

Para el caso de productos especializados que requieren múltiples componentes, o en redes de suministro con gran número de proveedores, la implementación de MC puede generar una gran carga operativa y altos costos de operación, (Choi y Krause, 2006; Kim, *et al.*, 2011). En este sentido, la definición de estos mecanismos, debe estar acorde con el contexto particular de cada RS y sus necesidades particulares.

#### 4. DINÁMICA DE SISTEMAS (DS)

El uso de la Dinámica de Sistemas (DS) se fundamenta en la utilidad del concepto de la realimentación en los sistemas como un principio básico del control que permite tomar decisiones para alinear los objetivos esperados frente a la situación actual. A partir de los aportes de (Forrester, 1958), en el análisis de flujos industriales de sistemas de producción-distribución el enfoque de bucles de realimentación y demoras, se constituye en una herramienta valiosa para la investigación de los sistemas productivos y el análisis de su comportamiento.

Mediante la dinámica de sistemas, es posible entender el comportamiento sistémico de las redes de suministro, por las relaciones de las estructuras físicas e institucionales, con la dinámica y la estrategia.

Las estructuras físicas de las redes tienen que ver con la colocación de inventarios a proveedores y clientes, las operaciones de producción, la realización de pedidos, transporte, entre otras. Las estructuras institucionales incluyen el grado de coordinación horizontal y vertical en la RS, la competencia

entre y dentro de las empresas, la disponibilidad de información de cada organización y de las áreas funcionales (Stermann, 2005). Las estructuras involucran también elementos del comportamiento, en la forma en que se toman decisiones, lo que tiene implicaciones en la forma en que se gestionan los recursos.

En el estudio de las redes de suministro desde el punto de vista sistémico, se encuentran aportes como los de (Bellamy y Basole, 2012), quienes establecen que la configuración de nodos, sus niveles, las interrelaciones, la complejidad y la densidad entre otras propiedades, hacen parte de la estructura de la RS.

La dinámica se relaciona con el comportamiento específico de la red, la capacidad de respuesta y su resiliencia. La estrategia se define por el conjunto de políticas de operación incluido el control a lo largo de la red, para lo cual es necesario considerar las relaciones de poder entre los actores, la confianza y la gobernanza.

#### 5. METODOLOGÍA

##### 5.1. Metodología para la caracterización de la RSMO

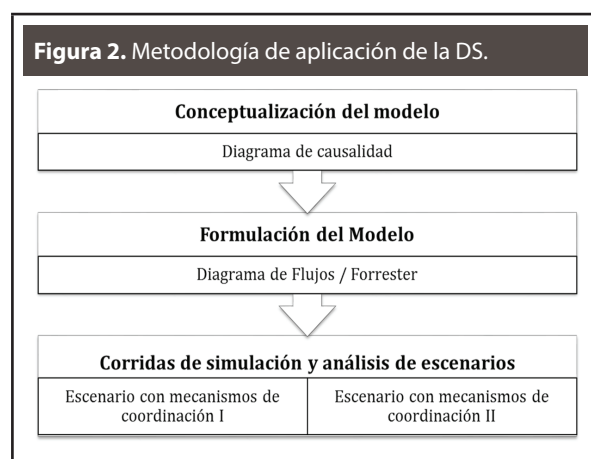
Se desarrolló la metodología de caracterización a partir de Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (Martínez, *et al.*, 2007). El levantamiento de información primaria se realiza en las IPS que se encuentran habilitadas en servicios de oncología clínica con el código 709 del grupo de Apoyo diagnóstico y complementación terapéutica (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012), las cuales fueron identificadas en la base de datos del Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud (Ministerio de Salud y Protección Social, 2012). La población de estas IPS en Colombia con servicios de oncología clínica corresponde a un total de 217 hospitales, clínicas especializadas y profesionales independientes. De acuerdo al alcance del proyecto y a la programación de recursos para las actividades de recolección de información, se estableció un error alfa de 10%, proporción estimada de 0.5 y error de estimación del 10%. Estos valores permitieron determinar un tamaño de



muestra de 56 IPS, de las cuales 42 suministraron información. Para la selección del número de IPS se realizó muestreo con probabilidad proporcional al tamaño de las IPS y al número de atenciones de oncología a partir de la definición de estratos aplicando el método de Sunter (Särndal *et al.*, 1992).

### 5.2. Metodología para la formulación de escenarios con Dinámica de Sistemas (DS)

La selección de la técnica de simulación continua con DS, se fundamenta en los aportes de (Sternman, 2000; Sternman, 2005; Bellamy y Basole, 2012) para analizar el comportamiento de los flujos en la cadena de suministro bajo mecanismos de coordinación. El modelo de DS se basa en la metodología general desarrollada por (Forrester, 1992). Se considera la estructura y las condiciones de operación de la red de abastecimiento, utilizando 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. Las etapas de la metodología utilizada se muestran en la **Figura 2**.



## 6. MODELADO Y SIMULACIÓN

### 6.1. Conceptualización del modelo.

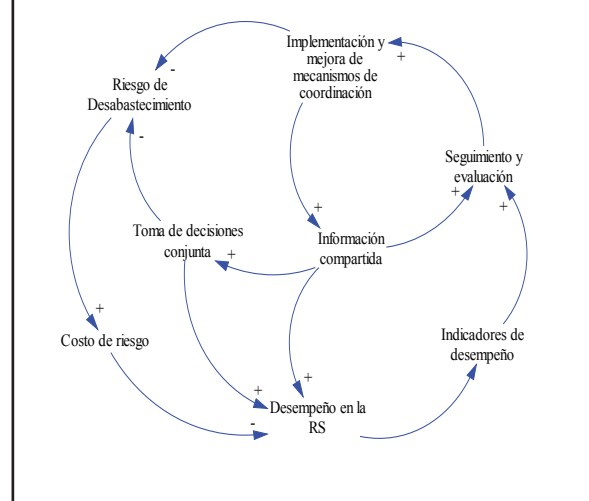
La conceptualización del modelo es presentada en la **Figura 3**, allí se refleja la hipótesis de la in-

vestigación, en donde se establece que la implementación y mejora de los mecanismos de coordinación (MC), producen efectos positivos sobre el desempeño de la red mediante el uso de información compartida y la toma de decisiones conjunta.

A su vez, los MC producen una disminución del riesgo por el efecto de la gestión conjunta en los factores de riesgo que causan desabastecimiento en las diferentes instancias de la RS.

La mitigación del riesgo se ve reflejada en un menor costo de riesgo y por lo tanto un mejor desempeño de la RS. Se retroalimenta el sistema a partir del marco e indicadores de desempeño desarrollados en (Zamora, *et al.*, 2013), lo que permite realizar seguimiento y evaluación para determinar mejoras o la implementación de nuevos MC.

**Figura 3. Diagrama de Influencias – Conceptualización del modelo.**



### 6.2. Formulación del modelo de simulación.

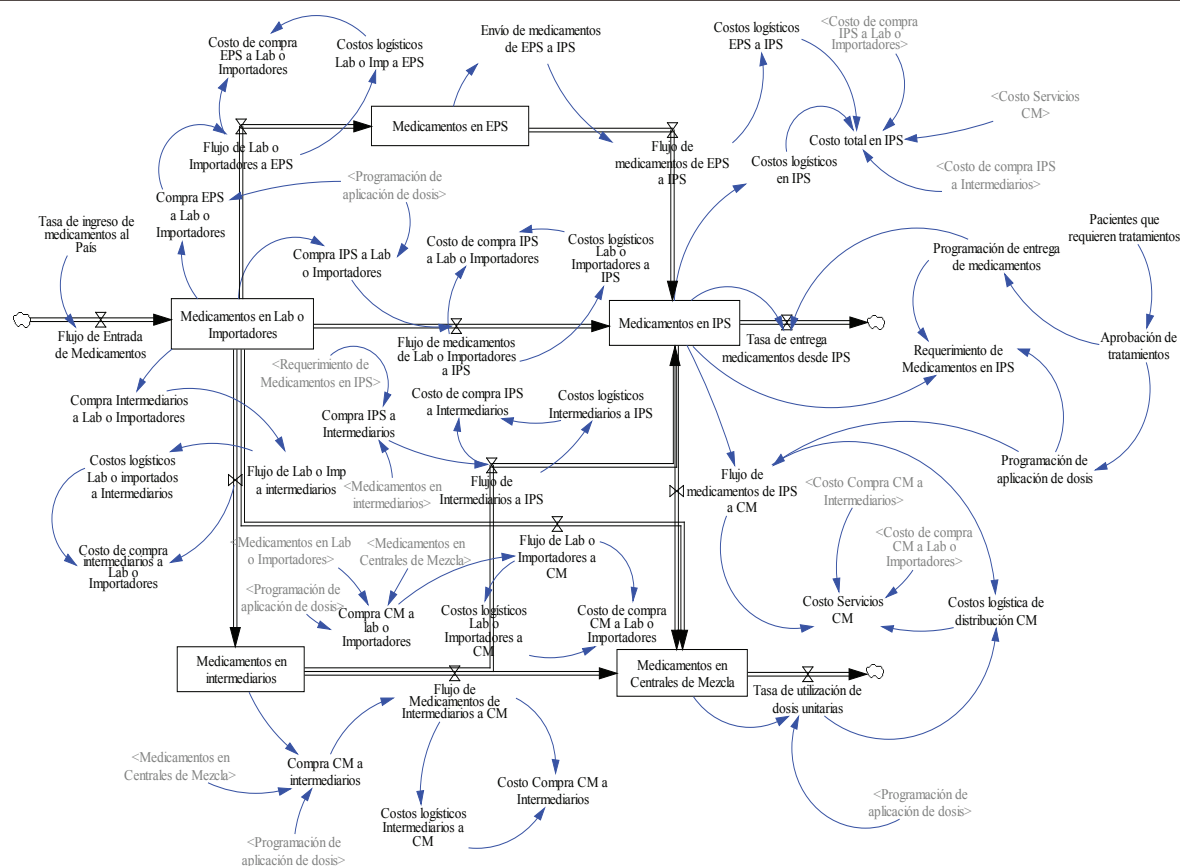
Se establece la estructura del sistema, **Figura 4**, a partir de la representación de los flujos y de las acumulaciones de medicamentos en las diferentes instancias de la red de suministro: Laboratorios - importadores (LAB), Intermediarios (I), Entidades Promotoras de Salud (EPS), Centrales de Mezcla (CM) e Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud (IPS).

En el modelo de simulación se representa la aplicación de mecanismos de coordinación con información compartida entre IPS, EPS, LAB, I y CM. El primer caso corresponde a datos de la demanda real o programación de tratamientos a pacientes, el segundo es el requerimiento de medicamentos en IPS, que se

representa por la cantidad de medicamentos faltantes de solicitud prioritaria.

Para el modelado y la simulación, se utiliza el software Vensim® PLE, Versión 6.3. En **Tabla 1**, **Tabla 2**, **Tabla 3** y **Tabla 4** se describen los componentes de la formulación del modelo.

**Figura 4.** Diagrama de Flujos de Forrester



**TABLA 1.** ACUMULACIONES

| Niveles | Definición                           | Flujos de entrada | Flujos de salida       |
|---------|--------------------------------------|-------------------|------------------------|
| MECM    | Nivel de Medicamentos en CM          | FLCM, FICM, FHCM  | FSDU                   |
| MEEP    | Nivel de Medicamentos en EPS         | FLEP              | FEHC                   |
| MEHC    | Nivel de Medicamentos en IPS         | FIHC, FLHC, FEHC  | FHCM, TEMH             |
| MEIN    | Nivel de Medicamentos en intermedios | FLIN              | FIHC, FICM             |
| MELI    | Nivel de medicamentos en LAB         | FEML              | FLCM, FLEP, FLHC, FLIN |



TABLA 2. FLUJOS

| Flujos | Definición  | Variables y Parámetros |
|--------|---|------------------------|
| FEHC   | Flujo de medicamentos desde EPS a IPS.            | EHCE                   |
| FEML   | Flujo de entrada de medicamentos al país.         | TIMP                   |
| FHCM   | Flujo de medicamentos desde IPS a CM.             | MEHC, APAD             |
| FICM   | Flujo de medicamentos desde Intermediarios a CM.  | CMIN                   |
| FIHC   | Flujo de medicamentos desde Intermediarios a IPS. | CHIN                   |
| FLCM   | Flujo de medicamentos desde LAB a CM.             | CMLI                   |
| FLEP   | Flujo de medicamentos desde LAB a EPS.            | EPLI                   |
| FLHC   | Flujo de medicamentos desde LAB a IPS.            | HCLI                   |
| FLIN   | Flujo de medicamentos desde LAB a intermediarios. | INLI                   |
| FSDU   | Flujo de salida de dosis unitarias desde CM.      | MECM, APAD             |
| FSME   | Flujo de salida de medicamentos desde IPS.        | MEHC, APED             |

TABLA 3. VARIABLES AUXILIARES

| Variables auxiliares | Definición   | Fórmula  |
|----------------------|--|--|
| CCIN                 | Costo de compra desde CM a Intermediarios.                         | FICM*PRIC+CLIC.  |
| CCLI                 | Costo de compra desde CM a LAB                                     | FLCM*PRLC+CLLC   |
| CELI                 | Costo de compra desde EPS a LAB                                    | FLEP*PRLE+CLLE   |
| CHIN                 | Costo de compra desde IPS a Intermediarios.                        | FIHC*PRIH+CLIH   |
| CHLI                 | Costo de compra desde IPS a LAB                                    | FLHC*PRLH+CLLH   |
| CILI                 | Costo de compra desde intermediarios a LAB                         | FLIN*PRLI+CLLI   |
| CLCM                 | Costos logística de distribución en CM                             | FSDU*CRUC  |
| CLEH                 | Costos logísticos de distribución desde EPS a IPS                  | FEHC*CRUE  |
| CLHC                 | Costos logísticos en IPS   | MEHC*CRLH  |
| CLIC                 | Costos logísticos de distribución desde Intermediarios a CM.       | FICM*CRUI  |
| CLIH                 | Costos logísticos de distribución desde Intermediarios a IPS.      | FICH*CRUI  |
| CLLC                 | Costos logísticos de distribución desde LAB a CM.                  | FLCM*CRUL  |
| CLLE                 | Costos logísticos de distribución desde LAB a EPS.                 | FLEP*CRUL  |
| CLLH                 | Costos logísticos de distribución desde LAB a IPS.                 | FLHC*CRUL  |
| CLLI                 | Costos logísticos de distribución desde LAB a Intermediarios.      | FLIN*CRUL  |
| CMIN                 | Cantidad de medicamentos que la CM compra a intermediarios.        | IF THEN ELSE(MEIN >=APAD, IF THEN ELSE(MECM-APAD<=0,0,APAD-MECM),0)  |
| CMLI                 | Cantidad de medicamentos que la CM compra a LAB.                   | IF THEN ELSE(MELI >=APAD, IF THEN ELSE(MECM-APAD<=0,0,APAD-MECM), 0) |
| CSCM                 | Costo Servicios en CM.   | FHCM * CMCM + CCIN + CCLI + CLCM                                     |
| CTHC                 | Costo total en IPS.  | CHIN+CHLI+CSCM+CLHC+CLEH   |
| EMEH                 | Envío de medicamentos desde EPS a IPS                              | IF THEN ELSE (MEEP>=0, MEEP, 0 )                                     |
| EPLI                 | Cantidad de medicamentos que la EPS compra a LAB.                  | IF THEN ELSE(MELI>=APAD*PEPL,APAD*PEPL,MELI)                         |
| HCIN                 | Cantidad de medicamentos que las IPS Compran a los intermediarios. | IF THEN ELSE(MEIN >=RMHC*PHCI,RMHC*PHCI, MEIN)                       |
| HCLI                 | Compra de medicamentos de IPS a LAB.                               | IF THEN ELSE(MELI >=APAD*PHCL, APAD*PHCL, MELI)                      |
| INLI                 | Compra de intermediarios a LAB.                                    | IF THEN ELSE(MELI<=0, 0 , MELI*PINL)                                 |
| RMHC                 | Requerimiento de Medicamentos en IPS                               | IF THEN ELSE( (APED+APAD-MEHC)<=0 , 0 , APED+APAD - MEHC)            |

**TABLA 4. PARÁMETROS**

| Parámetros | Definición  |
|------------|---|
| APAD       | Programación de aplicación de dosis                                     |
| APED:      | Programación de entrega de medicamentos desde IPS                       |
| APRM:      | Pacientes que requieren tratamientos de oncología                       |
| CRUC:      | Costo logístico de referencia unitario para centrales de mezcla         |
| CRUC       | Costo logístico de referencia unitario para EPS                         |
| CRLH       | Costo de operación logística unitario para IPS                          |
| CRUI       | Costo logístico de referencia unitario para Intermediarios              |
| CRUL       | Costo logístico de referencia unitario para Laboratorios o Importadores |
| PEPL       | Porcentaje de compra a través de las EPS.                               |
| PHCI       | Porcentaje de compra de medicamento de IPS a intermediarios.            |
| PINL       | Porcentaje de compra de intermediarios a laboratorios o intermediarios. |
| TIMP       | Cantidad de medicamentos que ingresan al país.                          |

### 6.3. Corridas de simulación y definición de escenarios

Se realiza la simulación de dos escenarios para periodos de 120 meses, utilizando parámetros de tipo determinístico, que representan flujos agregados en los diferentes niveles de la estructura de suministro.

**Escenario de Coordinación I.** El primer escenario corresponde a la aplicación de los mecanismos de coordinación con los niveles actuales de intermediación. Para este caso, la simulación contempla todas las relaciones presentes entre IPS, EPS, LAB, I y CM.

**Escenario de Coordinación II.** En el segundo escenario se establece el contexto teórico de suministro directo desde el laboratorio o el distribuidor hacia las IPS, EPS y Centrales de mezcla, restringiendo el flujo de medicamentos desde los intermediarios hacia IPS y hacia centrales de mezcla. Se busca con esto evaluar el desempeño con los mecanismos de coordinación en la RS, a partir de la comparación del comportamiento de costos de la estructura actual, frente a una estructura de compras directas con el laboratorio o distribuidor.

### 6.4. Validación del modelo

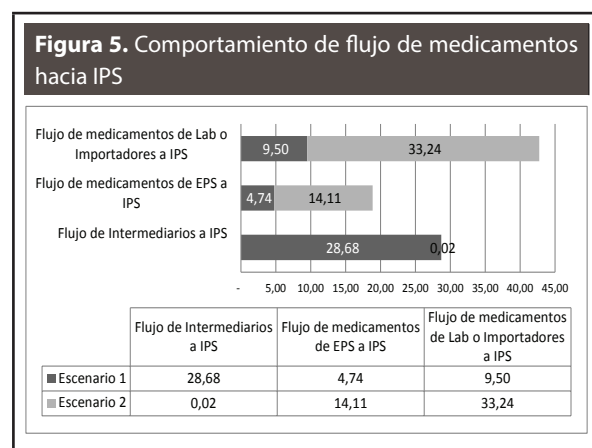
De acuerdo con la metodología desarrollada por (Barlas, 1996), se realiza la validación de la estructura del modelo y de su comportamiento. Para esto se definió como criterio, el nivel de representación de las relaciones que se presentan en la realidad entre los actores y los procesos de la RS. Se realizaron las pruebas directas a partir de (Barlas y Kanar, 2000) para cada componente del modelo. Este proceso se desarrolló con el equipo de expertos en salud y cadena de suministro que participaron en el proyecto. Se estableció que más del 95% de las relaciones del modelo son conocidas o se presentan en la realidad. De esta manera, se establece que en la práctica el uso de mecanismos de coordinación, mejorará el desempeño de la RS, de acuerdo a los comportamientos observados en la simulación.

## 7. RESULTADOS

En la **Figura 5**, se presenta el comportamiento de los flujos de medicamentos hacia las IPS para los dos escenarios. Estos valores corresponden a la cantidad promedio mensual de medicamentos, resultado de la simulación de los dos escenarios. En términos porcentuales para el escenario 1 se tiene que el 66,83% de los medicamentos se adquieren a

través de los intermediarios, el 11,4% mediante las EPS y el 22,13% directamente desde los laboratorios o importadores. Para el escenario 2, los porcentajes cambian de la siguiente forma: el 0,05% de los medicamentos se adquieren a través de los intermediarios, el 29,78% mediante las EPS y el 70,17% directamente desde los laboratorios o importadores.

El comportamiento de los flujos de medicamentos hacia y desde las centrales de mezcla se presenta en la **Figura 6**. Se observa que en el escenario 1, se presenta la compra de medicamentos desde las centrales de mezcla a intermediarios en cantidad promedio de 5,74 unidades mensuales, lo que corresponde al 11,86% de los medicamentos que ingresan a las centrales de adecuación de medicamentos.

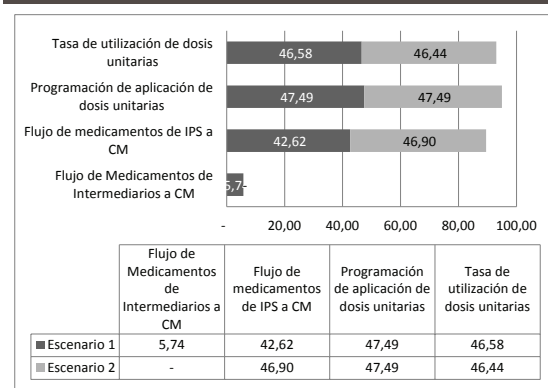


El porcentaje de cumplimiento en entrega de dosis unitarias de acuerdo a la programación establecida es del 98,10% y 97,80% respectivamente para los escenarios 1 y 2, lo que indica un nivel de cumplimiento casi total en ambos escenarios.

El comportamiento de costos para cada uno de los dos escenarios se encuentra asociado a las cantidades adquiridas a través de las diferentes instancias de proveedores en la red de suministro. El costo total en las IPS es menor en el escenario 2, en donde se adquieren en un mayor porcentaje los medicamentos directamente a los laboratorios o importadores o a través de las EPS. La política de uso de altos niveles de intermediación (escenario actual), resulta en un mayor costo para el sistema. En el costo total para las IPS en el escenario 2 se pre-

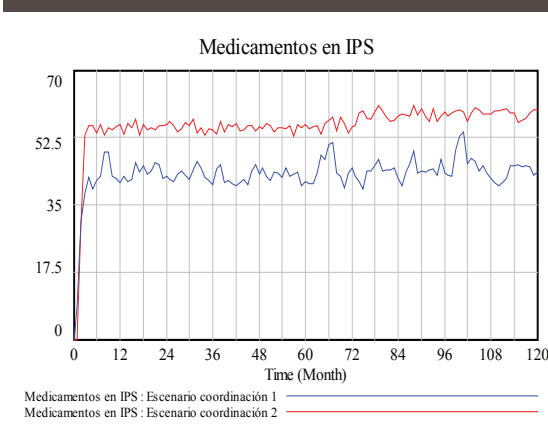
senta una disminución del 13,99% en relación con el costo total del escenario 1.

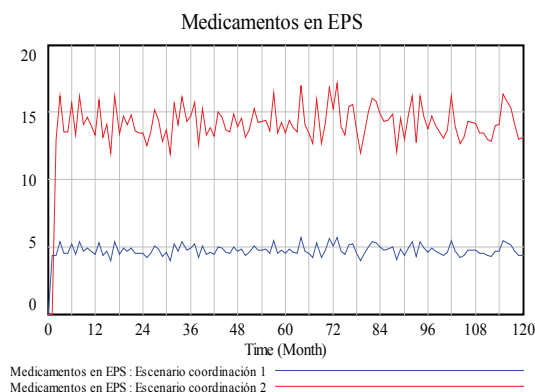
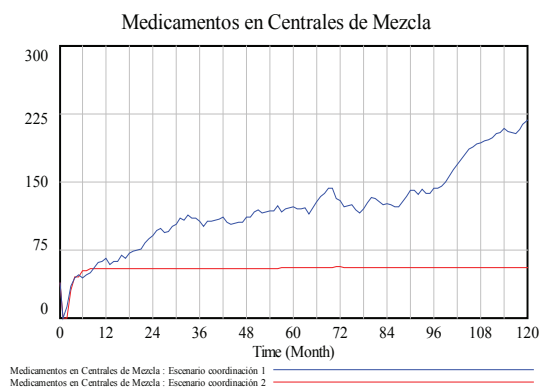
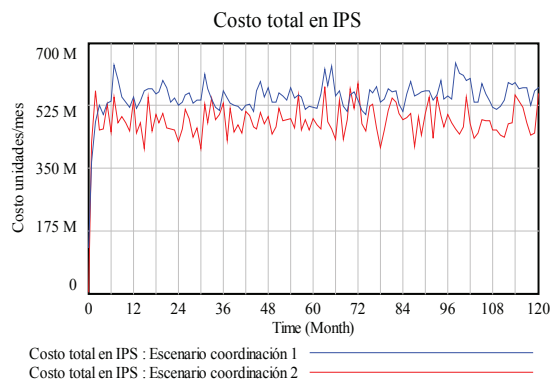
**Figura 6. Comportamiento de flujo de medicamentos en Centrales de adecuación de medicamentos**



El nivel de medicamentos para el escenario 2 en las instancias IPS y EPS, es mayor que para el escenario 1. Esto refleja por una parte, la política de establecer una mayor participación al esquema de envíos de medicamentos desde las EPS hacia las IPS, y por otra, la restricción de la intermediación en flujos de medicamentos desde los intermediarios hacia las centrales de mezcla, flujos que se asumen en el escenario 1 desde las IPS. En **Figura 7**, **Figura 8** y **Figura 9**, se observa el comportamiento de las principales acumulaciones.

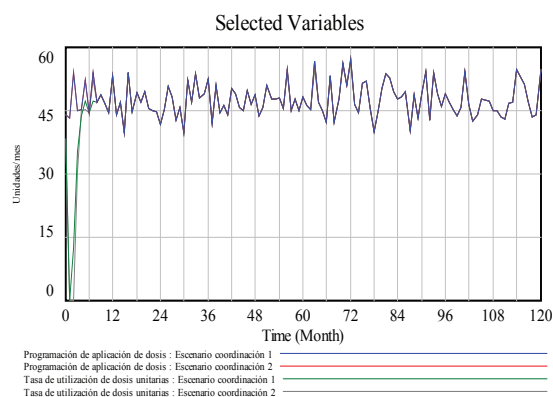
**Figura 7. Nivel de medicamentos en IPS**



**Figura 8.** Nivel de medicamentos en EPS**Figura 9.** Nivel de medicamentos en Centrales de mezcla**Figura 10.** Comportamiento de costo total en IPS

En la **Figura 10** se presenta el comportamiento de los costos totales en IPS de los dos escenarios. En todos los periodos de la simulación se observa un costo mayor en el primer escenario.

Los niveles de cumplimiento son resultado del comportamiento de la tasa de entrega de dosis unitarias en relación con la programación de dosis. En la **Figura 11** se presenta el resultado de la simulación de estas dos variables.

**Figura 11.** Tasa de utilización de dosis unitarias frente a Programación de dosis unitarias.

## 8. CONCLUSIONES

La simulación de escenarios de coordinación para la red de suministro de medicamentos oncológicos, permite visualizar alternativas beneficiosas para la gestión de abastecimiento en las instituciones prestadoras de servicios de salud IPS. Los resultados en los niveles de cumplimiento de la programación de dosis del 98,10% y 97,80% para cada uno de los dos escenarios, evidencian que la aplicación de mecanismos de coordinación de información compartida y la toma conjunta de decisiones mejora el comportamiento de los flujos de suministro de medicamentos en las diferentes instancias de la red, reduciendo el riesgo de desabastecimiento y por lo tanto propiciando las condiciones de continuidad, cobertura y eficiencia en la prestación de los servicios de oncología.

La evaluación de los dos escenarios que orientan el uso de políticas y reglas de negociación y

coordinación en la red de suministro de medicamentos oncológicos, refleja el impacto que a nivel de costo se puede presentar en el sistema de salud colombiano. La reducción del 13,99% en el costo total en IPS en el escenario 2, podría representar ahorros importantes en el sistema.

La búsqueda de estrategias que prioricen la implementación de mecanismos de coordinación y negociación en la red de abastecimiento de medicamentos oncológicos, se constituye en una herramienta fundamental para la definición de políticas públicas y la toma de decisiones en el ámbito de la salud colombiana. La implementación de los mecanismos de coordinación implica la adopción de acuerdos entre los niveles de la red y la utilización de tecnologías de información y comunicación, que permitan conocer en tiempo real las cantidades de medicamentos requeridos en el sistema y las capacidades de respuesta de los niveles proveedores en las diferentes instancias de la RS.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia 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”.

## REFERENCIAS

- Arshinder, K.; Kanda, A.; Deshmukh, S.G. (2008). Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Production Economics*, 115, pp. 316–335.
- Arshinder, K.; Kanda, A.; Deshmukh, S.G. (2011). A Review on Supply Chain Coordination: Coordination Mechanisms, Managing Uncertainty and Research Directions. En Choi, T.; Cheng, E. *Supply Chain Coordination under Uncertainty*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 39–82.
- Barlas, Y. (1996). Formal aspects of model validity and validation in system dynamics. *System Dynamics Review*, 12(3), pp. 183–210.
- Barlas, Y.; Kanar, K. (2000). Structure-oriented Behavior Tests in Model Validation. *18th International Conference of The System Dynamics Society*. pp. 33–34.
- Bellamy, M.; Basole, R. (2012). Network Analysis of Supply Chain Systems : A Systematic Review and Future Research. *Systems Engineering*, 16(2), pp. 235–249.
- Bigdeli, M.; Jacobs, B.; Tomson, G.; Laing, R.; Ghaffar, A.; Dujardin, B.; Van Damme, W. (2013). Access to medicines from a health system Perspective. *Health Policy and Planning*, 28, pp. 692–704
- Choi, T.; Dooley, K.; Rungtusanatham, M. (2001). Supply networks and complex adaptive systems: control versus emergence. *Journal of Operations Management*, 19(3), pp.351–366.
- Choi, T.; Krause, D. (2006). The supply base and its complexity: Implications for transaction costs, risks, responsiveness, and innovation. *Journal of Operations Management*, 24(5), pp.637–652.
- Danese, P.; Romano, P.; Vinelli, A. (2004). Managing business processes across supply networks: the role of coordination mechanisms. *Journal of Purchasing & Supply Management*, 10(4-5), pp. 165–177.
- Forrester, J. (1958). Industrial Dynamics: A major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, 36(4), pp. 37–66.
- Forrester, J. (1993). System Dynamics and the Lessons of 35 Years. En De Greene, K. *A Systems-Based Approach to Policymaking SE - 7*. New York: Springer US. pp. 199–240.
- Suárez, F.; Quintero, A. (2008). Conceptos preliminares sobre los servicios oncológicos en Colombia. *Revista Colombiana de Cancerología*. 12(9), pp. 12–22.
- Harland, C.; Zheng, J.; Johnsen, T.; Lamming, R. (2004). A Conceptual Model for Researching the Creation and Operation of Supply Networks. *British Journal of Management*, 15(1), pp. 1–21.
- International Pharmaceutical Federation (FIP), 2013. Report of the International Summit on medicines shortage. [Consultado el 14 febrero 2014] Disponible en: <https://www.fip.org>.
- Kim, Y.; Choi, T.; Yan, T.; Dooley, K. (2011). Structural investigation of supply networks: A social network analysis approach. *Journal of Operations Management*, 29(3), pp.194–211.
- Kleindorfer, P.R.; Saad, G.H. 2009. Managing Disruption Risks in Supply Chains. *Production and Operations Management*, 14(1), pp.53–68.

- Lambert, D.M.; Emmelhainz, M.A.; Gardner, J.T. (1999). Building successful partnerships. *Journal of Business Logistics*, 20(1), pp.165-181.
- Lee, H.L. (2010). Creating value through supply chain integration. *Supply Chain Management Review*, 4(4), pp.30-36.
- Martínez, M.; Venot de Suárez, C.; Pérez, J.; Furtado, J. (2007). Metodología de Análisis del Potencial de Integración Productiva y Desarrollo de Servicios Logísticos de Valor Agregado de Proyectos. [Consultado el 9 enero 2013] <http://www.iirsa.org>.
- Michalska, M.M., (2009). Asimetrías en el proceso de gestión de Cadena de Suministro y su Influencia en los resultados finales de colaboración organizacional. Tesis de doctorado, Universidad Rey Juan Carlos.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2012). Manual de procedimientos para la verificación de condiciones de habilitación de servicios de oncología. [Recuperado el 12 febrero 2013] de <http://www.minsalud.gov.co>.
- Ministerio de Salud y Protección Social (2012). Registro Especial de Prestadores de Servicios de Salud. - REPS. [Recuperado el 16 febrero de 2013] de <http://201.234.78.38/habilitación>.
- Pilbeam, C.; Alvarez, G. y Wilson, H. (2012). The governance of supply networks: a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(4), pp.358-376.
- Ocampo-Rodríguez, M.; Betancourt, V.; Montoya-Rojas, J.; Bautista-Botton, D. (2013). Sistemas y modelos de salud, su incidencia en las redes integradas de servicios de salud. *Gerencia y Políticas de Salud*, 12(24), pp. 114-129.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (1998). Gestión del suministro de medicamentos OMS. *Boletín de Medicamentos Esenciales*, 25(26), pp.2-13.
- Särndal, C.; Swensson, B.; Wretman, J. (1992). Model Assisted Survey Sampling. En Springer Series in Statistics. New York: Springer - Verlag.
- Sterman, J. (2005). Operational and Behavioral Causes of Supply Chain Instability, Boston: Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology.
- Sterman, J. (2000). Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world. Boston, Irwin McGraw-Hill.
- Valdivieso, S.T.; Guillermo, R.; Cáceres, G. (2008). Cadena de abastecimiento : revisión bibliográfica y propuesta de modelo de Investigación. *Cuad. Adm*, 21(35), pp.65-91.
- Zamora, J.P.; Adarme, W.; Arango, M.D. (2013). Supply risk analysis: applying system dynamics to the Colombian healthcare sector. *Ingeniería e Investigación*, 33(3), pp.76-81.
- Zamora, J.P.; Castrellón, J.P.; Adarme, W. (2013). Key risk indicators framework for supply operations - Colombian Health Care Sector. En Sustainability and collaboration in supply chain management: a comprehensive insight into current management approaches. Lohmar, Eul Verlag.

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /  
TO REFERENCE THIS ARTICLE /  
PARA CITAR ESTE ARTIGO /**

Zamora Aguas, J.P.; Adarme Jaimes, W.; Vanegas Escamilla, E.P. (2016). Coordinación en redes de suministro de medicamentos. Caso aplicado al sector salud colombiano. *Revista EIA*, 13(25), enero-junio, pp. 171-183. [Online]. Disponible en: DOI: <http://dx.doi.org/10.14508/reia.2016.13.25.171-183>