

**ANÁLISIS SISTÉMICO DEL RIESGO EN LA CADENA DE ABASTECIMIENTO**

**HAROLD FERNANDO DAZA MANCHOLA  
FELIPE ROMO LARA**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2012**

**ANÁLISIS SISTÉMICO DEL RIESGO EN LA CADENA DE ABASTECIMIENTO**

**HAROLD FERNANDO DAZA MANCHOLA  
FELIPE ROMO LARA**

**Proyecto de Grado para optar al título de  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**DIRECTOR DEL PROYECTO**

**Fernando Antonio Arenas, M.Sc.**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2012**

# CONTENIDO

pág.

1.1 TÍTULO .....	0
1.2 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA .....	0
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	1
1.5 LÍMITES Y ALCANCE .....	2
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO.....	3
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>3. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>4</b>
3.1 ANTECEDENTES .....	4
3.2 MARCO TEÓRICO.....	6
3.2.1 Cadena de Abastecimiento .....	6
3.2.4 Manejo de riesgo en la Cadena de Abastecimiento (MRCA) .....	7
<b>4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....</b>	<b>10</b>
4.1 ETAPAS DEL PROYECTO .....	10
4.1.1 Definir las variables de decisión del modelo e indicadores de riesgo .....	10
4.1.2 Plantear el modelo conceptual .....	11
4.1.3 Elaborar un diseño de experimentos .....	11
<b>5 ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO.....</b>	<b>13</b>
5.1 RECURSOS.....	13
5.2 CRONOGRAMA .....	14
<b>6. DEFINICIÓN DE VARIABLES DEL MODELO E INDICADORES DE RIESGO.....</b>	<b>16</b>
6.1 VARIABLES DEL MODELO.....	16
6.2 DEFINICIÓN DE RIESGO.....	19
<b>7. PLANTEAMIENTO DEL MODELO CONCEPTUAL.....</b>	<b>20</b>
<b>8. DISEÑO DE EXPERIMENTOS.....</b>	<b>28</b>
8.1 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	28
8.1.1 Conclusiones del análisis de sensibilidad.....	31
8.2 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	31
8.3 ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN. ....	42
8.1.1 Procesamiento de datos y análisis de correlación. ....	42
<b>Bibliografía .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>56</b>
Anexo A. Matriz de marco lógico.....	56

<b>Anexo B. Regresión del Riesgo de Incumplimiento Meta Flujo de Caja y Nivel de Servicio (26 y 30 Regresores). .....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo C. Combinación de todas las posibles políticas. ....</b>	<b>58</b>
<b>Anexo D. Prueba de autocorrelación. ....</b>	<b>68</b>

# 1. MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DEL RIESGO SISTÉMICO EN LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

## 1.1 TÍTULO

Análisis sistémico del riesgo en la cadena de abastecimiento

## 1.2 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Riesgo de la cadena de abastecimiento aparece como algún evento que pudiera afectar cualquier movimiento ya sea de materiales, información o productos, y perturbar el flujo previsto. Un retraso en la entrega de las materias primas podría detener la producción, aumentar los costos al obligar a un movimiento de transporte alternativo, podría aumentar las existencias de trabajos en curso, afectar indicadores financieros y hacer que los socios reconsideren sus relaciones comerciales.

Esto demuestra que los riesgos en la Cadena de Abastecimiento (CA) sólo son una serie de eventos que pueden pasar dentro de un sistema, y las consecuencias suelen ser mucho más grandes; estas pueden llegar a afectar la liquidez, el endeudamiento entre otras variables financieras.

A pesar de que la academia ha demostrado alto interés en medir y prevenir los riesgos en la CA no hemos hasta el momento encontrado literatura que relacione el riesgo operativo con el riesgo financiero de una empresa desde una perspectiva de dinámica de sistemas y existe un vacío conceptual entre la relación de los diferentes indicadores financieros y las operaciones de la cadena de abastecimiento internas de una empresa.

Durante el desarrollo de este trabajo de grado no se ha encontrado estudios concretos sobre las pérdidas económicas a las cuales se puede incurrir al desconocer la relación causal que se presenta entre los diferentes tipos de riesgo en la cadena de abastecimiento, si bien existen estudios que hacen un análisis del riesgo (Ver Tabla 1) basados en modelos cuantitativos, ninguno de estos deja bien definido la relación y la cuantificación entre el riesgo operativo y el riesgo financiero basados en un modelo de dinámica de sistemas.

Tabla 1. Modelos cuantitativos del riesgo en la cadena de abastecimiento encontrados en la literatura. (Mohd et al.)

<b>TÍTULO</b>	<b>AUTOR</b>
Risk sharing in supply chain	He and Zhang (2007)
Stochastic model for risk management in global supply chain networks	Goh et al. (2007)
Coordination of supply chain after demand disruptions	Xiao et al. (2007)
Managing risk in the supply chain	Gaudenzi and Borghesi (2006)
Dynamics of a global supply chain	Nagurney and Matskypura (2005)
Risk management in supplier networks	Hallikas et al. (2004)
Risk in telecom supply chains	Agrell et al. (2004)

Para colaboración a la comprensión de un tema que implica complejidad dinámica, se plantea en este proyecto la elaboración de un modelo de la cadena de abastecimiento a través de Dinámica de Sistemas, la cual es una herramienta que facilita el aprendizaje de los conceptos financieros de la empresa estudiada.

En este se proyecto busca, a través de una simulación ofrecer una herramienta para la toma de decisiones de un empresario, que establezca la influencia que ejercen las decisiones de gestión de la cadena de abastecimiento sobre las finanzas de la empresa, representada en los indicadores financieros.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El modelo de simulación en Dinámica de Sistemas podrá aportar al manejo gerencial de una empresa en donde se crean escenarios con parámetros que pueden ser cambiados y se pueda ver la influencia de las decisiones tomadas en la cadena de abastecimiento y como repercute en los indicadores financieros. Con lo esta herramienta un gerente no solo puede ver como sus decisiones afectan

operacionalmente la empresa sino también cuantificar el efecto que tienen en los indicadores financieros.

Para la Ingeniería Industrial este proyecto es de gran interés, ya que relaciona no solo conceptos de análisis operacionales en la cadena de abastecimiento y conceptos financieros, sino que también conceptos de visión sistémica para generar análisis profundos de las relaciones causales de variables operacionales y financieras entendiendo la organización como un todo.

Este proyecto es de gran atractivo puesto que es analizado desde una cadena de abastecimiento general para poderlo acoplar a una cadena de abastecimiento específica de un negocio particular, por lo que puede ser de gran ayuda a cualquier gerente que desee modelar su cadena de abastecimiento.

## **1.5 LÍMITES Y ALCANCE**

Para afrontar el problema y plantear una metodología que nos indique la forma adecuada de establecer relaciones causales entre las decisiones que se tomen en el área operativa y los objetivos y/o indicadores financieros, con el fin de determinar las decisiones o parámetros que más afectan o influyen en el área financiera. Se hará el análisis basado en un modelo que contiene 2 materias primas (plástico y cobre, un proveedor para cada insumo), una fábrica (producción de cable) que se encarga del proceso productivo, y tres distribuidores (cada uno con prioridad diferente). El proyecto se llevará a cabo mediante el análisis y estudio del comportamiento de las variables y parámetros asociadas a 1 tipo específico de cable.

Posteriormente se plantearán diferentes escenarios posibles donde se varíen las condiciones del entorno y los parámetros, teniendo en cuenta su carácter estocástico.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Hacer una aproximación sistémica sobre la gestión del riesgo operativo y la gestión de riesgo financiero en una cadena de abastecimiento.

### **2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO**

Elaborar un modelo de simulación, basado en la dinámica de sistemas, para comprender la gestión del riesgo empresarial desde una perspectiva sistémica.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

2.3.1 Definir las variables de decisión del modelo.

2.3.2 Plantear un modelo conceptual del Sistema, basado en la dinámica de sistemas.

2.3.3 Elaborar un diseño de experimentos.



### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 ANTECEDENTES

De los documentos encontrados y estudiados, existen diversas formas de abordar o gestionar el riesgo en la cadena de abastecimientos. Mientras algunos autores se han limitado a estudiar el manejo del riesgo en la cadena de abastecimiento con análisis sistémicos (Risk sharing in supply chain, He and Zhang 2007) que ayudan a tomar decisiones gerenciales, no hay estudios claros que definan la relación que existe entre la gestión del riesgo operativo y financiero.

Arenas<sup>1</sup> presento en 2010 un modelo dinámico de una empresa productora de cables eléctricos, que representa una cadena de abastecimiento corta, la cual consiste en 2 bodegas de materia prima, la bodega 1 sule de plástico de recubrimiento y la bodega de materia prima 2 sule de cobre. El modelo también consta de una planta de producción, y 3 distribuidores con demanda y prioridad distinta.

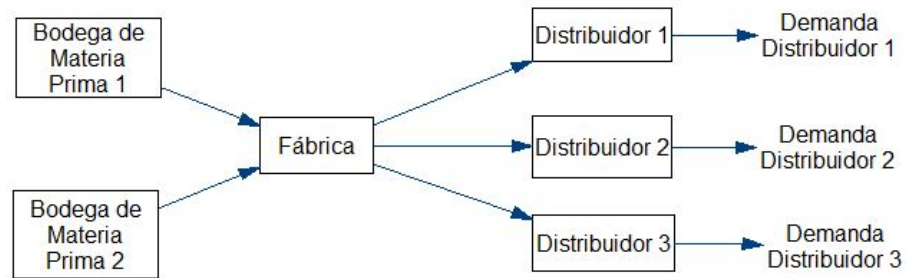
En el modelo presentado por Arenas se implemento un concepto de logística POS (point of sells) que consiste en administrar las políticas de inventario basándose en información de la demanda que proviene directamente del cliente final (por medio de intercambio electrónico de datos EDI), para mitigar el efecto látigo y reducir el riesgo de desabastecimiento, que posteriormente se puede convertir en disminución de servicio al cliente y pérdidas en ventas.

Este proyecto se basa en los estudios y el modelo realizado por Arenas (2010), Al cual se le incluirá un submodelo que permita estudiar la relación desde un punto de vista sistémico de la gestión del riesgo operativo y financiero.

---

<sup>1</sup> ARENAS, Fernando A. Finanzas, colaboración y “efecto látigo” en la cadena de abastecimiento: una aproximación a través de la Dinámica de Sistemas. La Dinámica de sistemas para la efectiva toma de decisiones y análisis estratégico de problemas: Memorias del 8° Congreso Latinoamericano y Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, 2010. Medellín: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2010.

Gráfico 1. Estructura de la cadena de abastecimiento.



**Fuente: Arenas (2010)**

Para la realización del modelo se siguen algunos de los pasos planteados por Sterman<sup>2</sup>:

Articulación del problema (Alcances del modelo).

- Variables Clave: ¿Cuáles son las variables que se deben considerar?
- Horizonte de tiempo: ¿A cuántos años o períodos se va a modelar?
- Definición de la dinámica del problema: ¿Cómo es el comportamiento de las variables clave en el presente y cómo podrían ser en el futuro?

Hipótesis dinámica.

- Foco endógeno: Formular la dinámica que explique la estructura interna del modelo.
- Mapping
  - Límites del modelo.
  - Diagrama de subsistemas.
  - Diagrama causal.
  - Diagrama de flujo.
  - Otros.

Formulación específica del modelo.

- Estimación de parámetros y condiciones iniciales.
- Prueba (Corrida).

Pruebas y comparaciones con modelos de referencia.

---

<sup>2</sup> STERMAN, John. Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a complex world. Bogotá: Irwin/McGraw-Hill, 2000. p. 85.

Diseño y evaluación de escenarios.

- Diseño de políticas.

## **3.2 MARCO TEÓRICO**

### **3.2.1 Cadena de Abastecimiento**

Una cadena de abastecimiento consiste en una serie de actividades y organizaciones por donde los materiales se mueven desde los proveedores hasta los consumidores finales (Waters 2007).

El instituto de Logística (1998) describió la cadena de abastecimiento como “una secuencia de eventos con el propósito de satisfacer los consumidores”. Christopher (1998) definió la cadena de abastecimiento como “una red de organizaciones que están ligadas con relaciones hacia arriba y hace debajo de la cadena en los diferentes procesos y actividades que producen valor para hacer el producto o servicio y entregárselo al consumidor final”.

Waters afirma que cada producto tiene su propia cadena de abastecimiento (CA) y estas pueden ser largas y complicadas, por ejemplo la cadena de abastecimiento de Cadbury empieza con los granos de cacao creciendo en granjas y terminan en los consumidores que compran una barra de chocolate.

La CA es una red que está enfrentada a numerosos riesgos que son inherentes a la producción de cualquier producto que van desde retrasos en cualquier eslabón de la cadena hasta la descomposición y ruptura total. Así los gerentes logísticos se tienen que enfrentar a diferentes decisiones cambiando operaciones a fin de conseguir mejor eficiencia y servicio sin considerar las consecuencias en el riesgo pero incrementando su vulnerabilidad (Waters, 2007).

Las organizaciones se están enfrentando a más rupturas en las funciones esenciales no por las buenas decisiones sino porque no están al tanto de todas las consecuencias de sus acciones lo que se traduce en que un problema con cualquier miembro de la cadena se expande para dar consecuencias por todos los otros miembros. Esto anterior explica el escenario de los riesgos en la CA en

donde no solo se es susceptible por el propio riesgo sino también se puede ser golpeado por eventos riesgosos que afectan a otros miembros.

La academia (Enfoque de dinámica de sistemas, pensamiento sistémico) siempre se ha enfocado en evaluar la cadena de abastecimiento desde el punto operativo y no se enfoca en evaluar la operación diaria de la cadena y sus repercusiones en el desempeño financiero de la organización. Las métricas de la cadena de abastecimiento suelen estar fragmentadas y desligadas del desempeño financiero (Camerinelli, 2006). Por otro lado las métricas financieras de la CA parecen inadecuadas para el desempeño de la compañía ya que no suelen estar ligadas a la operación productiva en ninguna parte de la cadena. Esta división de evaluaciones está presente en muchas organizaciones y conlleva a obtener soluciones de problemas financieros que no tengan en cuenta las operaciones de la cadena.

### **3.2.2 Manejo de riesgo en la Cadena de Abastecimiento (MRCA)**

El manejo del riesgo toma un papel fundamental en el momento de identificar riesgos, analizarlos y diseñar planes de mejora. Los planes para manejar el riesgo pueden ayudar a evitar el riesgo reduciendo sus efectos o generalmente lo que se necesite para contrarrestarlo. El riesgo en la CA es cualquier cosa que intente amenazar el buen flujo de la cadena. Las cadenas de abastecimiento son inherentemente vulnerable al riesgo y los niveles de riesgo, parecen estar incrementando; es por esto que los gerentes logísticos necesitan herramientas para tratar los riesgos y ellos juegan un papel fundamental en el manejo de riesgos en la CA (Waters, 2007).

Hay varias razones por la que los gerentes deben estar pendientes de los riesgos en una CA. Primero el reconocer el riesgo les puede traer beneficios incluyendo menos rupturas de la cadena, disminución de los costos e incremento del valor agregado y esto se puede usar como una ventaja competitiva.

El manejo del riesgo en una CA es el responsable de todos los aspectos riesgosos y asegura que todas las decisiones tomadas en la empresa estén aplicadas al riesgo logístico. El manejo del riesgo en la CA empieza con el análisis de toda la estrategia de riesgo e identificando los requerimientos logísticos. Posteriormente se diseñan los propios planes de largo plazo, metas, políticas, recursos, decisiones, y acciones que relacionan el riesgo en la CA.

Un plan estratégico para mitigar el riesgo no considera riesgos específicos sino una visión general de cómo los gerentes pueden abordar eventos riesgosos y esa visión general debe generalmente incluir lo siguiente:

- Evaluación de la actitud organizacional hacia el riesgo extraído de las estrategias y consecuencias del MRCA.
- Evaluación de los recursos, sistemas, herramientas e instalaciones disponibles para MRCA.
- Procedimientos, métodos y herramientas para elaborar una lista de riesgos, sus causas, probabilidades y consecuencias.
- Políticas para la distribución del riesgo entre las partes.
- Métodos de monitoreo del riesgo, mantenimiento del proceso del manejo del riesgo, procedimientos de actualización, comunicación de resultados, medición del desempeño y el logro del mejoramiento continuo.<sup>3</sup>

Para abordar problemas de MRCA se debe empezar desde las personas que están directamente involucradas con la operación a tratar puesto que estas personas regularmente son las que tiene más claro el entendimiento de los riesgos y la forma de tratarlos. La combinación de las implicaciones directas e inmediatas de una operación con respeto al riesgo y las implicaciones indirectas que comprometen otros aspectos contribuyen al éxito de la estrategia del riesgo logístico.

Waters<sup>4</sup> escribe algunos de los factores que contribuyen al éxito en una estrategia de riesgo logístico:

- Tener gerentes con experiencia que estén enterados de las consecuencias del riesgo en la CA y tengan los conceptos de MRCA.
- Un entendimiento de los roles y requerimientos de MRCA entre todos los trabajadores de la CA
- Procedimientos formales para identificación y tratamiento de los riesgos.
- Acatamiento del cambio continuo de los riesgos en la CA y la necesidad monitoreo con la actualización de los procedimientos del manejo del riesgo.

---

<sup>3</sup> WATERS, Donalds, Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics, 2007 p.91.

<sup>4</sup> Ibid., p. 84.

Dentro del manejo del riesgo en una empresa se necesitan hacer los siguientes pasos: Identificar los riesgos en la CA, analizar los riesgos y diseñar acciones adecuadas para el riesgo.

## **4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA**

La elaboración del proyecto parte de la definición que los autores<sup>5</sup> le den al concepto de riesgo sistémico, después de esto se procede con metodología planteada por John Sterman<sup>6</sup> descrita anteriormente (sección antecedentes), y nos establece un serie de pasos para desarrollar el modelo de dinámica de sistemas.

Mediante herramientas estadísticas como diseño de experimentos y regresión, se busca encontrar la combinación eficiente de los inputs del modelo para posteriormente correrlo.

Se culmina con el análisis que nos permita medir la relación entre el riesgo operativo y el riesgo financiero, y la elaboración de las conclusiones a partir de los resultados obtenidos.

Las etapas del proyecto fueron agrupadas en una matriz de marco lógico (ver anexo A) donde se establecen las actividades necesarias para cumplir con cada uno de los objetivos propuestos para el proyecto.

### **4.1 ETAPAS DEL PROYECTO**

#### **4.1.1 Definir las variables de decisión del modelo e indicadores de riesgo**

Para lograr este objetivo se requiere de una recolección de estudios y documentos para poder observar tentativamente patrones de comportamiento de la CA y articulando lo anterior al problema en estudio poder delimitar el riesgo tanto operativo como financiero. Junto con la investigación hecha y las definiciones de riesgo en la cadena en que se va a basar este proyecto se decidirán con base a elementos teóricos y la evidencia empírica, las variables endógenas, exógenas y excluidas del modelo.

---

<sup>5</sup> Harold Daza, Felipe Romo.

<sup>6</sup> STERMAN, John. Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a complex world. Bogotá: Irwin/McGraw-Hill, 2000. p. 85.

La definición de lo endógeno es un paso fundamental ya es la que delimita las relaciones dentro que se quieren modelar de manera dinámica especificando la articulación y las reglas de decisión.

Con la información recolectada y estudiada se procede a establecer una definición de qué gestión del riesgo operativo y financiero desde una mirada sistémica dentro de una cadena de abastecimiento.

#### **4.1.2 Plantear el modelo conceptual**

Para la elaboración del modelo conceptual se procede a un análisis preliminar donde se establezcan las hipótesis iniciales que permitan establecer los conceptos base del modelo y su comportamiento esperado. Posteriormente se elabora un diagrama de subsistemas que es el que muestra la composición global del modelo en donde cada subsistema es mostrado con su respectivo flujo de insumos, información, dinero etc. Se realiza un diagrama causal el cual es para ilustrar las relaciones entre las variables simbolizadas con flechas de causa y efecto.

Una vez se ha desarrollado la inicial hipótesis dinámica, los límites del modelo y el modelo conceptual, se comprueba el correcto funcionamiento mediante una corrida base que nos asegure el buen funcionamiento de las relaciones y formulas planteadas, se comprueba que lo que esta modelado corresponde significativamente al mundo real y revisar la consistencia dimensional.

#### **4.1.3 Elaborar un diseño de experimentos**

Para encontrar si verdaderamente existe una relación entre el riesgo operativo y financiero, se procede a hacer un diseño de experimentos donde se establecen unas variables que se van a modificar, y unas variables respuestas que van a registrar la variación simultánea de las variables que se modificaron. Con lo que se obtiene de este análisis más adelante se utiliza para establecer la relación entre las variables objetivo<sup>7</sup>.

En este punto el modelo está listo para empezar la corrida de las simulaciones, se calibran los parámetros iniciales con lo que se obtuvo del diseño de experimentos, y se tabulan los resultados obtenidos para su posterior análisis.

---

<sup>7</sup> Variables de riesgo sistémico de cada sub sistema.



Con los datos obtenidos de las simulación debidamente tabulados, se hace uso de paquetes de software estadístico como Minitab o EasyReg, para realizar el análisis de correlación que nos ayude a determinar la relación de las variables objetivo (Directa o indirectamente proporcional, relación fuerte o débil).

Con lo anterior se quiere probar si las variables independientes se relacionan con cada uno de los riesgos de manera lineal si tener en cuenta los efectos que pueden generar conjuntamente varias variables.

Por medio de estos paquetes estadísticos también se hace el análisis de regresión con el fin de encontrar la ecuación matemática que me describa la relación entre el riesgo operativo y financiero.

Con toda la información anterior se busca hacer un análisis que permita hacer una aproximación de la gestión del riesgo operativo y financiero en la cadena de abastecimiento.

## **5 ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO**

Para la realización de este proyecto se necesitan analizar los recursos disponibles y el tiempo que se va a emplear para la realización de los objetivos.

### **5.1 RECURSOS**

Para el desarrollo del proyecto “Análisis sistémico del riesgo en la cadena de abastecimiento” se consideraron los siguientes recursos:

#### **5.1.1 Recursos Físicos**

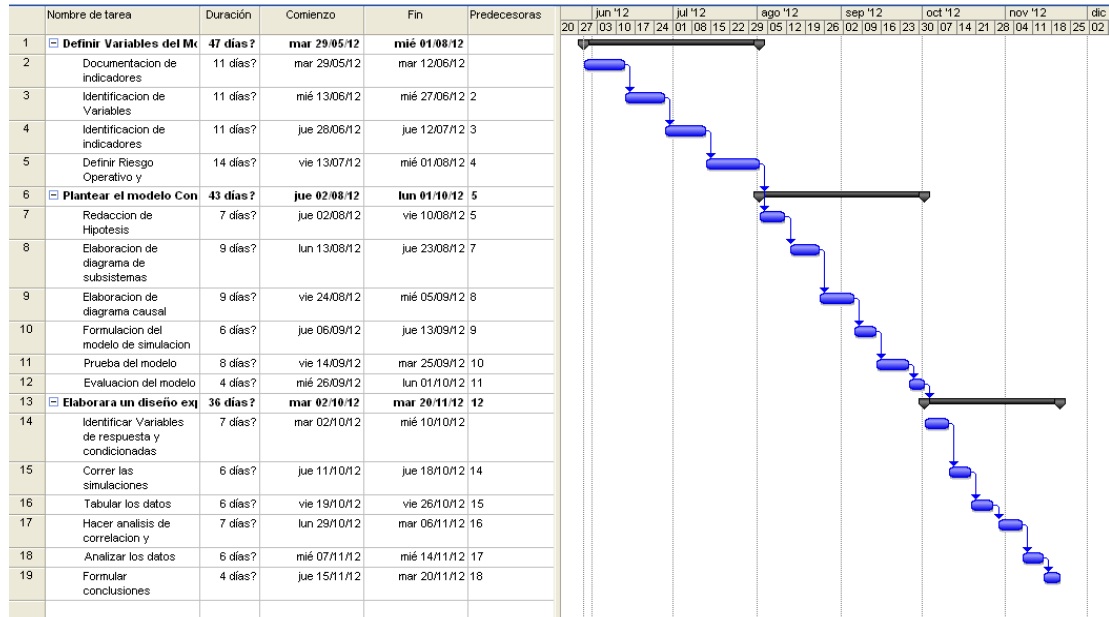
- Computadores: Se dos computadores portátiles para la documentación del proyecto y análisis de los datos. Para esto se necesitará tener acceso a internet y el paquete completo de Microsoft Office 2007, además de software de análisis de datos estadístico como Minitab, EasyReg y de análisis sistémico como Vensim.

#### **5.5.2 Recursos humanos**

- Investigadores: Responsables directos de la realización del proyecto.
- Tutor temático: Persona encargada de guiar a los investigadores en la realización del proyecto, en cuanto a temas relacionados con la temática de éste.
- Tutor metodológico: Persona encargada de ofrecer asesoría en asuntos metodológicos a los investigadores.
- Lector: Persona encargada de realizar la aprobación del proyecto y correcciones.

## 5.2 CRONOGRAMA

Gráfico 2. Cronograma



Fuente: Autores



## **6. DEFINICIÓN DE VARIABLES DEL MODELO E INDICADORES DE RIESGO**

### **6.1 VARIABLES DEL MODELO**

La categorización principal de las variables del modelo se dividen en endógenas y exógenas, las primeras son parte interna del modelo y su valor dependerá de la modelación de su relación causal con las otras variables. En cuanto a las variables exógenas, estas desempeñan un papel muy importante en nuestro trabajo ya que estas serán los parámetros que un agente decisor, como un gerente de logística, establecerá para poder cumplir los objetivos estratégicos de la empresa

Para definir estas variables se debe considerar cuáles (Variables del sistema real) son realmente necesarias y cuales son irrelevantes teniendo en cuenta el objetivo del proyecto de investigación (Sterman 2000). En nuestro caso, se tienen en cuenta variables que estén acorde con nuestros objetivos, que de algún modo influyan en el flujo de entrada, salida y nivel de inventario de las bodegas, y por último que tengamos fuentes de información disponibles para su consideración.

El modelo general consiste en una bodega de materia prima que tiene un flujo de salida que depende de las órdenes que le haga la fabrica, dependiendo de esta ultima orden mediante un pronóstico y un nivel de inventario deseado se van a realizar las órdenes de compra de la materia prima (flujo de entrada).

Para determinar las variables necesarias para el análisis sistémico del riesgo de servicios y financiero, se tiene en cuenta que las variables de decisión (básicamente las políticas de nivel de inventario) se toman en el área operativa de las bodegas y tiene un impacto directo en el nivel de servicio al cliente. Pero también se busca determinar las variables necesarias para poder calcular el riesgo de no cumplir el nivel se servicio meta de la empresa y el flujo de caja deseado.

Tabla 2. Variables del Sub-Sistema Operativo.

<b>SUB-SISTEMA OPERATIVO</b>		
<b>VARIABLE</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>FÓRMULA</b>
Ajuste Inv. MP1	Auxiliar	Inv Deseado MP1-Inv MP1-Inv Tr MP1
Costo Unit MP1	Parámetro	3.4
Consumo Esp MP1	Auxiliar	SMOOTH(Orden Entrega MP1 a Planta, Tiempo Suav Consumo MP1)
Entradas MP1	Auxiliar	DELAY FIXED(Órdenes de Compra MP1, Lead Time Proveedor MP1, 100)
Entrega Posible por Inv MP1	Auxiliar	MIN(Inv MP1, Orden Entrega MP1 a Planta)
Entregas MP1 a Planta	Auxiliar	Entrega Posible Equiv PT Total*Factor Consumo MP1
Factor Consumo MP1	Parámetro	52
Inv Deseado MP1	Auxiliar	Cosumo Esp MP1*Política Inv MP1
Inv MP1	Variable de Nivel	INTEG (Entradas MP1-Entregas MP1 a Planta,8000)
Inv Tr MP1	Variable de Nivel	INTEG (Órdenes de Compra MP1-Entradas MP1,300)
Lead Time Proveedor MP1	Parámetro	3
Orden Entrega MP1 a Planta	Auxiliar	Ajuste Inv PT*Factor Consumo MP1
Órdenes de Compra MP1	Auxiliar	MAX(0, Ajuste Inv MP1)
Política Inv MP1	Variable Decisión-Parámetro	1

Tabla 3. Variables del Sub-Sistema Financiero.

<b>SUB-SISTEMA FINANCIERO</b>		
<b>VARIABLE</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>FÓRMULA</b>
Cuentas por Pagar MP	Variable de Nivel	INTEG (Facturación Proveedores MP-Pagos a Proveedores MP,24000)
Cuentas X Cobrar	Variable de Nivel	INTEG (Facturación a Crédito-Recaudos Fab,40000)
Egresos Fab	Auxiliar	Costos Logísticos Totales+Pagos a Proveedores

		MP+Costo Prod sin MP+Gastos Fijos
Facturación MP1	Auxiliar	Entradas MP1*Costo Unit MP1
Flujo de Caja Fab	Auxiliar	Ingresos Fab-Egresos Fab
Flujo de Caja Fab Acum	Variable de Nivel	INTEG (Flujo de Caja Fab,0)
Gastos Fijos	Parámetro	1000
Pagos a Proveedores MP	Auxiliar	Cuentas por Pagar MP/Política Pago a Prov MP
Política Pago a Prov MP	Variable Decisión-Parámetro	6
Recaudos Fab	Auxiliar	Cuentas X Cobrar/Política de Cartera

Tabla 4. Variables del Sub-Sistema de Riesgos Operativos y Financieros.

<b>SUB-SISTEMA RIESGO (OPERATIVO Y FINANCIERO)</b>		
<b>VARIABLE</b>	<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>FÓRMULA</b>
Meta Flujo de Caja Fábrica	Variable Decisión-Parámetro	0
Meta Nivel de servicio	Variable Decisión-Parámetro	0.8
Nivel de Servicio Total Clientes	Auxiliar	XIDZ( Despachos totales a Clientes , Pedidos Clientes Totales , 1 )
Nivel Total de Servicio Acum	Auxiliar	XIDZ(Despachos Bodegas Acum, Pedidos Clientes Totales Acum, 1)
Número incumplimientos F.C. Fábrica Meta	Variable de Nivel	INTEG (MIN( Flujo de Caja Fab Acum, Meta Flujo de Caja Fábrica )/Flujo de Caja Fab, 0)
Número incumplimientos Nivel serv meta	Variable de Nivel	INTEG (IF THEN ELSE( Nivel de Servicio Total Clientes>=Meta Nivel de servicio , 0 , 1 ), 0)
Pedidos Clientes Totales	Auxiliar	Pedidos Clientes Bodega 1+Pedidos Clientes Bod2+Pedidos Clientes Bod3
Riesgo Incumplimiento Meta F.C.	Auxiliar	XIDZ( "Número incumplimientos F.C. Fábrica Meta", Time , 1)
Riesgo Incumplimiento Meta N.S.	Auxiliar	XIDZ( Número incumplimientos Nivel serv meta , Time , 1)

## 6.2 DEFINICIÓN DE RIESGO

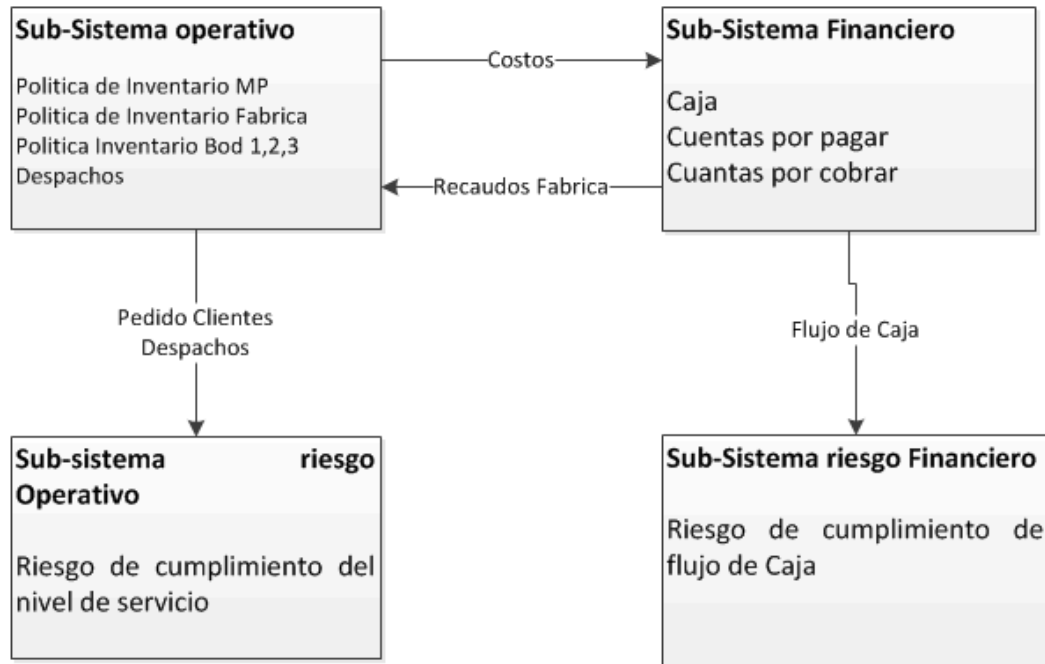
Dentro de este documento, se define el riesgo como la probabilidad de no poder llegar a cumplir o lograr un objetivo estratégico específico de la empresa estudiada (A Risk Management Standard © IRM: 2002).

En este documento, el riesgo de servicio se define como la probabilidad de no alcanzar el objetivo de cumplir con el 80% de nivel de servicio periodo a periodo (nivel de servicio visto como la entrega completa del pedido). El riesgo financiero se establece como la probabilidad de no tener flujo de caja positivo durante cada periodo de simulación teniendo en cuenta el saldo de efectivo del periodo inmediatamente anterior.



## 7. PLANTEAMIENTO DEL MODELO CONCEPTUAL

Gráfico 3. Diagrama de subsistemas.



**Operativo:** El subsistema operativo se relaciona con las finanzas de la empresa mediante el costo de producción y de materiales de los productos, y a su vez los recaudos de la fábrica hecho por las ventas nutren el sistema productivo para que pueda hacer todas las compras de la materia prima.

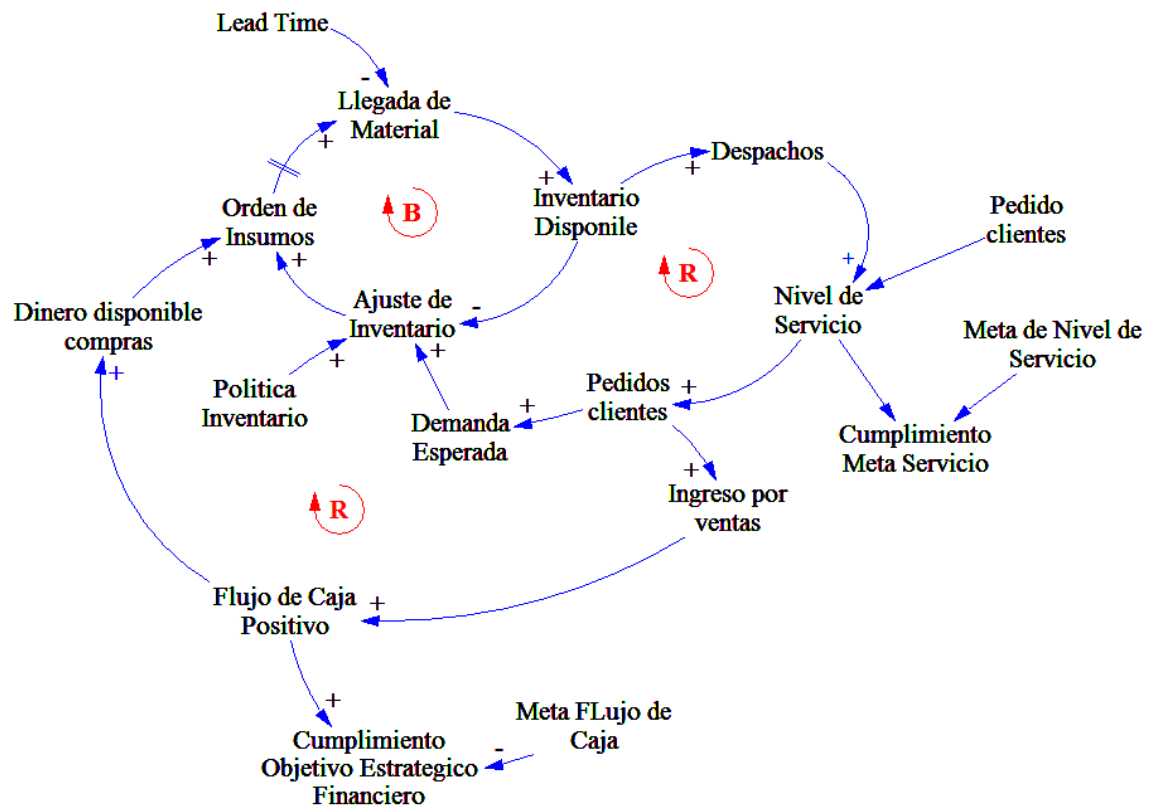
**Financiero:** En el subsistema financiero está todo lo relacionado con el flujo de caja, las cuentas por cobrar, las cuentas por pagar, los recaudos y se relacionan con el subsistema de riesgo financiero por medio del cumplimiento del flujo de caja con la meta esperada.

**Riesgo operativo:** El riesgo operativo depende de los despachos que se hagan a los clientes y el nivel de servicio de la empresa y de esta manera cumplir con un nivel de servicio deseado que es la meta operativa que se estableció.

Riesgo Financiero: El riesgo financiero se relaciona con el subsistema financiero con el nivel de flujo de caja acumulado semana a semana y se calcula mediante el establecimiento de una meta de flujo de caja Anual. El flujo de caja debe estar por encima de la meta para no caer en ningún riesgo.

## Diagrama Causal

Gráfico 4. Diagrama causal



En el diagrama podemos observar tres ciclos importantes referentes a la cadena de abastecimiento de la empresa de cables. El ciclo superior representa las operaciones de la empresa con el fin de mantener el inventario disponible para satisfacer la demanda de los clientes. Los otros dos ciclos representan las relaciones causales referentes a los indicadores del nivel de servicio de la empresa (indicadores operacionales) y las relaciones con las variables financieras de la empresa.

El bucle superior es un balanceador de las operaciones de abastecimiento de la empresa. Si se necesita un aumento del ajuste de inventario, las órdenes de

insumos se aumentarían para poder suplir la demanda aumentaría la llegada de materia prima con lo que se podría tener un mayor inventario disponible para despachos pero ocasionaría que el ajuste de inventario fuera menor en el próximo pedido.

Con respecto al bucle relacionado con el nivel de servicio, cuando se aumentan los despachos el nivel de servicio aumenta lo que ocasionaría que los clientes hicieran mas ordenes, la demanda del producto aumentaría por los pronósticos hechos en la empresa lo que afectaría directamente proporcional el ajuste de inventario que se hace en la empresa, aumentando de nuevo las ordenes de insumos, la llegada de material, el inventario disponible y los despachos de nuevo.

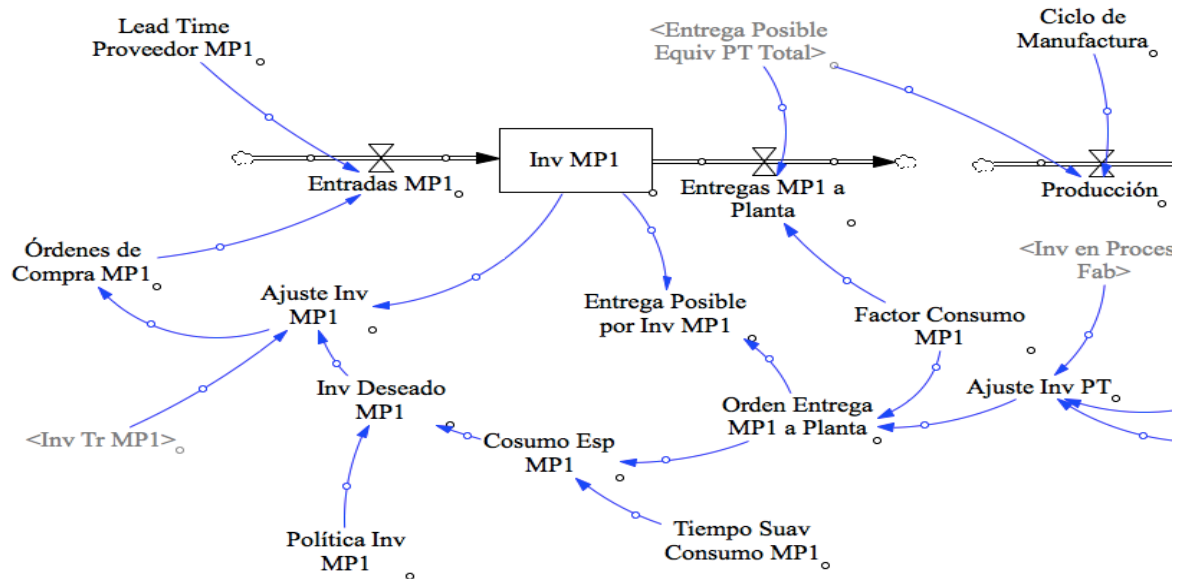
Por último el ciclo de reforzador relacionado con las finanzas de la empresa empiezan desde un aumento en los pedidos de los clientes produce que el ingreso por ventas aumente por lo que el flujo de caja positivo aumenta y el va a existir más dinero disponible para las compras en la empresa. De ahí en adelante afecta directamente proporcional las órdenes de insumos, la llegada de materia prima, el inventario disponible, los despachos aumentando el nivel de servicio y por ultimo volvemos a que los clientes aumentan los pedidos.

Hasta ahora se han analizado las causales de los dos indicadores que se quieren analizar en este proyecto y se puede resumir a grandes pasos que a medida que aumenta las ordenes de insumos se puede obtener una mejoría en los despachos lo que ocasionaría que el nivel de servicio aumente esto a su vez aumenta los pedidos de los clientes y hace que la empresa tenga más liquidez para poder seguir con el ciclo productivo de la empresa.

### **Formulación del Modelo de Simulación.**

En el Gráfico 5 se muestra la estructura de uno de los agentes en la cadena de abastecimiento estudiada. Este Gráfico representa la dinámica del proveedor de la materia prima 1 (cobre), donde se compone principalmente de un acumulador de inventario (variable de nivel "Inv. MP1") que calcula los niveles de inventario a partir de los despachos realizados al cliente (Planta producción de cables) y la recepción de materia prima. Para esto, el proveedor de cobre toma como punto de partida las órdenes de la planta productiva, y con estas realiza un pronóstico de la demanda que junto con la política de inventario servirán de insumos para determinar cuánto inventario deberían tener (cuánto se debería comprar) para satisfacer la demanda de cobre.

Gráfico 5. Estructura Bodega materia prima 1 (cobre).



Bajo una dinámica similar funcionan tanto el fabricante de cables (ver **Gráfico 6**), el proveedor de plástico como cada uno de los tres distribuidores de producto terminado (ver estructura del distribuidor 1 en **Gráfico 7**), aunque los distribuidores se diferencian en que primero se atiende prioritariamente y los dos siguientes se les provee con el remanente.

Adicionalmente, se dejó abierta la posibilidad de utilizar un switch POS (Point of sells), que al activarlo el fabricante tendrá los recursos tecnológicos y logísticos para realizar sus pronósticos con base en la demanda del cliente final, y no con las órdenes de las bodegas de distribución. Con esto se espera disminuir el denominado efecto látigo, y disminuir el ruido que genera la variabilidad de la demanda.

Gráfico 6. Estructura fábrica de cables eléctricos.

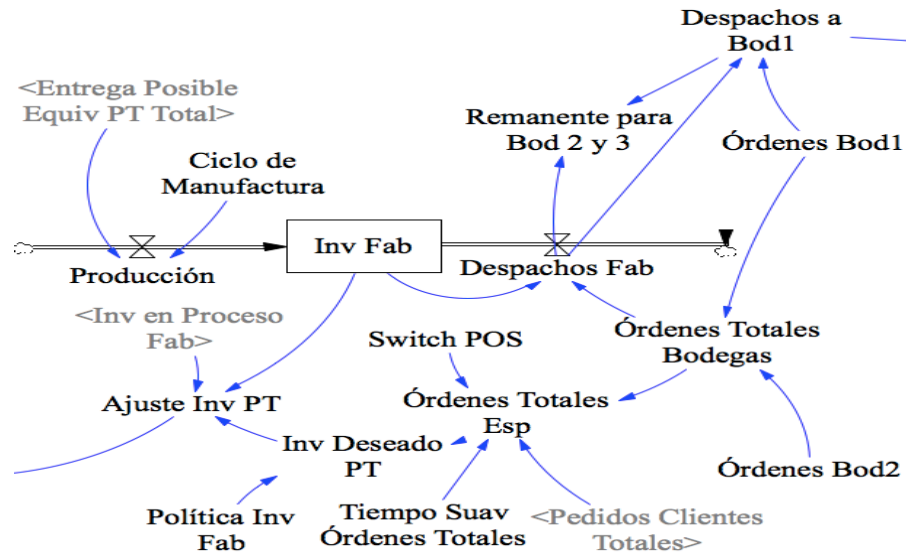
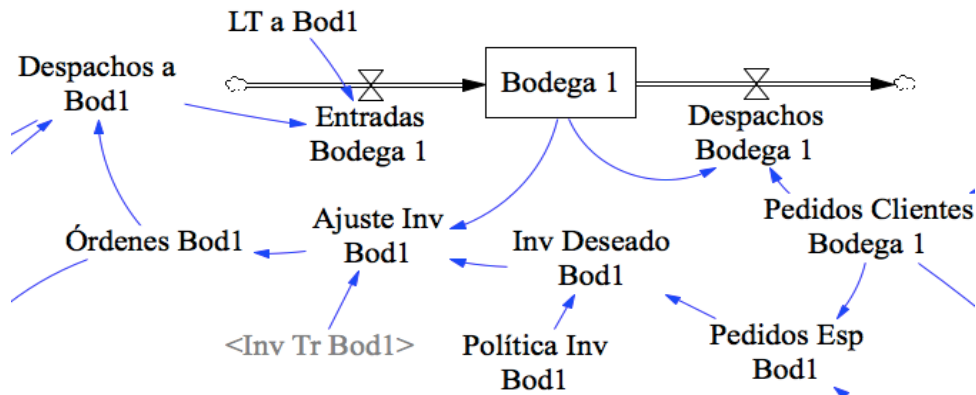


Gráfico 7. Estructura Bodega de distribuidor 1.

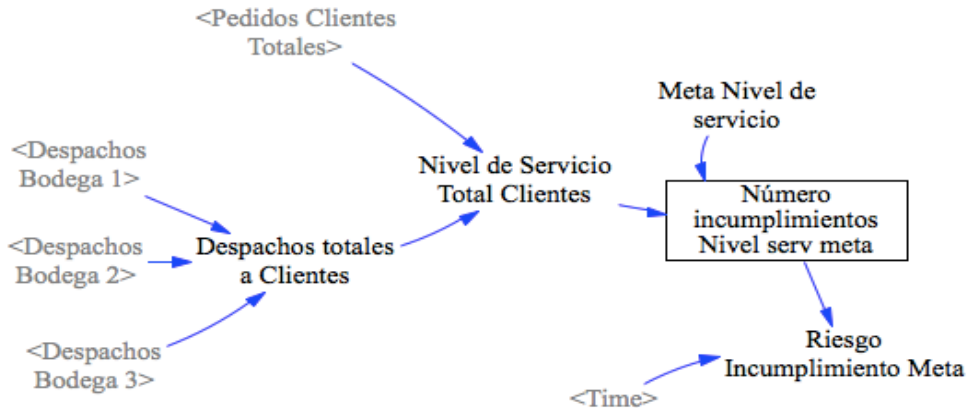


Para poder hacer un análisis sistémico de la gestión del riesgo en la CA teniendo en cuenta los objetivos estratégicos de la empresa, lo primero que se hizo fue determinar las variables donde los agentes tomadores de decisión pueden tener influencia. Las variables de decisión dentro del área operativa son principalmente las políticas de inventario; es decir, el número de semanas de demanda esperada que se desean tener en inventario.

El submodelo descrito en el Gráfico 8, nos permite analizar el riesgo de servicio que tiene la empresa tomando en cuenta las decisiones tomadas sobre las

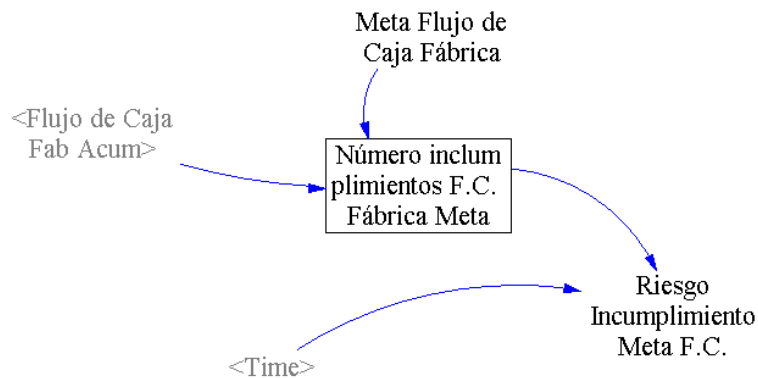
variables anteriormente mencionadas, definiendo el riesgo de servicio como la probabilidad de incumplir la meta de nivel de servicio que previamente se ha establecido como objetivo estratégico de la CA.

Gráfico 8. Submodelo de riesgo de servicio.



Así mismo, después de haber tomado decisiones de tipo operativo con el fin de cumplir la meta de nivel de servicio, es de gran importancia analizar cómo se puede llegar a ver afectado el riesgo financiero, es decir, el riesgo de tener flujos de caja negativos (ver **Gráfico 9**).

Gráfico 9. Submodelo de riesgo financiero

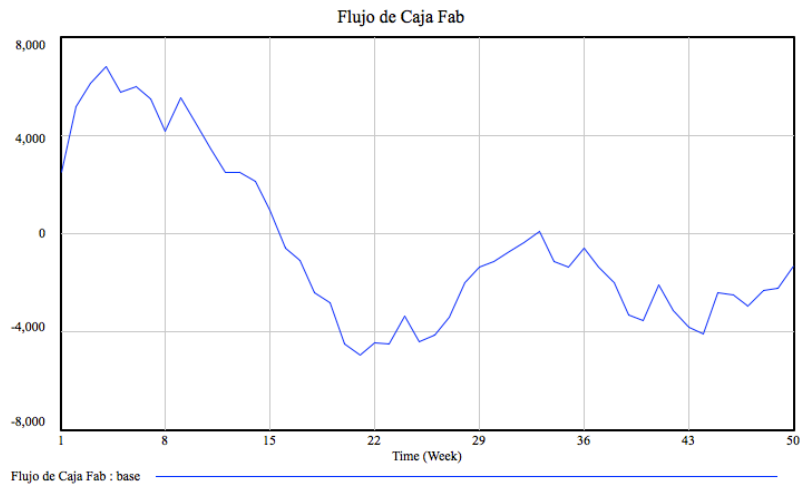


Se debe tener en cuenta que la simulación y los resultados obtenidos surgen de tomar la misma decisión (Política de Inventario) en cada uno de los 50 periodos simulados.

## Prueba y evaluación del Modelo.

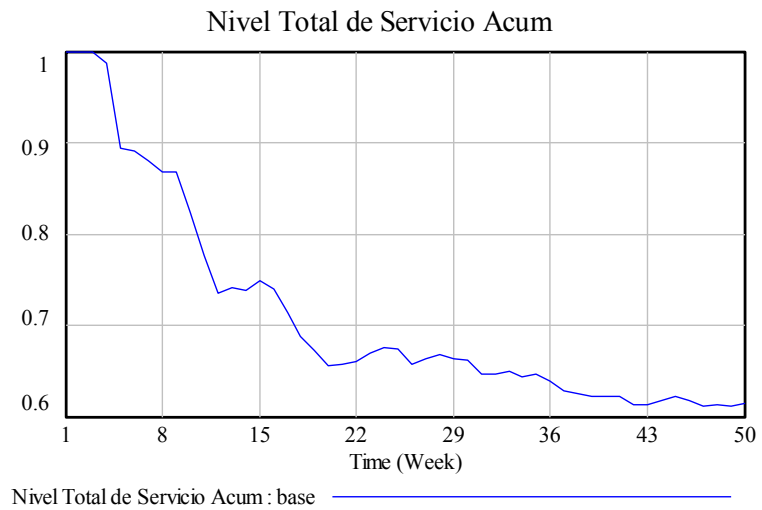
Se comparo el comportamiento del modelo con los valores esperados de flujo de caja y nivel de servicio operativo esperados y se puede aprobar como una replicación de un comportamiento histórico. El modelo base obtenido con respecto al flujo de caja se ilustra en el **Gráfico 10**.

Gráfico 10. Flujo de caja base.



El **Gráfico 11** muestra el nivel de servicio acumulado de los tres distribuidores de la corrida base en donde el modelo está actuando como se espera y la curva sigue un comportamiento muy similar al real de la empresa.

Gráfico 11. Nivel total de servicio acumulado.



Para evaluación del modelo se hacen diferentes iteraciones y hacen pruebas en condiciones extremas para saber si el modelo funciona como se esperaba que funcionara. Lo anterior da las pautas para diseñar políticas que ayuden a mejorar los resultados del modelo base, esto se podrá observar en el diseño de experimentos realizado.



## 8. DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Durante todo el análisis estadístico, se debe tener en cuenta, que las cifras de riesgo (Riesgo en Servicio y Riesgo Financiero) son las correspondientes a la probabilidad de ocurrencia de algún tipo de riesgo al final de la semana 50 de simulación, tal cual cómo se señaló en las fórmulas anteriormente mencionadas.

### 8.1 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Teniendo definido los sub-modelos que permiten evaluar el riesgo en servicios y financiero, se procedió a correr una simulación base con los parámetros originales de la cadena de abastecimiento estudiada. Los resultados se muestran en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Riesgo en la CA con políticas de inventario base.

<b>Agente Decisor</b>	<b>Política de inventario (semanas)</b>	<b>Riesgo en Servicio</b>	<b>Riesgo Financiero</b>
Bodega Distribuidor 1	3	62%	14%
Bodega Distribuidor 2	2		
Bodega Distribuidor 3	2		
Bodega Fabrica	2		
Bodega Cobre	1		
Bodega Plástico	2		

A partir de esto, se planteó evaluar el efecto de aumentar la política de inventario de cada agente decisor (individualmente) en dos semanas de inventario adicional, se eligieron 2 semanas de inventario arbitrariamente con el fin de evaluar el correcto comportamiento del modelo con posibles resultados similares a los que se esperarían.

Los cambios fueron simulados y los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 6**, donde se jerarquizaron las políticas de inventario para poder identificar cuales generaban las reducciones de riesgo más significativas.

Con los resultados mostrados en esta tabla, podemos observar que al aumentar la política de inventario de la Bodega de distribución 2 en dos semanas, se obtuvo una disminución del 10% del riesgo de no cumplir el nivel de servicio al cliente, pero esta decisión afecta el riesgo financiero aumentándolo en un 38%.

Tabla 6. Variación del riesgo en puntos porcentuales.

<b>Agente Decisor</b>	<b>Política de inventario (semanas)</b>	<b>Variación Porcentual Riesgo en Servicio</b>	<b>Variación Porcentual Riesgo Financiero</b>
Bodega Dist. 2	4	-10%	+38%
Bodega Dist. 1	5	-6%	+34%
Bodega Dist. 3	4	0%	+26%
Bodega Fabrica	4	0%	+38%
Bodega Plástico	4	0%	+38%
Bodega Cobre	3	+4%	+4%

Tal como se esperaba, aumentar las políticas de inventario, con el objetivo de reducir el Riesgo en Servicio, aumentan significativamente el riesgo de no tener flujo de caja positivo (Riesgo Financiero).

Para poder evaluar el impacto que tienen diferentes decisiones a lo largo de la cadena de abastecimiento, se corrió una simulación aumentando dos semanas de política de inventario de las bodegas de distribución 1 y 2. Los resultados obtenidos de la simulación de los dos primeros se muestran en la siguiente tabla (ver **Tabla 7**), de la cual podemos observar que si tomamos decisiones desde el área operativa (niveles de inventario) para disminuir el Riesgo en Servicios, puede llegar a aumentar hasta un 42% el Riesgo Financiero de la empresa manufacturera.

Tabla 7. Riesgo en la CA con políticas de inventario base.

<b>Agente Decisor</b>	<b>Política de inventario (semanas)</b>	<b>Variación Porcentual Riesgo en Servicio</b>	<b>Variación Porcentual Riesgo Financiero</b>
-----------------------	---	--	---

Bodega Dist. 2	4	-16%	+42%
Bodega Dist. 1	5		

En los **Gráficos 12 y 13** podemos ver cómo es el comportamiento del riesgo operativo y financiero a lo largo de las 50 semanas que se llevó a cabo la simulación. Podemos ver cómo al aumentar tanto las políticas de inventario en las Bodegas de Distribución 1 y 2, se disminuye el Riesgo de Incumplimiento de la Meta de Nivel de Servicio a lo largo de todas las 50 semanas simuladas. Por el contrario, en el gráfico 9 podemos ver cómo la decisión tomada en un área ajena a Finanzas puede afectar tanto el cumplimiento de la meta de Flujo de Caja llegando a aumentar hasta un 42% (Línea azul en el período 50 del Gráfico 9).

Gráfico 12. Riesgo incumplimiento Nivel Servicio.

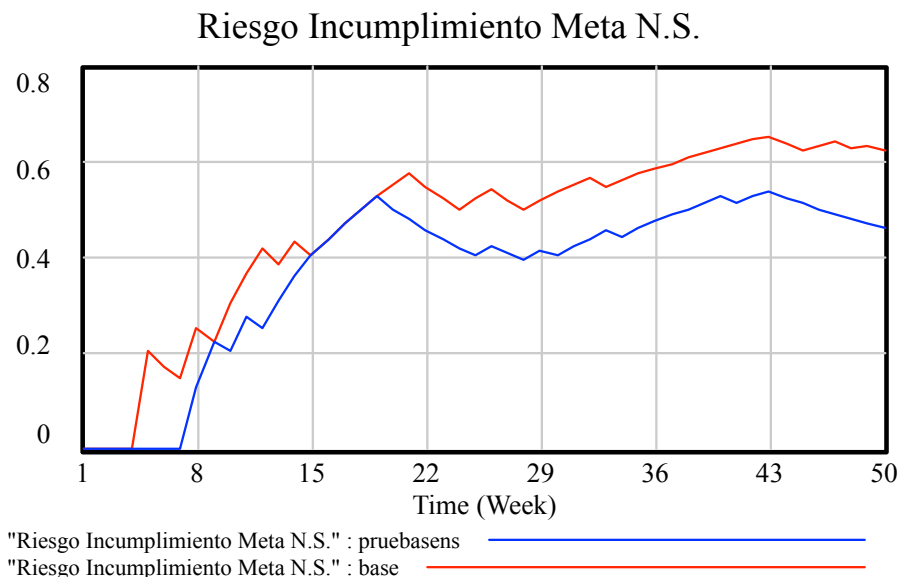
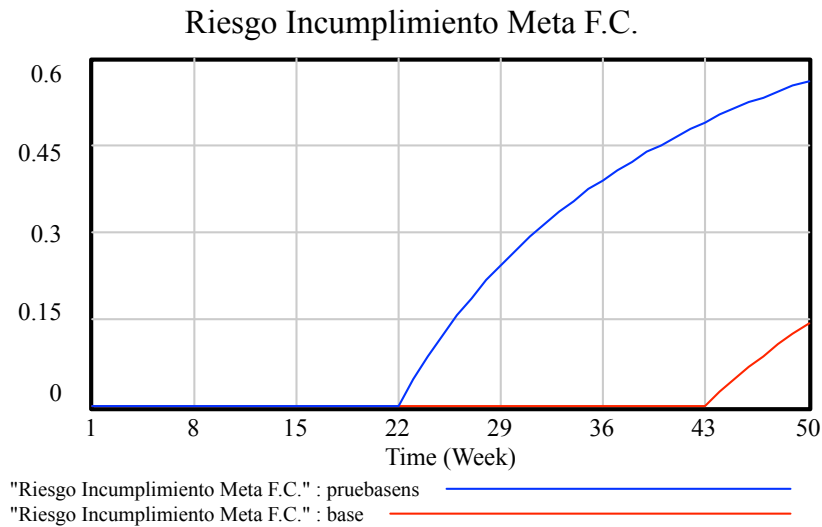


Gráfico 13. Riesgo incumplimiento Flujo de Caja.



### 8.1.1 Conclusiones del análisis de sensibilidad.

Con los resultados obtenidos se puede ver como la administración del riesgo a lo largo de la cadena de abastecimiento es tan importante; esto se observa al ver como un riesgo del 62% de no cumplir con las entregas a los clientes (**Tabla 5**, nivel de servicio) puede llegar a ser disminuido hasta en 16 puntos porcentuales (de 62% a 46%) por medio de la toma de decisiones conjuntas.

También podemos ver claramente un efecto Trade-Off (entre mejorar la atención al cliente y obtener mayores utilidades) al ver como al implementar cambios en la bodega de distribución 1 y 2, se puede obtener disminuciones en el riesgo de nivel de servicio, pero un aumento muy significativo en el riesgo financiero (ver **Tabla 7**).

## 8.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.

En el diseño de experimentos calcula el efecto que tiene cada una de las variables (políticas de inventario) sobre el riesgo de incumplimiento de flujo de caja y de nivel de servicio por separado. También se calcularon todos los posibles efectos combinados (iteraciones) que pudieran estar ocasionando una variación en el nivel de cada uno de los riesgos.

Para poder hacer las combinaciones del diseño experimental se definieron dos niveles en las políticas de inventario, en donde uno era un nivel alto y un nivel bajo del inventario en semanas y a partir de ahí se hicieron todas las combinaciones posibles con las 6 variables y el número de niveles de todas las seis variables. Lo anterior es un experimento factorial  $2^6 = 64$ . En donde 64 es el número de

combinaciones que se hicieron en el experimento. Las combinaciones son mostradas en el **Anexo B**.

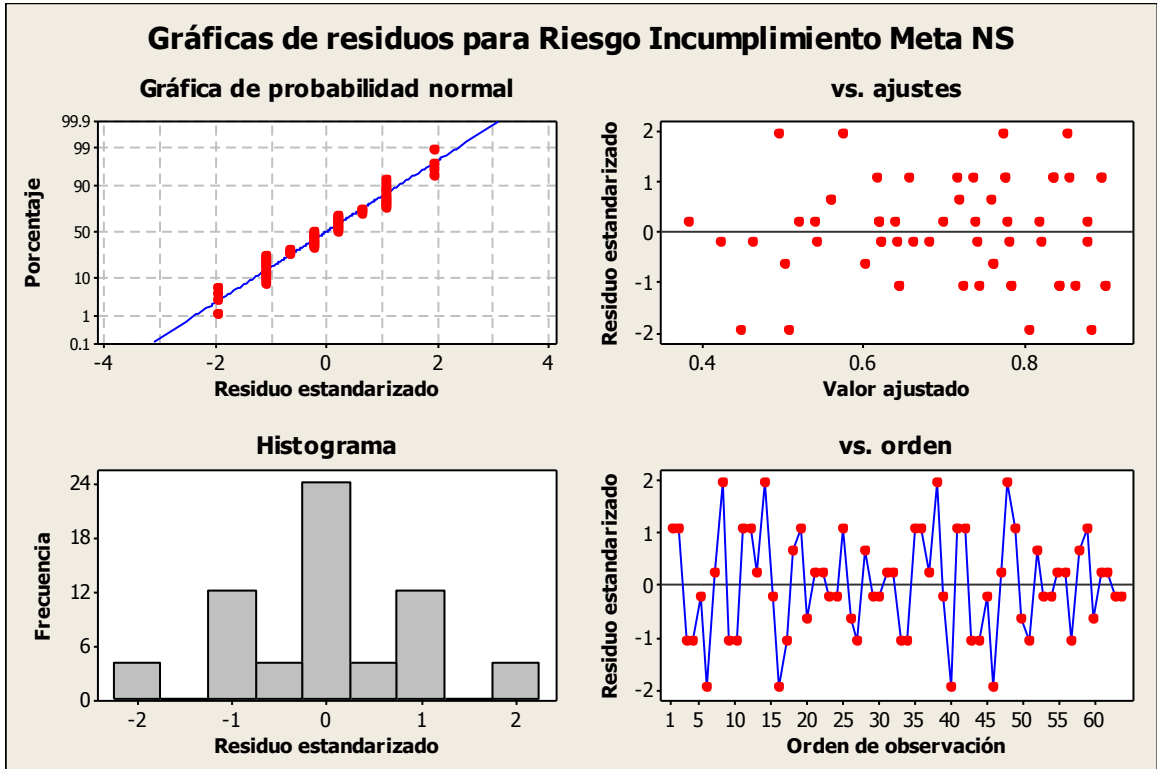
Tabla 11. Variables independientes

<b>Variable Independiente</b>	<b>Nivel bajo (Semanas)</b>	<b>Nivel Alto (Semanas)</b>
Política Distribuidora No. 3	1	3
Política Distribuidora No. 2	1	3
Política Distribuidora No. 1	2	4
Política de Fabrica	1	3
Política de bodega de Plástico	1	3
Política de bodega de cobre	0.5	2

### **8.2.1 Riesgo de Incumplimiento Meta de Nivel de Servicio**

Para probar los efectos en el riesgo de incumplimiento de nivel de servicio, en primera instancia se deben probar los supuestos de normalidad, independencia y varianza constante de los residuos.

Gráfico 14. Gráficas de residuos para la variable Riesgo Incumplimiento Meta Nivel de Servicio.



De la anterior gráfica podemos evidenciar que los residuos se distribuyen normalmente, (Gráfica de **probabilidad normal**), además vemos que los residuos no parecen estar relacionados y los datos no son heteroscedásticos (Gráfico **vs. Ajustes**).

Si bien este análisis se está realizando gráficamente, más adelante, en el análisis de regresión y correlación se harán pruebas de hipótesis más estrictas para probar los supuestos de normalidad, independencia y homoscedasticidad de los residuos.

A continuación (**Tabla 8**) se presenta el análisis de varianzas para cada una de las variables interesadas en el modelo con las posibles iteraciones.

Tabla 8. Resultados ANOVA para la variable Riesgo Incumplimiento Meta Nivel de Servicio.

Analysis of Variance for Riesgo Incumplimiento Meta NS (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS
Main Effects	6	1,02115	1,02115
Bod Cob	1	0,15602	0,15602

Bod Plas	1	0,00160	0,00160
Bod Fab	1	0,15210	0,15210
Bod Dist1	1	0,57760	0,57760
Bod Dist2	1	0,12960	0,12960
Bod Dist3	1	0,00422	0,00422
2-Way Interactions	15	0,11998	0,11998
Bod Cob*Bod Plas	1	0,00160	0,00160
Bod Cob*Bod Fab	1	0,00040	0,00040
Bod Cob*Bod Dist1	1	0,04410	0,04410
Bod Cob*Bod Dist2	1	0,00490	0,00490
Bod Cob*Bod Dist3	1	0,00303	0,00303
Bod Plas*Bod Fab	1	0,00022	0,00022
Bod Plas*Bod Dist1	1	0,00003	0,00003
Bod Plas*Bod Dist2	1	0,00203	0,00203
Bod Plas*Bod Dist3	1	0,00010	0,00010
Bod Fab*Bod Dist1	1	0,03423	0,03423
Bod Fab*Bod Dist2	1	0,00003	0,00003
Bod Fab*Bod Dist3	1	0,00160	0,00160
Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00723	0,00723
Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00090	0,00090
Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,01960	0,01960
3-Way Interactions	18	0,02810	0,02810
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab	1	0,00022	0,00022
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1	1	0,00003	0,00003
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2	1	0,00203	0,00203
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist3	1	0,00010	0,00010
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1	1	0,00422	0,00422
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2	1	0,00023	0,00023
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist3	1	0,00010	0,00010
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00302	0,00302
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00160	0,00160
Bod Cob*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00090	0,00090
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	1	0,00062	0,00062
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00010	0,00010
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00022	0,00022
Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00122	0,00122
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00360	0,00360
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00563	0,00563
Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00422	0,00422
Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00002	0,00002
4-Way Interactions	13	0,00877	0,00877
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	1	0,00062	0,00062
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00010	0,00010
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00022	0,00022
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00122	0,00122
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00010	0,00010
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00023	0,00023
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00123	0,00123
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00062	0,00062
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00023	0,00023
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00010	0,00010
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00040	0,00040
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00010	0,00010
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00360	0,00360
5-Way Interactions	3	0,00123	0,00123
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00010	0,00010
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00090	0,00090
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00022	0,00022
6-Way Interactions	1	0,00022	0,00022
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00022	0,00022

Residual Error	7	0,00073	0,00073
Total	63	1,18017	

Source	Adj MS	F
Main Effects	0,170192	1643,23
Bod Cob	0,156025	1506,45
Bod Plas	0,001600	15,45
Bod Fab	0,152100	1468,55
Bod Dist1	0,577600	5576,82
Bod Dist2	0,129600	1251,31
Bod Dist3	0,004225	40,79
2-Way Interactions	0,007998	77,23
Bod Cob*Bod Plas	0,001600	15,45
Bod Cob*Bod Fab	0,000400	3,86
Bod Cob*Bod Dist1	0,044100	425,79
Bod Cob*Bod Dist2	0,004900	47,31
Bod Cob*Bod Dist3	0,003025	29,21
Bod Plas*Bod Fab	0,000225	2,17
Bod Plas*Bod Dist1	0,000025	0,24
Bod Plas*Bod Dist2	0,002025	19,55
Bod Plas*Bod Dist3	0,000100	0,97
Bod Fab*Bod Dist1	0,034225	330,45
Bod Fab*Bod Dist2	0,000025	0,24
Bod Fab*Bod Dist3	0,001600	15,45
Bod Dist1*Bod Dist2	0,007225	69,76
Bod Dist1*Bod Dist3	0,000900	8,69
Bod Dist2*Bod Dist3	0,019600	189,24
3-Way Interactions	0,001561	15,07
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab	0,000225	2,17
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1	0,000025	0,24
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2	0,002025	19,55
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist3	0,000100	0,97
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1	0,004225	40,79
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2	0,000225	2,17
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist3	0,000100	0,97
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist2	0,003025	29,21
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist3	0,001600	15,45
Bod Cob*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000900	8,69
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	0,000625	6,03
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	0,000100	0,97
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	0,000225	2,17
Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	0,001225	11,83
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,003600	34,76
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,005625	54,31
Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,004225	40,79
Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000025	0,24
4-Way Interactions	0,000675	6,52
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	0,000625	6,03
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	0,000100	0,97
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	0,000225	2,17
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	0,001225	11,83
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,000100	0,97
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,000225	2,17
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,001225	11,83
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000625	6,03
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,000225	2,17
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,000100	0,97
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000400	3,86
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000100	0,97
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,003600	34,76



5-Way Interactions	0,000408	3,94
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000100	0,97
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000900	8,69
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000225	2,17
6-Way Interactions	0,000225	2,17
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000225	2,17
Residual Error	0,000104	
Total		

Source	P
Main Effects	0,000
Bod Cob	0,000
Bod Plas	0,006
Bod Fab	0,000
Bod Dist1	0,000
Bod Dist2	0,000
Bod Dist3	0,000
2-Way Interactions	0,000
Bod Cob*Bod Plas	0,006
Bod Cob*Bod Fab	0,090
Bod Cob*Bod Dist1	0,000
Bod Cob*Bod Dist2	0,000
Bod Cob*Bod Dist3	0,001
Bod Plas*Bod Fab	0,184
Bod Plas*Bod Dist1	0,638
Bod Plas*Bod Dist2	0,003
Bod Plas*Bod Dist3	0,359
Bod Fab*Bod Dist1	0,000
Bod Fab*Bod Dist2	0,638
Bod Fab*Bod Dist3	0,006
Bod Dist1*Bod Dist2	0,000
Bod Dist1*Bod Dist3	0,021
Bod Dist2*Bod Dist3	0,000
3-Way Interactions	0,001
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab	0,184
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1	0,638
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2	0,003
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist3	0,359
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1	0,000
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2	0,184
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist3	0,359
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist2	0,001
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist3	0,006
Bod Cob*Bod Dist2*Bod Dist3	0,021
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	0,044
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	0,359
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	0,184
Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	0,011
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,001
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,000
Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000
Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,638
4-Way Interactions	0,010
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	0,044
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	0,359
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	0,184
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	0,011
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,359
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,184
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,011

Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,044
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,184
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,359
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,090
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,359
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,001
5-Way Interactions	0,061
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,359
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,021
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,184
6-Way Interactions	0,184
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,184

De los resultados arrojados por el ANOVA se identificaron que las iteraciones que afectan significativamente (iteraciones con valor-p < 0,05) el Riesgo de incumplimiento de Nivel de Servicio, y son las que se encuentran subrayadas en la anterior tabla (**Tabla 8**).

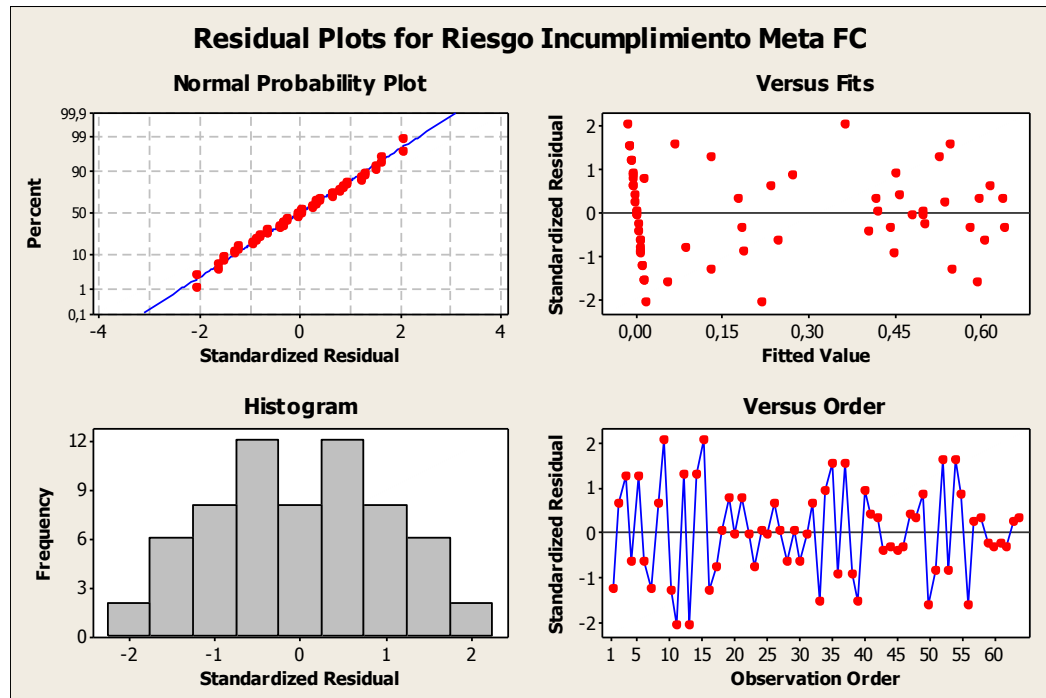
Teniendo identificadas todas las iteraciones se identifica cada una de las partes de la ecuación que se construirá en el modelo de regresión y servirán para cuantificar el efecto de las políticas en el Riesgo de Incumplimiento de Nivel de Servicio.

### 8.2.2 Riesgo de Incumplimiento Meta de Flujo de Caja.

A continuación se muestran los resultados que se obtuvieron para determinar el Riesgo de Incumplimiento de Flujo de Caja.

Primero se prueban los supuestos básicos de varianza constante, normalidad e independencia de los residuos. (La normalidad de los residuos no es necesaria para que los estimadores por MCO se distribuyan normalmente).

Gráfico 15. Gráficas de residuos para la variable Riesgo Incumplimiento Meta Flujo de Caja.



Al igual que en el análisis gráfico del Riesgo de Nivel de Servicio, en el Riesgo de Incumplimiento de Flujo de Caja, podemos observar que aparentemente los residuos cumplen los supuestos de normalidad, independencia y varianza constante, pero en el modelo de regresión lineal (el que se tiene como objetivo) se hará un análisis riguroso con pruebas de hipótesis y estadísticos de prueba que corroboren lo arrojado en estos gráficos (**Gráfico 15**).

Tabla 9. Resultados ANOVA para la variable Riesgo Incumplimiento Meta Flujo de Caja.

Analysis of Variance for Riesgo Incumplimiento Meta FC (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS
Main Effects	6	2,93469	2,93469
Bod Cob	1	0,55131	0,55131
Bod Plas	1	0,00681	0,00681
Bod Fab	1	1,45806	1,45806
Bod Dist1	1	0,63601	0,63601
Bod Dist2	1	0,17851	0,17851
Bod Dist3	1	0,10401	0,10401
2-Way Interactions	15	0,30134	0,30134
Bod Cob*Bod Plas	1	0,00181	0,00181
Bod Cob*Bod Fab	1	0,04951	0,04951
Bod Cob*Bod Dist1	1	0,00856	0,00856
Bod Cob*Bod Dist2	1	0,02481	0,02481
Bod Cob*Bod Dist3	1	0,01626	0,01626
Bod Plas*Bod Fab	1	0,00391	0,00391

Bod Plas*Bod Dist1	1	0,00051	0,00051
Bod Plas*Bod Dist2	1	0,00006	0,00006
Bod Plas*Bod Dist3	1	0,00001	0,00001
Bod Fab*Bod Dist1	1	0,11391	0,11391
Bod Fab*Bod Dist2	1	0,04516	0,04516
Bod Fab*Bod Dist3	1	0,02976	0,02976
Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00331	0,00331
Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00331	0,00331
Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00051	0,00051
3-Way Interactions	18	0,24191	0,24191
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab	1	0,00391	0,00391
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1	1	0,00051	0,00051
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2	1	0,00001	0,00001
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist3	1	0,00051	0,00051
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1	1	0,13506	0,13506
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2	1	0,00276	0,00276
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist3	1	0,00051	0,00051
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00181	0,00181
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00526	0,00526
Bod Cob*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00601	0,00601
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	1	0,00016	0,00016
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00181	0,00181
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00106	0,00106
Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00051	0,00051
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,04306	0,04306
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,02176	0,02176
Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,01501	0,01501
Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00226	0,00226
4-Way Interactions	13	0,12788	0,12788
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	1	0,00016	0,00016
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00106	0,00106
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00016	0,00016
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00016	0,00016
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,03706	0,03706
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,02641	0,02641
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,03151	0,03151
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,02976	0,02976
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	1	0,00106	0,00106
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	1	0,00051	0,00051
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00001	0,00001
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00001	0,00001
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00006	0,00006
5-Way Interactions	3	0,01772	0,01772
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00016	0,00016
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,01756	0,01756
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00001	0,00001
6-Way Interactions	1	0,00016	0,00016
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	1	0,00016	0,00016
Residual Error	7	0,00444	0,00444
Total	63	3,62814	

Source	Adj MS	F
Main Effects	0,48911	770,48
Bod Cob	0,55131	868,44
Bod Plas	0,00681	10,72
Bod Fab	1,45806	2296,80
Bod Dist1	0,63601	1001,87
Bod Dist2	0,17851	281,19
Bod Dist3	0,10401	163,84
2-Way Interactions	0,02009	31,65

Bod Cob*Bod Plas	0,00181	2,85
Bod Cob*Bod Fab	0,04951	77,98
Bod Cob*Bod Dist1	0,00856	13,48
Bod Cob*Bod Dist2	0,02481	39,08
Bod Cob*Bod Dist3	0,01626	25,61
Bod Plas*Bod Fab	0,00391	6,15
Bod Plas*Bod Dist1	0,00051	0,80
Bod Plas*Bod Dist2	0,00006	0,09
Bod Plas*Bod Dist3	0,00001	0,01
Bod Fab*Bod Dist1	0,11391	179,43
Bod Fab*Bod Dist2	0,04516	71,13
Bod Fab*Bod Dist3	0,02976	46,87
Bod Dist1*Bod Dist2	0,00331	5,21
Bod Dist1*Bod Dist3	0,00331	5,21
Bod Dist2*Bod Dist3	0,00051	0,80
3-Way Interactions	0,01344	21,17
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab	0,00391	6,15
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1	0,00051	0,80
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2	0,00001	0,01
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist3	0,00051	0,80
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1	0,13506	212,75
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2	0,00276	4,34
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist3	0,00051	0,80
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist2	0,00181	2,85
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist3	0,00526	8,28
Bod Cob*Bod Dist2*Bod Dist3	0,00601	9,46
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	0,00016	0,25
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	0,00181	2,85
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	0,00106	1,66
Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	0,00051	0,80
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,04306	67,82
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,02176	34,27
Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,01501	23,64
Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,00226	3,55
4-Way Interactions	0,00984	15,50
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	0,00016	0,25
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	0,00106	1,66
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	0,00016	0,25
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	0,00016	0,25
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,03706	58,37
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,02641	41,60
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,03151	49,63
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,02976	46,87
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,00106	1,66
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,00051	0,80
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,00001	0,01
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,00001	0,01
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,00006	0,09
5-Way Interactions	0,00591	9,30
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,00016	0,25
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,01756	27,66
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,00001	0,01
6-Way Interactions	0,00016	0,25
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,00016	0,25
Residual Error	0,00063	
Total		
Source		P
Main Effects	0,000	
Bod Cob	0,000	

Bod Plas	0,014
Bod Fab	0,000
Bod Dist1	0,000
Bod Dist2	0,000
Bod Dist3	0,000
2-Way Interactions	0,000
Bod Cob*Bod Plas	0,136
Bod Cob*Bod Fab	0,000
Bod Cob*Bod Dist1	0,008
Bod Cob*Bod Dist2	0,000
Bod Cob*Bod Dist3	0,001
Bod Plas*Bod Fab	0,042
Bod Plas*Bod Dist1	0,402
Bod Plas*Bod Dist2	0,775
Bod Plas*Bod Dist3	0,924
Bod Fab*Bod Dist1	0,000
Bod Fab*Bod Dist2	0,000
Bod Fab*Bod Dist3	0,000
Bod Dist1*Bod Dist2	0,056
Bod Dist1*Bod Dist3	0,056
Bod Dist2*Bod Dist3	0,402
3-Way Interactions	0,000
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab	0,042
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1	0,402
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2	0,924
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist3	0,402
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1	0,000
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2	0,076
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist3	0,402
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist2	0,136
Bod Cob*Bod Dist1*Bod Dist3	0,024
Bod Cob*Bod Dist2*Bod Dist3	0,018
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	0,635
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	0,136
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	0,238
Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	0,402
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,000
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,001
Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,002
Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,101
4-Way Interactions	0,001
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist3	0,635
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2	0,238
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist3	0,635
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist2*Bod Dist3	0,635
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,000
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,000
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,000
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2	0,238
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist3	0,402
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist2*Bod Dist3	0,924
Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,924
Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,775
5-Way Interactions	0,008
Bod Cob*Bod Plas*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,635
Bod Cob*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,001
Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,924
6-Way Interactions	0,635
Bod Cob*Bod Plas*Bod Fab*Bod Dist1*Bod Dist2*Bod Dist3	0,635

Los anteriores fueron los resultados del diseño de experimentos con a cada una de las variables que se querían estimar. Los anteriores resultados arrojaron decisiones de las iteraciones con sus respectivos valor-p para poder probar significancia a un 95% de confianza. Con esto se puede plantear un modelo de regresión que consta de 30 regresores para el riesgo de incumplimiento de nivel de servicio y 26 para el riesgo de incumplimiento del flujo de caja (**ANEXO C**).

Se realizó la construcción de la ecuación (cuantificación del riesgo) con cada una de los respectivos regresores (30 para NS y 26 para FC) pero el modelo consta de coeficientes que representan iteraciones entre 2 y 5 variables (Complejo nivel de interpretación; Ver **Anexo C**), y su interpretación y análisis se salen del alcance de este proyecto (propuesta para posteriores publicaciones).

A continuación se desarrolla el objetivo de este proyecto el cual consiste en probar la relación lineal de las variables independientes con respecto a cada uno de los riesgos teniendo en cuenta una significancia del 95% y un ajuste del modelo ( $R^2$ ) superior al 60%, el cual es un ajuste alto (Apuntes Curso econometría- Universidad Icesi).

### 8.3 ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN.

#### 8.3.1 Procesamiento de datos y análisis de correlación.

Para poder hacer el análisis de correlación se deben de definir las variables dependientes e independientes que se quieren estudiar. Como se quiere cuantificar la influencia de las políticas de inventario en nuestros riesgo de incumplimiento de las meta financiera y servicios las variables son las siguientes.

Tabla 10. Variables independientes

<b>Variables Independientes</b>	<b>Variables Dependientes</b>
Política Bodega Dist. 2	1. Porcentaje de Incumplimiento de Meta financiera.
Política Bodega Dist. 1	
Política Bodega Dist. 3	

Política Bodega Fabrica	2. Porcentaje de Incumplimiento de meta operativa.
Política Bodega Cobre	
Política Bodega Plástico	

En primera instancia se quiere encontrar una cuantificación de las variables independientes con la primera dependiente y después encontrar la misma cuantificación con la otra variable independiente y poder sacar conclusiones a partir de los diferentes coeficientes encontrados.

Por lo anterior se plantearan los dos siguientes modelos:

$$RINS_i = \beta_0 + \beta_1 MPC_i + \beta_2 MPp_i + \beta_3 PF_i + \beta_4 PD1_i + \beta_5 PD2_i + \beta_6 PD3_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$RIFC_i = \beta_0 + \beta_1 MPC_i + \beta_2 MPp_i + \beta_3 PF_i + \beta_4 PD1_i + \beta_5 PD2_i + \beta_6 PD3_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

$i = 1, 2, 3 \dots 64$

donde

$RINS_i$  = Riesgo de incumplimiento de nivel de servicio en la combinación  $i$ .

$RIFC_i$  = Riesgo de incumplimiento de flujo de caja en la combinación  $i$ .

$MPC_i$  = Política de inventario de cobre en la combinación  $i$ .

$MPp_i$  = Política de inventario de plástico en la combinación  $i$ .

$PF_i$  = Política de inventario de la fábrica en la combinación  $i$ .

$PD1_i$  = Política de inventario de bodega de distribución 1 en la combinación  $i$ .

$PD2_i$  = Política de inventario de bodega de distribución 2 en la combinación  $i$ .

$PD3_i$  = Política de inventario de bodega de distribución 3 en la combinación  $i$ .

### 8.3.2 Planteamiento del modelo.

Para realizar las pruebas de significancia se debe tener en mente un modelo específico (el planteado anteriormente) y este se debe aceptar como hipótesis mantenida o la "verdad" sin importar lo tentativo que pueden ser otros planteamientos. Dado ese modelo, entonces, mediante las pruebas usuales  $t$  o  $F$  se puede averiguar la relevancia verdadera de una o más regresoras y el ajuste por medio del  $R$  – cuadrado (Gujarati 2004).

Además el modelo debe ser aceptable según los datos que se obtienen para poder explicar la realidad, mostrar constancia paramétrica y exhibir coherencia en los datos. Los modelos anteriormente planteados (1 y 2) cumplen con lo dicho



anteriormente por lo que se realiza en análisis de correlación en el siguiente apartado.

### Regresión por MCO.

Se procesaron los datos obtenidos de las diferentes combinaciones y como se tiene una muestra grande podemos utilizar el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) ya que por el teorema del límite central los estimadores de los  $\beta$ 's se van a distribuir normalmente, y no sería necesario probar normalidad de los residuos.

Para poder estimar los coeficientes por mínimos cuadrados ordinarios se deben cumplir los supuestos del teorema de Gauss-Markov en donde la relación entre X y Y es lineal, la media de los errores es cero, tienen varianza constante y no autocorrelación.

Se probó la existencia de multicolinealidad en los datos es decir que la matriz X (matriz de la combinación de las políticas) tenga columnas linealmente independiente entre sí con el fin de que los estimadores MCO sean el mejor estimador lineal insesgado (MELI). Se hace la prueba de cálculo de los valores propios de la matriz de varianzas y covarianzas de las variables para hallar el valor R, el cual es el determinante de la matriz y nos ayuda a detectar problemas de multicolinealidad.

Gráfico 16. Matriz de Correlación.

```
Sample correlation matrix
 1.00000000E+00 -8.24014827E-18  8.24014827E-18 -8.24014827E-18 -1.68049
-8.24014827E-18  1.00000000E+00  5.96332371E-18 -5.96332371E-18 -1.11128
 8.24014827E-18  5.96332371E-18  1.00000000E+00  1.27937974E-17  8.67149
-8.24014827E-18 -5.96332371E-18  1.27937974E-17  1.00000000E+00 -1.11128
-1.68049219E-17 -1.11128605E-17  8.67149980E-19 -1.11128605E-17  1.00000
-8.24014827E-18 -1.27937974E-17  1.27937974E-17 -1.27937974E-17 -8.67149
Eigenvalues:
1.00000000E+00 1.00000000E+00 1.00000000E+00 1.00000000E+00 1.00000000E+
```

Los valores propios de la matriz son 1 y según la regla del determinante de la matriz de varianzas y covarianzas si el determinante (multiplicación de los valores propios) es igual a 1 se puede concluir que no existen problemas de multicolinealidad.

Se probó la presencia de homoscedasticidad (varianza constante de los errores) en el modelo de riesgo de incumplimiento de nivel de servicio y no se obtuvo probada por medio de la prueba de Breush Pagan que arroja el software EasyReg.

Gráfico 17. Prueba de heterocedasticidad Nivel de Servicio.

```
Null hypothesis: The errors are homoskedastic
Null distribution: Chi-square(6)
p-value = 0.85779
Significance levels:      10%      5%
Critical values:         10.64     12.59
Conclusions:             accept    accept
```

Para el modelo del riesgo de incumplimiento de flujo de caja se presentó heteroscedasticidad pero fue corregida por medio de la corrección de White.

Cabe aclarar que en presencia de heteroscedasticidad los coeficientes siguen siendo insesgados y consistentes pero no eficientes. Lo anterior nos indica que los coeficientes obtenidos por MCO nos sirven para hacer las cuantificaciones de las variables independientes sobre la dependiente pero no se pueden tener certeras conclusiones sobre la significancia de los coeficientes. Para lo anterior el software EasyReg hace las respectivas correcciones a la heteroscedasticidad por medio de la corrección de White.

Gráfico 18. Prueba de heterocedasticidad Flujo de Caja.

```
Null hypothesis: The errors are homoskedastic
Null distribution: Chi-square(6)
p-value = 0.03297
Significance levels:      10%      5%
Critical values:         10.64     12.59
Conclusions:             reject    reject
```

Por último se prueba la existencia de Autocorrelación en los dos modelos por medio de la prueba de Durbin Watson de análisis de los residuos de la regresión y

se obtuvo que no existía ni Autocorrelación positiva ni negativa en ninguno de los dos modelos (Ver Anexo D).

### Estimación de los coeficientes del incumplimiento de flujo de caja.

Los resultados de la estimación de los coeficientes para cada una de las políticas para determinar el riesgo de incumplimiento de flujo de caja fueron los siguientes  
Variable Dependiente:

Y = Riesgo Incumplimiento Meta FC

Variables X:

X(1) = Distrb 3

X(2) = Distrb 2

X(3) = Distrb 1

X(4) = Bod Fab

X(5) = Bod Plástico

X(6) = Bod Cobre

X(7) = 1

Modelo:

$Y = b(1)X(1) + \dots + b(7)X(7) + U$ ,

donde U es el termino de error, satisfaciendo

$E[U|X(1), \dots, X(7)] = 0$ .

MCO resultado de la estimación

	Parameters	Estimate	t-value (S.E.) [p-value]	H.C. t-value (H.C. S.E.) [H.C. p-value]
b(1)	0.0403125		2.924 (0.01379) [0.00346]	2.924 (0.01379) [0.00346]
b(2)	0.0528125		3.830 (0.01379) [0.00013]	3.830 (0.01379) [0.00013]
b(3)	0.0996875		7.230 (0.01379) [0.00000]	7.230 (0.01379) [0.00000]
b(4)	0.1509375		10.948 (0.01379)	10.948 (0.01379)

		[0.00000]	[0.00000]
b(5)	<u>0.0103125</u>	0.748	0.748
		(0.01379)	(0.01379)
		[0.45448]	<u>[0.45448]</u>
b(6)	0.1237500	6.732	6.732
		(0.01838)	(0.01838)
		[0.00000]	[0.00000]
b(7)	-0.7465625	-10.094	-8.568
		(0.07396)	(0.08714)
		[0.00000]	[0.00000]

R-cuadrado: 0.80

De la anterior estimación se puede concluir que las políticas de inventario son significativas en el modelo de regresión con una confianza del 99% excepto la política que se tiene en la bodega de Plástico (subrayada en el anterior resultado).

El modelo presenta un R-cuadrado de 0.8 lo que nos indica que un 80% de las variaciones del riesgo de incumplimiento de flujo de caja son explicadas por las políticas de inventario de la cadena modelada.

De los resultados del modelo de regresión se puede concluir que la política de inventario del plástico no es significativa en el modelo por lo que los coeficientes obtenidos no serían útiles para poder cuantificar los efectos. Lo anterior no quiere decir que las políticas de estos últimos se pueden llevar a cero para disminuir el riesgo de incumplimiento del flujo de caja, pues son igualmente necesarias para el funcionamiento de la empresa pero en este modelo de regresión no afectan significativamente la disminución del riesgo de incumplimiento de la meta de flujo de caja.

Los coeficientes que son significativos tienen signo positivo por lo que se puede afirmar que para poder disminuir el riesgo de incumplimiento de flujo de caja se debe disminuir las políticas en general.

De los coeficientes obtenidos puedo interpretar que si disminuyo la política de inventario del Distribuidor No. 1 en una semana el porcentaje de incumplimiento de la meta de flujo de caja va a reducirse en 9,96 puntos porcentuales.

### **Estimación de los coeficientes del incumplimiento de la meta de servicio.**

Ahora se procede a estimar el modelo de regresión a partir de las mismas variables independientes y el riesgo de incumplimiento de la meta de nivel de servicio como variable independiente.

Variable dependiente:

Y = Riesgo Incumplimiento Meta NS

X variables:

X(1) = Distrb 3

X(2) = Distrb 2

X(3) = Distrb 1

X(4) = Bod Fab

X(5) = Bod Plástico

X(6) = Bod Cobre

X(7) = 1

Modelo:

$Y = b(1)X(1) + \dots + b(7)X(7) + U$ ,

donde U es el termino de error, satisfaciendo

$E[U|X(1), \dots, X(7)] = 0$ .

MCO resultado de la estimación.

Parameters	Estimate	t-value (S.E.) [p-value]	H.C. t-value (H.C. S.E.) [H.C. p-value]
b(1)	-0.0081250	-1.231 (0.00660) [0.21847]	-1.231 (0.00660) [0.21847]
b(2)	-0.0450000	-6.816 (0.00660) [0.00000]	-6.816 (0.00660) [0.00000]
b(3)	-0.0950000	-14.389 (0.00660) [0.00000]	-14.389 (0.00660) [0.00000]
b(4)	-0.0487500	-7.384 (0.00660) [0.00000]	-7.384 (0.00660) [0.00000]
b(5)	-0.0050000	-0.757 (0.00660) [0.44887]	-0.757 (0.00660) [0.44887]
b(6)	-0.0658333	-7.478 (0.00880) [0.00000]	-7.478 (0.00880) [0.00000]

b(7)	1.2879166	36.363 (0.03542) [0.00000]	32.172 (0.04003) [0.00000]
------	-----------	----------------------------------	----------------------------------

R-cuadrado:0.87

En este modelo de regresión tenemos dos coeficientes que no son significativos los cuales son el de la política de inventario de la bodega de distribución No. 3 y la política de la materia prima de plástico (subrayados en los resultados anteriores). El modelo nos arroja un R-cuadrado de 0.87 lo cual nos indica que el 87% de las variaciones en el riesgo de incumplimiento de la meta de servicio son explicados por las políticas de inventario de la cadena de abastecimiento.

El modelo de regresión estimado también arroja que el resto de las políticas de inventario son significativas con un nivel de confianza del 99%. Los coeficientes estimados que son significativos dieron con signo negativo lo cual nos indica que una aumento de aquellos coeficientes nos disminuiría el riesgo de incumplimiento de la meta de servicio.

### Confrontación de resultados.

Con la estimación del primer modelo se concluyo que para poder disminuir el riesgo de incumplimiento de la meta de flujo de caja en general se debía disminuir las políticas de inventario; pero en contraste con el modelo de estimación del riesgo de incumplimiento del nivel de servicio se debe en general aumentar las políticas de inventario, se puede concluir que es aquí en donde el agente de la empresa debe de decidir en cuanto quiere mantener sus niveles de incumplimiento de las metas y cuales son los deseos de dos metas que no se pueden alcanzar al mismo tiempo, es decir que para poder cumplir con la meta de servicio debo de dejar de cumplir en algunos puntos porcentuales la meta de flujo de caja.

Tabla 12. Coeficientes estimados en los dos modelos.

Variable Independiente	Modelo Riesgo Incumplimiento Flujo de Caja	Modelo Riesgo Incumplimiento nivel de servicio
Política Distribuidora No. 3	0.0403	No significativo
Política Distribuidora No. 2	0.0528	-0.0450
Política Distribuidora No. 1	0.0997	-0.0950
Política de Fabrica	0.1509	-0.0488

Política de bodega de Plástico	No significativo	No significativo
Política de bodega de cobre	0.1238	-0.0658

En la siguiente sección se van analizar cada una de las políticas para poder establecer una serie de parámetros que ayuden a mejorar (disminuir) la simulación de los riesgos de incumplimiento. Con los anteriores coeficientes se pueden llegar a los siguientes resultados.

**Política de inventario de la distribuidora No 3:** Se debe disminuir si se quiere reducir el riesgo de incumplimiento de flujo de caja, pero para el riesgo de incumplimiento del nivel de servicio no es significativo, es por lo que se decide dejar esa política en su nivel bajo de una semana de inventario para contribuir con el riesgo de flujo de caja.

**Política de inventario de la distribuidora No 2:** Se debe disminuir si se quiere reducir el riesgo de incumplimiento de flujo de caja, pero para el riesgo de incumplimiento del nivel de servicio se debe a aumentar. En este caso una disminución en una semana de esta política provocara una disminución de 15.2 puntos porcentuales al riesgo de incumplimiento de flujo de caja y aumentara 4.5 puntos porcentuales el riesgo de incumplimiento del nivel de servicio. Aquí se decide dejar la política en el modelo base y dependiendo de los resultados que se obtengan con la decisión de esta corrida se decidirá en que valor dejar la política.

**Política de inventario de la distribuidora No 1:** Se debe disminuir si se quiere reducir el riesgo de incumplimiento de flujo de caja, pero para disminuir el riesgo de incumplimiento del nivel de servicio se debe a aumentar. En este caso un aumento en una semana de esta política provocara un aumento de 9.9 puntos porcentuales al riesgo de incumplimiento de flujo de caja y disminuirá 9.5 puntos porcentuales el riesgo de incumplimiento del nivel de servicio. Aquí se decide dejar la política en el modelo base y dependiendo de los resultados que se obtengan con la nueva decisión se decidirá en que valor dejar la política.

**Política de inventario de la fábrica:** Se debe disminuir si se quiere reducir el riesgo de incumplimiento de flujo de caja, pero para disminuir el riesgo de incumplimiento del nivel de servicio se debe a aumentar. En este caso una disminución en una semana de esta política provocara una disminución de 15.1 puntos porcentuales al riesgo de incumplimiento de flujo de caja y aumentara 4.8 puntos porcentuales el riesgo de incumplimiento del nivel de servicio. En este caso

la disminución de una semana de la política provoca una mejoría porcentual mas grande en el riesgo de incumplimiento del flujo de caja que lo que perjudica el incumplimiento del nivel de servicio. Por lo anterior se decide dejar esta política en su nivel mínimo de 1 semana.

**Política de la bodega de Plástico:** En ambos modelos esta política no dio significativa en el modelo, es por lo anterior que se deja en los parámetros base.

**Política de la bodega de cobre:** En esta política al igual de lo que pasa con la política de la fabrica una disminución en una semana provocara una disminución de 12.38 puntos porcentuales al riesgo de incumplimiento de flujo de caja y aumentara 6.4 puntos porcentuales el riesgo de incumplimiento del nivel de servicio. Así como en la política de inventario de la fabrica la disminución de una semana provoca una mejoría porcentual mas grande en el riesgo de incumplimiento del flujo de caja que lo que perjudica el incumplimiento del nivel de servicio es por lo que se decide dejar esta política en su nivel mínimo el cual es 0.5 semanas de inventario.

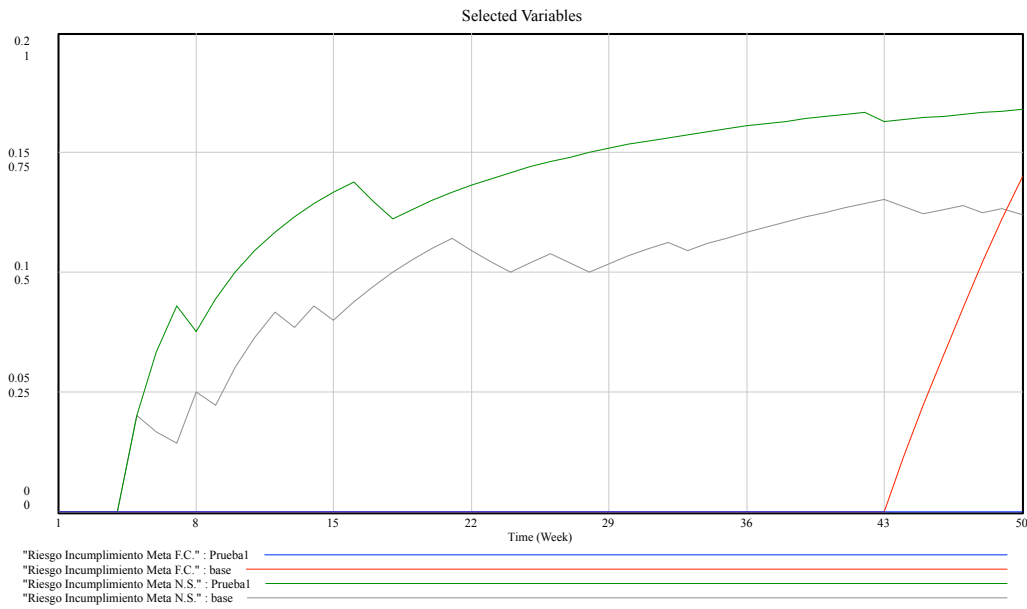
Tabla 13. Resumen de decisiones (propuesta 1).

<b>Política</b>	<b>Decision</b>
Política Distribuidora No. 3	1
Política Distribuidora No. 2	base
Política Distribuidora No. 1	base
Política de Fabrica	1
Política de bodega de Plástico	base
Política de bodega de cobre	0.5

### **Resultados de la simulación.**

Gráfico 19. Resultados Riesgo Incumplimiento Nivel de Servicio y Flujo de caja (propuesta 1).





**Fuente:** Autores

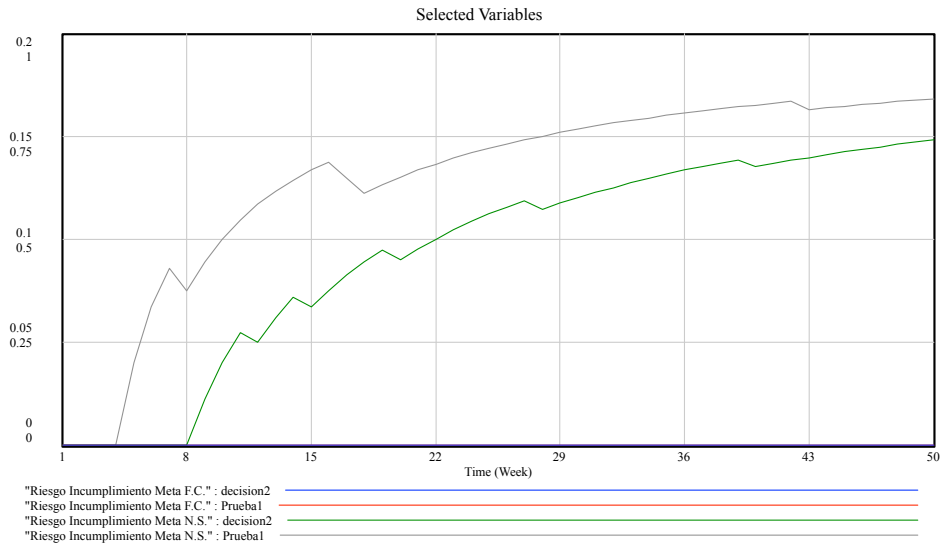
Con la anterior decisión se disminuyó el riesgo de incumplimiento de flujo de caja a cero y el riesgo de incumplimiento del nivel de servicio aumenta de 0.62 a 0.84. Esto es debido a que algunas políticas se dejaron en su nivel mínimo para mejorar el riesgo de flujo de caja pero perjudicaba el riesgo de incumplimiento de nivel de servicio.

Ahora con la anterior decisión se puede tomar una segunda, en donde se intente disminuir cuanto más se pueda el riesgo de incumplimiento de nivel de servicio ya que el riesgo de flujo de caja es cero. En la decisión anterior se habían dejado unas políticas en el nivel base para después definir las, esas políticas se van a asignar su nivel máximo para con esto disminuir el incumplimiento del nivel de servicio. La segunda decisión es la siguiente.

Tabla 14. Resumen de decisiones (propuesta 2).

Política	Decision
Política Distribuidora No. 3	1
Política Distribuidora No. 2	3
Política Distribuidora No. 1	4
Política de Fabrica	1
Política de bodega de Plástico	base

Gráfico 20. Resultados Riesgo Incumplimiento Nivel de Servicio y Flujo de caja (propuesta 2).



Fuente: Autores.

En la anterior grafica se puede notar una disminución del riesgo de incumplimiento del nivel de servicio en 10 puntos porcentuales con respecto a la decisión 1 tomada en el apartado anterior alcanzando un valor de 0.74%. El riesgo de incumplimiento de flujo de caja permanece igual con respecto a la decisión anterior.

## Conclusiones y recomendaciones.

De lo anterior, como era de esperarse, se puede concluir que hay un dilema entre disminuir el riesgo de incumplimiento de flujo de caja y el de nivel de servicio puesto que los coeficientes estimados para cada uno de los modelos tienen signos contrarios.

En este proyecto se logro mejorar el riesgo de incumplimiento de flujo de caja a 0% pero esto también perjudico el riesgo de incumplimiento de nivel de servicio pero con después se logro disminuir este porcentaje de incumplimiento con la política de

la distribuidora 1 y 2 que perjudican en igual medida el riesgo de incumplimiento de flujo de caja que la mejoría en nivel de servicio. Como el nivel de servicio estaba asegurado del riesgo con las anteriores decisiones al beneficiar el nivel de servicio con esta ultima no se perjudico el riesgo del flujo de caja y esto permaneció en cero.

La ultima decisión fue la propuesta y a la que llegaron los autores pero de ahí en adelante se puede empezar perjudicando el riesgo de flujo de caja con el fin de mejorar el del nivel de servicio basado en la cuantificación de estos movimientos y se pueden obtener otros resultados dependiendo del nivel de riesgo que se quiera manejar.

## Bibliografía

ARENAS, Fernando A. Finanzas, colaboración y “efecto látigo” en la cadena de abastecimiento: una aproximación a través de la Dinámica de Sistemas. La Dinámica de sistemas para la efectiva toma de decisiones y análisis estratégico de problemas: Memorias del 8° Congreso Latinoamericano y Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas, 2010. Medellín: Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2010.

ARENAS, Fernando A. Una aproximación a los indicadores de gestión a través de la dinámica de sistemas. *Sistemas y Telemática*, 3. (Enero 2004), p69-81.

Sterman, John. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modelling for a complex world*. Bogotá: Irwin/McGraw-Hill, (2000.) p. 85.

Waters, Donalds, *Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics*, (2007) p.91.

B. Ritchie and C. Brindley, *An emergent framework for SC risk management and performance measurement*, (2011).

Institute of Risk Management (IRM), *A Risk Management Standard*, (2002).

Mohd et al, *Management of Risk in Supply Chains: SCOR Approach and Analytic Network Process*. (2007).

F. Ackermann, C. Eden, T. Williams, S. Howick. *Systemic Risk Assessment: A Case Study*.

Bob Dyckman. *Supply Chain Finance: Risk Mitigation and Revenue Growth*.

Yogesh Malik et al. *Building the Supply Chain of the Future*.

## ANEXOS

### Anexo A. Matriz de marco lógico

		INDICADORES			MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
		RESUMEN	ENUNCIADO	FORMULA DE CALCULO		
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	Hacer una aproximación de manera sistémica a la gestión del riesgo operativo y la gestión de riesgo financiero en una cadena de abastecimiento.					
<b>OBJETIVO DEL PROYECTO</b>	Elaborar un modelo de simulación para comprender la gestión del riesgo empresarial desde una perspectiva sistémica.	Porcentaje de cumplimiento del proyecto	Objetivos específicos cumplidos / Total de objetivos específicos	Entregas realizadas, Reunión con los tutores, seguimiento del cronograma		
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 1</b>	Definir variables del modelo e indicadores de riesgo operativo y financiero.	Cumple - no cumple (para 1 agosto de 2012)	Actividades terminadas / Total actividades			
<b>ACTIVIDAD 1.1</b>	Documentación sobre medición de indicadores operativos y financieros en una Cadena de abastecimiento	Numero de documentos a analizados con respecto al total propuestos	Numero de documentos analizados / Numero de documentos propuestos	Citas, referencias y bibliografía		
<b>ACTIVIDAD 1.2</b>	Identificación de las variables del modelo (Tipo de variable)	Cumple - no cumple (para 26 junio de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple	Lista de variables por tipo		
<b>ACTIVIDAD 1.3</b>	Identificar indicadores financieros y operativos del modelo					

<b>ACTIVIDAD 1.4</b>	Definir el riesgo operativo y financiero	Cumple - no cumple (para 1 agosto de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple	Tabulación de indicadores relevantes para el proyecto	
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 2</b>	Plantear el modelo conceptual y hacer el modelo de simulación	Cumple - no cumple (para 1 Octubre de 2012)	Actividades terminadas / Total actividades	Modelo funcionando.	El alcance define lo endógeno y lo exógeno, además de las variables a elegir
<b>ACTIVIDAD 2.1</b>	Redacción hipótesis inicial de conceptos	Cumple - no cumple (para 10 agosto de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple	Documento escrito	
<b>ACTIVIDAD 2.2</b>	Elaboración del diagrama de subsistemas	Cumple - no cumple (para 23 agosto de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple	Diagrama que represente la realidad	
<b>ACTIVIDAD 2.3</b>	Elaboración del diagrama causal	Cumple - no cumple (para 5 septiembre de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple	Diagrama que represente la realidad	
<b>ACTIVIDAD 2.4</b>	Formulación del modelo de simulación	Porcentaje de cumplimiento formulación	Variables formuladas correctamente/V ariables planteadas	Gráficos de corrida inicial del modelo	
<b>ACTIVIDAD 2.5</b>	Prueba del modelo de simulación	Modelo corre correctamente	X=1 si corre sin errores, X=0 si corre con errores		
<b>ACTIVIDAD 2.6</b>	Evaluación del modelo	El comportamiento (datos arrojados en las corridas) del modelo es coherente.	Numero de variables sin datos atípicos / Número total de variables		
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 3</b>	Elaborar un diseño experimental.		Actividades terminadas / Total actividades		
<b>ACTIVIDAD 3.1</b>	Hacer análisis de sensibilidad.	Cumple - no cumple (para 10 de octubre de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple	Hoja de datos con resultados obtenidos del diseño experimental	

<b>ACTIVIDAD 3.2</b>	Corres las simulaciones que resulten del diseño de experimentos.	Cumple - no cumple (para 18 de octubre de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple		
<b>ACTIVIDAD 3.3</b>	Tabular y procesar los datos obtenidos.	Cumple - no cumple (para 26 de octubre de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple	Análisis estadístico y conclusión del diseño de experimentos	
<b>ACTIVIDAD 3.4</b>	Procesar los datos obtenidos en un software (Minitab, EasyReg) para poder hacer los análisis de correlación.	Cumple - no cumple (para 6 de noviembre de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple	Gráficos y datos obtenidos en el software estadístico	
<b>ACTIVIDAD 3.5</b>	Analizar los resultados	Cumple - no cumple (para 14 de noviembre de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple	Documento escrito	
<b>ACTIVIDAD 3.6</b>	Formular conclusiones y recomendaciones	Cumple - no cumple (para 19 de noviembre de 2012)	X=1 si cumple, X=0 si no cumple	Documento escrito	

### **Anexo B. Combinación de todas las posibles políticas.**

### **Anexo C. Regresión del Riesgo de Incumplimiento Meta Flujo de Caja y Nivel de Servicio (26 y 30 Regresores).**

El modelo de regresión resultante para el riesgo de incumplimiento del nivel de servicio con los efectos que son significativos fueron los siguientes.

$$\begin{aligned}
RINS = & \beta_0 + \beta_1 MPC + \beta_2 MPp + \beta_3 PF + \beta_4 PD1 + \beta_5 PD2 + \beta_6 PD3 + \beta_7 MPC * MPp \\
& + \beta_8 MPC * PD1 + \beta_9 MPC * PD2 + \beta_{10} MPC * PD3 + \beta_{11} MPp * PD2 \\
& + \beta_{12} PF * PD1 + \beta_{13} PF * PD3 + \beta_{14} PD1 * PD2 + \beta_{15} PD2 * PD3 \\
& + \beta_{16} MPC * MPp * PD2 + \beta_{17} MPC * PF * PD1 + \beta_{18} MPC * PD1 * PD2 \\
& + \beta_{19} MPC * PD1 * PD3 + \beta_{20} MPp * PF * PD3 + \beta_{21} MPp * PD2 * PD3 \\
& + \beta_{22} PF * PD1 * PD2 + \beta_{23} PF * PD1 * PD3 + \beta_{24} PF * PD2 * PD3 \\
& + \beta_{25} MPC * MPp * PF * PD3 + \beta_{26} MPC * MPp * PD2 * PD3 + \beta_{27} MPC \\
& * PF * PD2 * PD3 + \beta_{28} MPC * PD1 * PD2 * PD3 + \beta_{29} PD1 * PD2 * PD3 \\
& * PF + \beta_{30} MPC * PF * PD1 * PD2 * PD3 + e_i
\end{aligned}$$

donde:

$RINS_i$  = Riesgo de incumplimiento de nivel de servicio en la combinación  $i$ .

$RIFC_i$  = Riesgo de incumplimiento de flujo de caja en la combinación  $i$ .

$MPC_i$  = Política de inventario de cobre en la combinación  $i$ .

$MPp_i$  = Política de inventario de plástico en la combinación  $i$ .

$PF_i$  = Política de inventario de la fábrica en la combinación  $i$ .

$PD1_i$  = Política de inventario de bodega de distribución 1 en la combinación  $i$ .

$PD2_i$  = Política de inventario de bodega de distribución 2 en la combinación  $i$ .

$PD3_i$  = Política de inventario de bodega de distribución 3 en la combinación  $i$ .

Al hacer el análisis de regresión y correlación se obtuvieron los siguientes resultados:

Dependent variable:

Y = Riesgo Incumplimiento Meta NS

Characteristics:

Riesgo Incumplimiento Meta NS

First observation = 1

Last observation = 64

Number of usable observations: 64

Minimum value: 3.7999999E-001

Maximum value: 8.9999998E-001

Sample mean: 7.0687500E-001

X variables:

X(1) = Bod Cobre

X(2) = Bod Plast

X(3) = Bod Fab

X(4) = Distrb 1

X(5) = Distrb 2

X(6) = Distrb 3

X(7) = Bod Cobre x Bod Plast

X(8) = Bod Cobre x Distrb 1



X(9) = Bod Cobre x Distrb 2  
 X(10) = Bod Cobre x Distrb 3  
 X(11) = Bod Plast x Distrb 2  
 X(12) = Bod Fab x Distrb 1  
 X(13) = Bod Fab x Distrb 3  
 X(14) = Distrb 1 x Distrb 2  
 X(15) = Distrb 2 x Distrb 3  
 X(16) = Bod Cobre x Bod Plast x Distrb 2  
 X(17) = Bod Cobre x Bod Fab x Distrb 1  
 X(18) = Bod Cobre x Distrb 1 x Distrb 2  
 X(19) = Bod Cobre x Distrb 1 x Distrb 3  
 X(20) = Bod Plast x Bod Fab x Distrb 3  
 X(21) = Bod Plast x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(22) = Bod Fab x Distrb 1 x Distrb 2  
 X(23) = Bod Fab x Distrb 1 x Distrb 3  
 X(24) = Bod Fab x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(25) = Bod Cobre x Bod Plast x Bod Fab x Distrb 3  
 X(26) = Bod Cobre x Bod Plast x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(27) = Bod Cobre x Bod Fab x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(28) = Bod Cobre x Distrb 1 x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(29) = Distrb 1 x Distrb 2 x Distrb 3 x Bod Fab  
 X(30) = Bod Cobre x Bod Fab x Distrb 1 x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(31) = 1

Model:

$Y = b(1)X(1) + \dots + b(31)X(31) + U$ ,  
 where U is the error term, satisfying  
 $E[U|X(1), \dots, X(31)] = 0$ .

OLS estimation results

Parameters	Estimate (S.E.) [p-value]	t-value (H.C. S.E.) [H.C. p-value]	H.C. t-value (H.C. S.E.) [H.C. p-value]
b(1)	0.0891631	2.253 (0.03958) [0.02428]	2.862 (0.03115) [0.00420]
b(2)	-0.0090312	-0.639 (0.01413) [0.52268]	-0.893 (0.01012) [0.37205]
b(3)	0.0495773	3.039 (0.01631) [0.00237]	3.592 (0.01380) [0.00033]
b(4)	0.0172940	1.043 (0.01658)	1.424 (0.01214)

b(5)	-0.0832210	[0.29685] -3.051 (0.02727) [0.00228]	[0.01542] -3.655 (0.02277) [0.00026]
b(6)	<b>-0.0386626</b>	-2.400 (0.01611) [0.01642]	-2.421 (0.01597) [0.11548]
b(7)	0.0103629	1.092 (0.00949) [0.27491]	1.091 (0.00950) [0.27513]
b(8)	-0.0569656	-4.362 (0.01306) [0.00001]	-4.003 (0.01423) [0.00006]
b(9)	<b>0.0028887</b>	0.179 (0.01614) [0.85798]	0.217 (0.01330) [0.82808]
b(10)	<b>0.0058351</b>	0.468 (0.01248) [0.64000]	0.611 (0.00956) [0.54143]
b(11)	<b>0.0077392</b>	1.033 (0.00749) [0.30166]	1.369 (0.00565) [0.17096]
b(12)	-0.0296235	-4.564 (0.00649) [0.00001]	-3.832 (0.00773) [0.00013]
b(13)	<b>-0.0026407</b>	-0.269 (0.00980) [0.78760]	-0.386 (0.00684) [0.69932]
b(14)	<b>0.0023640</b>	0.311 (0.00761) [0.75596]	0.320 (0.00739) [0.74904]
b(15)	0.0199918	2.420 (0.00826) [0.01551]	2.062 (0.00970) [0.03921]
b(16)	-0.0093465	-1.867 (0.00500) [0.06184]	-2.122 (0.00440) [0.03384]
b(17)	<b>0.0011113</b>	0.539 (0.00206) [0.59004]	0.401 (0.00277) [0.68853]
b(18)	<b>0.0064081</b>	1.205 (0.00532) [0.22821]	1.105 (0.00580) [0.26912]
b(19)	<b>0.0007048</b>	0.157 (0.00450)	0.140 (0.00502)

b(20)	0.0012161	[0.87553] 0.648 (0.00188) [0.51686]	[0.88840] 0.760 (0.00160) [0.44706]
b(21)	-0.0019946	-0.761 (0.00262) [0.44670]	-0.672 (0.00297) [0.50168]
b(22)	-0.0039374	-2.146 (0.00183) [0.03188]	-1.734 (0.00227) [0.08288]
b(23)	-0.0019076	-0.626 (0.00305) [0.53102]	-0.619 (0.00308) [0.53600]
b(24)	0.0019552	0.448 (0.00437) [0.65440]	0.580 (0.00337) [0.56168]
b(25)	-0.0005074	-0.426 (0.00119) [0.66980]	-0.501 (0.00101) [0.61663]
b(26)	0.0009232	0.543 (0.00170) [0.58711]	0.565 (0.00163) [0.57220]
b(27)	-0.0067638	-3.193 (0.00212) [0.00141]	-4.472 (0.00151) [0.00001]
b(28)	-0.0034695	-2.142 (0.00162) [0.03223]	-1.957 (0.00177) [0.05029]
b(29)	0.0011694	0.860 (0.00136) [0.38960]	0.982 (0.00119) [0.32590]
b(30)	0.0024244	3.582 (0.00068) [0.00034]	4.633 (0.00052) [0.00000]
b(31)	0.9958167	16.755 (0.05943) [0.00000]	24.147 (0.04124) [0.00000]

Notes:

1: S.E. = Standard error

2: H.C. = Heteroskedasticity Consistent. These t-values and standard errors are based on White's heteroskedasticity consistent variance matrix.

3: The two-sided p-values are based on the normal approximation.

Effective sample size (n): 64  
Variance of the residuals: 0.00048551  
Standard error of the residuals (SER): 0.02203432  
Residual sum of squares (RSS): 0.01602188  
(Also called SSR = Sum of Squared Residuals)  
Total sum of squares (TSS): 1.1801749  
R-square: 0.9864  
Adjusted R-square: 0.9741

Overall F test:  $F(30,33) = 79.93$

p-value = 0.00000

Significance levels: 10% 5%

Critical values: 1.58 1.81

Conclusions: reject reject

Jarque-Bera/Kiefer-Salmon test = 8.794147

Null hypothesis: The errors are normally distributed

Null distribution: Chi-square(2)

p-value = 0.01231

Significance levels: 10% 5%

Critical values: 4.61 5.99

Conclusions: reject reject

Breusch-Pagan test = 79.737114

Null hypothesis: The errors are homoskedastic

Null distribution: Chi-square(30)

p-value = 0.00000

Significance levels: 10% 5%

Critical values: 40.26 43.77

Conclusions: reject reject

Information criteria:

Akaike: -7.323933268

Hannan-Quinn: -6.911975674

Schwarz: -6.278224275

Se probaron los supuestos de Gauss-Markov para los estimadores MCO y el modelo no presenta problemas de multicolinealidad y autocorrelacion pero si presenta heteroscedasticidad que es corregida mediante la prueba de White.

El modelo anterior presenta 11 variables que son significativas al 95% de confianza y 19 que no lo son. La interpretación y análisis de ellas se salen del alcance de este proyecto.

$$\begin{aligned}
RIFC = & \beta_0 + \beta_1 MPC_i + \beta_2 MPp_i + \beta_3 PF_1 \\
& + \beta_4 PD1_i + \beta_5 PD2_i + \beta_6 PD3_i + \beta_7 MPC_i * PF_i + \beta_8 MPC_i * PD1_i + \beta_9 MPC_i \\
& * PD2_i + \beta_{10} MPC_i * PD3_i + \beta_{11} MPp_i * PF + \beta_{12} PF * PD1_i + \beta_{13} PF \\
& * PD2_i + \beta_{14} PF * PD2_i + \beta_{15} MPC * MPp * PF + \beta_{16} MPC * PF \\
& * PD1 + \beta_{17} MPC * PD1 * PD3 + \beta_{18} MPC * PD2 * PD3 + \beta_{19} PF * PD1 \\
& * PD2 + \beta_{20} PF * PD1 * PD3 + \beta_{21} PF * PD2 * PD3 + \beta_{22} MPC * PF * PD1 \\
& * PD2 + \beta_{23} MPC * PF * PD1 * PD3 + \beta_{24} MPC * PF * PD2 * PD3 + \beta_{25} MPC \\
& * PD1 * PD2 * PD3 + \beta_{26} MPC * PF * PD1 * PD2 * PD3 + e_i \quad (2)
\end{aligned}$$

Con este modelo se hizo el análisis de regresión y se obtuvieron los siguientes resultados.

Dependent variable:

Y = Riesgo Incumplimiento Meta FC

Characteristics:

Riesgo Incumplimiento Meta FC

First observation = 1

Last observation = 64

Number of usable observations: 64

Minimum value: 0.0000000E+000

Maximum value: 6.3999999E-001

Sample mean: 2.1593750E-001

This variable is nonnegative, with 28 zero values.

A Tobit model may be more suitable!

X variables:

X(1) = Bod Cobre

X(2) = Bod Plast

X(3) = Bod Fab

X(4) = Distrb 1

X(5) = Distrb 2

X(6) = Distrb 3

X(7) = Bod Cobre x Bod Fab

X(8) = Bod Cobre x Distrb 1

X(9) = Bod Cobre x Distrb 2

X(10) = Bod Cobre x Distrb 3

X(11) = Bod Plast x Bod Fab

X(12) = Bod Fab x Distrb 1

X(13) = Bod Fab x Distrb 2  
 X(14) = Bod Fab x Distrb 3  
 X(15) = Bod Cobre x Bod Plast x Bod Fab  
 X(16) = Bod Cobre x Bod Fab x Distrb 1  
 X(17) = Bod Cobre x Distrb 1 x Distrb 3  
 X(18) = Bod Cobre x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(19) = Bod Fab x Distrb 1 x Distrb 2  
 X(20) = Bod Fab x Distrb 1 x Distrb 3  
 X(21) = Bod Fab x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(22) = Bod Cobre x Bod Fab x Distrb 1 x Distrb 2  
 X(23) = Bod Cobre x Bod Fab x Distrb 1 x Distrb 3  
 X(24) = Bod Cobre x Bod Fab x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(25) = Bod Cobre x Distrb 1 x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(26) = Bod Cobre x Bod Fab x Distrb 1 x Distrb 2 x Distrb 3  
 X(27) = 1

Model:

$Y = b(1)X(1) + \dots + b(27)X(27) + U$ ,  
 where U is the error term, satisfying  
 $E[U|X(1), \dots, X(27)] = 0$ .

OLS estimation results

Parameters	Estimate	t-value (S.E.) [p-value]	H.C. t-value (H.C. S.E.) [H.C. p-value]
b(1)	-0.4295639	-3.956 (0.10859) [0.00008]	-3.937 (0.10911) [0.00008]
b(2)	<b>-0.0053125</b>	-0.327 (0.01623) [0.74338]	-0.494 (0.01076) [0.62164]
b(3)	-0.4730634	-6.093 (0.07764) [0.00000]	-3.683 (0.12845) [0.00023]
b(4)	-0.1570833	-4.981 (0.03154) [0.00000]	-9.778 (0.01607) [0.00000]
b(5)	-0.0853276	-2.878 (0.02965) [0.00401]	-4.815 (0.01772) [0.00000]
b(6)	-0.0537410	-1.772 (0.03033) [0.07638]	-3.561 (0.01509) [0.00037]

b(7)	0.1644562	3.977 (0.04135) [0.00007]	2.694 (0.06105) [0.00707]
b(8)	0.0997581	3.437 (0.02903) [0.00059]	4.511 (0.02211) [0.00001]
b(9)	0.0491937	1.842 (0.02671) [0.06552]	2.017 (0.02438) [0.04365]
b(10)	0.0848669	2.341 (0.03625) [0.01923]	2.066 (0.04107) [0.03881]
b(11)	<b>0.0139583</b>	1.542 (0.00905) [0.12303]	1.552 (0.00900) [0.12078]
b(12)	0.1264411	5.778 (0.02188) [0.00000]	4.070 (0.03107) [0.00005]
b(13)	0.0682527	3.455 (0.01975) [0.00055]	2.207 (0.03092) [0.02731]
b(14)	<b>0.0272814</b>	1.202 (0.02269) [0.22930]	0.901 (0.03028) [0.36767]
b(15)	<b>-0.0049167</b>	-1.136 (0.00433) [0.25586]	-0.910 (0.00540) [0.36297]
b(16)	<b>-0.0288896</b>	-1.845 (0.01566) [0.06506]	-1.564 (0.01847) [0.11770]
b(17)	<b>-0.0209808</b>	-1.877 (0.01118) [0.06047]	-2.180 (0.00962) [0.02926]
b(18)	-0.0506810	-3.126 (0.01621) [0.00177]	-3.427 (0.01479) [0.00061]
b(19)	<b>-0.0055983</b>	-1.033 (0.00542) [0.30175]	-0.911 (0.00614) [0.36213]
b(20)	<b>0.0017527</b>	0.305 (0.00575) [0.76041]	0.282 (0.00621) [0.77782]
b(21)	<b>0.0006030</b>	0.101 (0.00596) [0.91942]	0.097 (0.00620) [0.92254]

b(22)	-0.0018963	-0.474 (0.00400) [0.63572]	-0.531 (0.00357) [0.59551]
b(23)	0.0018152	0.415 (0.00437) [0.67804]	0.495 (0.00366) [0.62039]
b(24)	0.0165526	2.505 (0.00661) [0.01224]	2.331 (0.00710) [0.01974]
b(25)	0.0200301	4.486 (0.00446) [0.00001]	5.739 (0.00349) [0.00000]
b(26)	-0.0080496	-3.411 (0.00236) [0.00065]	-3.571 (0.00225) [0.00036]
b(27)	0.6120954	4.496 (0.13613) [0.00001]	7.282 (0.08405) [0.00000]

Notes:

1: S.E. = Standard error

2: H.C. = Heteroskedasticity Consistent. These t-values and standard errors are based on White's heteroskedasticity consistent variance matrix.

3: The two-sided p-values are based on the normal approximation.

Effective sample size (n):	64
Variance of the residuals:	0.00337044
Standard error of the residuals (SER):	0.05805548
Residual sum of squares (RSS):	0.12470621
(Also called SSR = Sum of Squared Residuals)	
Total sum of squares (TSS):	3.62814377
R-square:	0.9656
Adjusted R-square:	0.9415

Overall F test:  $F(26,37) = 39.98$

p-value = 0.00000

Significance levels: 10% 5%

Critical values: 1.58 1.8

Conclusions: reject reject

Jarque-Bera/Kiefer-Salmon test = 3.890887

Null hypothesis: The errors are normally distributed

Null distribution: Chi-square(2)



p-value = 0.14292  
 Significance levels: 10% 5%  
 Critical values: 4.61 5.99  
 Conclusions: accept accept

Breusch-Pagan test = 88.724393  
 Null hypothesis: The errors are homoskedastic  
 Null distribution: Chi-square(26)  
 p-value = 0.00000  
 Significance levels: 10% 5%  
 Critical values: 35.56 38.88  
 Conclusions: reject reject

Information criteria:  
 Akaike: -5.396927676  
 Hannan-Quinn: -5.038125901  
 Schwarz: -4.486148875

La anterior regresión presenta problemas de heteoscedasticidad pero son corregidos mediante la prueba de White del software. De la anterior regresión 11 variables son estadísticamente no significativas (Sombreadas). Las otras variables son significativas para el modelo pero el análisis e interpretación del modelo no son el objetivo de este proyecto.

**Anexo D. Prueba de autocorrelación.**

<b>Residuales del Riesgo Incumplimiento Meta Flujo de caja</b>			
$e_t$	$e_{t-1}$	$(e_t - e_{t-1})^2$	$e_t^2$
-0.070937502			0.005032129
0.042812519	-0.070937502	0.012939067	0.001832912
-0.094687499	0.042812519	0.018906255	0.008965722
-0.075312496	-0.094687499	0.000375391	0.005671972
-0.022812515	-0.075312496	0.002756248	0.000520411

-0.081562499	-0.022812515	0.003451561	0.006652441
-0.151562502	-0.081562499	0.0049	0.022971192
0.049062503	-0.151562502	0.040250393	0.002407129
0.084062517	0.049062503	0.001225001	0.007066507
0.044687504	0.084062517	0.001550392	0.001996973
-0.054687494	0.044687504	0.00987539	0.002990722
0.024062503	-0.054687494	0.006201562	0.000579004
-0.002187514	0.024062503	0.000689063	4.78522E-06
0.002187502	-0.002187514	1.91408E-05	4.78517E-06
0.0453125	0.002187502	0.001859765	0.002053223
-0.060312497	0.0453125	0.01115664	0.003637597
0.024687498	-0.060312497	0.007224999	0.000609473
-0.154687497	0.024687498	0.032175389	0.023928222
0.116562484	-0.154687497	0.073576552	0.013586813
0.088437504	0.116562484	0.000791015	0.007821192
0.037812503	0.088437504	0.002562891	0.001429785
0.063437516	0.037812503	0.000656641	0.004024318
0.044062487	0.063437516	0.000375392	0.001941503
0.079687489	0.044062487	0.001269141	0.006350096
0.117187504	0.079687489	0.001406251	0.013732911
0.102187505	0.117187504	0.000225	0.010442286
-0.069687502	0.102187505	0.029541018	0.004856348
0.038437523	-0.069687502	0.011691021	0.001477443
-0.074062498	0.038437523	0.012656255	0.005485254
-0.0353125	-0.074062498	0.001501562	0.001246973
-0.070312501	-0.0353125	0.001225	0.004943848
-0.091562504	-0.070312501	0.000451563	0.008383692
-0.034687502	-0.091562504	0.003234766	0.001203223
0.083437488	-0.034687502	0.013953513	0.006961814
0.0434375	0.083437488	0.001599999	0.001886816
0.125312504	0.0434375	0.006703516	0.015703224
0.1171875	0.125312504	6.60157E-05	0.01373291
-0.175312499	0.1171875	0.085556249	0.030734472
-0.077187491	-0.175312499	0.009628517	0.005957909
-0.080937498	-0.077187491	1.40626E-05	0.006550879
-0.055937501	-0.080937498	0.000625	0.003129004
0.043437479	-0.055937501	0.009875387	0.001886815
-0.019687503	0.043437479	0.003984763	0.000387598
0.2309375	-0.019687503	0.062812892	0.053332129
0.010937497	0.2309375	0.048400001	0.000119629

-0.034062505	0.010937497	0.002025	0.001160254
-0.277187504	-0.034062505	0.059109765	0.076832912
0.137812501	-0.277187504	0.172225004	0.018992285
0.102812496	0.137812501	0.001225	0.010570409
-0.100937497	0.102812496	0.04151406	0.010188378
0.210312499	-0.100937497	0.09687656	0.044231347
0.150312501	0.210312499	0.0036	0.022593848
-0.172187503	0.150312501	0.104006253	0.029648536
0.08906249	-0.172187503	0.068251559	0.007932127
-0.049062501	0.08906249	0.019078513	0.002407129
0.104687502	-0.049062501	0.023639063	0.010959473
0.031562498	0.104687502	0.005347266	0.000996191
-0.256562503	0.031562498	0.083016016	0.065824318
0.129687499	-0.256562503	0.149189064	0.016818847
0.06281252	0.129687499	0.004472263	0.003945413
-0.117187502	0.06281252	0.032400008	0.013732911
-0.040312505	-0.117187502	0.005909765	0.001625098
0.079062499	-0.040312505	0.014250392	0.006250879
-0.156562499	0.079062499	0.05551914	0.024511816
	-0.156562499	1.481594932	0.693456255

<b>DW</b>	<b>2.136536977</b>
-----------	--------------------

dl	1.218	2.782
du	1.68	2.32

<b>Residuos Riesgo Incumplimiento Meta NS</b>			
$e_t$	$e_{t-1}$	$(e_t - e_{t-1})^2$	$e_t^2$
0.01937501			0.000375391
-0.045625002	0.01937501	0.004225002	0.002081641
0.071875007	-0.045625002	0.013806252	0.005166017
-0.003125011	0.071875007	0.005625003	9.76569E-06
0.004374996	-0.003125011	5.62501E-05	1.91406E-05
-0.023124969	0.004374996	0.000756248	0.000534764
-0.024374992	-0.023124969	1.56256E-06	0.00059414
-0.034374989	-0.024374992	9.99999E-05	0.00118164
0.008124987	-0.034374989	0.001806248	6.60154E-05
-0.011875015	0.008124987	0.0004	0.000141016
-0.033124986	-0.011875015	0.000451561	0.001097265

-0.001875021	-0.033124986	0.00097656	3.5157E-06
0.054374975	-0.001875021	0.003164062	0.002956638
0.03562497	0.054374975	0.000351563	0.001269138
0.040624994	0.03562497	2.50002E-05	0.00165039
-0.009375002	0.040624994	0.0025	8.78907E-05
0.050624988	-0.009375002	0.003599999	0.002562889
0.058125031	0.050624988	5.62506E-05	0.003378519
-0.025624998	0.058125031	0.007014067	0.000656641
-0.024374994	-0.025624998	1.56251E-06	0.00059414
-0.091875016	-0.024374994	0.004556253	0.008441019
-0.061875001	-0.091875016	0.000900001	0.003828516
-0.040624981	-0.061875001	0.000451563	0.001650389
-0.003124998	-0.040624981	0.001406249	9.76561E-06
0.024375009	-0.003124998	0.00075625	0.000594141
0.064375018	0.024375009	0.001600001	0.004144143
0.038124977	0.064375018	0.000689065	0.001453514
-0.061875018	0.038124977	0.009999999	0.003828518
0.061875013	-0.061875018	0.01531407	0.003828517
-0.003125009	0.061875013	0.004225003	9.76568E-06
-0.030625007	-0.003125009	0.00075625	0.000937891
0.029375004	-0.030625007	0.003600001	0.000862891
0.00062503	0.029375004	0.000826561	3.90663E-07
-0.030624987	0.00062503	0.000976564	0.00093789
0.055625002	-0.030624987	0.007439061	0.003094141
-0.088125018	0.055625002	0.020664068	0.007766019
-0.001874977	-0.088125018	0.00743907	3.51554E-06
0.068125026	-0.001874977	0.0049	0.004641019
0.025624976	0.068125026	0.001806254	0.000656639
0.000624993	0.025624976	0.000624999	3.90616E-07
0.006874985	0.000624993	3.90624E-05	4.72654E-05
-0.115624998	0.006874985	0.015006246	0.01336914
0.020625024	-0.115624998	0.018564068	0.000425392
-0.058125003	0.020625024	0.006201567	0.003378516
0.081874981	-0.058125003	0.019599996	0.006703513
-0.029375004	0.081874981	0.012376559	0.000862891
0.108125021	-0.029375004	0.018906257	0.01169102
0.028124991	0.108125021	0.006400005	0.000791015
0.034374983	0.028124991	3.90624E-05	0.001181639
0.006874998	0.034374983	0.000756249	4.72656E-05
-0.048125009	0.006874998	0.003025001	0.002316016

-0.081874966	-0.048125009	0.00113906	0.00670351
-0.014374998	-0.081874966	0.004556246	0.000206641
-0.020625013	-0.014374998	3.90627E-05	0.000425391
0.028124983	-0.020625013	0.002376562	0.000791015
-0.078125024	0.028124983	0.011289064	0.006103519
0.071874987	-0.078125024	0.022500003	0.005166014
0.118125007	0.071874987	0.002139064	0.013953517
-0.071874972	0.118125007	0.036099992	0.005166012
0.065624996	-0.071874972	0.018906241	0.00430664
-0.02062499	0.065624996	0.00743906	0.00042539
-0.009375003	-0.02062499	0.000126562	8.78907E-05
-0.053125006	-0.009375003	0.001914063	0.002822266
-0.030624984	-0.053125006	0.000506251	0.00093789
	-0.030624984	0.343793775	0.159025001

<b>DW</b>	<b>2.161885075</b>
-----------	--------------------

dl	1.218	2.782
du	1.68	2.32