

**DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LA UTILIDAD OPERATIVA EN LAS  
PYME DEL SECTOR DE MENSAJERÍA EXPRESA CUANDO INTEGRAN SUS  
NODOS DE DISTRIBUCIÓN BAJO UN ESQUEMA DE COLABORACIÓN**

Ing. José Vicente Camacho Vergara



Universidad de  
**La Sabana**

UNIVERSIDAD DE LA SABANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, MAESTRÍA EN DISEÑO Y GESTIÓN DE  
PROCESOS  
CHÍA CUNDINAMARCA  
JUNIO 2017

**DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LA UTILIDAD OPERATIVA EN LAS  
PYME DEL SECTOR DE MENSAJERÍA EXPRESA CUANDO INTEGRAN SUS  
NODOS DE DISTRIBUCIÓN BAJO UN ESQUEMA DE COLABORACIÓN**

Ing. José Vicente Camacho Vergara

Director: MSc. Andrés Polo Roa



Universidad de  
**La Sabana**

UNIVERSIDAD DE LA SABANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA, MAESTRÍA EN DISEÑO Y GESTIÓN DE  
PROCESOS  
CHÍA CUNDINAMARCA  
ABRIL 2017

**DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LA UTILIDAD OPERATIVA EN LAS  
PYME DEL SECTOR DE MENSAJERÍA EXPRESA CUANDO INTEGRAN SUS  
NODOS DE DISTRIBUCIÓN BAJO UN ESQUEMA DE COLABORACIÓN**

---

**Jurado 1**

---

**Jurado 2**

---

**Jurado 3**

---

**DIRECTOR**

## CONTENIDO

1.....	GENERALIDADES	1
<hr/>		
<b>1.1 INTRODUCCIÓN</b> .....		1
<b>1.2 RESUMEN</b> .....		2
<b>1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....		3
1.3.1. Informalidad .....		3
1.3.2. Economías de escala.....		4
1.3.3 Altos Costos.....		5
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN</b> .....		6
1.4.1 Justificación económica.....		7
1.4.2 Justificación Social.....		8
1.4.3 Contribución respecto al conocimiento .....		9
<b>1.5 MARCO DE REFERENCIA</b> .....		9
1.5.1 Antecedentes.....		10
1.5.2. Marco de conceptual.....		13
Mensajería expresa .....		14
Red de Distribución .....		15
<b>1.6 VARIABLES</b> .....		16
<b>1.7 OBJETIVOS</b> .....		17
1.7.1. Objetivo General.....		17
1.7.2 Objetivos Específicos.....		17
<b>1.8 HIPÓTESIS</b> .....		18
<b>1.9 SUPUESTOS</b> .....		18
<b>1.10 METODOLOGÍA</b> .....		18
<b>1.11 DELIMITACIÓN</b> .....		21
2.....	INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PARA IDENTIFICAR MODELOS LOGÍSTICOS DE TIPO ESTRATÉGICO PARA SECTOR DE MENSAJERÍA.....	22
3.....	COLABORACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTROS	24
<hr/>		
3.1 DISEÑO DE LA REVISIÓN.....		26
<b>3.2 DEFINICIÓN DE COLABORACIÓN EN CADENAS DE SUMINISTRO</b> .....		27
4. EVALUACIÓN DE SERVICIOS EXTERNOS EN LOGÍSTICA.....		38

<b>4.1. METODOLOGÍA</b> .....	<b>39</b>
4.2 TERCERIZACIÓN LOGÍSTICA: UNA VISIÓN GENERAL.....	41
4.3 FOURTH-PARTY LOGISTICS.....	48
<b>5. JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA – AHP PARA ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MENSAJERÍA EXPRESA A MODELAR.</b> .....	<b>54</b>
5.1. MÉTODO DE JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA – AHP PARA MODELADO DE SISTEMA DE MENSAJERÍA EXPRESA .....	55
5.2 IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN .....	57
5.3 CALCULO DE LA IMPORTANCIA RELATIVA DE CADA FACTOR EN CADA CRITERIO.....	60
<b>6. CARACTERIZACIÓN SERVICIOS POSTALES DE MENSAJERÍA.....</b>	<b>64</b>
6.1. OPERADORES DE SERVICIOS POSTALES .....	67
6.2 RED DE SERVICIOS POSTALES.....	73
6.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	75
6.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	83
<b>7. MODELO DE SISTEMA DE MENSAJERÍA EXPRESA .....</b>	<b>99</b>
<b>7.1 GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA MENSAJERÍA EXPRESA</b> .....	<b>99</b>
<b>7.2 REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>100</b>
7.2.1 Colaboración y distribución.....	100
7.2.2 Mejor capacidad de entrega. ....	101
7.2.3 Desarrollo de medidas de desempeño para la colaboración cadena de suministro .....	102
<b>7.3 METODOLOGÍA</b> .....	<b>103</b>
7.3.1 Validación del modelo.....	110
<b>7.4 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	<b>112</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>125</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>128</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>17771</b>

## LISTADO DE FIGURAS

---

	Pág.
Figura 1. Problema jerárquico	55
Figura 2. Problema de jerarquía a evaluar	56
Figura 3 Flujo logístico de servicio postal	65
Figura 4. Flujograma de operaciones de documentos	71
Figura 5. Flujograma de operaciones de documentos 2	72
Figura 6. Red de servicios postales	74
Figura 7. Pruebas de independencia documentos a enviar generados en Bogotá	85
Figura 8. Pruebas de independencia documentos a enviar generados en Medellín	86
Figura 9. Pruebas de independencia documentos a enviar generados en Cali	86
Figura 10. Pruebas de independencia documentos a enviar generados en Barranquilla	87
Figura 11. Prueba de independencia entre envíos de las ciudades de Bogotá y Medellín	89
Figura 12. Prueba de independencia entre envíos de las ciudades de Barranquilla y Cali	89
Figura 13. Envíos entre la ciudad de Bogotá, prueba de primer orden	90
Figura 14. Envíos entre la ciudad de Bogotá, prueba de segundo orden	91
Figura 15. Bondad de ajuste para envíos de la ciudad de Bogotá a Medellín	94
Figura 16. Bondad de ajuste para envíos de la ciudad de Bogotá a Cali	95
Figura 17. Gráfica P-P Plot para envíos de la ciudad de Medellín a Cali	96
Figura 18. Gráfica Q-Q Plot para envíos de la ciudad de Cali a Barranquilla	96
Figura 19. Esquema de sistema colaborativo a analizar	106
Figura 20. Costo promedio de distribución por unidad para escenario G	112
Figura 21. Compensación emisiones CO <sub>2</sub> por unidad para escenario A	112
Figura 22. Utilidades operativas por unidad para escenario A	113
Figura 23. Representación geométrica costo distribución	115
Figura 24. Representación geométrica Compensaciones emisiones CO <sub>2</sub>	116
Figura 25. Representación geométrica Utilidades operativas	116
Figura 26. Representación geométrica grado de colaboración	117
Figura 27. Efecto de interacción para costo de distribución por unidad	118
Figura 28. Efecto de interacción para emisiones deCO <sub>2</sub>	119
Figura 29. Efecto de interacción para utilidades operativas	120
Figura 30. Superficie de respuesta del modelo ajustado para utilidad operativa	121

Figura 31. Efecto de interacción para Grado de integración del sistema	122
Figura 32. Superficie de respuesta del modelo ajustado para grado de integración	123

## LISTADO DE TABLAS

---

	Pág.
Tabla 1. Revistas para el desarrollo de la revisión	26
Tabla 2. Definiciones de colaboración	27
Tabla 3. Constructo de colaboración de la cadena de suministro	29
Tabla 4. Factores cuantificables de la cadena de suministro colaborativa	32
Tabla 5. Factores cualitativos de la cadena de suministro colaborativa	34
Tabla 6. Revistas para el desarrollo de la revisión	40
Tabla 7. Actividades asociadas con la logística tercerizada en servicios de mensajería	42
Tabla 8. Criterios para evaluación de servicios 3PL para mensajería expresa	47
Tabla 9. Criterios para evaluación de rendimiento en servicios 4PL para mensajería Expresa	50
Tabla 10. Escala sugerida por Saaty	56
Tabla 11. Matriz pareada de criterios	58
Tabla 12. Matriz normalizada de criterios	58
Tabla 13. Cálculo de importancia relativa de cada criterio	58
Tabla 14. Vectores de peso para cada elemento de los factores	59
Tabla 15. Resultados de factores	60
Tabla 16. Vectores de peso para cada elemento de los factores	62
Tabla 17. Envío de documentos desde la ciudad de Bogotá, años 2013-2015	75
Tabla 18. Envío de documentos desde la ciudad de Medellín, años 2013-2015	76
Tabla 19. Envío de documentos desde la ciudad de Cali, años 2013-2015	77
Tabla 20. Envío de documentos desde la ciudad de Barranquilla, años 2013-2015	78
Tabla 21. Envío de documentos desde Eje Cafetero, años 2013-2015	79
Tabla 22. Tarifas envíos de documentos	81
Tabla 23. Costos clientes contado y clientes crédito	83
Tabla 24. Envíos de documentos de las cuatro principales ciudades	84
Tabla 25. Valores Esperados en envíos de las cuatro principales ciudades	84
Tabla 26. Valores $\chi^2$ en envíos de documentos de las cuatro principales ciudades	85
Tabla 27. Distribución promedio de envíos de documentos	87
Tabla 28. Distribución promedio de envíos por cada mes del año	88
Tabla 29. Correlación Envíos entre ciudades	90

Tabla 30. Correlación Envíos (prueba primer orden)	91
Tabla 31. Tabla de contingencia para envíos generados en la ciudad de Bogotá	92
Tabla 33. Prueba Z para medias de muestras de envíos desde la ciudad de Cali	93
Tabla 34. Prueba F para varianzas de dos muestras de envíos desde la ciudad de Cali	93
Tabla 35. Resumen de pruebas de bondad de ajuste	95
Tabla 36. Resultados de las pruebas de Bondad de ajuste para la modelación	97
Tabla 37. Valores para validación de modelo de simulación	110
Tabla 38. Resumen de las variables resultado en el modelo	111
Tabla 39. Escenarios planteados	111
Tabla 40. Resultado de réplicas para el escenario del modelo con dos nodos	113
Tabla 41. Valores para DOE costo de distribución	114
Tabla 42. Valores para DOE compensación emisiones	114
Tabla 43. Valores para DOE Utilidad operativa	114
Tabla 44. Efectos estimados de cada uno de los experimentos	115
Tabla 45. Valores para DOE para grado de colaboración	116
Tabla 46. Efectos estimados para grado de colaboración	117
Tabla 47. ANOVA para experimento costo distribución	117
Tabla 48. ANOVA para experimento Compensaciones emisiones CO <sub>2</sub>	118
Tabla 49. ANOVA para experimento Utilidades operativas	118
Tabla 50. ANOVA para experimento Grado de integración del sistema	122

## **1. GENERALIDADES**

---

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

---

El sector de la Mensajería expresa es regulado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, este sector ha venido desarrollándose desde su comienzo en Colombia de manera dinámica debido a las características demográficas de las regiones del país, la economía, la planeación en el desarrollo urbano y las políticas del gobierno nacional.

La primera oficina de correos en Colombia se crea en 1834, ubicada en Santafé de Bogotá bajo la administración del General Santander, en 1838 se realizan convenios entre los gobiernos de Ecuador, Venezuela y Nueva Granada creando el convenio Postal de América, que gestó la que más tarde sería la Unión Postal de las Américas y España (UPAE), después de más de cuatro décadas se logra la inclusión de Colombia en la Unión Postal Universal (UPU) en 1881; con la firma del presidente Carlos Restrepo de la ley 124 en el año 1906 se promueve la modernización, la autonomía efectiva, los fondos especiales de caja, el servicio de giros y la nacionalización del correo en Colombia entre otros.

En 1923 se crea el Ministerio de Correos y Telégrafos por parte del General Pedro Nel Ospina; el gobierno colombiano, teniendo en cuenta el establecimiento de las primeras rutas aéreas internacionales, crea la administración del correo Aéreo delegándola a la empresa SCADTA, actual AVIANCA; en 1953 se crea el Ministerio de Comunicaciones y solo hasta 1963 se crea La Administración Postal Nacional ADPOSTAL con autonomía jurídica, administrativa y patrimonial; la cual es fusionada con TELECOM más tarde pero el decreto se derogaría tiempo después de su firma para seguir como ente autónomo; solamente hasta 1995 el Ministerio de Comunicaciones, bajo la dirección del doctor William Jaramillo Gómez reglamenta el servicio de correos; en el 2005 ADPOSTAL ingresa en un proceso de liquidación y se crea la empresa 4-72 que continúa operando en el presente (Postal, 2005).

Durante la última década por medio de estudios se ha evidenciado que una parte importante de las empresas de mensajería desarrollan sus actividades en la informalidad. En este escenario, las empresas no tienen acceso a los mercados financieros ni a los mercados nacionales, los cuales son pilares fundamentales del crecimiento empresarial. Por esa razón, por lo general tienen menores niveles de productividad y mantienen una escala de operación inferior a la óptima, generando un menor número de empleos de baja calidad (Santa María & Rozo, 2009).

Actualmente en el mercado existen cientos de pymes dedicadas a la actividad de la mensajería expresa las cuales en la mayoría de los casos tienen un gran limitante en cuanto a su red de cobertura. La mayoría de los pequeños empresarios del sector de mensajería expresa desearían poder determinar cuál es el impacto en la utilidad cuando se integran bajo un esquema de colaboración, por lo cual este proyecto pretende demostrar que mediante un esquema estratégico de colaboración las pyme del sector pueden ser más competitivas e incrementar su utilidad operativa.

## **1.2 RESUMEN**

---

El presente proyecto pretende demostrar el impacto en las pyme dedicadas a la prestación del servicio de mensajería expresa, cuando por medio de un esquema de colaboración entre ellas se crea una red de distribución; esto mediante la estandarización del servicio en términos de calidad, la implementación de herramientas informáticas que permitan un control efectivo de la operación y administración del negocio y la unificación demarca con el fin de brindar mayor recordación y confianza a los clientes; cuando se habla de la decisión de compra de los clientes se consideran como variables de alto impacto el precio, los tiempos de entrega, el nivel de novedades como pérdidas o daños de los envíos y la red de cobertura nacional. El ofrecer dichas variables bajo los estándares que demandan las empresas generadoras de correo repercute directamente en la utilidad operativa de las mismas.

El análisis del impacto en la utilidad operativa se medirá a través de un modelo de tipo estratégico basado simulación, el cual contemplará los nodos de distribución más significativos de nuestro país los cuales en conjunto suman el 60% de toda la operación nacional, este modelo permitirá analizar los cambios obtenidos por los nodos bajo diferentes escenarios basados en el cambio en la estrategia de distribución y venta.

### **1.3 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

---

El servicio postal ha sido tradicionalmente parte de la vida cotidiana, constituyendo para un gran número de personas un medio de comunicación fácilmente accesible. En la medida en que los avances de la tecnología facilitan la forma de comunicarse entre las personas, los servicios postales deberán seguir dichos cambios adaptándose al uso y aprovechamiento de las TIC (Tecnologías de la Información y la comunicación), satisfaciendo las nuevas exigencias de los clientes a través de la oferta y mejoramiento de los servicios (CRC, 2010). Este mejoramiento ha obligado a las empresas a replantear su operación tarea que no ha sido fácil debido a los siguientes factores que están inmersos en el sector.

#### **1.3.1. Informalidad**

El 50% del total de los envíos movilizados en el país es realizado por cientos de operadores que trabajan en la informalidad, sin la habilitación del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; aunque su participación es considerablemente alta en el envío de piezas postales, el porcentaje de participación de la informalidad en el total de los ingresos se estima alrededor del 17.6% (CRC, 2010). Estas cifras indicarían que las tarifas cobradas por los operadores informales son relativamente bajas, lo que ejerce una presión competitiva sobre el mercado postal y los operadores formales, especialmente para las pymes.

La informalidad en el sector implica el incumplimiento de las obligaciones legales de una empresa como son el pago de impuestos, la falta de registro mercantil y la no afiliación de los trabajadores a la seguridad social. Adicionalmente análisis estadísticos muestran que el ingreso promedio de los trabajadores del sector informal es inferior al de los trabajadores que pertenecen al sector formal, lo cual refleja una productividad marginal del trabajo inferior en el sector informal (Santa María & Rozo, 2009).

### 1.3.2. Economías de escala

Los servicios postales tienen la particularidad de contar con economías de escala ya que un mayor tamaño de la red conlleva a menores costos unitarios; densidad, pues una mayor cantidad de objetos entregados por punto de entrega reduce los costos unitarios debido al volumen involucrado en el proceso de entrega (Dietl & Trinkner, 2008).

Según estudios internacionales, se encuentra que las economías de escala y la mayor reducción de costos se dan a partir de las 100 piezas postales per cápita anuales. Para el caso de Colombia, se tiene que para el 2005 el número de envíos promedio era de 0.4 piezas postales per cápita anuales (Universal Posta Union, 2009). Según estas cifras, Colombia ostenta unos costos muy elevados para la prestación de los servicios postales en el sector.

Adicionalmente, la existencia de muchos operadores ha llevado a que las pyme no puedan aprovechar las economías de escala presentes en la prestación de los servicios postales conllevándolas a ofertar tarifas por encima de las grandes empresas (CRC, 2010) o en la mayoría de los casos a servir como nodos de distribución para las grandes empresas a bajo costo convirtiéndolas en dependientes económicamente de las mismas. El reto para las pyme de este sector en Colombia es generar estrategias que lleven a un mayor aprovechamiento de las economías de escala (Superintendencia de Industria y Comercio, 2010).

### 1.3.3 Altos Costos

La prestación de los servicios postales específicamente los de mensajería expresa cuentan con unos costos fijos altos, especialmente en la etapa de transporte, clasificación y entrega. Los costos fijos se presentan de forma intensiva en mano de obra, la cual representa uno de los mayores costos en la prestación del servicio, especialmente en la etapa de entrega. Según cálculos de la CRC (2010), para países como Colombia, que cuentan con un bajo volumen de piezas postales per cápita los mayores costos en la cadena de valor de la prestación del servicio corresponden a la etapa de entrega (distribución), y representan el 55% de los costos totales. Por otro lado, los costos en la etapa de recolección representan el 6-7% de los costos totales. La existencia de altos costos fijos hace necesario que se busque tener un alto volumen de envíos, para repartir la carga de los costos fijos en una gran cantidad de envíos y así, disminuir el peso relativo que los costos fijos tienen dentro de los costos totales (CRC, 2010).

Las pymes del sector de mensajería expresa se han dedicado a crear pequeñas redes de distribución en su área de influencia, cuentan con gran conocimiento cartográfico, pero obsoletas herramientas informáticas y poco capital para invertir en infraestructura (Comisión de regulación de Comunicaciones, 2010); en la actualidad se han desarrollado procesos de optimización y automatización, se han implementado tecnologías de rastreo satelital de envíos, sistemas de captura automática de información, software de gestión de información entre otros; dichos desarrollos podrían llegar a ser implementados en las pymes cuando se realizan bajo esquemas de cooperación.

Adicionalmente, la mayoría de empresas del sector tratan de ampliar su red de cobertura con recursos propios o mediante un esquema de tercerización sin la unificación de los sistemas que controlen todo el proceso (Santa María & Rozo, 2009). Dicha alternativa tiene elevados costos en infraestructura y contratación de personal, adicionalmente está fundamentada en los mismos modelos estratégicos

en los que se soporta la estructura operativa de las grandes empresas en donde se monopolizan todos los procesos de la red de distribución.

Pensar en participar del negocio a otro nivel con los diferentes actores de la cadena permite suponer que se deben dejar de lado los modelos tradicionales y enfocarse en la colaboración como primer principio para crecer de forma rentable.

Bajo este contexto el problema de investigación plantea la siguiente pregunta:

**¿Cuál es el impacto en la utilidad operativa de las pyme del sector de mensajería expresa cuando integran sus nodos de distribución bajo un esquema de colaboración?**

Este proyecto aportará a solucionar el problema mediante el diseño de un modelo de simulación que le permitirá a las pymes identificar bajo diferentes escenarios la variación en la utilidad operativa al continuar trabajando bajo el esquema tradicional o integrar su red de distribución con la de diferentes pymes del sector bajo una estrategia de colaboración entre cada una de ellas.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN**

---

Debido a la tendencia de la globalización, las pyme dedicadas al sector logístico específicamente a la distribución de objetos de mensajería expresa, se ven en la necesidad de implementar cambios substanciales en sus modelos de operación reduciendo costos fijos y aumentando su red de cobertura manteniendo los mismos estándares de calidad.

Como alternativa algunas empresas optan por la tercerización de su distribución en nodos donde no cuentan con operación propia, la tercerización no es un tema nuevo en el sector, el problema radica en el especial cuidado que se debe tener escogiendo y analizando las variables que se deben tener en cuenta para el control de una red de distribución con un esquema de cooperación, dado que en

Colombia no se tienen registros de que exista un sistema informático que permita llevar un control integral de este tipo de modelos.

A continuación se presenta la justificación del presente proyecto de investigación abordando aspectos económicos, sociales y de contribución al conocimiento.

#### 1.4.1 Justificación económica

La actividad logística de Mensajería expresa en nuestro país obtiene ventas anuales billonarias las cuales están representadas por empresas como Servientrega, Envía, Centauros, Deprisa y TCC entre otros; estas empresas en conjunto alcanzan el 50% de los envíos movilizados del sector, el restante 50% se encuentra dividido en cientos de operadores que trabajan en la informalidad (CRC, 2010).

#### Costos

El servicio de mensajería expresa cuenta con costos fijos altos, especialmente en la etapa de distribución, representados por el 55% de los costos logísticos totales. Las empresas de correo centran sus esfuerzos en la creación de redes de distribución propias, lo cual para Ianni (2010) al generarse la presencia de múltiples operadores conlleva a pérdidas de dinero por el no aprovechamiento de las economías de escala por duplicación en las redes. Razón por la cual la cooperación entre empresas se convierte en una alternativa estratégica, convirtiéndose en un instrumento esencial para servir a los clientes (Parra & Dyner, 2007) especialmente en el factor de cobertura. En el ámbito empresarial los esquemas de colaboración han podido ser medidos bajo los siguientes aspectos:

- Reducción de inversiones de capital y logro de un acceso más rápido y fiable a mercados cerrados.
- Evitar duplicaciones de esfuerzos aprovechando complementariedades y explotar economías de escala.

La tercerización de la distribución posibilita liberar recursos internos que pueden ser utilizados en otros proyectos y concentrarse en el cumplimiento de los objetivos operativos de sus nodos; el resultado, una red comprometida, rentable y socialmente responsable (Cheong, 2005).

Por lo anterior el desarrollo de este proyecto puede llegar a generar un impacto económico positivo en las pyme del sector ya que al integrar las redes de distribución en los principales nodos se disminuye la duplicidad en las mismas generando un aprovechamiento en de las economías de escala reduciendo costos operativos de distribución.

#### 1.4.2 Justificación Social

Debido a su nivel de ingresos y a la negociación con sus clientes muchas de las pyme del sector se ven obligadas a realizar su esquema de pagos al destajo pasando por alto su obligación de pagar lo legal y justo a sus colaboradores (Santa María & Rozo, 2009); al implementar un modelo de distribución bajo un esquema de colaboración donde las tarifas y los costos de distribución para cada una de las pyme sean regulados bajo un principio de equidad se podrán mejorar los niveles salariales de los colaboradores.

La reducción de costos fijos y el aumento de los ingresos por envío unitario podrá repercutir en la evaluación de la política salarial de las pyme que conforman la red de distribución, mejorando la retención del talento humano trasladando beneficios en términos monetarios a cada una de las familias que hacen parte de la red (Santa María & Rozo, 2009).

Las pyme, al interactuar dentro de diferentes contextos sociales que influyen en el desarrollo de sus negocios, deben establecer propósitos para el bien común. Las relaciones con la comunidad dentro de la cual una organización presta sus servicios, por lo que se hacen imprescindible que cuenten con una política clara

sobre su relación con los diferentes grupos de interés que contribuyan al desarrollo y calidad de vida de éstos.

Los objetivos bajo los cuales se debe enmarcar el modelo de cooperación de este proyecto son (Gattorna, 2002):

- Lograr estructurar una solución bajo un esquema competitivo
- Beneficio mutuo entre las empresas que hacen parte de la red.
- Desarrollo social con equidad para los grupos de interés.

#### 1.4.3 Contribución respecto al conocimiento

Esta investigación genera aporte respecto al conocimiento ya que se centra en una estrategia que no sido estudiada en el sector de mensajería en Colombia específicamente, existen diferentes estudios que determinan el impacto de diferentes factores cuando se realizan modelos estratégicos de colaboración en diferentes sectores y bajo diferentes escenarios. De igual manera se encuentran estudios que determinan el impacto en los costos por medio de simulación en casos donde al diseño de la red se le incluyen conceptos de tiempo de entrega, descuento en precio, centros de consolidación entre otros, sin embargo en la revisión bibliográfica realizada no se evidenciaron estudios que se centraran en el impacto en la utilidad operativa por medio de modelos estratégicos de cooperación en Colombia para el sector de mensajería expresa.

### **1.5 MARCO DE REFERENCIA**

---

Las redes de transporte surgen por la necesidad de conectar y transportar bienes de consumo o información desde un origen hasta un destino. En el pasado la tercerización de los servicios logísticos ha sido abordada de diferentes maneras y han evolucionado conformes las necesidades de la industria para aumentar su rentabilidad y mejorar su servicio. La colaboración como estrategia es un tema que

ha sido ampliamente estudiado, problema que ha sido abordado ampliamente a través de modelos de simulación.

### 1.5.1 Antecedentes

Entre los modelos de simulación, Parra & Dyner (2007) presentan un modelo de cooperación por medio de la dinámica de sistemas especialmente para dar soluciones al aprovechamiento de recursos en momentos de escases. En la literatura se evidencian mecanismos causales de carácter dinámico para la cooperación en el uso de estos recursos comunes, en el cual se integra el castigo como una variable que posibilita una cooperación sostenible entre individuos en la apropiación de recursos comunes. Aplicando estos conceptos al caso de estudio se podría decir que los recursos comunes se asimilarían en este proyecto a la red de distribución y el castigo a las reglas para la implementación del mismo (Parra & Dyner, 2007), en otros modelos de cooperación se integra el concepto de colaboración en dilemas sociales donde el fin común es el concepto más importante, se mide la complejidad del termino cooperación en la dinámica de sistemas por medio de dos aspectos: la dependencia a las condiciones iniciales y los retardos de información sobre el estado del recurso (Parra J. , 2012).

La dependencia a las condiciones iniciales es uno de los elementos de complejidad que dificulta la aplicación de la cooperación; la confianza es un mecanismo de cooperación en donde los miembros del grupo cooperan en razón de esta. Este mecanismo supone que a mayor cooperación el grupo construirá más confianza en la cooperación futura. Supone que si no existe suficiente confianza inicial de cooperación la acción colectiva podría no aparecer o ser sostenible en el tiempo. Si los grupos e individuos no reciben retroalimentación sobre los resultados de la cooperación ellos podrían decidir no continuar con sus acciones cooperativas (Parra J. , 2012).

En cuanto a los modelos de colaboración más destacados se encuentra el realizado por medio de franquicias, (Álvarez, 2007) presenta un estudio donde se

concluye que por este medio se facilita el crecimiento empresarial, desarrolla su modelo por medio de una estructura híbrida construida por establecimientos propios y franquiciados. Este tipo de modelos explican el crecimiento de las cadenas de franquicias y como estas determinan su grado de integración vertical e intentan mantener el mismo a lo largo del tiempo por medio del uso de la dinámica de sistemas.

Las franquicias al igual que las alianzas consideran la colaboración empresarial como una opción estratégica que persigue mejorar la competitividad de las empresas en un entorno cada vez más dinámico y global (Bradach, 1998).

En una franquicia, los franquiciados deben pagar un canon de entrada fijo al inicio de la relación y otras cuotas periódicas en función de las ventas, que comprenden un royalty y un canon de publicidad.

Este tipo de modelos reúne conceptos claves para el objeto de estudio (Álvarez, 2007):

- Territorialidad la cual debe ser definida como el área de influencia de cada uno de los nodos donde pueden desarrollar su operación
- Compromiso con la marca traducida está en estandarización de imagen.
- Estructura de costes (alcanzar economías de escala)

En los últimos años se han desarrollado diferentes estudios para el diseño de redes de distribución para empresas logísticas que manejan modelos 3PL y 4PL, los cuales generalmente están relacionados con solucionar problemas que permitan tener un control operativo de las redes de distribución, la disminución de costos, la maximización en el aprovechamiento de los recursos, la optimización de tiempo de desplazamiento, entre otros. Modelos que bien pueden contener fundamentos a tener en cuenta no abarcan el objeto principal de estudio de este trabajo el cual tiene un enfoque estratégico y no operativo.

La tercerización como modelo cooperativo de los servicios logísticos es una práctica que es aceptada en las compañías desde 1980. Entre 1991 y 1995 en Estados Unidos la proporción de empresas que comenzaron a utilizar proveedores 3PL incremento de 37% a 60% en el sector, mercado que en su época sumaba US 900 billones por año (Gattorna, 2002).

Existen diferentes sistemas logísticos entre los que se encuentran los operadores 3PL por su sigla en inglés “third part logistics”. Este sistema es usado por las empresas generalmente para reducir los costos fijos de mano de obra e infraestructura utilizando la economía de escala de sus proveedores, en 1996 en Estados Unidos una firma automotriz pagaba en promedio 35 US – 40 US por hora a su personal de ensamble, por medio de sus proveedores 3PL los cuales tenían un costo de 10 US – 14 US por hora, la firma pudo lograr una reducción en el costo de mano de obra en un 60 – 70 % (Gattorna, 2002).

Entre los modelos 3PL más destacados se encuentra el de Cheong (2005) el cual analiza el diseño de una red de distribución bajo tres diferentes escenarios teniendo en cuenta diferentes parámetros principales (tiempo de entrega, descuento de precio y centros de consolidación) dicha simulación es aplicada a la industria de las empresas 3PL de Singapore donde se demuestra por medio del modelo un incremento en la utilidad de esta industria cuando la demanda se incrementa por la correcta localización de los nodos.

Las empresas 3PL permiten a sus clientes: i) Una mejor administración por permitir un enfoque más específico en el “core” de su negocio. Mejora el servicio al cliente. ii) Reduce los requerimientos de capital y iii) Reduce los costos en la cadena de abastecimiento

Finalmente los sistemas “fourth part logistics” (4PL) donde el operador logístico y la empresa de distribución desarrollan una alianza estratégica de modo que se comparten riesgos y beneficios de toda la cadena de suministro.

En 1994 en Gran Bretaña la industria farmacéutica estaba compuesta por un gran número de pequeñas empresas, cada cual con un esquema de distribución individual lo cual era muy costoso en su momento, la solución a este problema fue resuelta con un modelo 4PL, donde las organizaciones mediante un esquema de cooperación unieron fuerzas para que fuera una sola alianza la que realizara la coordinación, la administración y la distribución de sus productos aprovechando las economías de escala disminuyendo los costos de distribución en un 40% (Gattorna, 2002).

Las empresas 4PL se caracterizan por i) Es una organización Híbrida, formada por diferentes empresas bajo un esquema de colaboración, ii) Establecido como una sociedad a largo termino, iii) Se caracteriza por el alineamiento de los objetivos entre las empresas que la conforman, iv) El modelo abarca toda la cadena de suministro y v) Continuo flujo de información entre los asociados.

El riesgo más inherente en este tipo de modelos es la cooperación entre empresas del mismo sector los cuales en algunos casos se consideran competencia (Gattorna, 2002).

Como se evidencia, existen algunos estudios que han aplicado herramientas de simulación bajo esquemas de cooperación (franquicias), sin embargo, en la revisión bibliográfica realizada no se encontraron estudios que determinen el impacto en la utilidad operativa del sector de mensajería expresa cuando se integran las pymes en cada uno de sus nodos por medio de una estrategia de colaboración.

### 1.5.2. Marco de conceptual

En los siguientes párrafos se encuentran algunos de los conceptos más utilizados en el documento y que le ayudarán al lector a entender fácilmente el desarrollo del proyecto de investigación.

#### Colaboración

La colaboración entre empresas es un recurso estratégico en el mundo empresarial para responder eficazmente a un entorno competitivo. La colaboración

empresarial permite, por un lado, mantener la flexibilidad de las empresas individuales, que no tienen que integrar todas las etapas del proceso productivo, y por otro lado, aprovechar los recursos y capacidades que poseen sus socios. Desarrollar innovación tecnológica, reducir costos y obtener economías de escala, entrar a nuevos mercados son algunos de los motivos que inducen a establecer acuerdos de cooperación (Acosta & Verbeke, 2008).

Un sistema colaborativo puede organizarse alrededor de clústeres de actividad o redes de colaboración. La noción de red pone el énfasis en las relaciones entre diversos actores que se integran, en los vínculos que potencian la sinergia colectiva, en la capacidad de transformación de cada parte según su relación con las demás (Bakaikoa & Begiristain, 2004).

Se escoge el concepto de colaboración enfocado a la organización alrededor de clústeres como estrategia para resolver el problema de investigación debido a que reúne características vitales para lograr la integración de las empresas: a) trabajo en común para cumplir un objetivo compartido, b) uso de metodologías comunes, c) fundamento en el principio del respeto mutuo. Claves para lograr estructurar una solución de servicio al mercado fundamentada en un esquema de beneficio mutuo y de desarrollo social con equidad.

#### Mensajería expresa

Servicio postal urgente que exige la aplicación y adopción de características especiales para la recepción, recolección, clasificación, transporte y entrega de objetos postales hasta de 5 kilogramos (Congreso de Colombia, 2009).

El servicio de mensajería expresa debe contar al menos con las siguientes características:

- Registro individual. Todo servicio de mensajería expresa debe tener un número de identificación individual que cumpla las veces de admisión o guía.
- Recolección a domicilio. A solicitud del cliente.

- Curso del envío: Todo envío de mensajería expresa debe cursar, con una copia del recibo de admisión adherido al envío.
- Tiempo de entrega. El servicio de mensajería expresa se caracteriza por la rapidez en la entrega.
- Prueba de entrega: Es la constancia de la fecha, hora de entrega e identificación de quien recibe.
- Rastreo. Es la posibilidad de hacer un seguimiento al curso del envío desde la recepción hasta la entrega.

### Red de Transporte

De acuerdo a la definición dada por Estrada (2008) las redes de transporte surgen por la necesidad de conectar y transportar bienes de consumo o información desde un origen hasta un destino.

La configuración de la red de transporte condiciona los costos de distribución así como la planificación y organización temporal de la cadena de suministro.

Un hecho que ha caracterizado el sistema de transporte de mercancías ha sido el nacimiento de empresas dedicadas exclusivamente a los servicios de transporte, más conocidos como operadores logísticos 3PL por su sigla en inglés “third part logistics”. Estas empresas prestan sus servicios de transporte y distribución a diferentes empresas y clientes naturales, por lo que un mismo trayecto o ruta de transporte podrá ser compartido por varios clientes (Estrada Romeu, 2008). El efecto directo de este modo de operación y servicio es la posibilidad de consolidar una mayor cantidad de carga en cada ruta de la red, por lo que es factible utilizar vehículos de gran capacidad y con costes unitarios menores.

En estos casos, es muy frecuente que estas empresas dispongan de instalaciones propias para la consolidación de los envíos. Estas terminales donde la mercancía realiza una parada para cambiar de vehículo y proseguir su transporte hasta el punto final se denominan terminales hub de consolidación.

También existen servicios de transporte y operadores logísticos que se clasifican según otros criterios como tipo de servicio, número de clientes y tiempos de entrega; la mensajería especializada conocida como “second part logistics”, 2PL cubre servicios de transporte de mercancía, de volumen reducido y con plazos temporales de entrega relativamente cortos (Estrada Romeu, 2008), debido al poco volumen de la carga asociada a un cliente, las operaciones de consolidación resultan un factor estratégico para garantizar la competitividad.

En la mensajería especializada se transportan envíos constituidos por diferentes productos, de densidades variables, con unos plazos fijos entre los orígenes y destinos de la red y en general cualquier tipo de producto de consumo con un empaquetado adecuado.

Una variante en el objeto de la mensajería especializada es el transporte urgente de carga de tamaño muy reducido, pequeñas cajas, documentación y correspondencia con unos plazos de entrega muy restrictivos (Congreso de Colombia, 2009).

Finalmente, se encuentran los “fourth part logistics” (4PL) donde el operador logístico y la empresa de distribución desarrollan una alianza estratégica de modo que se comparten riesgos y beneficios de toda la cadena de suministro (Gattorna, 2002).

Este proyecto integra actividades de dos de las diferentes modalidades 3PL y 4PL, del 4PL se toma el concepto de aliado estratégico para compartir riesgos y beneficios entre cada uno de los nodos de distribución, sumado a la operación de consolidación de envíos aprovechando la red de cobertura (3PL).

## **1.6 VARIABLES**

---

### **Controlables**

- Número de nodos

- Porcentaje de la demanda en cantidad de envíos captada bajo el nuevo modelo por cada nodo.
- Tarifas por tipo de trayecto
- Porcentaje de transporte de envíos desde el nodo  $i$  hasta el nodo  $j$ .

### **De respuesta**

Son aquellas que impactan el nuevo modelo de negocio en los componentes de ingresos y egresos, que permitirán evaluar la utilidad operativa antes y después de la simulación.

- Utilidad Operativa: variable en la que se reflejarán los resultados de la simulación.

## **1.7 OBJETIVOS**

---

### 1.7.1. Objetivo General

Determinar el impacto en la utilidad operativa de las pyme del sector de mensajería expresa cuando integran sus nodos de distribución bajo un esquema de colaboración usando simulación Montecarlo.

### 1.7.2 Objetivos Específicos

- Analizar componentes de estrategias logísticas de tercerización 3PL, 4PL y sistemas colaborativos en logística mediante revisión de literatura con la finalidad de incorporar los más relevantes en el modelo de simulación.
- Determinar relevancia de las estrategias logísticas analizadas y su grado de coincidencia con la problemática a tratar por medio de un proceso jerárquico analítico multi-criterio.

- Diseñar y validar un modelo estratégico de distribución para pymes del sector de mensajería expresa cuando integran sus nodos de distribución bajo estrategias logísticas de tercerización 3PL, 4PL y esquema de colaboración por medio de simulación Montecarlo.
- Determinar el impacto en la utilidad operativa, mediante el uso de estadística inferencial, para determinar el impacto de las diferentes estrategias que pueden originarse en el sistema colaborativo.

## **1.8 HIPÓTESIS**

---

El impacto en las pyme del sector de mensajería expresa cuando integran sus nodos de distribución bajo un esquema de colaboración es significativo especialmente en la utilidad operativa.

## **1.9 SUPUESTOS**

---

1. Mediante la implementación de un modelo estratégico de cooperación se gana mercado en cada uno de los nodos de la red de distribución.
2. Existe una disminución de costos debido al aprovechamiento de las economías de escala.
3. Los nodos cuentan con cobertura en su área de influencia.
4. Los nodos cuentan con capacidad suficiente para atender los incrementos en la cantidad de envíos a distribuir.

## **1.10 METODOLOGÍA**

---

El desarrollo de la siguiente investigación se llevó a cabo en tres grandes fases con el fin de cumplir con los objetivos planteados, a continuación se presentan las actividades a desarrolladas y los métodos asociados:

**Fase I:** Determinar los modelos de distribución más adecuados en la literatura y su grado de coincidencia con la problemática a tratar por medio de un proceso jerárquico analítico multi-criterio.

- **Determinación de las principales variables a estudiar:** Entrevistas con gerentes del sector de mensajería expresa, con experiencia de más de 5 años en el mercado. Se entrevistaron gerentes o directivos de diferentes ciudades del país para recopilar información financiera, estadísticas de distribución, costos, tarifas de venta directa si aplica, promedio de entregas día, tiempos de entrega entre otros. Para la realización de las entrevistas se utilizó la metodología de entrevista de investigación (Flick, 2004) la cual es de profundidad cualitativa y busca identificar las percepciones especiales del individuo con respecto al problema, este tipo de entrevista no clasifica ni tabula datos, ayuda a orientar posibles variables a tener en cuenta para lo cual se realiza un cuestionario previo con preguntas relevantes.

- **Revisión de literatura:** Revisar modelos logísticos de tipo estratégico que involucren sistemas de distribución bajo esquemas de cooperación aplicados a la mensajería expresa, modelos o estrategias de colaboración tipo 3PL y 4PL en bases de datos científicas.

- **Identificar estrategias para colaboración:** Una vez revisada la literatura por medio de un proceso jerárquico analítico (Roche & Vejo, 2005) se determinaran aquellos componentes resaltados por expertos que puedan ser aplicados en cualquiera de sus conceptos al problema de investigación. Las etapas a utilizar en la presente investigación son:

- Identificar la meta general del problema
- Identificar las alternativas (modelos)

- Listar los criterios a emplear en la toma de decisión, en esta etapa se tendrán en cuenta las respuestas de los entrevistados respecto a los criterios más relevantes para la integración de la red por medio del modelo de cooperación.
- Asignar una ponderación para cada uno de los criterios
- Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios.
- Calcular el puntaje para cada una de las alternativas.
- Ordenar las alternativas en función del Score. La alternativa con el Score más alto representa la alternativa a recomendar.

Una vez identificadas cada una de las variables y los modelos con mayor relación al problema de estudio se procedió a realizar el diseño del modelo.

**Fase II:** Diseñar y validar el modelo estratégico de distribución para pymes del sector de mensajería expresa cuando integran sus nodos de distribución bajo un esquema de colaboración por medio de simulación montecarlo.

- **Análisis de la estructura:** En esta fase se construyeron las ecuaciones que explican el comportamiento de la utilidad operativa y de cobertura en función de los parámetros establecidos en cada uno de los nodos.
- **Elaboración del modelo de simulación montecarlo.**
- **Validar el modelo:** Una vez construido el modelo se analizaron los resultados y se compararon con los datos suministrados en las entrevistas realizadas en la fase I. Con estos resultados se realizaron las modificaciones a las que tuvo lugar para que el modelo represente el comportamiento actual del sistema.

**Fase III:** Determinar el impacto en la utilidad operativa, por medio de la simulación bajo diferentes escenarios.

- **Simulación:** Se realizaron diferentes escenarios, consolidación y análisis de la información y finalmente la comprobación o negación de la hipótesis.

### 1.11 DELIMITACIÓN

---

#### Delimitación espacial

- El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo considerando los nodos que generan aproximadamente 60% de los envíos movilizados en el país (Bogotá, Cali, Medellín Barranquilla).

#### Delimitación Temática

- El modelo se centra en la medición del impacto en la utilidad operativa
- La investigación a realizar es de tipo estratégico, se enfoca en la conformación de un modelo económico que presente escenarios del negocio con y sin un esquema de colaboración sin contemplar variables de tipo operativo.

## 2. INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE INFORMACIÓN PARA IDENTIFICAR MODELOS LOGÍSTICOS DE TIPO ESTRATÉGICO PARA SECTOR DE MENSAJERÍA

---

El servicio postal es un servicio de interés general y representa un conjunto de servicios que se realizan de forma continua en el territorio de cualquier país, dentro de la calidad prescrita, a precios asequibles y en las mismas condiciones para todos los usuarios, sin ningún tipo de discriminación. El servicio postal está siendo desarrollado en línea con el desarrollo tecnológico y económico y las necesidades de los usuarios, consiste en el desarrollo de las actividades de recepción, clasificación, transporte y entrega de objetos postales a través de redes postales, dentro del país o para envío hacia otros países o recepción desde el exterior. Como lo explica la Superintendencia de Industria y Comercio los servicios postales en Colombia se clasifican en: servicios de correo, los servicios postales de pago y los servicios de mensajería expresa. El Servicio de Correo es el servicio postal prestado por el Operador Postal Oficial o Concesionario de Correo, este servicio se puede clasificar como:

- Envíos de Correspondencia: es el servicio por el cual el Operador Postal Oficial o Concesionario de Correo recibe, clasifica, transporta y entrega objetos postales, el cual se clasifica en prioritarios y no prioritarios de correo de hasta dos (2) kilogramos.
- Envíos prioritarios de correo. Envíos hasta 2 kg de peso transportados por la vía más rápida, sin guía y sin seguimiento.
- Envíos no prioritarios de correo. Envíos en los cuales el remitente ha elegido una tarifa menos elevada, lo que implica un plazo de distribución más largo, sin guía y sin seguimiento.
- Encomienda. servicio obligatorio para el Operador Postal Oficial o Concesionario de correo, que consiste en la recepción, clasificación, transporte y entrega no urgente, de objetos postales, mercancías, paquetes o cualquier artículo

de permitida circulación en el territorio nacional o internacional, con o sin valor declarado, hasta un peso de 30 kg.

- Servicio de Correo Telegráfico: servicio de admisión de telegramas y su transmisión mediante el operador habilitado para prestar el servicio de telegrafía, y posterior entrega a un destinatario de manera física.

En Colombia un operador de servicios postales es la persona jurídica habilitada por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones que ofrece al público en general servicios postales, a través de una red postal. La prestación del servicio postal depende de la red correctamente diseñada y ubicación de los puntos de acceso postal. Los puntos de acceso incluyen los puntos de admisión, incluyendo buzones destinados a la población, ya sea en lugares públicos o en los locales del proveedor del servicio postal, donde los envíos postales pueden ser entregados por los usuarios de los servicios postales.

Para la estructuración del modelo de simulación es necesario conocer cuáles son las estrategias de colaboración en la cadena de suministros y los aportes de la externalización de servicios logísticos tipo third party logistics y fourth party logistics.

### **3. ANÁLISIS DE LA COLABORACIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTROS PARA SERVICIOS DE MENSAJERÍA EXPRESA**

---

Las actividades de colaboración en la cadena de suministros (SCC) ayudan a mejorar el desempeño de los miembros involucrados en un marco estructurado con el objetivo de maximizar los beneficios a través de servicios logísticos mejorados (Ramanathan, 2012). Sin embargo, la mayoría de los artículos de la literatura no han puesto de relieve factores importantes de la buena práctica de SCC en el contexto de las pequeñas y medianas empresas de servicios de mensajería expresa. En este trabajo se desea determinar los beneficios reales de la colaboración con cierto número de socios en una cadena de suministros de servicios de mensajería expresa con un nivel específico de inversiones durante un período determinado.

#### **3.1. COLABORACIÓN EN CADENAS DE SUMINISTRO**

Hoy en día es fundamental que las organizaciones empresariales tengan relaciones de cooperación con los todos los miembros de la cadena de suministro para responder mejor las necesidades de los clientes y demandas del mercado. La colaboración en la cadena de suministro ha sido conocida como una estrategia de cooperación cuando una o más unidades de negocio trabajan juntas para crear beneficios mutuos (Spekman, Kamauff, & Myhr, 1998). La intensa competencia en el mercado y creciente concienciación de los clientes ha obligado a las empresas a buscar mayores niveles de eficiencia y capacidad de respuesta (Simatupang & Sridharan, 2008), llevando a las empresas a colaborar con otros miembros de sus cadenas de suministro, lo que implica la cooperación entre las diversas partes para llegar a un objetivo común. Esta estrategia ha cambiado el paradigma tradicional de la negociación sobre el precio más bajo posible para aumentar los márgenes al nuevo paradigma de soluciones integradas que se centran en un bien común de servir a los clientes finales. Sin embargo, la colaboración en la cadena de suministro no siempre es fácil de conseguir, incluso cuando las restricciones de

comunicación del pasado, con respecto a los intercambios de datos y de información eficaces entre los miembros de la cadena de suministro, han sido más o menos superadas por la revolución de la información y la comunicación y el desarrollo de aplicaciones electrónicas de negocios (Matopoulos, Vlachopoulou, Manthou, & Manos, 2007).

La coordinación entre los agentes de la cadena de suministro es considerada como una estrategia eficaz para mejorar su rendimiento global, se da cuando las empresas cambian información básica y tienen algunas relaciones a largo plazo con varios proveedores o clientes (Soosay & Hyland, 2015). A diferencia de la colaboración, la integración de la cadena de suministro (SCI) puede definirse como el grado en que una empresa se encuentra estratégicamente alineada o coordinada con sus socios, ascendentes y descendentes, en una cadena de suministro (Schoenherr & Swink, 2012)

En esta revisión, se examinará la relación de la coordinación en el rendimiento y productividad de la misma y analizar la evidencia empírica en relación con esta cuestión fundamental para la logística y gestión de la cadena de suministro. Se analizaron 49 publicaciones en cadenas de suministro y gestión de las operaciones sin importar su fecha de publicación. El uso de un marco multidimensional para ordenar, clasificar los trabajos seleccionados y determinar los resultados estructurados se proporcionan con el fin de contribuir a la discusión de la temática a analizar.

Este capítulo tiene por objeto aclarar la arquitectura de colaboración de la cadena que describe sus elementos clave e introducir el concepto de diseño para la colaboración en la cadena de suministro que permite a los miembros de la cadena de suministros de servicios de mensajería expresa definir las reglas básicas aceptables para mejorar el rendimiento general. La revisión preliminar sobre la temática sugiere que los miembros de la cadena deben tener en cuenta las interacciones entre los elementos para determinar las decisiones y acciones eficaces e ineficaces.

### 3.2 DISEÑO DE LA REVISIÓN

El propósito de la revisión de la literatura no es hacer una síntesis clásica de lo que se ha publicado sobre colaboración en la cadena de suministro sino una contribución para determinar cómo diferentes factores pueden incidir o contribuir a la mejora del rendimiento de una cadena de suministros para servicios de mensajería expresa , la información analizada previamente da indicios sobre como la colaboración en la cadena genera mejoras en los procesos entre organizaciones, lo que permite a los miembros de la cadena cumplir efectivamente con productos o servicios a los clientes a un costo menor.

#### 3.2.1. Selección de publicaciones y documentos a analizar.

Para la selección de revistas especializadas en investigación de la cadena de suministro se utilizaron las bases de datos como: Business Source Premier, Emerald Management, EBSCO, ScienceDirect Como resultado se encuentran artículos de las siguientes revistas:

**Tabla 1. Revistas para el desarrollo de la revisión**

Revista	Número de artículos	Años
Annals of Operations Research	1	2010
Applied Mathematical Modelling	1	2013
Benchmarking: An International Journal	1	2011
Business Process Management Journal.	2	2002, 2008
British Food Journal.	1	2016
Computers & Industrial Engineering	1	2015
Computers & Chemical Engineerer.	1	2016
Decision Support Systems	1	2006
Estudios Gerenciales.	1	2014
European Journal of Operational Research.	1	2006
Expert Systems with Applications.	1	2014
Industrial Marketing Management.	1	2010
International Journal of Logistics Management	1	2005, 2006, 2007
International Journal of Operations & Production Management.	4	2006, 2009, 2016
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.	4	2005, 2006, 2016

International Journal of Production Economics.	4	2014, 2016
Journal of Developing Areas	1	2016
Journal of Modelling in Management	1	2013
Journal of Operations Management.	2	2010, 2011
Knowledge-Based Systems.	1	2016
Information Sciences.	1	2016
Longe Range Planning	1	2016
Omega	1	2007
Procedia - Social and Behavioral Sciences.	1	2011
Supply Chain Management: An International Journal.	11	1998, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2014, 2015, 2016
Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review.	1	2015
Utilities Policy.	1	2014
Work Study	1	2003

Sobre la base de esta selección, se realizó una búsqueda sistemática de los artículos utilizando los siguientes criterios: i. la palabra "supply chain collaboration" incluida en el título, las palabras clave y/o resumen, ii. la palabra "supply chain management" incluida en el título, las palabras clave y/o el resumen, iii. La palabra "supply chain performanace" incluida en el título, las palabras clave y/o el resumen.

### **3.3 DEFINICIÓN DE COLABORACIÓN EN CADENAS DE SUMINISTRO**

La colaboración de la cadena (SCC) y la integración de la cadena de suministro (SCI) a veces se han utilizado indistintamente, ya que ambos se refieren a un proceso de estrecha conexión entre los socios de la cadena de suministro. Sin embargo, el término integración significa que el control unificado de los varios procesos sucesivos o similares se realiza con carácter independiente, mientras que en la colaboración dos o más empresas autónomas trabajan en conjunto para planear y ejecutar las operaciones de la cadena de suministro. (Cao & Zhang, 2011). La colaboración de la cadena ha sido definida de diferentes maneras por

diferentes autores. En la Tabla 2 se ofrece un resumen de las diferentes definiciones disponibles.

**Tabla 2. Definiciones de colaboración**

<b>Autor</b>	<b>Definición</b>
(Simatupang, Wright, & Sridharan, 2002)	La colaboración es una estrategia de cooperación de los socios de la cadena de suministro con un objetivo común de servir a los clientes a través de soluciones integradas para reducir costos y aumentar los ingresos.
(Samaddar, Nargundkar, & Daley, 2006)	Es la relación en el que una organización inicia y ejecuta una tarea de creación de conocimiento, y otra comparte los gastos y beneficios de los conocimientos recién creados, incluyendo su propiedad conjunta a través de patentes y licencias.
(Kampstra, Ashayeri, & Gattorna, 2006)	La colaboración es garantizar que las entidades en una cadena interactúen con éxito para proporcionar las salidas coordinadas necesarias.
(Fawcett, Wallin, Allred, Fawcett, & Magnan, 2011)	La capacidad de trabajar a través de fronteras organizativas para construir y gestionar los procesos de valor agregado únicos para satisfacer mejor las necesidades de los clientes.
(Cao & Zhang, 2011)	Es un proceso de asociación en la que dos o más empresas autónomas trabajan en estrecha colaboración para planificar y ejecutar operaciones de la cadena de suministro hacia objetivos comunes y beneficios mutuos.
(Gunasekaran, Subramanian, & Rahman, 2015)	La colaboración en la cadena de suministro es una relación entre socios de la cadena de suministro desarrollado a lo largo de un período de tiempo para lograr menor costo, mayor calidad y mayor innovación de los productos, reducir los riesgos y mejorar el valor de mercado.

El conocimiento del término colaboración en la cadena de suministro ha sido oscurecido por el término de integración de la cadena como lo menciona (Changa, Ellingerb, Kimb, & Franke, 2016). Así, la integración pone más énfasis en el control central, la propiedad o la integración de procesos gobernados por medio de contratos. De acuerdo a la economía de los costos, la colaboración es una forma intermedia de gobierno híbrido (Polo, 2013).

La colaboración de la cadena sugiere que dos o más miembros construyan un compromiso y mantengan la alineación de sus procesos con un objetivo estratégico, utilicen sus competencias básicas para manejar el cambio y hacer

frente a los retos de adaptación (Fawcett, Wallin, Allred, Fawcett, & Magnan, 2011). Este proceso implica que el objetivo estratégico pueda obtener de la reciprocidad de una relación de formular y aplicar estrategias claras y efectivas de los elementos clave de la colaboración. Sin embargo, investigaciones anteriores están fragmentados para enfatizar ciertos elementos clave de la colaboración que influyen en el comportamiento de los miembros de la cadena en la consecución del objetivo estratégico. El elemento más destacado de la colaboración de la cadena utilizada para aprovechar el rendimiento es la gestión de procesos de negocio (Simatupang, Wright, & Sridharan, 2002).

La colaboración de la cadena de suministro se basa en un paradigma de la ventaja colaborativa (Dyer, 2000) en lugar de ventaja competitiva. La colaboración procede beneficios comunes de cooperación bilateral, mientras que la ventaja competitiva estimula la captación de rentas individuales de las conductas que maximizan los beneficios propios de una empresa (Polo, 2013).

Para aclarar lo anterior el intercambio de información se da cuando un sitio aguas abajo transmite la demanda y otra información relativa a los participantes en sentido ascendente en el momento oportuno; la alineación de canales es la coordinación de los precios, el transporte, la planificación de inventario, y la propiedad entre los miembros de la cadena. Estos actores también necesitan reducir la incertidumbre y la variabilidad de sus procesos de la cadena de suministro para reducir los costos y tiempo a través convirtiéndolo en eficiencia operativa.

A partir de estos elementos clave se pueden elaborar constructos que deben ser tenidos en cuenta en una cadena de suministro colaborativa (Polo, 2013).

**Tabla 3. Constructo de colaboración de la cadena de suministro**

<b>Constructo</b>	<b>Definición</b>
Ventajas de la cadena colaborativa	Beneficios estratégicos ganado frente a sus competidores en el mercado a través de la colaboración en la cadena de suministro.

Flexibilidad	Apoyo a los cambios en los productos o servicios disponibles para los clientes por parte de los miembros de la cadena de suministro.
Sinergia de empresas	Lograr aumento de beneficios para todos los miembros de la cadena de suministro combinando recursos complementarios.
Calidad	Ofrecer productos fiables y duraderos que crean mayor valor para los clientes por parte de una empresa vinculando a los socios de la cadena de suministro.
Innovación	Trabajo en conjunto de una empresa con sus socios de la cadena en la introducción de nuevos procesos, productos o servicios.

---

La condición necesaria para la colaboración de la cadena es que los socios sean capaces de expandir la ganancia total, debido a la sinergia (Simatupang & Sridharan, 2008). Según (Cao & Zhang, 2011) la colaboración entre los socios de la cadena de suministro no es más que puras transacciones, pero aprovecha el intercambio de información y la creación de conocimiento del mercado para obtener una ventaja competitiva sostenible.

Con esta información se deduce que no hay estructuras definidas para motivar a los miembros de la cadena para tomar decisiones que promuevan los objetivos de colaboración. Así, los miembros de la cadena tienen que identificar estructuras adecuadas que influyen en el comportamiento productivo para alcanzar los objetivos de colaboración identificados anteriormente en la Tabla 2. En este trabajo, la cadena de suministro debe apuntar a estos elementos clave o constructos para promover el comportamiento más productivo en la colaboración de la cadena de servicios postales.

Analizando el trabajo de (Simatupang, Wright, & Sridharan, 2002) y (Simatupang & Sridharan, 2008) se encuentra que los miembros de la cadena deben definir colectivamente y compartir los cinco elementos de los elementos anteriores, estos autores indican que las cadenas que integran estos elementos no sólo lo hacen sobre la base de su calidad individual, sino también en sus resultados o consecuencias entre sí. Además, los miembros de la cadena están provistos de

información necesaria para realizar los tipos de decisiones informadas que conducen a una mejor planificación y ejecución de operaciones de la cadena de suministro.

Sin embargo, incluso si son bien conocidos todos los beneficios de colaborar, otros estudios en la literatura se han reportado algunas dificultades para poner en práctica estas estrategias (Hjaila, Laínez-Aguirre, & Puigjan, 2016; Tsou, 2013; Liao, & Kuo, 2014; Ramanathan, Gunasekaran, & Subramanian, 2011; Min, y otros, 2005). Entre las principales barreras para la implementación de estructuras de colaboración se encuentran: la falta de tecnología, la confianza, la decisión acerca de con quien colaborar, falta de comprensión de los conceptos, principios o elementos de dicha colaboración, diferentes objetivos entre las empresas, el exceso de información (innecesario) y el conocimiento sobre el uso de la información, sistemas de información inexactos e incluso la resistencia a los cambios (Soosay & Hyland, 2015; Ramesh, Banwet, & Shankar, 2010; Fawcett, Magnan, & Matthew, 2008).

Por lo tanto, el comportamiento y las actividades de colaboración en la gestión de la cadena de suministro ha cobrado una importancia considerable (Koçoğlu, İmamoğlu, İnce, & Keskin, 2011; Changa, Ellingerb, Kimb, & Franke, 2016; Cao & Zhang, 2011). La colaboración en la cadena de suministro también se traduce en la mejora del rendimiento de la cadena de suministro (Ramanathan, Gunasekaran, & Subramanian, 2011; Cao & Zhang, 2011). Según diversos autores para que la colaboración sea eficiente existe una necesidad de tener una estrecha integración con proveedores y clientes (Vereecke & Muylle, 2006; Dyer, 2000). Las empresas están construyendo relaciones de colaboración con sus socios de la cadena de suministro con el fin de lograr mejorar eficiencia, flexibilidad y ventaja competitiva sostenible (Nyaga, Whipple, & Lyn, 2010; Whipple, Lynch, & Nyaga, 2010; Dyer, 2000).

Sobre la base de los documentos analizados, para la presente investigación se hace necesario tener en cuenta determinados factores de una cadena de

suministro que puedan servir para elaborar y evaluar un modelo de cadena colaborativa para la industria de mensajería expresa. En la Tabla 4 se han definido factores cuantificables.

**Tabla 4. Factores cuantificables de la cadena de suministro colaborativa**

Factor	Definición	Autor
Stakeholders	Todos los integrantes de la cadena de suministro se conocen como partes interesadas. El proveedor, el distribuidor, el mayorista los minoristas y los clientes.	(Angerhofer & Angelides, 2006); (Gunasekaran, Subramanian, & Rahman, 2015)
Topología	Configuración de la cadena de suministro.	(Angerhofer & Angelides, 2006); (Ramanathan, 2014); (Çetiner, Sepil, & Süral, 2010)
Nivel de colaboración	La decisión sobre el nivel de colaboración está determinada por el entorno del mercado y estrategia de negocios. Niveles de colaboración son definidos a nivel operativo, de gestión y estratégica.	(Angerhofer & Angelides, 2006); (Ramanathan & Gunasekaran, 2012)
Estrategia de negocios	Grado en el que participantes de la cadena perciben sus propios objetivos satisfechos por el logro de los objetivos de la cadena de suministro. Es el grado de acuerdo entre los socios objetivo cadena de suministro.	(Angerhofer & Angelides, 2006); (Cao & Zhang, 2011); (Sahay, 2003); (Wang, Persson, & Huemer, 2016)
Procesos integrados/procesos innovadores	Grado en que los miembros de la cadena diseñan procesos de la cadena de suministro eficientes para entrega productos a clientes finales en el momento oportuno a un menor costo.	(Angerhofer & Angelides, 2006); (Simatupang & Sridharan, Design for supply chain collaboration, 2008)
Relación de dependencia e interdependencia a largo plazo	La dependencia conjunta se refiere a la necesidad de una empresa para mantener una relación de intercambio para lograr las metas deseadas. La estructura tiene implicaciones importantes para la interacción, esfuerzo conjunto, como la planificación, la fijación de objetivos, la medición del rendimiento y resolución de problemas, esencial para el éxito relaciones de colaboración.	(Nyaga, Whipple, & Lyn, 2010); (Simatupang & Sridharan, 2005);

Intercambio de información	El intercambio de información se refiere al intercambio de crítica, a menudo confidencial, información entre los miembros de la cadena de suministro a través de medios tales como reuniones cara-cara, teléfono, fax, correo electrónico e Internet, en la medida en la que una empresa comparte una variedad de información relevante, precisa, completa y confidencial de manera oportuna con sus socios de la cadena de suministro.	(Angerhofer & Angelides, 2006); (Koçoğlu, İmamoğlu, İnce, & Keskin, 2011); (Ramanathan, Gunasekaran, & Subramanian, Supply chain collaboration performance metrics: a conceptual framework, 2011); (Simatupang & Sridharan, Design for supply chain collaboration, 2008)
Alineación de incentivos	La alineación de incentivos se refiere al proceso de reparto de los costos y beneficios entre los socios de la cadena de suministro	(Dyer, 2000); (Cao & Zhang, 2011); (Hjaila, Láinez-Aguirre, & Puigjan, 2016); (Matopoulos, Vlachopoulou, Manthou, & Manos, 2007); (Samaddar, Nargundkar, & Daley, 2006)
Intercambio de recursos	El intercambio de recursos se refiere al proceso de aprovechar las capacidades y activos y la inversión en capacidades y activos con socios de la cadena de suministro. Éstos incluyen los recursos físicos instalaciones y tecnología.	(Cao & Zhang, 2011); (Nyaga, Whipple, & Lyn, 2010); (Whipple, Lynch, & Nyaga, 2010)
Disponibilidad de información	La disponibilidad de información se refiere al grado en que está disponible para todos los participantes dentro de una cadena de suministro de información relevante por igual, más allá de la información que se comparte entre los socios de forma activa dentro de la cadena de suministro.	(Samaddar, Nargundkar, & Daley, 2006); (Fawcett, Wallin, Allred, Fawcett, & Magnan, 2011); (Kembro & Selviaridis, 2015)
Políticas integradas	Actualización de acuerdo formal, plan completo que resuma objetivo común, requisitos y beneficios esperados.	(Simatupang & Sridharan, 2008); (Ramanathan & Gunasekaran, 2012)
Desempeño de la Colaboración	Se define como el proceso de elaboración y aplicación de métricas de rendimiento o desempeño que guían a los miembros de la cadena para mejorar el rendimiento general.	(Ramanathan, 2014); (Cao & Zhang, 2011)

Para el estudio de métricas que midan el desempeño de cadenas de suministro colaborativas, según (Ramanathan, 2014) estas se pueden clasificar en dos categorías: los modelos de medición del rendimiento y los marcos de toma de decisiones. Algunos modelos desarrollados utilizando ecuaciones matemáticas a casos prácticos como el desarrollado por (Angerhofer & Angelides, 2006) y otros son puramente de naturaleza conceptual (Hjaila, Laínez-Aguirre, & Puigjan, 2016; Cao & Zhang, 2011). En general, estos dos tipos de modelos están interrelacionados entre sí en su modo de funcionamiento con respecto a la causa y efecto. Por ejemplo, la medición del desempeño dará lugar a la toma de decisiones y las decisiones conducirán a mejorar el rendimiento futuro. El principal propósito de medir el rendimiento de la red de cadena de suministro colaborativa es identificar los problemas con el fin de mejorar la eficiencia y también para identificar factores que afectan o impiden una colaboración efectiva (Soosay & Hyland, 2015).

Igualmente la evidencia de la revisión demuestra que hay factores cualitativos que deben estar presentes en cualquier diseño de cadena de suministro colaborativa. La Tabla 5 muestra la relación de estos factores.

**Tabla 5. Factores cualitativos de la cadena de suministro colaborativa**

Factor	Definición	Autor
Compromiso	El compromiso se refiere a la disposición de los socios comerciales para ejercer un esfuerzo en nombre de la relación y sugiere una orientación de futuro en el que las empresas tratan de construir una relación que puede ser sostenido en la cara de los problemas no anticipados.	(Changa, Ellingerb, Kimb, & Franke, 2016); (Koçoğlu, İmamoğlu, İnce, & Keskin, 2011)
Confianza	Una creencia positiva, actitud, o la expectativa de una de las partes acerca de la probabilidad de que la acción o los resultados de otro serán satisfactorios.	(Cao & Zhang, 2011); (Gunasekaran, Subramanian, & Rahman, 2015)

Tecnología	Tecnología de la información utilizada en la cadena de suministro hace referencia a una tecnología para administración en intercambio de información.	(Angerhofer & Angelides, 2006); (Fawcett, Wallin, Allred, Fawcett, & Magnan, 2011); (Ramanathan & Gunasekaran, 2012)
Comunicación o intercambio de información	Los procesos integrados de comunicación en la cadena de suministro hacen referencia la participación que los miembros de la cadena tienen en el diseño de procesos de una cadena eficiente con el fin de entregar productos a clientes en el momento oportuno a un menor costo.	(Scholten & Schilder , 2015); (Koçoğlu, İmamoğlu, İnce, & Keskin, 2011); (Kembro & Selviaridis, 2015)
Cooperación	La cooperación se refiere a situaciones en las que las empresas trabajan juntos para alcanzar objetivos comunes.	(Cao & Zhang, 2011); (Fawcett, Wallin, Allred, Fawcett, & Magnan, 2011)
Protección jurídica del acuerdo de colaboración	Hace referencia a normas legales en el acuerdo de colaboración y el funcionamiento de las instituciones que lo implementan, es otro elemento esencial para gestionar las diferencias en la relación entre las empresas. La protección jurídica consiste en una serie de actividades, identificado por cualquiera de contratos explícitos o implícitos, a través del cual se desarrolla la distribución de derechos y responsabilidades conjuntas y acordado con el proveedor y el fabricante	(Fawcett, Magnan, & Matthew, 2008); (Kampstra, Ashayeri, & Gattorna, 2006)
Disponibilidad de información	La disponibilidad de información hace referencia que para todos los participantes de una cadena de suministro colaborativa esta es relevante por igual, más allá de la información que se comparte entre los socios de forma activa dentro de la cadena de suministro.	(Scholten & Schilder , 2015); (Fawcett, Wallin, Allred, Fawcett, & Magnan, 2011); (Kembro & Selviaridis, 2015)

Tras este análisis de la literatura, se ha encontrado que el intercambio de información juega un papel vital en la colaboración de la cadena, determinando que es el factor más importante. Esto conduce la búsqueda de más análisis en profundidad sobre la función de intercambio de información en la cadena de suministro colaborativa.

Una cadena de suministro es un proceso dinámico e implica el flujo constante de información, materiales y fondos a través de múltiples áreas funcionales dentro y

entre los miembros de la cadena (Kembro & Selviaridis, 2015). Para mejorar la coordinación de la cadena de suministro y la calidad del producto, las empresas a menudo exigen que sus socios de la cadena de suministro, tales como los subcontratistas o proveedores, que implementen procesos comunes que a menudo requieren el intercambio de información (Scholten & Schilder , 2015). El intercambio de información afecta de manera significativa en la reducción de costos de la cadena de suministro, y en lograr una ventaja competitiva (Olorunniwo & Li , 2010).

El mercado actual está conectado electrónicamente y de naturaleza dinámica. Por lo tanto, las empresas están tratando de mejorar su nivel de agilidad con el objetivo de ser flexible y sensible para satisfacer las necesidades cambiantes del mercado (de Leeuw & Fransoo, 2009). En un esfuerzo por lograr esto, muchas empresas han descentralizado sus actividades de valor añadido por la externalización. Todos estos destacan la importancia de la tecnología de la información (TI) en la integración de los proveedores/socios de empresas en la cadena de suministros (Fawcett, Wallin, Allred, Fawcett, & Magnan, 2011). La información se considera como el "pegamento" que mantiene unidas las estructuras empresariales que permiten a las cadenas de suministro sean ágiles para responder a los desafíos de la competencia (Kembro & Selviaridis, 2015).

El presente trabajo contribuye a aclarar el concepto de colaboración de la cadena de suministro al ser un tema muy poco tratado o confundido con el de integración de la cadena de suministro en la literatura. Al realizar el estudio sobre el tema, deja una connotación importante: la definición de colaboración de la cadena de suministro tiene diversidad de definiciones y enfoques que pueden llevar a la confusión en los resultados.

Los resultados de la revisión de la literatura demuestran que la tendencia en investigación sobre colaboración en cadenas de suministro se encuentra centrada en dos o tres elementos clave. Aunque, siempre que los vínculos entre dos elementos, tales como el intercambio de información y mejora de procesos, no hay

ningún anterior intento de identificar e integrar los elementos clave de la colaboración en la cadena de suministro. Esto proporciona una necesidad de definir explícitamente los factores clave de la colaboración que ayudan a los miembros de la cadena de revisar y mejorar sus esfuerzos de colaboración.

El marco multidimensional que se tienen en esta revisión de literatura proporciona una estructura para la identificación de convergencias y divergencias en el tema.

Por último, la actual revisión de literatura ha demostrado existen diferentes métricas para medir la colaboración en la cadena de suministro, estas métricas para la presente investigación se han denominado factores y se han dividido en cualitativos y cuantitativos, estos son considerados importantes para la toma de decisiones en la cadena de servicios de mensajería expresa, por lo cual el presente estudio adquiere mayor validez.

#### **4. EVALUACIÓN DE SERVICIOS EXTERNOS EN LOGÍSTICA PARA LA CADENA DE SUMINISTROS DE SERVICIOS DE MENSAJERÍA EXPRESA**

---

Los servicios de logística realizados por un socio de la cadena o un tercero han atraído la atención de una gran cantidad de empresarios en los últimos años. Como resultado de ello, tener relaciones a largo plazo con proveedores de servicios de logística parece encontrar un lugar indiscutible en la forma de realizar los negocios hoy en día. Los servicios de logística por terceros (3PL), en particular, ha recibido una gran atención de los expertos en logística, lo que ha derivado una gran cantidad de investigación en esta área. Por otra parte, versiones mejoradas de los involucrados en servicios de logística, especialmente cuartas partes (4PL), están creciendo a gran velocidad. Debido a su importancia, este capítulo está dedicado a la exploración de estos tipos de externalización de la logística con la finalidad de encontrar aportes que puedan contribuir como estrategias a involucrar en el modelo de simulación a proponer para el presente estudio.

La logística es básicamente el concepto de cómo tratar con el movimiento y almacenamiento de materiales o productos que se traduce en la satisfacción más alta de consumo (Aghazadeh, 2003). La forma moderna del concepto de logística se remonta a la segunda mitad del siglo XX. Durante los últimos años, este campo ha obtenido una mayor importancia y se ha extendido teórica y prácticamente. La evolución de la logística requiere que los tomadores de decisiones tengan una visión completa y actualizada sobre el concepto. El entorno de toma de decisiones se ha convertido en un ambiente ampliamente complejo debido a factores como las estrategias de gestión y nuevos modelos de negocio, mercados globales y de abastecimiento, tecnología de la información (IT), las nuevas tendencias de la satisfacción del cliente, y nuevas opciones del servicio de transporte que por supuesto involucran también los servicios de mensajería expresa.

La logística externa es uno de los temas que una empresa debe considerar acerca de la eficacia. La decisión de externalizar las actividades de logística trae consigo

el uso de otras empresas para manejar los asuntos tales como transporte y almacenamiento.

#### **4.1. METODOLOGÍA**

---

La revisión de la literatura realizada en este trabajo se basa en 111 artículos publicados en el periodo 2003-2016 en revistas internacionales en logística y/o cadena de suministro, transporte, distribución. Para realizar la revisión de literatura se usaron descriptores como: "3PL", "4PL" "Third-Party logistics selection", "logistics outsourcing", "Fourth-Party logistics selection".

El texto completo de cada artículo fue revisado con el fin de eliminar aquellos que no están relacionados con los criterios de selección de proveedores 3PL o 4PL que puedan posteriormente involucrarse en la formulación de estrategias para la simulación de una red de servicios de mensajería expresa. Como resultado, se identificaron 59 artículos relacionados expresamente con la evaluación de criterios en servicios 3PL y 4PL pues tratan temáticas relacionadas con criterios, métodos, y también factores para el éxito de las relaciones 3PL y 4PL con empresas. El análisis de estos artículos ayuda a entender el fenómeno de la externalización de la logística, el papel de los 3PL y 4PL en una cadena de suministro, sus aportes a los servicios de mensajería expresa.

##### **4.1.1. Selección de publicaciones y documentos a analizar.**

Para la selección de revistas especializadas en investigación de la cadena de suministro se utilizaron las bases de datos como: Emerald Management, EBSCO, Science Direct. La Tabla 5 presenta una lista de las revistas en las que se publicaron los 39 artículos específicos para la caracterización de servicios 3PL y 20 artículos para servicios 4PL para el estudio de servicios de mensajería expresa. Como resultado se encuentran artículos de las siguientes revistas:

**Tabla 6. Revistas para el desarrollo de la revisión**

<b>Revista</b>	<b>Número de artículos</b>	<b>Años</b>
American Journal of Business	1	2004
Benchmarking: An International Journal	3	2009, 2011, 2016
Business Process Management Journal.	1	2016
Computers & Industrial Engineering	1	2008
Computers & Operations Research.	1	2014
Discrete Dynamics in Nature and Society	2	2015
Expert Systems with Applications.	4	2008, 2009, 2012, 2013
Industrial Management & Data Systems	1	2016
International Journal of Logistics Management	5	1995, 2000, 2007, 2015
International Journal of Operations & Production Management.	2	1994, 2016
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management.	14	1996, 1999, 2000, 2005, 2006, 2008
Journal of Business & Industrial Marketing	2	2001, 2005
Journal Cleaner Production	1	2016
International Journal of Production Economics.	6	1996, 2008, 2009, 2013
Journal of Economics & Management	1	2013
Journal of Information Systems and Technology Management	1	2006
Journal of Manufacturing Systems	1	2010
Journal of Modelling in management	1	2012
Knowledge-Based Systems.	1	2013
Long-Rang Planing	1	2016
Omega	1	2014
Supply Chain Forum.	2	2005, 2006
Supply Chain Management: An International Journal.	4	2002, 2007, 2011, 2016
Strategic Outsourcing: An International Journal	1	2015
The Journal of American Academy of Business	1	2006

## **4.2 TERCERIZACIÓN LOGÍSTICA: UNA VISIÓN GENERAL**

3PL surgió en la década de 1990 cuando los proveedores de servicios de logística (LSP) comenzaron a ofrecer servicios consolidados y un número cada vez mayor de clientes suscritos con contratos comerciales más largos que con el LSP.

El negocio de las empresas 3PL se está desarrollando como resultado de la creciente demanda de servicios logísticos avanzados, la globalización, la reducción del tiempo de entrega, la orientación al cliente, y la externalización. Por lo tanto, el papel de los proveedores de logística está cambiando tanto en contenido como en complejidad y promueve el desarrollo de nuevos proveedores de logística que ofrecen diversos servicios a sus clientes (Hertz & Alfredsson, 2003).

El 3PL ha sido ampliamente promovido por el fenómeno de la subcontratación, del cual las empresas dependen cada vez más. La externalización de la logística mediante 3PL crece atribuido principalmente a los beneficios que aporta en términos de reducción de costos, y el mejoramiento del rendimiento a través de alianzas estratégicas (Aguzezoul, 2014).

Términos tales como externalización de la logística, alianzas de logística, logística de terceros, logística de contratos, y la distribución de los contratos se han utilizado para describir la práctica en las empresas de la subcontratación de algunas o todas las actividades logísticas (Selviaridis & Spring, 2007). Desafortunadamente, no hay una definición coherente única para el concepto 3PL que se pueda encontrar en la literatura. En algunos casos, 3PL se utiliza como una etiqueta para la externalización tradicional de transporte o almacenamiento; en otros casos, el término se utiliza para dar cuenta de la externalización de un proceso más amplio de la logística (Seyed-Alagheband, 2011).

### **i. Actividades de los 3PL**

Servicios 3PL pueden ser relativamente un conjunto totalmente integrado de actividades de logística. Un 3PL puede realizar las siguientes actividades:

transporte, almacenaje, consolidación y distribución de mercancías, productos de marcaje, etiquetado y envasado, gestión de inventario, operaciones de gestión del tráfico y de flota, pago por el transporte y auditoría, cross docking, devoluciones de productos, gestión de pedidos, embalaje, inversa la logística, la selección del operador, negociación de tarifas y sistemas de información logística (Vaidyanathan, 2005).

Basado el trabajo desarrollado por (Aguzzoul, 2014) se identifican diferentes actividades ofrecidas por proveedores de servicios 3PL presentes en los servicios de mensajería expresa. La Tabla 7 muestra estos servicios.

**Tabla 7. Actividades asociadas con la logística tercerizada en servicios de mensajería.**

Procesos Logísticos	Actividades
Transporte	Transporte terrestre y aéreo, gestión de servicios de inter-modalidad, transportes de paquetes urgentes, consolidación de envíos.
Distribución	Cumplimiento de pedidos / procesamiento de órdenes, selección, clasificación, expedición, colocación de los paquetes en las instalaciones del cliente.
Almacenamiento	Almacenamiento temporal, recepción, cross-docking, consolidación, clasificación.
Logística inversa	Gestión de devolución de envíos.

De acuerdo con una encuesta realizada por (Aghazadeh, 2003), los usuarios en el 2000 dependieron en gran medida de terceros para gestión de almacén (56%), servicios de transporte (49%), y la consolidación (43%). El uso de los servicios logísticos tradicionales ofrecidos por los 3PL se ha mantenido relativamente estable en los últimos años; Sin embargo, existe un interés creciente para las aplicaciones tradicionales de los 3PL.

ii. Ventajas y desventajas de 3PL

Las firmas interesadas en la externalización de sus actividades logísticas deben estar familiarizadas con los pros y los contras de establecer relaciones con los 3PL. Hay una variedad de beneficios 3PL descritos en la literatura, que se pueden clasificar desde el punto de vista de operaciones, finanzas o relacionados con la estrategia logística (Selviaridis & Spring, 2007).

El 3PL puede efectuar un alto grado de eficiencia aprovechando las economías de escala entre otros. La capacidad puede aprovecharse mejor debido a que los picos y caídas en cantidades de transporte hacia clientes pueden ser contrapesados debido a que los viajes de regreso a menudo están disponibles. Un 3PL puede invertir en know-how específico porque la gestión de la logística es su actividad principal. El 3PL puede mejorar la calidad y la flexibilidad de servicio y por lo tanto mejorar el servicio al cliente (Hertz & Alfredsson, 2003).

Mediante la externalización de las actividades logísticas, las empresas pueden reducir la cantidad de inversiones de capital. Algunas empresas gastan mucho más en los centros de distribución física o redes de información, que también implica riesgos financieros. Proveedores de 3PL pueden propagar esos riesgos mediante la externalización a subcontratistas (Seyed-Alagheband, 2011).

3PL puede ofrecer oportunidades de mejora mediante la normalización y visibilidad del servicio, facilitando la colaboración de una forma más eficaz que un cliente, proveedor o competidor dentro de la cadena de suministro (Kumar & Singh, 2012). Otras ventajas de la colaboración con los 3PL incluyen intervalos de servicio, capacidad de negociación, un aprendizaje más rápido, trabajo en red con otros proveedores, conocimiento de diversos tipos, más rápida implementación de nuevos sistemas, la mejora de la satisfacción del cliente, la reestructuración de las cadenas de suministro, reducción de base de inversión (Hertz & Alfredsson, 2003).

Según (Bask, 2001) además de los beneficios citados a menudo se pueden incluir más amplia gama de servicios logísticos, el acceso a las redes de distribución internacionales y permitir a una empresa centrarse más en su negocio principal.

A pesar de las numerosas ventajas de utilizar 3PL, hay algunas desventajas. Por ejemplo, no es fácil establecer una asociación fiable y rentable entre la empresa y el proveedor de 3PL. Para establecer una asociación fiable, se deben hacer esfuerzos en dos direcciones: la selección de proveedores 3PL y la firma del contrato (Nemoto & Tezuka, 2002). Además se puede percibir cierto grado de preocupación, por parte de quien contrata, por la protección de la información de la compañía, porque tienen que compartir los datos confidenciales (Stefansson, 2006).

### iii. Tipos de 3PL

Las empresas tienen que investigar y elegir los tipos compatibles y adecuados de los 3PL antes de empezar una relación a largo plazo con ellos (Aguazzoul, 2014). Los servicios de proveedores de 3PL cubren las relaciones entre partes que implican, desde unas pocas actividades hasta soluciones logísticas avanzadas que incluyen actividades de valor añadido tales como configuraciones de combinación en tránsito (Kumar & Singh, 2012). A continuación se proporciona una clasificación para los 3PL.

- Proveedores 3PL estándar son la forma más básica de proveedor de 3PL. Realizan las funciones más básicas de logística tales como recogida, almacenamiento y distribución.
- Desarrolladores de servicios ofrecen servicios de valor añadido a sus clientes como el seguimiento y localización, cross-docking, embalaje específico, y proporciona un sistema de seguridad único.
- Entregas a clientes finales son el mayor nivel de proveedor de 3PL, integrándose con los clientes y hacerse cargo de toda función logística. Estos proveedores tendrán pocos clientes, pero van a realizar tareas extensas y detalladas para ellos.

### iv. Criterios de selección de 3PL

Según (Stefansson, 2006) la selección 3PL es un problema complejo en el que múltiples criterios deben ser considerados. Algunos criterios se desarrollan con necesidades específicas de los clientes, mientras que otros son comunes para todas las circunstancias. Según (Hwang, Chen, & Lin, 2016) la selección de proveedores 3PL, se deben identificar criterios que aplican a todas las circunstancias de selección 3PL, independientemente de las características de las empresas o los requisitos especiales.

Estudios en empresas en Estados Unidos (Spencer, Rogers, & Daughert, 1994) muestran que los criterios para la elección de un proveedor 3PL tienen el siguiente orden de importancia: la puntualidad, la calidad del servicio, la buena comunicación, fiabilidad, velocidad de servicio, flexibilidad, atención al cliente, fácil de trabajar, la calidad de gestión, notificación temprana de las interrupciones, el tiempo del ciclo del pedido, la voluntad de personalizar el servicio, la reputación, el precio, la ubicación, la variedad de servicios disponibles, reducción de costos, conocimientos especiales, la disminución de los problemas laborales, competencia técnica, disminución de compromiso activo, el aumento de la competencia y capacidades globales. Igualmente (Menon, McGinnis, & Ackerman, 1998) también muestran que hay 8 criterios importantes, a saber: el envío a tiempo y las entregas, las tasas de error superiores, la estabilidad financiera, gestión creativa, la capacidad de entregar lo prometido, la disponibilidad de la alta dirección, la capacidad de respuesta a los acontecimientos imprevistos, capacidad para cumplir con los requisitos de rendimiento, y el precio.

Estudios más recientes (Rahman, 2011) indica que los factores que motivan a los empresarios para externalizar servicios logísticos 3PL son: la reducción de costos de la logística, utilización de proveedores 3PL para reducir la inversión de capital y mejorar la flexibilidad de las empresas mediante el uso de los proveedores de servicios 3PL.

#### v. Criterios para la evaluación de los proveedores de servicios 3PL

Según (Kumar & Singh, 2012) existen una serie de criterios usados por los investigadores y profesionales para la selección de proveedores de servicios logísticos. Con base en la revisión de literatura realizada los criterios discutidos a tener en cuenta para la presente investigación son: el costo del servicio de logística, la calidad del servicio, la trazabilidad de mercancías para evitar inconvenientes en la entrega, el rendimiento de las empresas 3PL y los servicios ofrecidos.

- Costos de servicios logísticos: Se refiere coste total de la externalización de la logística y consiste en los costos de transporte, costos de almacenaje, transporte de carga, personalizados y los impuestos especiales, los gastos de seguridad, coste de empaquetado, entre otros (Kumar & Singh, 2012). Según (Sahay & Mohan, 2006) algunas empresas experimentan un 15 % de reducción en los costos de logística y procesos logísticos globales utilizando 3PL.
- Calidad de servicio. Incluye precisión en cumplimiento de la orden, la frecuencia de pérdida de daños, rapidez en atender las quejas de los clientes, entre otras. La conciencia de la calidad es cada vez mayor entre los clientes y tiene la misma importancia que el costo pero el costo tiene más importancia que la calidad en la selección de 3PL (Bottani & Rizzi, 2006).
- Trazabilidad. En la cadena de suministro de mensajería expresa los retrasos en las entregas es un fenómeno común debido a algunas circunstancias inevitables. Por lo tanto, tener la ubicación exacta de mercancías se vuelve muy importante. Tener sistemas de información confiables es un aspecto a tener en cuenta para la selección de un proveedor 3PL (Gunasekaran & Ngai, 2003).
- Rendimiento. Según (Cho , Ozment , & Sink , 2008) un 3PL aumentará la capacidad logística de una entidad y mejorará su rendimiento mediante el aprovechamiento de la experiencia de la tercera parte. La selección de un 3PL en función de sus últimos registros de rendimiento es importante pues puede utilizarse para medir y evaluar el desempeño de la logística como parte del rendimiento de la cadena (Alkhatib, Darlington, & Nguyen, 2015).

- Servicio ofrecido. Los proveedores 3PL pueden ofrecer una serie de servicios de valor agregado más allá del ámbito de la logística. De este modo, en cadena de suministro global 3PL pueden ser comparados sobre la base del número y tipo de servicios prestados por ellos (Liu & Wang, 2009).

La incorporación de los estudios que se relacionan con los servicios de 3PL y su selección se resume en la Tabla 8 la cual muestra los criterios a analizar agrupándolos en cinco categorías generales. Esta colección preliminar refleja los temas comunes en la literatura y es potencialmente útil para la evaluación actual con miras a la elección de criterios a incorporar de servicios prestados por proveedores de 3PL para la entrega de documentos en mensajería expresa. El número de referencias que han sido incluidas no representan la importancia relativa de cualquier factor.

**Tabla 8. Criterios para evaluación de servicios 3PL para mensajería expresa.**

Criterios	Autor
Costos de servicios logísticos	(Meade & Sarkis, 2002); (Efendigil, Önüt, & Kongar, 2008); (Sheen & Tai, 2006); (Hsu, Liou, & Chuang, 2013); (Spencer, Rogers, & Daug, 1994); (Choy, y otros, 2008); (Wang, Persson, & Huemer, 2016); (Ho, He, Lee, & Emrouznejad, 2012); (McGinnis, Kochunny, & Acker, 1995) (Bhatnagar, Sohal, & Millen, 1999); (Dapiran, Lieb, Millen, & Soha, 1996); (Moberg & Speh, 2004); (Kumar & Singh, 2012); (Sahay & Mohan, 2006) (Logan, 2000); (Hwang, Chen, & Lin, 2016); (Chan, Chan, Law, & Ip, 2006); (Halldórsson & Skjøtt-Larsen, 2006); (Alireza & Alagheband, 2011); (Skjøtt-Larsen, 2000); (Selviaridis & Spring, 2007); (Jothimani & Sarmah, 2014); (Thakkar, Deshmukh, Gupta, & Shankar, 2005)
Calidad de servicio	(Kumar & Singh, 2012); (Sahay & Mohan, 2006); (Bottani & Rizzi, 2006); (Seth, Deshmukh, & Vrat, 2006); (Korpelaa & Tuominen, 1996); (So, Kim, Cheong, & Cho, 2006); (Logan, 2000); (Knemeyer & Murphy, 2005); (Hwang, Chen, & Lin, 2016); (Chan, Chan, Law, & Ip, 2006); (Halldórsson & Skjøtt-Larsen, 2006); (Alireza & Alagheband, 2011); (Göl & Catay, 2007); (Selviaridis & Spring, 2007) (Lieb & Bentz, 2005)

Trazabilidad	(Gunasekaran & Ngai, 2003); (Knemeyer & Murphy, 2005); (Büyüközkan, Feyzioglu, & Nebol, 2008); (Aguazzoul, 2014);(Büyüközkan, Feyzioglu, & Nebol, 2008);(Thakkar, Deshmukh, Gupta, & Shankar, 2005)
Rendimiento	(Alkhatib, Darlington, & Nguyen, 2015); (Tate, 1996); (Hwang, Chen, & Lin, 2016);(Chan, Chan, Law, & Ip, 2006); (Alireza & Alagheband, 2011)(Alkhatib, Darlington, & Nguyen, 2015); (Lieb & Bentz, 2005); (Jothimani & Sarmah, 2014)
Servicio ofrecido	(Liu & Wang, 2009); (Tate, 1996); (Bottani & Rizzi, 2006); (Choy, y otros, 2008); (Stefansson, 2006) (Halldórsson & Skjøtt-Larsen, 2006); (Alkhatib, Darlington, & Nguyen, 2015); (Bask, 2001); (Shi, Zhang, Arthanari, & Liu, 2016)

---

La Tabla 8 muestra que los criterios más utilizados son el costo de servicio representado en un 58.53% del total de referencias analizadas, la calidad del servicio con un 39.02%, mientras que trazabilidad, rendimiento y servicio ofrecido cuentan respectivamente con 12.19%, 17.07% y 24.39%.

### 4.3 FOURTH-PARTY LOGISTICS

El término *Fourth-Party Logistics* (4PL) y *Lead Logistics Provider* (LLP) es definido como: "un integrador que reúne los recursos, capacidades y tecnología de su propia organización y otras organizaciones para diseñar, construir y ejecutar soluciones integrales de la cadena de suministro" (Ranjan & Tonui, 2004).

4PL es una de las evoluciones significativas en la gestión de la cadena de suministro. La convergencia de la tecnología y la rápida aceleración de *e-capacities* han aumentado la necesidad de un integrador global que cubra las actividades de la cadena de suministro. 4PL es la compra de componentes compartidos de la cadena de suministro con un cliente que abarca el trabajo en equipo y el socio seleccionado bajo la dirección de un integrador de 4PL (Seyed-Alagheband, 2011).

4PL se anuncia como un refinamiento en el concepto de 3PL, así, una empresa que ofrece servicios de terceros o 3PL a las empresas para una parte o algunas veces la totalidad de sus funciones de gestión de la cadena de suministro, un 4PL utiliza un 3PL para proveer servicios a los clientes, propiedad de los sistemas informáticos únicos y capital intelectual (Subramanian, Gunasekaran, Papadopoulos, & Nie, 2016).

Dos diferencias clave hacen que el concepto de 4PL, aparte de otras opciones de externalización 3PL (Seyed-Alagheband, 2011):

1. Un 4PL presenta una solución integral de la cadena de suministro.
2. Un 4PL ofrece valor a través de la capacidad de tener un impacto en toda la cadena de suministro.

(Craig, 2016) sostiene que el papel funcional de un 3PL como proveedor de servicios es limitada. A pesar de que se han trasladado 3PL para proporcionar un servicio añadido, por lo general se centran en proporcionar una función en lugar de un medio para externalizar un proceso. Un proveedor de servicios 3PL quiere manejar contenedores/envíos/carga, no el proceso de gestión del transporte. Para (Mukhopadhyay & Setaputra, 2006) el proveedor de servicios 4PL, a diferencia de 3PL, combina procesos, la tecnología y administración. Según (Win, 2008) el 4PL es un proveedor de externalización de procesos empresariales (BPO). Un 4PL es un proveedor neutral de diversos servicios dentro de la cadena de suministro. Este proveedor no proporciona activos, pero se esfuerza por utilizar todos los recursos proporcionados de manera eficiente y sostenible, mientras Integra todos los actores involucrados (Mehmann & Teuteberg, 2016). Un 4PL gestionará el proceso de logística, independientemente de los servicios subcontratados como transportes, expedidores o almacenes. Como resultado, se han convertido el servicio 4PL en una alternativa lógica para la externalización de procesos de negocio, proporcionando visibilidad y la integración a través de múltiples empresas (Mukhopadhyay & Setaputra, 2006).

Diversos autores indican que el 4PL es la mejor posición para integrar los diversos servicios de logística en el conjunto de la cadena de suministro (Subramanian, Gunasekaran, Papadopoulos, & Nie, 2016; Hingley, Lindgreen, Grant, & Kane, 2011). También cuenta con la experiencia necesaria para dominar los recursos, la tecnología y los procesos (Cezanne & Saglietto, 2015). Un 4PL también debe mantener las relaciones con el proveedor de servicios de logística, recurrir a la pericia estratégica la cadena de suministro e invertir en nuevas tecnologías (Bourlakis & Bourlakis, 2005).

#### 4.3.1 Rendimiento bajo el esquema de intervención 4PL

Aunque el uso de 4PL sigue creciendo, según lo analizado en la literatura, es importante validar y justificar la realización de este tipo de intervenciones en la cadena de suministros, especialmente para la de servicios de mensajería expresa para la presente investigación. Esta validación puede ser cuantitativa y cualitativa. A medida que el uso de 4PL es relativamente nuevo para muchas organizaciones, siempre habrá tanto un interés natural en el entendimiento, y una necesidad de validar el uso de un proveedor 4PL dentro de cada organización. Según (Win, 2008) es evidente que uno de los desafíos clave de la dirección es identificar los aportes de valor atribuible a las intervenciones de los proveedores 4PL frente a la contribución como resultado de otros directores de negocios.

Basados en los artículos analizados se ha determinado que el rendimiento de la cadena bajo un esquema de intervención 4PL debe tener al menos los siguientes indicadores de gestión: costos de operación, entregas efectivas, modelo de operación, sostenibilidad de operaciones, costos de inventario/cross-docking. La Tabla 9 muestra los resultados determinando el número de publicaciones que sugieren el uso de los anteriores indicadores de rendimiento.

**Tabla 9. Criterios para evaluación de rendimiento en servicios 4PL para mensajería expresa**

Criterios	Autor
Costos de operación	(Büyükoçkan, Feyzioglu, & Nebol, 2008); (Mehmann & Teuteberg, 2016); (Huang, Cui, Yang, & Wang, 2013); (Cezanne & Saglietto, 2015); (Yao, 2010); (Mukhopadhyay & Setaputra, 2006); (Subramanian, Gunasekaran, Papadopoulos, & Nie, 2016); (Bourlakis & Bourlakis, 2005); (Krakovics, Leal, Mendes Jr., & Santos, 2008); (Cui, Huang, Yang, Lee, & Wang, 2013); (Kasperek, 2013); (Li, Liu, Zhang, & Hu, 2015); (Li, Liu, Zhang, & Xu, 2014); (Mehmann & Teuteberg, 2016); (Win, 2008); (Hingley, Lindgreen, Grant, & Kane, 2011)
Entregas efectivas	(Mukhopadhyay & Setaputra, 2006);(Krakovics, Leal, Mendes Jr., & Santos, 2008); (Win, 2008); (Hingley, Lindgreen, Grant, & Kane, 2011); (Mehmann & Teuteberg, 2016); (Büyükoçkan, Feyzioglu, & Nebol, 2008); (Kasperek, 2013); (Bourlakis & Bourlakis, 2005); (Mehmann & Teuteberg, 2016)
Modelo de operación	(Cezanne & Saglietto, 2015);(Mukhopadhyay & Setaputra, 2006);(Subramanian, Gunasekaran, Papadopoulos, & Nie, 2016);(Yao, 2010); (Huang, Cui, Yang, & Wang, 2013); (Kasperek, 2013); (Li, Liu, Zhang, & Hu, 2015); (Liu, Zhang, Zhu, Rao, & Y., 2014); (Win, 2008)
Sostenibilidad de operaciones (transporte)	(Büyükoçkan, Feyzioglu, & Nebol, 2008); (Cezanne & Saglietto, 2015); (Mehmann & Teuteberg, 2016);(Li, Liu, Zhang, & Xu, 2014)(Mukhopadhyay & Setaputra, 2006); (Subramanian, Gunasekaran, Papadopoulos, & Nie, 2016); (Cui, Huang, Yang, Lee, & Wang, 2013); (Krakovics, Leal, Mendes Jr., & Santos, 2008); (Win, 2008); (Bourlakis & Bourlakis, 2005); (Kasperek, 2013)
Gestión de inventarios/cross-docking	(Mukhopadhyay & Setaputra, 2006);(Krakovics, Leal, Mendes Jr., & Santos, 2008); (Cui, Huang, Yang, Lee, & Wang, 2013)(Huang, Cui, Yang, & Wang, 2013); (Kasperek, 2013); (Win, 2008);(Hingley, Lindgreen, Grant, & Kane, 2011)

De acuerdo a lo indicado en la Tabla 9, los criterios más utilizados para medir la gestión de sistemas 4PL son el costo de operación representado en un 84.21% del total de referencias analizadas seguido por indicadores de gestión sustentable de operaciones de transporte con un 59.87%, mientras que entregas efectivas, modelo de operación y gestión de inventarios cuentan respectivamente con

47.36%, 47.36% y 36.84% lo anterior indica cómo para los gestores 4PL en los últimos años ha cobrado relevancia tener una gestión de la cadena más amigable con el medio ambiente, cuidando los intereses económicos de todos integrantes.

Este estudio tuvo como objetivo desarrollar un marco para la generación de estrategias de colaboración para 4PL bajo esquema de sistema colaborativos para la cadena de mensajería expresa. Este capítulo usó un esquema de revisión literaria en la temática para determinar criterios de evaluación a fin de lograr una ventaja competitiva sostenible. La revisión bibliográfica se ha llevado a cabo para identificar criterios que constituyen el marco para la evaluación de capacidades operativas de colaboración en cadenas de mensajería expresa bajo esquemas 4PL. Los criterios identificados como indicadores para la gestión son: costos de operación, entregas efectivas, modelo de operación, sostenibilidad de operaciones, costos de inventario/cross-docking.

El uso de 4PL como un agente integrador sobre los servicios 3PL tradicionales, analizados en el anterior capítulo, está comprobado por la revisión realizada. Los resultados obtenidos articulan la viabilidad de integrar estrategia tipo 4PL, 3PL bajo enfoque de sistemas colaborativos. Los costos de operación son percibidos el indicador más relevante, tal vez debido a la alta especificidad que tienen los activos de cualquier organización y el cuidado de dichas inversiones, la complejidad operativa, la participación de terceras partes si se comprueban que los costos de se pueden reducir. Por lo tanto, la presencia de sistemas de la información, presentes en la colaboración, son de suma importancia.

Finalmente, la expansión de los servicios 4PL es una tendencia que va a continuar, cada vez más, toda la gestión de la cadena de suministro puede llegar a ser subcontratada por las empresas pertenecientes a una. El enfoque conceptual de la asociación específica entre 3PL, 4PL y colaboración en la cadena de suministro puede proporcionar directrices para empresas pertenecientes al sector de mensajería expresa que tratan de desarrollar una relación valiosa en toda la cadena. En concreto, llaman la atención los beneficios no contemplados en la

revisión que se deben considerar para aumentar el valor y la competitividad del sector, especialmente para las pequeñas empresas. De igual importancia, este enfoque conceptual puede proporcionar las bases para los estudios empíricos necesarios de la eficacia de 4PL y sistemas colaborativos para otros sectores.

La comprensión de la importancia creciente de la colaboración en cadenas de suministro, estrategias 3PL y 4PL y factores como el de una gestión sustentable de la cadena, contribuyen a la eficacia del aumento de esta estrategia para resolver problemas complejos que pueden ayudar a otras empresas o cadenas de suministro del país a tomar mejores decisiones en los negocios cimentados en los principios y fundamentos de las redes colaborativas.

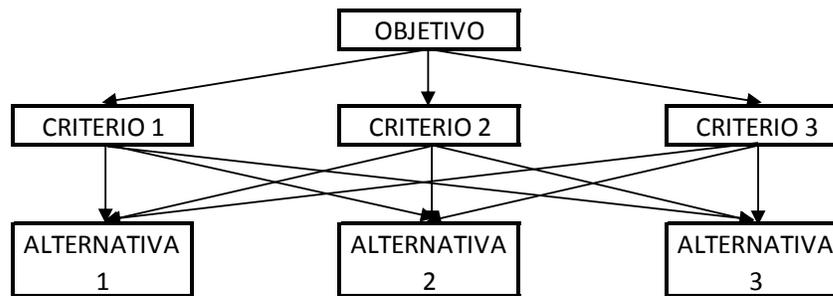
## **5. JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA – AHP PARA ELEMENTOS DEL SISTEMA DE MENSAJERÍA EXPRESA A MODELAR.**

---

Cualquier actividad involucra, de una u otra manera, la evaluación de un conjunto de alternativas en términos de un conjunto de criterios de decisión, donde muy frecuentemente estos criterios están en conflicto unos con otros. Para dar solución a este inconveniente en la toma de decisiones es necesario contar con herramientas que permitan discernir sobre las alternativas, de manera que sea considerado el efecto de los múltiples criterios, y la solución responda a todos ellos de manera global y no parcial. Entre estas herramientas se cuentan los modelos de preferencia, es decir, herramientas que permiten abordar el problema de decisión multicriterio de una forma sistemática y científica, buscando favorecer el proceso y ayudar a quien toma la decisión y dentro de estos modelos, se hará referencia específica al Proceso Analítico Jerárquico.

El Proceso Analítico Jerárquico es uno de los métodos más utilizados de criterios múltiples de toma de decisiones, y se ha utilizado para resolver problemas no estructurados en diversos campos de estudio tales como las ciencias políticas, económicas, sociales y de gestión (Lee et al., 2008). El Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP), propuesto por (Saaty, Introduction to a modeling of social decision processes, 1983), se basa en la idea de que la complejidad inherente a un problema de toma de decisión con criterios múltiples, se puede resolver mediante la jerarquización de los problemas planteados.

La principal característica del AHP es que el problema de decisión se modeliza mediante una jerarquía en cuyo vértice superior está el principal objetivo del problema, meta a alcanzar y, en la base, se encuentran las posibles alternativas a evaluar. Los niveles intermedios representan los criterios (los cuales a su vez se pueden estructurar también en jerarquías) en base a los cuales se toma la decisión. Descompone un problema complejo en jerarquía o niveles como se muestra en la Figura 1 a continuación.



**Figura 1. Problema jerárquico**

AHP utiliza una comparación por pares de la importancia de criterios con respecto al objetivo. Esta conveniente comparación permite encontrar el peso relativo de los criterios con respecto a la objetivo principal. Si los datos cuantitativos disponibles, las comparaciones se pueden realizar fácilmente en base a una escala o relación definida y esto causa la inconsistencia del juicio será igual a cero, lo que conduce a un mejor juicio (Dweiri, Kumar, Khan, & Jain, 2016).

Según (Saaty T. L., 1987), el método AHP es un modelo de decisión que interpreta los datos y la información directamente mediante la realización de juicios y medidas en una escala de razón dentro de una estructura jerárquica establecida. Es un método de selección de alternativas en función de una serie de criterios o variables, las cuales suelen estar en conflicto.

### **5.1. MÉTODO DE JERARQUIZACIÓN ANALÍTICA – AHP PARA MODELADO DE SISTEMA DE MENSAJERÍA EXPRESA**

Basado en el trabajo de (Guzmán, 2015) se tomaron 3 criterios de evaluación basados en indicadores bibliométricos (cualitativos y cuantitativos). Los criterios para la selección de los elementos estratégicos fueron los siguientes:

- a. Cuartil del Journal en su categoría: Corresponde al cuartil de la revista en el que fue publicado el artículo donde se identificó el elemento. Se tomó como una suma ponderada de acuerdo al cuartil con pesos de 5 a 1, donde 5 corresponde a la categoría Q1, 4 a la categoría Q2 y así sucesivamente

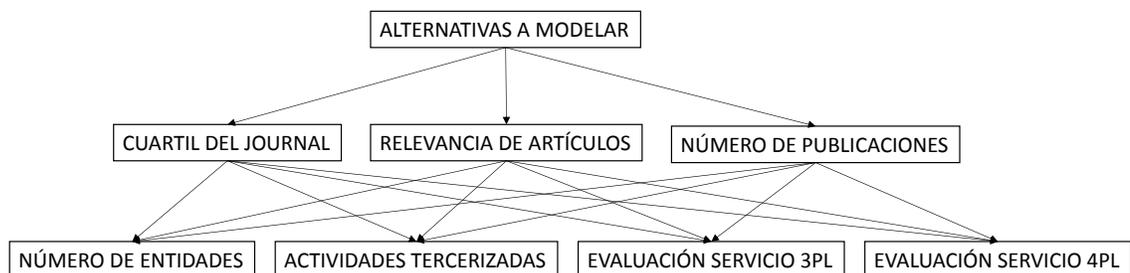
hasta 1 que corresponde a los artículos no clasificados. Si la revista se encuentra clasificada en varias categorías, se tomó la categoría que se encontrara en el mejor cuartil. Este cuartil se obtiene mediante la búsqueda en Journal Citation Reports® y SCImago Journal & Country Rank.

- b. Relevancia de los artículos en los cuales fueron identificados los elementos, representada en el número de citas promedio en las bases de datos ISI Web of Knowledge y Scopus. Se obtuvo un promedio de las dos bases de datos teniendo en cuenta que gran parte de los artículos aún no presentan citas debido a que son publicados recientemente.
- c. Número de publicaciones que mencionan el elemento como un elemento clave de colaboración en la cadena de suministro (indicador cuantitativo).

Partiendo de las características del AHP, se establecieron cuatro alternativas o factores a evaluar, los cuales son:

- Número de entidades: 2, 3, Más entidades.
- Actividades tercerizadas: transporte, distribución, almacenamiento, logística inversa.
- Criterios de evaluación de servicio 3PL: Costos, calidad, trazabilidad, rendimiento, servicio.
- Criterios de evaluación de servicio 4PL: costos, entregas efectivas, modelo de operación, sostenibilidad de operaciones, gestión de inventarios.

De esta forma el modelo de jerarquización para el problema propuesto será:



## Figura 2. Problema de jerarquía a evaluar

Fuente: Autor

Estos factores y cada uno de los elementos fueron identificados en la revisión de literatura anterior. Los criterios de evaluación referentes al cuartil de la publicación y el promedio de citaciones fueron identificados para cada artículo. La escala de calificación de 1 a 9 se realizó tomando la diferencia entre el menor y el mayor valor para cada criterio de evaluación en cada factor.

### 5.2 IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN

La determinación de la importancia relativa de cada criterio se realizó por medio de la metodología AHP (Saaty, 1983). Para realizar la calificación de los criterios y elementos de cada factor se tomó una escala de 1 a 9, según la Tabla 10.

Tabla 10. Escala sugerida por Saaty

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia.	Dos actividades contribuyen por igual al objetivo.
3	Importancia moderada de un elemento sobre otro.	La experiencia y el juicio están a favor de un elemento sobre otro.
5	Importancia fuerte de un elemento sobre otro.	Un elemento es fuertemente favorecido.
7	Importancia muy fuerte de un elemento sobre otro.	Un elemento es muy dominante.
9	Extrema importancia de un elemento sobre otro.	Un elemento es favorecido por al menos un orden de magnitud de diferencia.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	Se usan como compromiso entre dos juicios.

Luego de realizada la matriz de comparaciones pareadas para los tres, el criterio 'Cuartil del Journal categoría', fue establecido como el criterio de mayor importancia para ésta jerarquización, puesto que permite determinar la calidad de la publicación. En segundo lugar, se decidió colocar el número de publicaciones

que mencionen cada elemento. En tercer lugar, fue establecido el criterio que corresponde a la 'relevancia de los artículos' dado que brinda el promedio de citas de los artículos en los cuales fue identificado el elemento, esto debido a que el 38,73% de los artículos analizados no cuenta aún con citas en ninguna de las dos bases de datos debido a que la publicación es reciente.

Luego se establecieron las prioridades mediante comparación entre pares y, así, determinar los pesos relativos de los criterios. Los números de la escala representan la proporción en la que uno de los elementos que se consideran en la comparación pareada domina al otro respecto a una propiedad o criterio que tienen en común. Para determinar los pesos de los criterios, haciendo uso de la escala fundamental de Saaty, se elaboró la matriz pareada, de tal modo que el término  $r_{ij}$  representa la prioridad relativa entre el criterio  $C_i$  y el criterio  $C_j$  respecto a un objetivo planteado. Este término será mayor, igual o inferior a uno dependiendo de cuál de los dos criterios sea más importante para el logro del objetivo según lo planteado anteriormente.

La Tabla 11 muestra la matriz pareada de criterios obtenida para el análisis al problema establecido.

Tabla 11. Matriz pareada de criterios

	CJ	RA	NP
CJ	1	7	3
RA	0.14285714	1	0.2
NP	0.33333333	5	1

Fuente: Autor

Posteriormente, basado en los conceptos de Saaty propone se calcula el vector de pesos, aplicando el siguiente procedimiento:

1. Obtener la matriz normalizada, dividiendo cada elemento de la columna  $j$ -ésima por la suma de todos los elementos de dicha columna:

$$R_{Norm} = \left| r_{ijNorm} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^n r_{ij}} \right| \tag{1}$$

Los resultados de matriz normalizada se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12. Matriz normalizada de criterios**

	<b>CJ</b>	<b>RA</b>	<b>NP</b>
<b>CJ</b>	0.67741935	0.53846154	0.71428571
<b>RA</b>	0.09677419	0.07692308	0.04761905
<b>NP</b>	0.22580645	0.38461538	0.23809524

**Fuente: Autor**

2. Estimar el vector de pesos ( $w$ ) calculando el promedio de cada fila de la matriz normalizada. El vector  $w$  de pesos será igual a:

$$w = \left[ w_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{1jNorm}, w_2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{2jNorm}, \dots, w_n = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{njNorm} \right] \quad (2)$$

La Tabla 13 muestra el resultado obtenido con una razón de consistencia de 0,04836 que indica que la calificación otorgada fue consistente.

**Tabla 13. Cálculo de importancia relativa de cada criterio**

<b>Criterio</b>	<b>Vector de peso W</b>
Cuartil Journal (CJ)	0.643388869
Relevancia de artículos (RA)	0.073772106
Número de publicaciones (NP)	0.282839025

### **5.3 CALCULO DE LA IMPORTANCIA RELATIVA DE CADA FACTOR EN CADA CRITERIO.**

Partiendo de la definición de estrategia elaborada anteriormente, se establecieron cuatro factores a evaluar, los cuales son:

- Número de entidades: 2, 3, Más entidades.
- Actividades tercerizadas: transporte, distribución, almacenamiento, logística inversa.
- Criterios de evaluación de servicio 3PL: Costos, calidad, trazabilidad, rendimiento, servicio.

- Criterios de evaluación de servicio 4PL: costos, entregas efectivas, modelo de operación, sostenibilidad de operaciones, gestión de inventarios.

Los dos criterios de evaluación referentes al cuartil de la publicación y el promedio de citas fueron identificados para cada artículo, sumando los resultados obtenidos en el capítulo anterior con referencia a las publicaciones que mencionan cada una de las temáticas establecidas para cada factor. La escala de calificación de 1 a 9 se realizó tomando la diferencia entre el menor y el mayor valor para cada criterio de evaluación en cada factor. Esta diferencia se dividió entre nueve (9) para obtener los intervalos de la escala y así realizar una calificación menos subjetiva. Se realizaron las matrices pareadas para cada factor en cada criterio, así como la normalización de éstas.

El resumen de resultados (vector de importancia) se muestra en la siguiente Tabla.

**Tabla 14. Vectores de peso para cada elemento de los factores**

VECTORES DE PESO PARA CADA ELEMENTO DE LOS FACTORES				
FACTOR	ELEMENTO	CJ	RA	NP
Número de entidades	2	0.089654307	0.103847382	0.103847382
	3	0.303343999	0.231082375	0.231082375
	más	0.607001694	0.665070243	0.665070243
	<i>Índice de consistencia</i>	<i>0.095489052</i>	<i>0.065708812</i>	<i>0.065708812</i>
Actividades Tercerizadas	Transporte	0.585582386	0.611255787	0.487058159
	Distribución	0.201349432	0.205510086	0.270231508
	Almacenamiento	0.095525568	0.125822586	0.164517222
	Logística inversa	0.117542614	0.057411541	0.078193111
	<i>Índice de consistencia</i>	<i>0.073918876</i>	<i>0.0890957</i>	<i>0.076618582</i>
Evaluación 3PL	Costos	0.432533662	0.42740498	0.537955865
	Calidad	0.216060296	0.198955782	0.124433278
	Trazabilidad	0.098183383	0.113187281	0.106734163
	Rendimiento	0.204680495	0.198955782	0.184195587
	Servicio	0.048542163	0.061496176	0.046681106
	<i>Índice de consistencia</i>	<i>0.097046596</i>	<i>0.071791923</i>	<i>0.087997916</i>

Evaluación 4PL	Costos	0.173700074	0.144086338	0.157622928
	Entregas Efectivas	0.246629487	0.264385841	0.17314141
	Modelo de operación	0.089060949	0.106889301	0.100883339
	Sostenibilidad	0.401548541	0.436296226	0.522371406
	Gestión de Inventarios	0.089060949	0.048342295	0.045980918
	<i>Índice de consistencia</i>	<i>0.093677935</i>	<i>0.063965565</i>	<i>0.096572633</i>

Por último se obtiene la matriz final de prioridades que relaciona la importancia de cada criterio de evaluación con el vector de pesos obtenido en el punto anterior, dando como resultado el puntaje total (peso final) de cada elemento que permite su jerarquización. Para su cálculo es necesario resolver la siguiente ecuación.

$$\begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & W_{1m} \\ W_{21} & W_{22} & W_{2m} \\ W_{n1} & W_{n2} & W_{nm} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Los resultados para cada uno de los factores son:

**Tabla 15. Resultados de factores**

- Número de entidades

	CJ	RA	NP					
2	0.08965431	0.10384738	0.10384738	*	CJ	0.64338887	2	0.09471572
3	0.303344	0.23108238	0.23108238		RA	0.07377211	3	0.2775747
MAS	0.60700169	0.66507024	0.66507024		NP	0.28283902	MAS	0.62770958

- Actividades tercerizadas

	CJ	RA	NP					
TRANS	0.58558239	0.61125579	0.48705816	*	CJ	0.64338887	TRANS	0.55960987
DISTRI	0.20134943	0.20551009	0.27023151		RA	0.07377211	DISTRI	0.22113891
ALMAC	0.09552557	0.12582259	0.16451722		NP	0.28283902	ALMAC	0.11727418
LOG. INVER.	0.11754261	0.05741154	0.07819311		LOG. INVER.	0.10197704		

- Evaluación 3PL

	<b>CJ</b>	<b>RA</b>	<b>NP</b>		<b>CJ</b>		<b>COSTOS</b>	
<b>COSTOS</b>	0.43253366	0.42740498	0.53795587		0.64338887	=	0.46197282	
<b>CALIDAD</b>	0.2160603	0.19895578	0.12443328	*	0.07377211		0.18888276	
<b>TRAZAB</b>	0.09818338	0.11318728	0.10673416		0.28283902		0.10170875	
<b>RENDIM</b>	0.2046805	0.19895578	0.18419559				0.19846424	
<b>SERVICIO</b>	0.04854216	0.06149618	0.04668111				0.04897143	

- Evaluación 4PL

	<b>CJ</b>	<b>RA</b>	<b>NP</b>		<b>CJ</b>		<b>COSTOS</b>	
<b>COSTOS</b>	0.17370007	0.14408634	0.15762293		0.64338887	=	0.16696816	
<b>ENT EFECT</b>	0.24662949	0.26438584	0.17314141	*	0.07377211		0.22715411	
<b>MOD OPER</b>	0.08906095	0.1068893	0.10088334		0.28283902		0.09372002	
<b>SOSTEN</b>	0.40154854	0.43629623	0.52237141				0.43828537	
<b>GEST. INVE</b>	0.08906095	0.04834229	0.04598092				0.07387233	

A partir de los pesos totales para cada elemento, se eligen los elementos de mayor peso por cada factor, con el fin de elegir aquellas estrategias a evaluar en el modelo de simulación a desarrollar. A continuación, los elementos más importantes, de acuerdo con la jerarquización realizada se presentan en la Tabla 16.

De acuerdo con estos resultados el modelo de simulación debe evaluar los costos como primordial objetivo de acuerdo al problema planteado en la presente investigación; de igual forma, como valor adicional, se evaluarán las estrategias de distribución, y transporte, la efectividad en las entregas, sostenibilidad del sistema y el rendimiento del sistema en general.

**Tabla 16. Vectores de peso para cada elemento de los factores**

<b>FACTOR CON MAYOR PESO EN PONDERACIÓN</b>			<b>PESO</b>
NÚMERO ENTIDADES	1	<b>3</b>	0.2775747
	2	<b>MAS</b>	0.6277096
ACTIVIDADES TERCERIZAD	3	<b>TRANS</b>	0.5596099
	4	<b>DISTRI</b>	0.2211389
EVALUACIÓN 4PL	5	<b>ENT EFECT</b>	0.2271541
	6	<b>SOSTEN</b>	0.4382854
EVALUACIÓN 3PL	7	<b>COSTOS</b>	0.4619728
	8	<b>RENDIM</b>	0.1984642

El número de entidades será utilizado para la generación de escenarios para su posterior evaluación. Según los resultados del análisis AHP las configuraciones de la cadena son el elemento con mayor peso, seguido de las estrategias de transporte, los costos y la sostenibilidad de las operaciones. En los siguientes capítulos, la información generada a partir de estos resultados será tomada en cuenta para la elaboración del modelo de simulación Montecarlo para servicios de mensajería expresa y su posterior experimentación.

## **6. CARACTERIZACIÓN SERVICIOS POSTALES DE MENSAJERÍA**

---

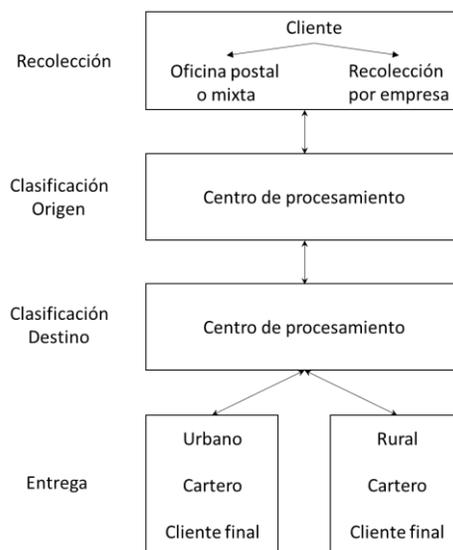
El servicio postal universal es un servicio de interés general y representa un conjunto de servicios postales que se realizan de forma continua en el territorio de cualquier país, dentro de la calidad prescrita, a precios asequibles y en las mismas condiciones para todos los usuarios, sin ningún tipo de discriminación (Blagojevic', Šelmic', Macura, & Šarac, 2013). El servicio postal universal está siendo desarrollado en línea con el desarrollo tecnológico y económico y las necesidades de los usuarios.

El sector postal abarca las actividades realizadas por los operadores que implican la recogida, clasificación, transporte y entrega del correo dirigido, sin dirección de correo, paquetes y servicios urgentes. No hay ninguna red física, como se encuentra en las redes industriales clásicas (Jaag, 2014). En lugar de ello, la red postal consta de servicios postales para la recolección de artículos, la mayoría de casos por terceros y carteros que construyen la red de entrega ya sea por medio de vehículos o a pie. El sector postal también puede considerarse una red industrial basado en el efecto que surge de la bilateralidad de servicios de entrega. A diferencia de otras industrias de red, es sobre todo el remitente quién es el cliente directo de los operadores postales, ya que el remitente toma la decisión de comprar los servicios o no, y también es el remitente que paga. Los receptores generalmente no tienen que elegir un operador postal y no pagan por los servicios postales.

En los últimos años, la incorporación de nuevos proveedores de servicios postales ha extendido el ámbito de la industria postal con el fin de asegurar más fuentes de ingresos y aumentar la utilización de los recursos. Un claro ejemplo de ello es la incorporación de pago de facturas, dándole al servicio un valor añadido. En esta investigación, el objetivo principal es la operación logística de los servicios básicos de mensajería de documentos, que pueden generar una gran proporción de los ingresos. Por lo tanto, se supone que las empresas postales están ofreciendo los

servicios de correo y paquetes a nivel urbano y rural en algunas zonas del territorio nacional.

La recolección de envíos se realiza a dos tipos de clientes, clientes crédito y contado. La diferencia entre ellos radica en la cantidad y volumen de envíos realizados. Un cliente crédito, generalmente persona jurídica, solicita los servicios de recolección directamente en sus instalaciones a un precio preferencial, un cliente contado, generalmente contacta a un tercero (servicio mixto) para la colocación de sus envíos. La Figura 3 muestra un flujo de logística general del sector postal.



**Figura 3 Flujo logístico de servicio postal**

**Fuente: Autor**

Debido a su comodidad y flexibilidad, el transporte por carretera es uno de los modos más comunes en entrega postal. En cada centro de clasificación, hay una enorme cantidad de correos salientes a la espera de ser ordenados y enviados a sus destinos diarios. El proveedor de servicios postales tiene que encontrar una manera eficaz de organizar los envíos para implementar el intercambio de información entre los centros de clasificación (origen y destino). Sin embargo, las largas distancias entre los centros de clasificación y límites de tiempo específicos son dos retos rigurosos para la toma de decisiones. Normalmente, los centros de

clasificación están geográficamente alejados unos de otros y la entrega urgente de correos entre ellos es por medio de transporte terrestre de larga distancia. Además, la distribución de los servicios de correo tiene límites de tiempo específicos. De acuerdo con el servicio de entrega al siguiente día.

Otro aspecto que debe ser tenido en cuenta para el estudio es la regulación de precios en el sector postal. Según (Jaag, 2014) algunos sectores abogan por la desregulación, mientras que otros proponen una nueva regulación, que consiste en la sustitución de las normas preexistentes con las nuevas regulaciones que tienen como objetivo garantizar un nivel de servicio y la competencia.

Uno de los criterios a evaluar por la presente investigación es aquel relacionado con aquella en la cual los servicios postales no pueden hacerse sin la consideración del equilibrio entre el costo de transporte y el nivel de servicio brindado. Así, se desea por medio de la simulación de este sistema superar este reto mediante la utilización de indicadores clave para tal medición.

Se desea simular las conexiones entre los clientes de servicios postales, centros de procesamiento y destinos finales en una red general de distribución postal. Este sistema está compuesto generalmente de recolección de envíos hacia los centros de clasificación donde son ordenados de acuerdo a sus destinos, posteriormente son entregados a los centros de procesamiento designados. Al mismo tiempo, también recibe envíos entrantes de otros centros de clasificación. Esta bidireccionalidad de los envíos puede observarse en la Figura 4 por medio de las líneas de flujo.

Los servicios postales en el país, según la superintendencia de industria y comercio, es el servicio postal prestado por el Operador Postal Oficial o Concesionario de Correo y se dividen en:

Envíos de Correspondencia, Envíos prioritarios de correo, Envíos no prioritarios de correo, Encomienda, Servicio de Correo Telegráfico, Servicio de Mensajería

Expresa, Registro individual. Recolección a domicilio, Curso del envío, Tiempo de entrega, Prueba de entrega y Rastreo. Los cuales se explicaron anteriormente.

## **6.1. OPERADORES DE SERVICIOS POSTALES**

Según (Superintendencia de Industria Y Comercio, 2016) un operador de servicios postales es la persona jurídica habilitada por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones que ofrece al público en general servicios postales, a través de una red postal. Los operadores de servicios postales pueden tener tres categorías:

- Operador Postal Oficial o Concesionario de Correo.
- Operador de Servicios Postales de Pago
- Operador de Mensajería Expresa

Un Operador de Mensajería Expresa es la persona jurídica que ofrece al público un servicio postal urgente con independencia de las redes postales oficiales de correo nacional e internacional, que exige la aplicación y adopción de características especiales para la recepción, recolección, clasificación, transporte y entrega.

### **6.1.1. Análisis de operaciones de envío de documentos de mensajería expresa**

Este estudio está motivado por las observaciones realizadas en una empresa de servicios de mensajería expresa ubicada en la ciudad de Bogotá. La empresa posee un servicio a las oficinas regionales, pero no de una manera cooperativa. Los servicios de envío de paquetes son subcontratados y en algunas ocasiones necesita generar alianzas con otras compañías con la finalidad de mejorar cobertura en sus despachos. Las entregas se realizan en un período de 2 a 3 días. Un diseño de red colaborativo puede llegar a ser eficaz en la estrategia de costos, en lugar de servir por separado. Con estas consideraciones, el problema se ha materializado con dos decisiones principales: La implicación de mejorar los

indicadores de gestión mediante la utilización de teoría de sistemas colaborativos adicionando enfoque de servicios 3PL y 4PL y la disminución de costos para todos los implicados en el sistema mediante una filosofía gana-gana.

La empresa para su línea de negocio de mensajería expresa atiende básicamente los siguientes tipos de servicios:

- Documentos y paquetes hasta 5 kg.

En algunos casos, especialmente para clientes crédito, los envíos pueden venir acompañados de una Base de Datos, que contenga los siguientes campos:

Empresa: Donde se relaciona el remitente

Radicación: Corresponde a la Dirección del remitente

Nombre: Nombre completo del destinatario

Dirección: Dirección Completa del destinatario

Referencia: Si la dirección es muy larga, este campo se usa para completarla

Ciudad: Ciudad de destino

Teléfono remitente y destinatario

#### 6.1.2. Recolección de envíos

De acuerdo a las características de los envíos se determina si la recolección se debe realizar en moto, en carry o en camión con el apoyo de la operación de carga.

Las recolecciones se programaran de acuerdo a la hora de recepción de la solicitud de servicio, lo solicitado en la mañana se programa para recoger en la tarde, y lo solicitado en la tarde se programa para recoger en la mañana del día siguiente.

Posteriormente se crea una Orden de Servicios en el sistema y el consecutivo de orden del sistema se registra en la base de datos y se realiza proceso de importación de la base de datos al sistema de información.

Se imprimen las guías de acuerdo al tipo de envío.

### 6.1.3. Procesos internos en centros de procesamiento

**Alistamiento:** Como cada envío debe venir con original y copia, se deben imprimir las guías en el mismo orden en que se encuentren en la base de datos.

El Auxiliar Logístico ensobra y al sobre se deben pegar los desprendibles de la guía correspondientes a DESTINATARIO Y PRUEBA DE ENTREGA.

Los sobres pasan para Zonificación.

**Zonificación:** Los envíos pueden corresponder a nivel nacional o distrital:

Los envíos a nivel nacional se debe organizar por regiones de destino y empaquetar todos los que correspondan a una misma región para asignar al operador correspondiente y generar una nueva guía que unifique todos los envíos de la misma región, los cuales son enviados con un transportador externo.

Los envíos distritales se zonifican de acuerdo a los criterios establecidos por Operaciones de acuerdo a los volúmenes y cantidades a entregar de forma tal que permitan garantizar los tiempos de entrega acordados.

Cuando se presenten altos volúmenes de envíos, se puede considerar ampliar el número de zonas para reducir el tamaño de las áreas de distribución y facilitar la gestión.

Una vez zonificado, queda establecido a qué mensajero corresponde cada grupo de envíos y se carga en el sistema por el proceso de captura del código de barras de cada guía.

Este proceso de asignación genera un número de planilla por mensajero, que se debe imprimir para entregar los envíos a cada uno y dejar constancia de recibido a conformidad.

**Primer cierre de inventario:** Consiste en realizar un control de inventario de envíos recibidos, es decir verificar que lo todo lo que entró en el sistema efectivamente fue asignado a un mensajero y despachado a ruta.

**Salida a ruta:** El mensajero va a Zona, distribuye y vuelve con la gestión.

Cuando se produce una devolución en mensajero debe establecer claramente la causal de la misma, dejar registro en la guía y hacerla firmar.

Los tiempos de entregan están determinados por la matriz de destinos y cubrimiento acordada en la oferta de servicios y de acuerdo a estos tiempos se realiza el segundo cierre: Se captura el código de barras de la guía y se digitalizan las guías físicas para garantizar que la información esta validada al 100%.

Se realiza el segundo cierre de operación, es decir verificar que lo que salió a calle fue efectivamente gestionado por los mensajeros u operadores.

Una vez en zona el mensajero debe solicitar firma y fecha de radicado en la copia de los documentos entregados.

Las guías que regresen en la tarde serán descargadas en el sistema como evidencia de la diligencia realizada y al día siguiente de la solicitud se devolverán a cada proceso las copias radicadas de los documentos. El las Figuras 4 y 5 se muestran los flujogramas para los servicios de mensajería adelantados por la empresa analizada para la entrega de documentos, tipos de envíos analizados para la presente investigación.

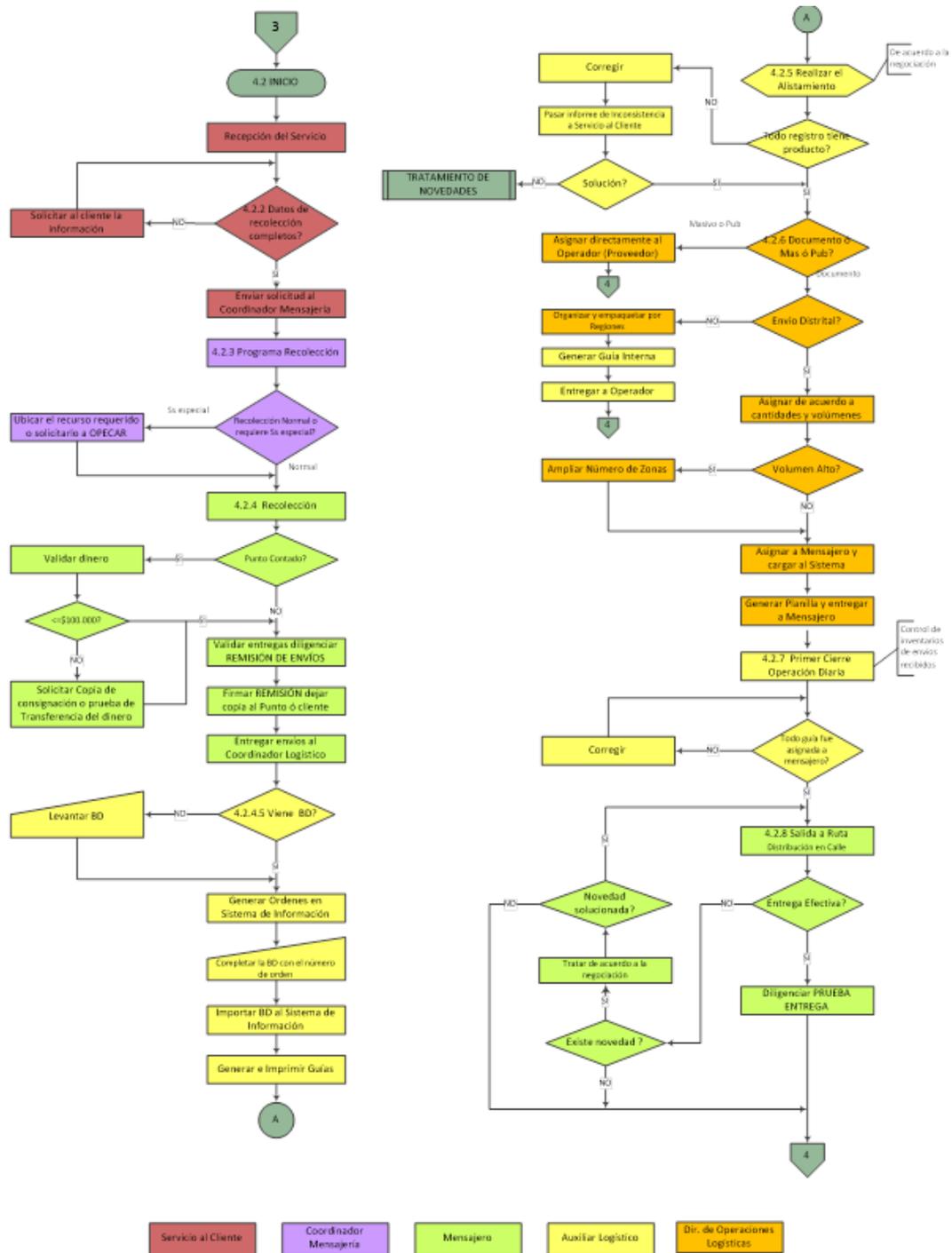


Figura 4. Flujograma de operaciones de documentos

Fuente: Empresa analizada.

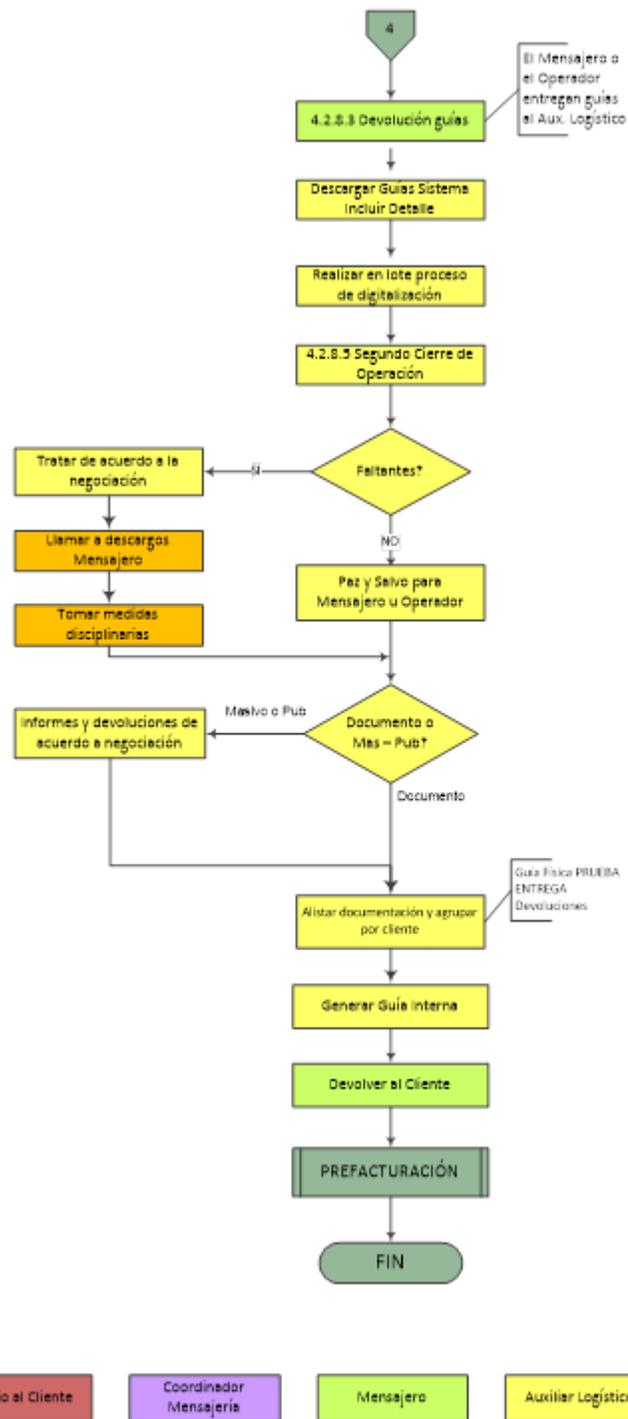


Figura 5. Flujograma de operaciones de documentos 2

Fuente: Empresa analizada

## 6.2 RED DE SERVICIOS POSTALES

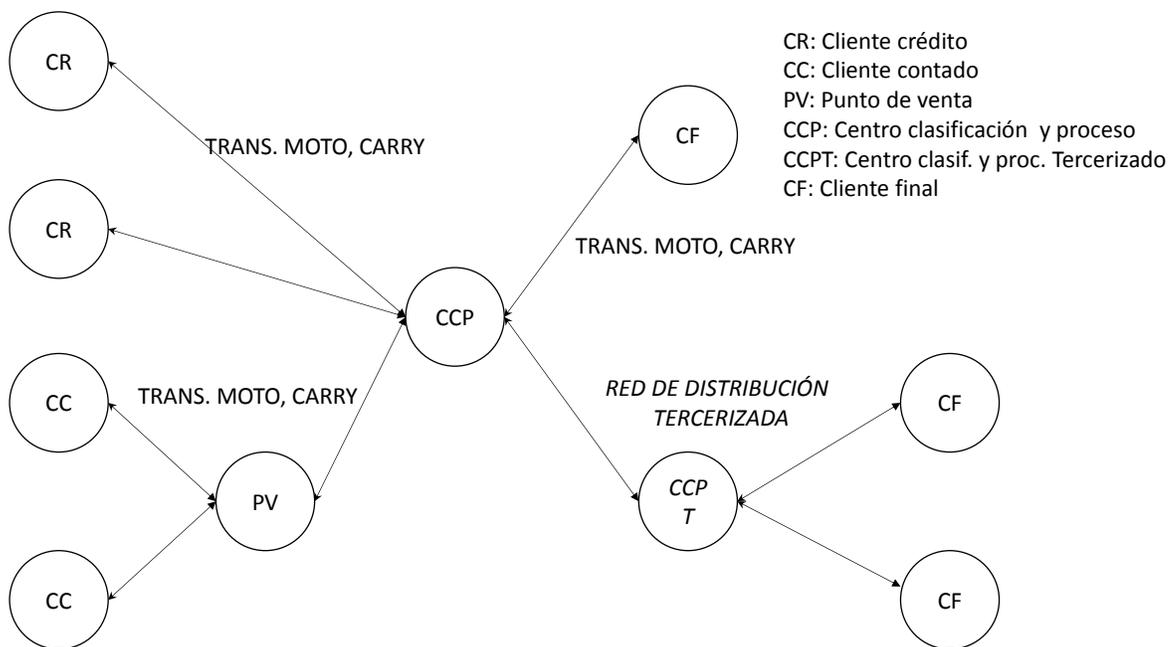
La red postal nacional es administrada por 4-72, empresa estatal a la cual le ha sido asignada la responsabilidad de garantizar y permitir a todos los ciudadanos un servicio postal. La ley 1369 de 2009 establece que se podrán habilitar a empresas públicas y privadas para la prestación de los servicios postales.

Las diversas redes postales, derivadas por la prestación de servicios de empresas particulares, hacen referencia al conjunto de instalaciones, equipos y demás dispositivos destinados a la prestación de los servicios postales de manera directa o indirecta. Estas redes se pueden dividir en un cierto número de distritos o centros postales de acuerdo con su población, comunicación, economía, entre otras. Estos distritos o centros, para la presente investigación, se han clasificado en las principales ciudades destino y origen de servicios postales. En cada uno de estos distritos postales, se encuentran diferentes centros de clasificación, que recogen, clasifican y distribuir correos, a otros centros ubicados en los demás centros. La red nacional de distribución postal se compone de estos centros de clasificación y las rutas postales que los conectan.

Los clientes, crédito o contado, pueden solicitar la recolección de sus pedidos o bien llevarlos hasta un centro de venta (clientes de contado) o directamente al centro de clasificación o procesamiento, donde se realiza la zonificación y alistamiento de los envíos. Los centros de clasificación alistan los envíos hacia otros centros de clasificación en otras zonas del país o de la misma zona geográfica, tercerizando la entrega final, o entregando al cliente final por sus propios medios los servicios contratados.

En la Figura 6 se muestra el diagrama de red que detalla estas operaciones. En la figura se muestra como los flujos pueden ser de doble vía, es decir, el flujo de documentos de mensajería pueden salir del centro de clasificación para la entrega, subcontratando el servicio la mayoría de los casos, o también ser subcontrato por

otra empresa para la entrega de documentos en la zona de servicios o red ofrecidos por la empresa.



**Figura 6. Red de servicios postales**

**Fuente: Autor**

En la Figura 6, los centros de clasificación y proceso tercerizados también pueden generar envíos de documentos al centro de clasificación y proceso de la empresa, dando esta manera el trabajo colaborativo de doble vía.

En la actualidad las grandes empresas dedicadas a este tipo de actividades en el país poseen cerca del 95% de los envíos a nivel urbano, tercerizando los envíos a clientes finales en aquellas zonas de difícil acceso, ya sea, por problemas de orden público o infraestructura. Esta tercerización ha llevado a las pequeñas empresas a trabajar en desventaja con aquellas que sub-contratan sus servicios pues la tarifa de subcontratación es mínima, produciendo una operación con ganancias mínimas, según lo expresado por la empresa estudiada.

### 6.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información recolectada para el desarrollo del modelo de análisis fue suministrado por la empresa analizada, la cual se basa en estudios propios de los últimos tres años debido a que el ministerio no cuenta con datos históricos de los envíos movilizados del sector.

#### 6.3.1 Información envíos documentos

La información recolectada hace referencia a los envíos de documentos en los principales centros de despacho de productos de mensajería expresa indicando los destinos de dichos envíos, La información no contempla el análisis de peso y tamaño de los documentos, pero si se contó con información promedio de estas variables suministrada por las entidades encuestadas.

**Tabla 17. Envío de documentos desde la ciudad de Bogotá, años 2013-2015**

Mes	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Eje cafetero	Otros
enero	231197	111612	95668	47834	31889	279031
febrero	115598	55806	47834	23917	15945	139515
marzo	86699	41855	35875	17938	11958	104637
abril	57799	27903	23917	11958	7972	69758
mayo	67432	32554	27903	13952	9301	81384
junio	169544	81849	70156	35078	23385	204623
julio	154131	74408	63778	31889	21259	186021
agosto	105965	51156	43848	21924	14616	127889
septiembre	125232	60457	51820	25910	17273	151142
octubre	173398	83709	71751	35875	23917	209273
noviembre	288996	139515	119585	59792	39862	348789
diciembre	350649	169279	145096	72548	48365	423197
enero	188735	91113	78097	39049	26032	227784
febrero	94367	45557	39049	19524	13016	113892
marzo	70776	34168	29286	14643	9762	85419
abril	47184	22778	19524	9762	6508	56946
mayo	55048	26575	22778	11389	7593	66437
junio	138406	66817	57271	28636	19090	167041
julio	125823	60742	52065	26032	17355	151856

agosto	86504	41760	35795	17897	11932	104401
septiembre	102231	49353	42303	21151	14101	123383
octubre	141551	68335	58573	29286	19524	170838
noviembre	235919	113892	97622	48811	32541	284729
diciembre	286248	138189	118447	59224	39482	345472
enero	196768	94992	81421	40711	27140	237479
febrero	98384	47496	40711	20355	13570	118739
marzo	73788	35622	30533	15266	10178	89055
abril	49192	23748	20355	10178	6785	59370
mayo	57391	27706	23748	11874	7916	69265
junio	144297	69660	59709	29854	19903	174151
julio	131179	63328	54281	27140	18094	158319
agosto	90185	43538	37318	18659	12439	108844
septiembre	106583	51454	44103	22052	14701	128634
octubre	147576	71244	61066	30533	20355	178109
noviembre	245960	118739	101777	50888	33926	296849
diciembre	298432	144070	123489	61744	41163	360176

**Fuente: Empresa analizada**

La Tabla 17 muestra los documentos despachados desde la ciudad de Bogotá en los últimos tres años.

En la información se presentan los envíos cuyo origen son la ciudad de Bogotá con destino a seis diferentes destinos en todo el país. El último destino hace referencia a otras ciudades y destinos ubicados en zonas rurales y territorios nacionales.

Las siguientes tablas muestran la información suministrada para las cinco principales ciudades de origen de envío de documentos y paquetes hasta 5 kg.

**Tabla 18. Envío de documentos desde la ciudad de Medellín, años 2013-2015**

Mes	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Eje Cafetero	Otros
enero	98154	137415	49077	34354	24538	147230
febrero	49077	68707	24538	17177	12269	73615
marzo	36808	51531	18404	12883	9202	55211
abril	24538	34354	12269	8588	6135	36808
mayo	28628	40079	14314	10020	7157	42942
junio	71979	100771	35990	25193	17995	107969
julio	65436	91610	32718	22902	16359	98154

agosto	44987	62982	22494	15745	11247	67481
septiembre	53167	74433	26583	18608	13292	79750
octubre	73615	103061	36808	25765	18404	110423
noviembre	122692	171769	61346	42942	30673	184038
diciembre	148866	208413	74433	52103	37217	223299
enero	72641	101697	36320	25424	18160	108961
febrero	36320	50849	18160	12712	9080	54481
marzo	27240	38136	13620	9534	6810	40860
abril	18160	25424	9080	6356	4540	27240
mayo	21187	29662	10593	7415	5297	31780
junio	53270	74578	26635	18644	13317	79905
julio	48427	67798	24214	16950	12107	72641
agosto	33294	46611	16647	11653	8323	49941
septiembre	39347	55086	19674	13771	9837	59021
octubre	54481	76273	27240	19068	13620	81721
noviembre	90801	127121	45401	31780	22700	136202
diciembre	110172	154241	55086	38560	27543	165258
enero	84006	117608	42003	29402	21001	126009
febrero	42003	58804	21001	14701	10501	63004
marzo	31502	44103	15751	11026	7876	47253
abril	21001	29402	10501	7351	5250	31502
mayo	24502	34302	12251	8576	6125	36753
junio	61604	86246	30802	21562	15401	92406
julio	56004	78405	28002	19601	14001	84006
agosto	38503	53904	19251	13476	9626	57754
septiembre	45503	63704	22752	15926	11376	68255
octubre	63004	88206	31502	22052	15751	94507
noviembre	105007	147010	52504	36753	26252	157511
diciembre	127409	178372	63704	44593	31852	191113

**Fuente: Empresa analizada**

**Tabla 19. Envío de documentos desde la ciudad de Cali, años 2013-2015**

MES	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Eje Cafetero	Otros
enero	162843	44951	83332	33926	61066	120504
febrero	81421	22900	45339	16963	30533	85492
marzo	61066	17811	35338	12722	22900	66562
abril	40711	11662	30184	8481	15266	41525
mayo	47496	13482	27745	9895	17811	47971
junio	119418	32653	65081	24879	44782	136136
julio	108562	30533	59319	22617	40711	62966
agosto	74636	20603	43666	15549	27989	58216

septiembre	88206	25038	47181	18376	33077	97909
octubre	122132	33395	65695	25444	45799	127017
noviembre	203553	57249	100703	42407	76332	109919
diciembre	246978	67533	125181	51454	92617	187703
enero	98879	27552	51539	20600	37080	115689
febrero	49440	13519	32728	10300	18540	42518
marzo	37080	10429	28550	7725	13905	21506
abril	24720	7210	16973	5150	9270	28922
mayo	28840	8336	23410	6008	10815	23937
junio	72511	20583	42132	15107	27192	60910
julio	65919	19227	37909	13733	24720	48780
agosto	45320	13100	31613	9442	16995	26739
septiembre	53560	15482	31048	11158	20085	49275
octubre	74159	20471	39115	15450	27810	58586
noviembre	123599	35406	68106	25750	46350	147083
diciembre	149967	43350	78896	31243	56238	97478
enero	93613	26329	50285	19503	35105	52423
febrero	46807	13286	31718	9751	17552	38849
marzo	35105	9690	26016	7314	13164	37562
abril	23403	6643	17641	4876	8776	23403
mayo	27304	7964	22906	5688	10239	26758
junio	68650	19129	38734	14302	25744	81693
julio	62409	17227	38434	13002	23403	55544
agosto	42906	12514	25399	8939	16090	48055
septiembre	50707	14525	32443	10564	19015	28396
octubre	70210	20295	40197	14627	26329	35807
noviembre	117016	34130	63978	24378	43881	90103
diciembre	141980	41411	72413	29579	53243	78089

**Fuente: Empresa analizada**

**Tabla 20. Envío de documentos desde la ciudad de Barranquilla, años 2013-2015**

MES	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Eje Cafetero	Otros
enero	92053	49095	82388	245474	18411	165695
febrero	46026	24547	16338	122737	9205	82847
marzo	34520	18411	37282	92053	6904	62136
abril	23013	12274	9839	61368	4603	41424
mayo	26849	14319	20688	71597	5370	48328
junio	67505	36003	42919	180014	13501	121510
julio	61368	32730	63664	163649	12274	110463
agosto	42191	22502	33846	112509	8438	75943

septiembre	49862	26593	56985	132965	9972	89751
octubre	69039	36821	37553	184105	13808	124271
noviembre	115066	61368	122318	306842	23013	207118
diciembre	139613	74460	157766	372302	27923	251304
enero	75462	40247	39196	201233	15092	135832
febrero	37731	20123	6677	100616	7546	67916
marzo	28298	15092	26767	75462	5660	50937
abril	18866	10062	7828	50308	3773	33958
mayo	22010	11739	5899	58693	4402	39618
junio	55339	29514	58957	147571	11068	99610
julio	50308	26831	43231	134155	10062	90555
agosto	34587	18446	21740	92232	6917	62256
septiembre	40875	21800	25980	109001	8175	73576
octubre	56597	30185	18404	150925	11319	101874
noviembre	94328	50308	112322	251541	18866	169790
diciembre	114451	61041	98382	305203	22890	206012
enero	69305	36963	57024	184813	13861	124749
febrero	34652	18481	3756	92406	6930	62374
marzo	25989	13861	9904	69305	5198	46781
abril	17326	9241	14511	46203	3465	31187
mayo	20214	10781	16546	53904	4043	36385
junio	50823	27106	52501	135529	10165	91482
julio	46203	24642	48038	123208	9241	83166
agosto	31765	16941	28617	84706	6353	57176
septiembre	37540	20021	22958	100107	7508	67572
octubre	51979	27722	17463	138610	10396	93561
noviembre	86631	46203	22422	231016	17326	155936
diciembre	105112	56060	83017	280299	21022	189202

**Fuente: Empresa analizada**

**Tabla 21 Envío de documentos desde Eje Cafetero, años 2013-2015**

MES	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Eje Cafetero	Otros
Enero	98029	39212	39212	13071	65353	71888
Febrero	49015	19606	19606	6535	32676	35944
Marzo	36761	14704	14704	4901	24507	26958
Abril	24507	9803	9803	3268	16338	17972
Mayo	28592	11437	11437	3812	19061	20967
Junio	71888	28755	28755	9585	47926	52718
Julio	65353	26141	26141	8714	43569	47926
Agosto	44930	17972	17972	5991	29953	32949

Septiembre	53099	21240	21240	7080	35400	38939
Octubre	73522	29409	29409	9803	49015	53916
Noviembre	122537	49015	49015	16338	81691	89860
Diciembre	148678	59471	59471	19824	99119	109031
Enero	73450	29380	29380	9793	48967	53864
Febrero	36725	14690	14690	4897	24483	26932
Marzo	27544	11018	11018	3673	18363	20199
Abril	18363	7345	7345	2448	12242	13466
Mayo	21423	8569	8569	2856	14282	15710
Junio	53864	21545	21545	7182	35909	39500
Julio	48967	19587	19587	6529	32645	35909
Agosto	33665	13466	13466	4489	22443	24688
Septiembre	39786	15914	15914	5305	26524	29176
Octubre	55088	22035	22035	7345	36725	40398
Noviembre	91813	36725	36725	12242	61209	67330
Diciembre	111400	44560	44560	14853	74267	81693
Enero	84816	33926	33926	11309	56544	62198
Febrero	42408	16963	16963	5654	28272	31099
Marzo	31806	12722	12722	4241	21204	23324
Abril	21204	8482	8482	2827	14136	15550
Mayo	24738	9895	9895	3298	16492	18141
Junio	62198	24879	24879	8293	41466	45612
Julio	56544	22618	22618	7539	37696	41466
Agosto	38874	15550	15550	5183	25916	28508
Septiembre	45942	18377	18377	6126	30628	33691
Octubre	63612	25445	25445	8482	42408	46649
Noviembre	106020	42408	42408	14136	70680	77748
Diciembre	128638	51455	51455	17152	85758	94334

**Fuente: Empresa analizada**

Según información de la empresa analizada el 80% del mercado descrito en las tablas anteriores hace referencia a clientes tipo crédito y el restante a clientes de contado. Por consiguiente, las empresas facturan sus servicios, en su gran mayoría, a más de un mes.

### 6.3.2 Tarifas

Las siguientes tarifas muestran las diferencias entre los clientes crédito y contado para el envío de documentos a diferentes zonas del país.

**Tabla 22. Tarifas envíos de documentos**

TARIFAS ACTUALES DEL MERCADO			
TARIFAS CLIENTE CONTADO (VENTA DIRECTA)			
URBANO	ZONAL	NACIONAL	TRAYECTO ESPECIAL
\$ 4,000	\$ 4,500	\$ 8,300	\$ 13,200
TARIFAS CLIENTE CREDITO PROMEDIO (EMPRESARIAL)			
URBANO	ZONAL	NACIONAL	TRAYECTO ESPECIAL
\$ 2,500	\$ 3,000	\$ 5,000	\$ 8,000

**Fuente:** Empresa analizada

Los envíos zonales hacen referencia a los documentos cuyo destino son los municipios cercanos a la ciudad de origen. Estas tarifas hacen referencia, para el caso de clientes crédito, a la tarifa tomada para negocios con un promedio de más de 100 envíos mes.

**Costos operativos:** Los costos Operativos contemplan las etapas desde la Recolección hasta la Etapa de Manifiesto de entrega. La información fue suministrada por la empresa analizada para la presente investigación dado que en las entrevistas a gerentes y directivos del sector, estos valores son similares.

**Alistamiento:** Estos costos asocian el ensobrado, impresión guía, manifiesto (Costo asumido por el punto de Recolección). Para esto se estima un costo fijo promedio de \$70 por cada envío. Este alistamiento solo se realiza para envíos realizados por clientes crédito. Los clientes contado llegan la mayoría de las veces con su envío preparado el centro de venta.

**Zonificación:** esta se realiza según el destino o la dirección del envío; se asigna a una zona, la cual es asignada a un mensajero o despachos para fuera de la ciudad. Los costos de zonificación se relacionan con el costo del zonificador el cual asciende en promedio a \$1.800.000/mes incluidas todas las prestaciones. Se estima que en promedio se pueden zonificar 1500 envíos por día a máxima

capacidad. Así un documento zonificado puede tener un costo de \$50. Pero este valor es variable dependiendo la cantidad de envíos despachados.

**Operación:** Hace referencia al costo asociado por la persona contratada para el ensobrado, Impresión de guía, manifiesto, cierre de servicio. El costo promedio de operario mensual es de \$1.200.000 incluidas todas las prestaciones, se estima que a máxima capacidad se pueden despachar hasta 400 envíos por día, así el costo mínimo variable asociado a un envío es \$125 para clientes crédito y \$38 para clientes de contado.

**Costo de distribución y recolección:** El costo de distribución y recolección se encuentra asociado al salario asignado a un mensajero motorizado el cual en promedio es de \$1.600.000/mes, con la máxima carga permitida para un mensajero el costo mínimo variable para estas operaciones es de \$606 por envío. Estos costos no diferencian tipo de cliente pues así sean contado, se realizará recolección en los puntos de venta.

Para motivos del estudio solo se tendrán en cuenta envíos y recolección de documentos a nivel urbano nacional.

**Costo por devoluciones:** Es sin lugar a dudas un costo el cual las empresas de mensajería expresa no quisieran incurrir pero lamentablemente por diferentes motivos, la mayoría externos, se deben considerar. Los motivos de devolución pueden pasar por dirección errada, domicilio vacío, no aceptación del destinatario, dirección deficiente, pérdida del mensajero. En estos casos se pueden llegar a asignar hasta tres veces el servicio de entrega. El costo variable asociado a estos casos como mínimo se puede asignar el \$721.

En la Tabla 23 se muestran el resumen de costos para clientes contado y clientes crédito.

**Tabla 23. Costos clientes contado y clientes crédito**

	CLIENTE CREDITO							
	URBANO		ZONAL		NACIONAL		TRAYECTO ESPECIAL	
SUMINISTROS	70	7%	70	6%	70	5%	70	3%
RECOLECCION	44	5%	44	4%	44	3%	44	2%
ENSOBRADO, IMPRESION, MANIFIESTO	125	13%	125	10%	125	8%	125	5%
ZONIFICACION	50	5%	50	4%	50	3%	50	2%
DISTRIBUCION	606	65%	606	49%	606	40%	606	26%
Costo de traslado a Nodo zonal		0%	300	24%		0%		0%
Costo de traslado a Nodo Nacional		0%		0%	553	37%		0%
Costo de traslado a Nodo Trayecto Especial		0%		0%		0%	1,320	57%
Extra costo Operativo por devoluciones	39	4%	54	4%	67	4%	105	5%
	\$ 935		\$ 1,250		\$ 1,516		\$ 2,321	

**Fuente: Empresa analizada**

La anterior información fue suministrada por la empresa analizada como referencia para el desarrollo del modelo de simulación.

## 6.4 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para el desarrollo del modelo de simulación se hace necesario realizar un análisis estadístico de la información a fin de determinar las funciones de densidad de probabilidad para la generación de los parámetros que integran el sistema a evaluar.

Para cada una de las variables a estudiar se realizaron pruebas de independencia, homogeneidad y bondad de ajuste. Se determinó que para el sistema de distribución de envío de documentos por medio de mensajería expresa se requiere analizar las cantidades de documentos enviados desde cada una de las ciudades tanto de origen como de destino.

### 6.4.1 Pruebas de independencia.

Para estas pruebas se desea determinar si la información suministrada tiene dependencia de los envíos son un parámetro independiente entre las diferentes ciudades donde se realizan. El problema de probar la independencia mutua de varios vectores aleatorios en un entorno general donde las dimensiones de los vectores pueden ser diferentes y las distribuciones pueden ser discretas, continuas o ambas es de gran importancia para la presente investigación.

### ***Prueba de independencia no paramétrica***

Muy a menudo, en cierta etapa de un procedimiento de inferencia estadística, se plantea la cuestión si se puede suponer que un cierto número  $p$  de vectores aleatorios es mutuamente independiente. Se desea determinar si dos características cualitativas de la información obtenida sobre el sistema de envíos de documentos por mensajería expresa están relacionadas entre sí. Para este caso se desea determinar si hay algún grado de independencia entre el número de envíos realizados con destinos a otras ciudades y los meses del año en que estos se realizan.

Esta prueba ha sido desarrollada mediante el uso del test de independencia chi-cuadrado (Bakirov, Rizzo, & Székely, 2006). Se han determinado las siguientes hipótesis:

$H_0$ : *El número de envíos es independiente de la ciudad de origen*

$H_1$ : *El número de envíos no es independiente de la ciudad de origen*

Al realizar diferentes tablas de contingencia por meses para las cuatro ciudades de origen con mayor demanda de documentos a enviar, calculando valores esperados y determinando el valor del estadígrafo chi cuadrado ( $\alpha = 0,05$ ;  $GL = 3$ ) se ha concluido que no es posible rechazar la hipótesis alternativa indicando que el número de envíos realizados no es independiente de la ciudad de origen. Para esto se muestran las tablas de valores (Tabla 24), valores esperados (Tabla 25) obtenidas para las cuatro ciudades en los primeros dos meses de los últimos tres años anteriores al inicio del presente estudio. el análisis completo se presenta en el Anexo 9.

**Tabla 24. Envíos de documentos de las cuatro principales ciudades en los dos primeros meses de los últimos 3 años.**

MES	CIUDAD				TOTAL
	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	
1	78940	42101	59536	210506	391084
2	39470	21051	8924	105253	174698

TOTAL      118410      63152      68460      315760      565782

**Tabla 25. Valores Esperados en envíos de documentos de las cuatro principales ciudades en los dos primeros meses de los últimos 3 años.**

MES	CIUDAD			
	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla
1	81848	43652	47322	218262
2	36562	19500	21139	97498

Los valores del estadígrafo chi cuadrado se muestran a continuación (Tabla 26).

**Tabla 26. Valores  $\chi^2$  en envíos de documentos de las cuatro principales ciudades en los dos primeros meses de los últimos 3 años**

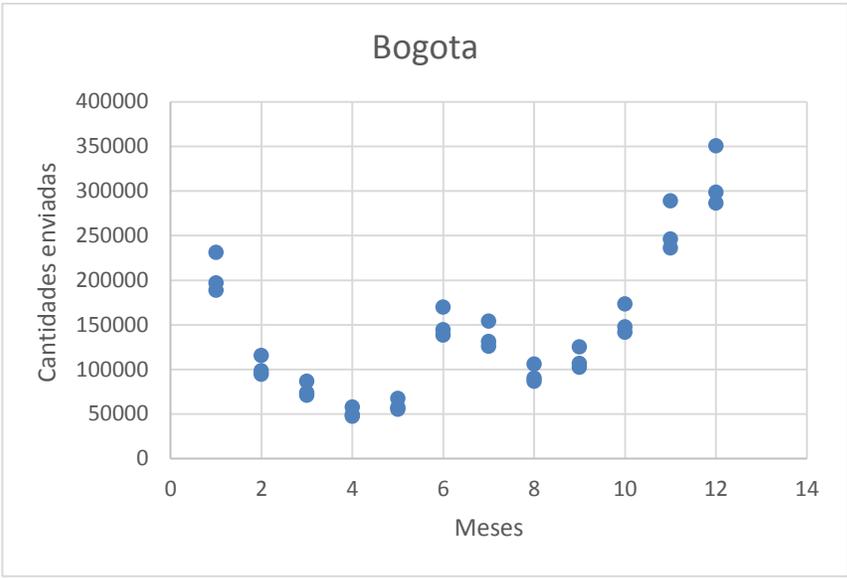
MES	CIUDAD			
	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla
1	103	55	3153	276
2	231	123	7058	617

***Pruebas de independencia: análisis de dispersión***

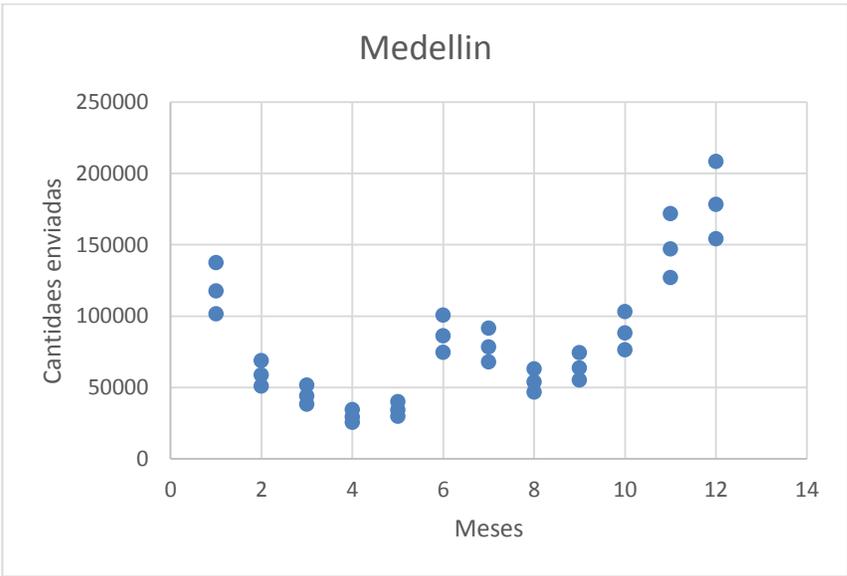
El análisis de dispersión es un método estadístico para detectar el efecto de factores individuales sobre los resultados de un experimento y para la posterior planificación de experimentos similares. El análisis de dispersión fue propuesto originalmente por Fisher (1925) buscando la detección de diferencias sistemáticas entre los resultados de las mediciones directas realizadas en condiciones variables específicas.

Para confirmar los resultados anteriores se realizan pruebas donde se desea determinar si los envíos de documentos dependen en una primera instancia del mes en el cual se han realizado. Se analizó la información de cada una de las seis ciudades de las que se obtuvo información la cual puede ser revisada en el Anexo 1.

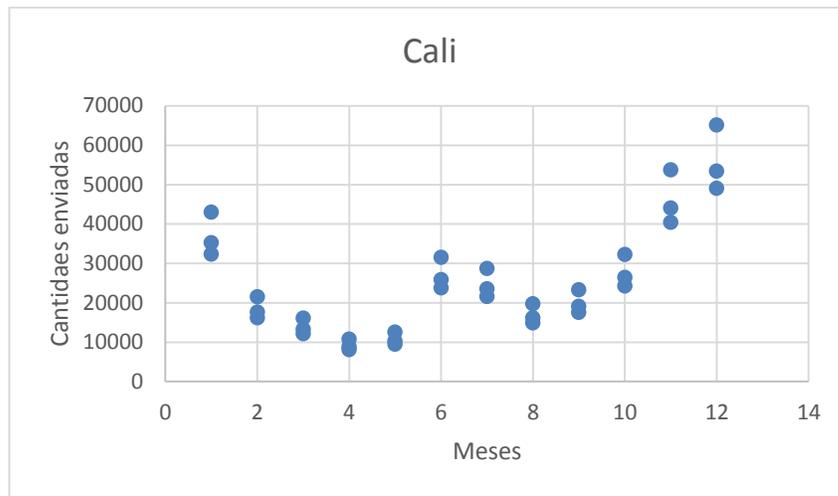
Las Figuras 7 a 10 muestran los resultados encontrados para las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.



**Figura 7. Pruebas de independencia documentos a enviar generados en Bogotá vs mes del año.**

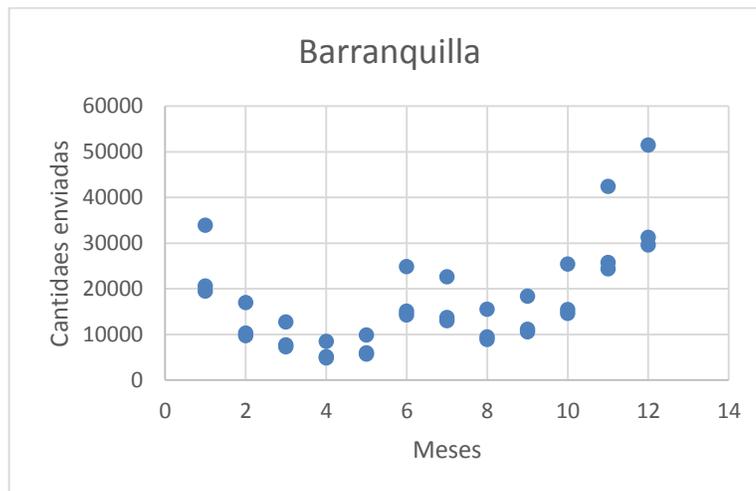


**Figura 8. Pruebas de independencia documentos a enviar generados en Medellín vs mes del año.**



**Figura 9. Pruebas de independencia documentos a enviar generados en Cali vs mes del año.**

Como se resultado se evidenció que los envíos de documentos, sin importar la ciudad de origen, dependen del mes del año en que se generen. Para todas las ciudades el comportamiento es muy similar indicando que el patrón es a nivel nacional, donde los envíos se incrementan siempre a fin de año y de forma moderada a mediados del año.



**Figura 10. Pruebas de independencia documentos a enviar generados en Barranquilla vs mes del año.**

En la Tabla 27 se relacionan los porcentajes de envíos en un consolidado de las ciudades analizadas.

**Tabla 27. Distribución promedio de envíos de documentos**

Distribución de envíos de nodo a nodo General						
	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Eje cafetero	Otros
Bogotá	29%	14%	12%	6%	4%	35%
Medellín	20%	28%	10%	7%	5%	30%
Cali	24%	10%	28%	5%	9%	24%
Barranquilla	15%	8%	7%	40%	3%	27%
Eje cafetero	30%	12%	12%	4%	20%	22%

**Fuente: Autor**

La ciudad que más envíos recibe es Bogotá y el eje cafetero se encuentra en el otro extremo. En promedio el 28% de los envíos se realizan a otros destinos diferentes a las cinco ciudades mencionadas en el estudio.

En la Tabla 28 se evidencia como los envíos se distribuyen en cada uno de los meses del año indicando como el menor porcentaje se da en el mes de abril con un promedio de 3% del total anual y en diciembre, con 18,2%, el mes con mayor actividad de envíos al año.

**Tabla 28. Distribución promedio de envíos por cada mes del año.**

Enero	12.0%
Febrero	6.0%
Marzo	4.5%
Abril	3.0%
Mayo	3.5%
Junio	8.8%
Julio	8.0%
Agosto	5.5%
Septiembre	6.5%
Octubre	9.0%
Noviembre	15.0%
Diciembre	18.2%

**Fuente: Autor**

Para efectos del modelo a desarrollar esta información no es relevante debido a que únicamente se realizan simulaciones de meses aleatorios, no consecutivos. Es decir, el modelo a desarrollar tendrá una duración mensual. Los indicadores se

desarrollarán para cada mes simulado. Únicamente se desea determinar el impacto mensual en las diferentes estrategias a analizar.

Las pruebas de independencia inter-variable demuestran que hay relación entre los envíos realizados entre las ciudades analizadas, razón por la cual se puede utilizar esta información para determinar que el análisis es válido para ubicar la empresa en cualquiera de las ciudades de origen, Las dispersiones muestran un índice de correlación entre los envíos con valores cercanos a 1.

Las Figuras 11 y 12 muestran algunas de las pruebas realizadas en la ciudad de Bogotá y Medellín.

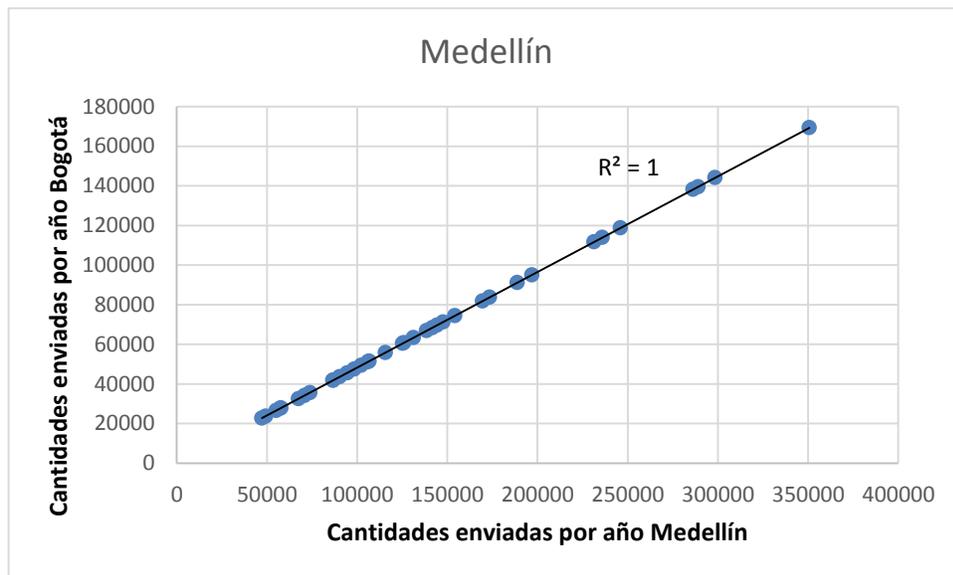
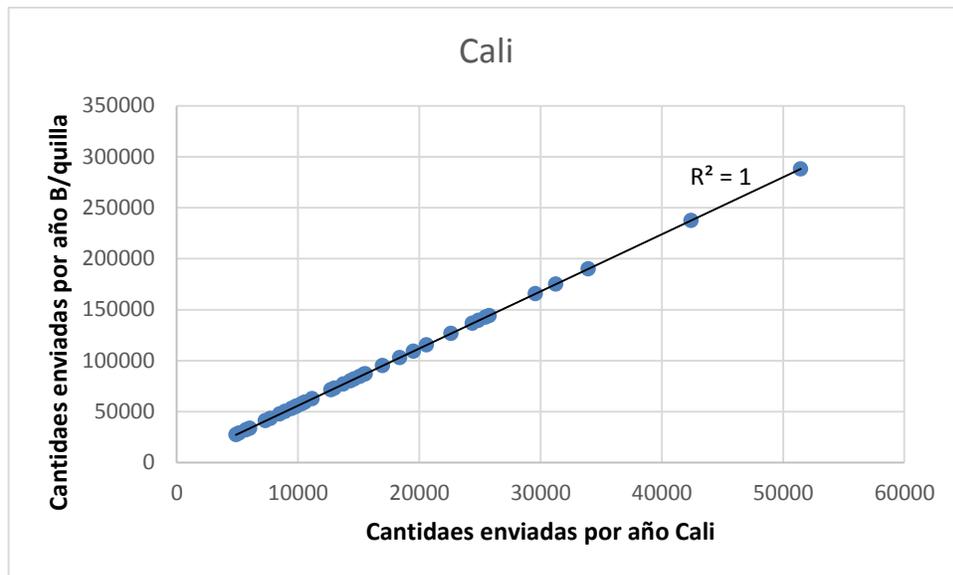


Figura 11. Prueba de independencia entre envíos de las ciudades de Bogotá y Medellín



**Figura 12. Prueba de independencia entre envíos de las ciudades de Barranquilla y Cali.**

La Tabla 29 muestra el resumen de la evaluación de independencia entre los diferentes envíos entre ciudades teniendo en cuenta el coeficiente de correlación, demostrando la dependencia existente entre esta variable sin importar la ciudad, indicando que sin importar la ciudad de origen los envíos tienen comportamientos bastante similares.

**Tabla 29. Correlación Envíos entre ciudades**

	Bogotá	Cali	Medellín	Barranquilla
Bogotá	1			
Cali	0.9989	1		
Medellín	0.9978	0.9899	1	
Barranquilla	0.9989	0.9989	0.9978	1

Finalmente se realiza una prueba intra-variable para determinar si entre los envíos de una misma ciudad se guarda alguna relación. Esta prueba es importante ya que da evidencia que los envíos son realizados por una distribución de probabilidad en caso de no presentarse ningún patrón ya sea en un primer o segundo orden.

La Figuras 13 y 14 evidencian que no hay relación de envíos pues los puntos graficados no presentan ningún patrón como en el caso anterior.

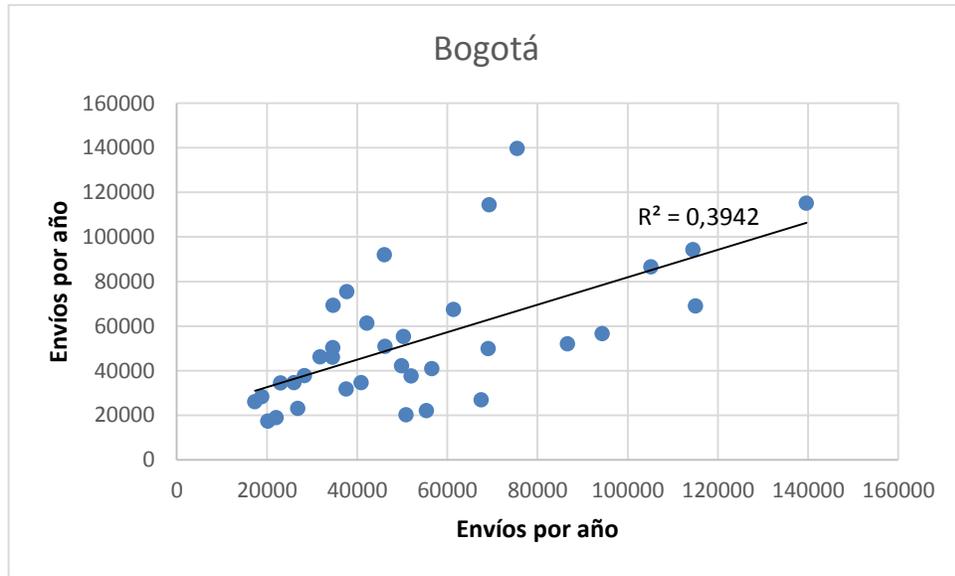


Figura 13. Envíos entre la ciudad de Bogotá, prueba de primer orden.

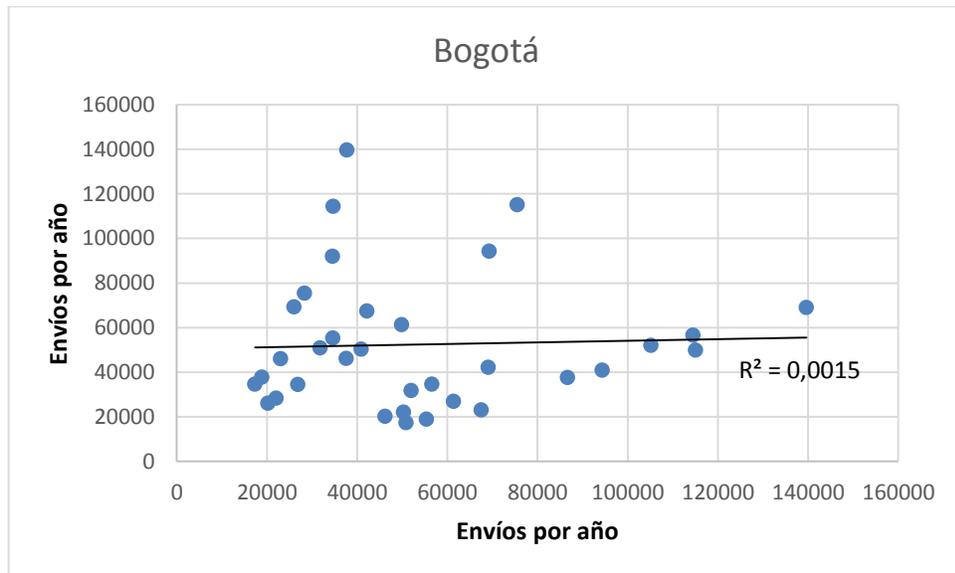


Figura 14. Envíos entre la ciudad de Bogotá, prueba de segundo orden.

Así cada uno de los envíos generados en cualquier ciudad resultan independientes de entre sí, lo que significa que no hay un patrón de envíos entre cada uno de los meses analizados. La Tabla 30 muestra el resumen para las correlaciones halladas en pruebas de primer orden (relación entre envíos con un mes de demora) para las cuatro ciudades analizadas.

**Tabla 30. Correlación Envíos (prueba primer orden)**

	Bogotá	Cali	Medellín	Barranquilla
Bogotá	0.632	0.628	0.629	0.623
Cali	0.632	0.628	0.629	0.623
Medellín	0.632	0.628	0.629	0.623
Barranquilla	0.632	0.628	0.629	0.623

#### 6.4.2 Pruebas de Homogeneidad

Para realizar esta prueba se promediaron los envíos de cada mismo mes para las diferentes ciudades, mediante la creación de tablas de contingencia pues son una de las formas más comunes de resumir datos categóricos como lo son los envíos de cada ciudad. En general, el interés se centra en estudiar si existe alguna asociación entre una variable fila calculando la intensidad de dicha asociación.

Una vez creadas las tablas de contingencia se aplicaron pruebas de medias para determinar si hay evidencia significativa (0.05) que la información se relacionan entre cada una de las ciudades. Si la prueba de medias no demuestra tener evidencia sobre esta diferencia en los envío, entonces se realiza para esas variables una prueba de varianza.

Para la prueba de diferencia de medias se desea contrastar las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

La prueba de varianzas contrasta las siguientes hipótesis:

$$H_0: \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$$

$$H_1: \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} \neq 1$$

**Tabla 31. Tabla de contingencia para envíos generados en la ciudad de Bogotá.**

	Bogota	Medellin	Cali	Barranquilla	Eje Cafetero	Otros
1	205567	99239	85062	42531	28354	248098
2	102783	49620	42531	21266	14177	124049
3	77088	37215	31898	15949	10633	93037
4	51392	24810	21266	10633	7089	62024
5	59957	28945	24810	12405	8270	72362
6	150749	72775	62379	31189	20793	181938
7	137044	66159	56708	28354	18903	165399
8	94218	45485	38987	19493	12996	113711
9	111349	53755	46075	23038	15358	134386
10	154175	74429	63797	31898	21266	186073
11	256958	124049	106328	53164	35443	310122
12	311776	150513	129011	64505	43004	376282
MEDIA	142755	68916	59071	29535	19690	172290
VAR	6385248029.4	1488119635.9	1093312385.5	273328096.4	121479153.9	9300747724.1

**Fuente: Autor**

Los resultados demuestran que la mayoría de los envíos no presentan ninguna relación como se evidencia en el Anexo 2. En algunos casos los envíos originados en alguna ciudad guardan relación con otros generados en la misma ciudad a otro destino diferente.

Un caso para resaltar es el presentado en las pruebas generadas para la ciudad de Cali, al realizar el análisis de medias se demuestra que no hay evidencia de que los envíos de la ciudad de Cali a las ciudades de Bogotá y Medellín sean diferentes, como lo demuestra la Tabla 32. Al aplicar una prueba de varianzas para estas variables se demuestra que la hipótesis nula no puede ser aceptada (Tabla 33).

**Tabla 33. Prueba Z para medias de muestras de envíos desde la ciudad de Cali a Medellín y Barranquilla.**

	Medellín	Barranquilla
Media	23211.6309	17136.1417
Varianza (conocida)	168530817	92007510.1

Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
$z$	1.30387533	
$P(Z \leq z)$ una cola	0.09613805	
Valor crítico de $z$ (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de $z$ (dos colas)	0.19227609	
Valor crítico de $z$ (dos colas)	1.95996398	

**Tabla 34. Prueba F para varianzas de dos muestras de envíos desde la ciudad de Cali a Medellín y Barranquilla.**

	<i>Medellín</i>	<i>Barranquilla</i>
Media	23211.6309	17136.1417
Varianza	168530817	92007510.1
Observaciones	12	12
Grados de libertad	11	11
F	1.83170718	
$P(F \leq f)$ una cola	0.16502746	
Valor crítico para F (una cola)	2.81793047	

Las pruebas demuestran que todos los envíos desde las principales ciudades del país analizadas a otras ciudades no presentan asociación, salvo algunos casos para envíos entre diferentes ciudades originados en una ciudad. Estos resultados no son relativos para el estudio a realizar debido a que solo se tendrán en cuenta los análisis de la ciudad de Bogotá, por ser la ciudad de origen de la empresa analizada.

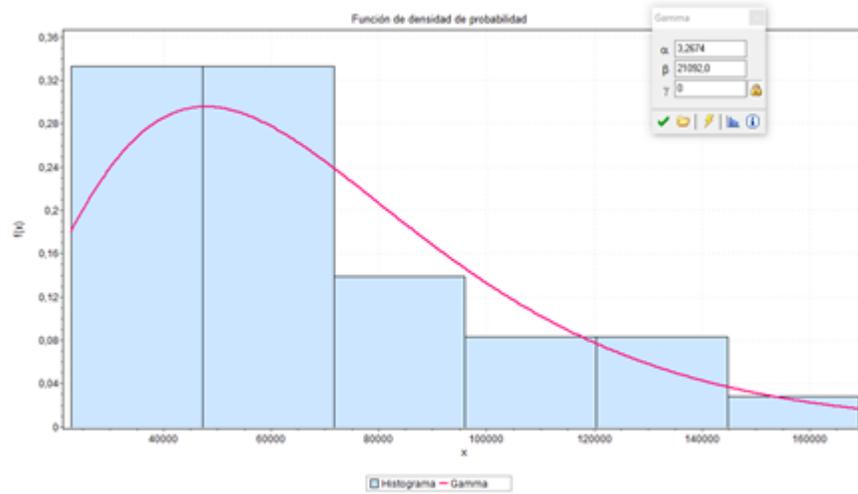
Tampoco se tendrán en cuenta los análisis para las ciudades del eje cafetero ni otros destinos pues para las configuraciones, por efectos de delimitación del sistema, solo se analizarán los envíos realizados desde la ciudad de Bogotá hacia las ciudades de Medellín, Cali y Barranquilla.

#### 6.4.3 Pruebas de Bondad de ajuste

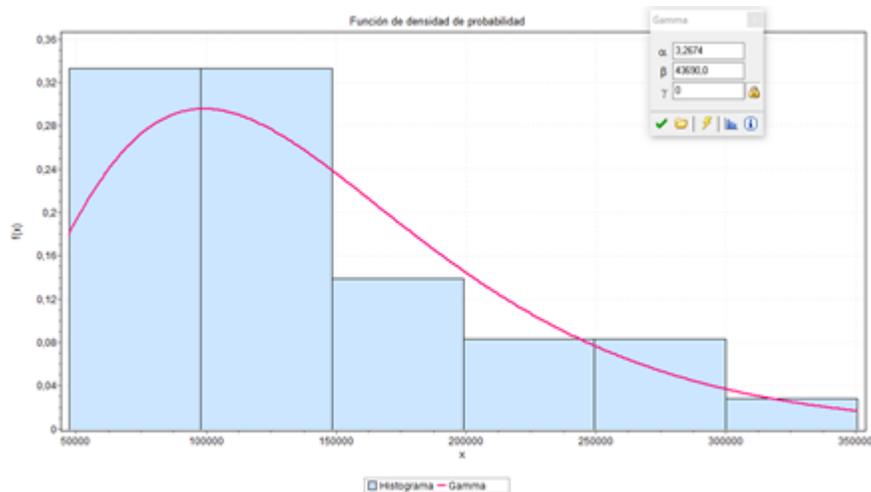
La bondad de ajuste de un modelo estadístico describe lo bien que se ajusta un conjunto de observaciones a una distribución de referencia. Las medidas de

bondad en general resumen la discrepancia entre los valores observados y los que valores esperados en el modelo de estudio (Barnett & Eisen, 1982).

Con lo anteriormente expuesto, mediante el uso de la versión gratuita del programa EasyFit, se desarrollaron las pruebas de bondad de ajuste para los envíos originados desde la ciudad de Bogotá a las ciudades destino Medellín, Cali, Barranquilla (y viceversa) y los envíos como destino la misma ciudad de Bogotá.



**Figura 15. Bondad de ajuste para envíos de la ciudad de Bogotá a Medellín (consolidado últimos tres años).**



**Figura 16. Bondad de ajuste para envíos de la ciudad de Bogotá a Cali. (Consolidado últimos tres años).**

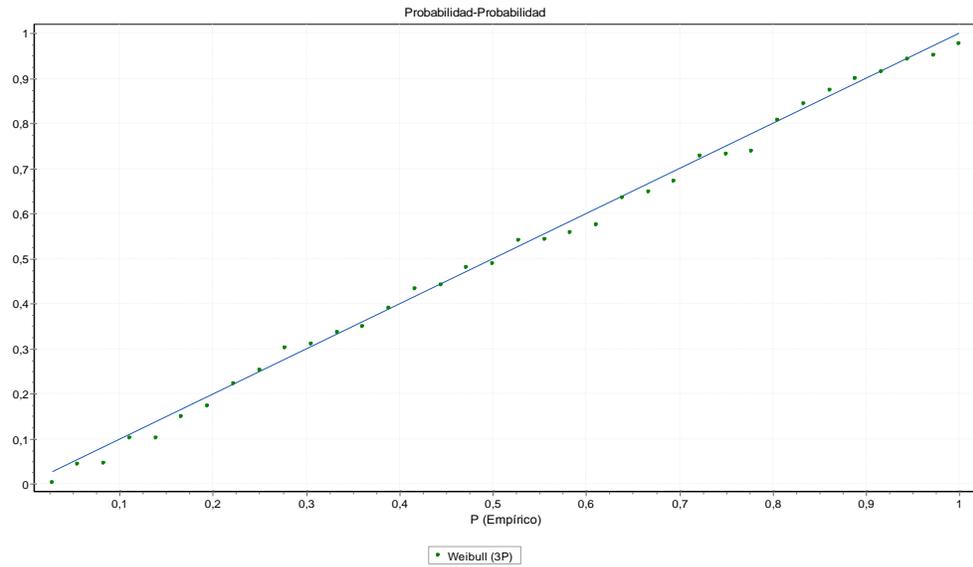
Como anteriormente se evidenció que hay diferencias entre cada uno de estos envíos cada uno de ellos se realizó por separado. Las Figuras 15 y 16 muestran los resultados gráficos para las pruebas de bondad de ajuste para envíos desde la ciudad de Bogotá a Medellín y Cali respectivamente.

Para seleccionar la distribución de probabilidad se analizaron primero los resultados de las pruebas de bondad de ajuste realizadas por el mismo programa, los cuales eran pruebas Kolmogorov - Smirnov, Chi cuadrado y Anderson-Darling, tal como se muestra su resumen en la Tabla 35. Se han seleccionado aquellas distribuciones con mejor ranking otorgado por el programa aplicado y además que pudieran ser generadas en MS. Excel. Las pruebas completas pueden revisarse en el Anexo 3.

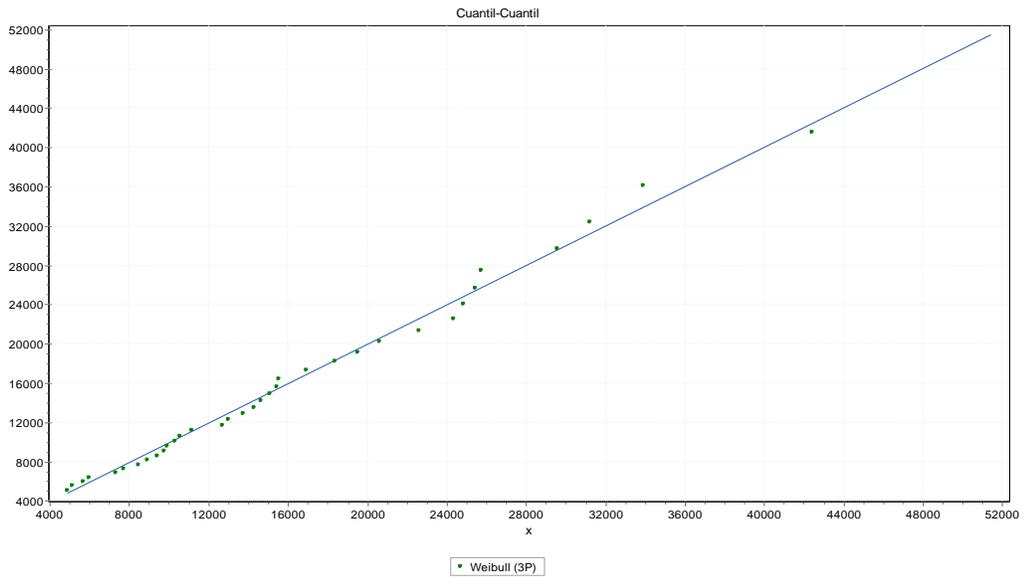
**Tabla 35. Resumen de pruebas de bondad de ajuste**

	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
BOGOTÁ	Gamma	0,06972	8	0,27554	19	0,17645	2
MEDELLÍN	Weibull	0,05169	5	0,12309	2	0,49001	13
CALI	Weibull	0,06147	5	0,20844	14	0,74388	15
BARRANQUILLA	Lognormal	0,0608	6	0,17775	9	0,26149	4

En segundo lugar se analizaron los resultados de las pruebas P-P Plot y Q-Q Plot, indicando las desviaciones entre las distribuciones de referencia y las resultantes del análisis, la Figura 17 muestra muestra la grafica P-P Plot para los envíos realizados desde la ciudad de Medellín a Cali y la Figura 18, la gráfica Q-Q Plot para los envíos desde la ciudad de Cali a Barranquilla.



**Figura 17. Gráfica P-P Plot. Bondad de ajuste para envíos de la ciudad de Medellín a Cali. (Consolidado últimos tres años).**



**Figura 18. Gráfica Q-Q Plot. Bondad de ajuste para envíos de la ciudad de Cali a Barranquilla. (Consolidado últimos tres años).**

Los análisis determinaron las funciones de densidad de probabilidad a utilizar para el modelo de simulación. Los resultados se presentan en la Tabla 36.

**Tabla 36. Resultados de las pruebas de Bondad de ajuste para la modelación.**

**FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD**

*DESTINO*

<i>ORIGEN</i>	<b>Bogotá</b>	<b>Medellín</b>	<b>Cali</b>	<b>Barranquilla</b>
<b>Bogotá</b>	G(3.2674;43690)	G(3.2674;21092)	G(3.2674;18079)	G(3.2674;9039.3)
<b>Medellín</b>	W(17794;43616;1.19)	W(24911;61062;1.162)	W(8896.8;21808;1.192)	W(6227;15266;1.196)
<b>Cali</b>	W(23214;67006;1.08)	W(9672;25316;1.05)	W(27083;7088.5;1.086)	W(4836;12658;1.085)
<b>Barranquilla</b>	LN(10.765;0.5442)	LN(10.137;0.54341)	LN(10.003;0.5442)	LN(10.746;0.5342)

Con esta información ahora se procede a la elaboración del modelo de simulación con el cual se desea analizar los beneficios de tener un sistema colaborativo para la distribución de envíos de mensajería expresa.

## 7. MODELO DE SISTEMA DE MENSAJERÍA EXPRESA

---

En las últimas décadas se han propuesto varias iniciativas de gestión de la cadena de suministro explicados por las teorías de organización, para mejorar su rendimiento, tales como Renga (Akkermans, 2001), Transaction cost theory (Williamson, 2008), Resource-based theory (Richey, Adams, & Dalela, 2012), TOE (Jean, Sinkovis, & Kim, 2014) las cuales han ayudado a mejorar la estructura, operaciones y el comportamiento de las organizaciones integrantes de una cadena de suministro. Sin embargo, la identificación de los beneficios de la colaboración sigue siendo un gran desafío para muchas cadenas de suministro. Para mejorar la competitividad de las cadenas de suministro colaborativas (SCC), todos los procesos deben ser evaluados periódicamente para evaluar el desempeño (Vereecke & Muylle, 2006). La medición del desempeño es sumamente indispensable para la mejora permanente y los servicios de mensajería expresa no son la excepción.

En esta investigación, la medición del desempeño de colaboración en una cadena de suministro para mensajería expresa actuará como una herramienta de prueba para identificar entorno propicio para colaborar. De igual forma el modelo propuesto incluye conceptos clave analizados anteriormente sobre 3PL y 4PL que ayuden a estructurar mejor la cadena para la tercerización del servicio de envíos. Se utiliza información real y un modelo de simulación para comparar los rendimientos de diferentes configuraciones de la cadena, especialmente aquellos sugeridos por la revisión literaria anterior. Este enfoque puede ayudar a los diferentes actores involucrados en los envíos de mensajería expresa para obtener el máximo beneficio de las relaciones colaborativas en la distribución de documentos.

## **7.1 GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA MENSAJERÍA EXPRESA**

---

La gestión de la cadena de suministro (SCM) organiza y tramita todo el proceso de las actividades de la red de suministro desde la entrega de envíos de los clientes en diferentes puntos de venta ya sean propios o mixtos, el transporte hasta los centros de proceso para continuar con el alistamiento y la zonificación, la distribución de envíos hasta los usuarios finales.

Tradicionalmente, la cadena de suministro (SC) es diseñada con un mayor enfoque en el movimiento de envíos en lugar de flujo de información. Debido a la creciente competencia en el sector de envíos de mensajería, las pequeñas empresas involucradas en el proceso de distribución han decidido cambiar la forma tradicional de funcionamiento, realizando la incorporación de servicios 3PLy 4PL, para adaptarse a la situación actual de competencia especialmente con las grandes compañías. En la actualidad la cadena de suministros debe generar valor a los usuarios de los servicios de mensajería mediante el control de los envíos y la información del estado del envío hasta el usuario final, esto con el fin de aumentar la satisfacción del cliente mediante la mejora de los servicios reduciendo los costos (Jaag, 2014).

Hoy en día, ante la volatilidad de los negocios, la reducción de costos y ofrecer buenos servicios a los clientes no son independientes de cualquier esfuerzo solitario de un miembro de una cadena de suministro, por lo tanto, es importante coordinar las actividades de la cadena de suministros de servicios de mensajería para simplificar la recolección, el procesamiento y la distribución (Ramanathan, 2014) de los envíos.

La colaboración entre los miembros de la cadena de suministros es un tema de interés para muchos investigadores (Cassivi, 2006); (Cao & Zhang, 2011); (Ramanathan, Gunasekaran, & Subramanian, 2011). En un intento de maximizar los beneficios de las SC, todos los miembros comparten información para tener

proceso de reposición efectiva (Montoya-Torres & Ortiz-Vargas, 2014). Las actividades de colaboración en la cadena de suministro ayudan a mejorar el rendimiento de los miembros que participan en un marco estructurado, con el objetivo de aumentar los beneficios mediante la mejora de los servicios logísticos (Angerhofer & Angelides, 2006).

Según (Angerhofer & Angelides, 2006) y (Ramanathan, 2014) si el entorno es propicio para la colaboración de las cadenas de suministro ayudará a las empresas a identificar las áreas a ser modificadas antes de su implementación. Sin embargo, no hay muchos artículos que demuestren los beneficios de la colaboración en cadenas de suministro en términos de disminución de costos, mejoras en emisiones contaminantes, evaluación de rendimiento de servicios tercerizados, los cuales fueron analizados en la revisión literatura anteriormente en esta investigación. La mayoría de los estudios antes mencionados han confirmado el papel de los socios de la cadena de suministro y su participación en el rendimiento y el beneficio económico. Sin embargo, no existe ningún estudio específico que se analiza en detalle estos aspectos en las cadenas de suministro para servicios de mensajería expresa.

Adicionalmente, 4PL ayudará a la convergencia de la tecnología y la rápida aceleración de e-capacidades como agente integrador global que cubra las actividades de la cadena de suministro de servicios de mensajería.

## **7.2 REVISIÓN DE LITERATURA**

---

Para el desarrollo del modelo de simulación se ha tenido en cuenta diferentes factores mencionados por la literatura especializada en colaboración de la cadena de suministro. Esta información es complementaria a la analizada en el capítulo de dedicado al análisis de literatura en los capítulos 2, 3 y 4.

### **7.2.1 Colaboración y distribución.**

Las soluciones de colaboración en sistemas de distribución capitalizan sinergias a través de la cadena de suministro. Hay una serie de beneficios que pueden derivarse de esta sinergia (Chester, 2016):

- Reducción de población a servir por medios propios.
- Menores costos de transporte
- Reducción de la congestión del tráfico
- Menos uso de energía
- La reducción de las emisiones de CO2

La colaboración indica la intención de gestión para el desarrollo del conocimiento por medios colectivos e inter-apoyo. Las organizaciones empresariales ven la colaboración como una oportunidad para mejorar su competitividad y la eficiencia, y las autoridades. Según (Mačiulienė & Skaržauskienė, 2016) la colaboración ayuda a las organizaciones a mejorar su capacidad para la creatividad, la capacidad para la agregación de los conocimientos y la capacidad para la toma de decisiones.

#### 7.2.2 Mejor capacidad de entrega.

La percepción de riesgo de los clientes de una cadena de servicio de mensajería expresa ayuda a motivar a los integrantes de la cadena para mejorar las capacidades de integración y así lograr aumentar la capacidad de recuperación ante las calamidades que ella conlleva. Además, la percepción de los riesgos externos a una cadena de suministro en realidad reduce el esfuerzo de despliegue de capacidades externas para obtener la resiliencia en los servicios de mensajería expresa, estos riesgos por lo general se evidencian en la capacidad de entregas a tiempo. Según (Brusset & Teller, 2016), los recursos y capacidades de los sistemas colaborativos proporcionan diferentes resultados en términos de la capacidad de recuperación ante las dificultades, dependiendo de los factores de riesgo de la cadena de suministro, en la cadena de mensajería expresa se evidencia en la mejora en la capacidad de entrega, al hacer uso de la red de distribución del tercero colaborador.

#### 7.2.3 Desarrollo de medidas de desempeño para la colaboración cadena de suministro

Los modelos de colaboración en la cadena de suministros se clasifican principalmente en dos categorías: los modelos de medición del rendimiento y los marcos de toma de decisiones. En general, estos dos tipos de modelos están interrelacionados entre sí en su modo de funcionamiento con respecto a la causa y efecto (Ramanathan, 2014). Por ejemplo, la medición del desempeño dará lugar a la toma de decisiones y las decisiones conducirán a mejorar el rendimiento futuro. El principal propósito de medir el rendimiento de la red es identificar los problemas con el fin de mejorar la eficiencia.

Hoy en día, muchas empresas están tratando de maximizar los beneficios mediante la mejora de la calidad de los productos y servicios a los usuarios finales mediante la reducción del costo. El ahorro de costes tales como minimizar el costo de la logística, posiblemente, puede ser uno de los motores más importantes de colaboraciones (Chen & Chen, 2005) desarrollaron un modelo matemático para la reposición conjunta en el proceso de reducción de costos. En muchos casos la colaboración demostró ser una herramienta prometedora para aumentar el rendimiento del negocio, ventas, ingresos y ganancias (Ramanathan, 2012).

En la presente investigación, los ingresos por servicios y los costos involucrados en la prestación del mismo serán utilizados para cuantificar los objetivos financieros del sistema desde el punto de vista colaborativo. En general, el costo implica costos fijos y costos variables tales como el costo de zonificación, operación, distribución. Otros costos variables ocultos no se incluyen con el propósito de cálculos, por consiguiente puede que la utilidad calculada solo sea teórica.

La retención del cliente se está convirtiendo en un gran desafío en el mercado de negocios competitivo actual, el cual es uno de los problemas que presentan los sistemas de mensajería expresa al no contar con un nivel de entregas a tiempo adecuado, aumentos en las devoluciones por encima de lo universalmente establecido para este tipo de negocio. Por tal motivo la mejora el rendimiento del negocio a través de la colaboración en la cadena de suministros de mensajería

expresa puede ayudar a atraer y retener a los clientes (Matchette & Seikel, 2004). La lealtad del cliente también puede ser construido por actividades eficaces propias de la cadena. Por ejemplo, haciendo balance de entregas de envíos en el momento adecuado en el lugar adecuado en los tiempos de entrega adecuados ayudará a atraer y retener a los clientes, especialmente los denominados crédito o institucionales. Esto se puede lograr a través de una colaboración más amplia de todos los miembros de la cadena de suministro involucrados en un sistema colaborativo. La lealtad del cliente también se puede lograr si las actividades de la cadena incluyen el servicio al cliente, tales como la aceptación y la gestión de devoluciones de productos, logrados a través de sistemas de información que permitan una trazabilidad en tiempo real de los envíos.

Mejorando el rendimiento general, tanto en términos de calidad y servicio en la cadena de servicios de mensajería expresa colaborativa, junto con otros objetivos de negocio tales como maximizar las ganancias y minimizar los costos son las características comunes subyacentes de los sistemas colaborativos (Ramanathan, 2014).

### **7.3 METODOLOGÍA**

---

Evaluación del funcionamiento de la colaboración en la cadena de suministro es una tarea compleja y la investigación sobre este tema se encuentra aún en sus inicios. La simulación Montecarlo fue tomada en cuenta para la presente investigación.

En el presente trabajo, la simulación Montecarlo se empleó para identificar el rendimiento de la colaboración en los servicios de distribución de mensajería expresa basado en los factores más relevantes del análisis jerárquico analítico anteriormente realizado. Para inicializar el proceso de simulación, se utiliza el enfoque matemático básico mediante el uso de MS Excel. Todas las mediciones se realizan en términos de relación para evitar el uso de unidades mixtas según lo indicado en estudios similares (Ramanathan, 2014). Algunos investigadores han

usado simulación dinámica para el análisis de la colaboración en cadenas de suministro (Angerhofer & Angelides, 2006), otros se han enfocado por la simulación por agentes (Long, 2016).

Esta investigación desea establecer vínculos entre todos los factores de coordinación que influyen en la colaboración de un sistema para el envío de documentos y paquetes hasta 5 kg mediante el servicio de mensajería expresa. Según (Angerhofer & Angelides, 2006) el rendimiento de la cadena de suministro es medido mediante la satisfacción y amplificación de la demanda. Para en el caso de la cadena colaborativa de servicios de mensajería expresa, la importancia de la colaboración radica en la estrategia para la reducción de costos por transporte; de alistamiento y zonificación en zonas donde los servicios no son atendidos de forma directa y la reducción del lead time para la entrega a clientes finales, mediante el uso de otras redes de distribución (de terceros) que permitan tener una estrategia de colaboración. Igualmente el modelo contempla las devoluciones de documentos por diversas causas, reflejadas igualmente en el rendimiento.

Recientemente en los servicios de mensajería se ha evidenciado, por experiencia del autor, que muchas compañías colaboran para diferentes propósitos tales como la logística, la reducción de costos y la expansión del negocio a zonas donde otros operadores no ofrecen el servicio. En la literatura, el grado de colaboración no está vinculado con el desempeño de las cadenas de suministros, en especial para el sector del presente estudio, de una manera efectiva (Danese, 2007); (Ramanathan, 2014). La presente investigación basada en el análisis de literatura y prácticas reales en empresas del sector de envíos de mensajería expresa, se plantea cuatro factores importantes de colaboración: costos por zonificación, costos de transporte, kilómetro recorrido promedio, emisiones emitidas.

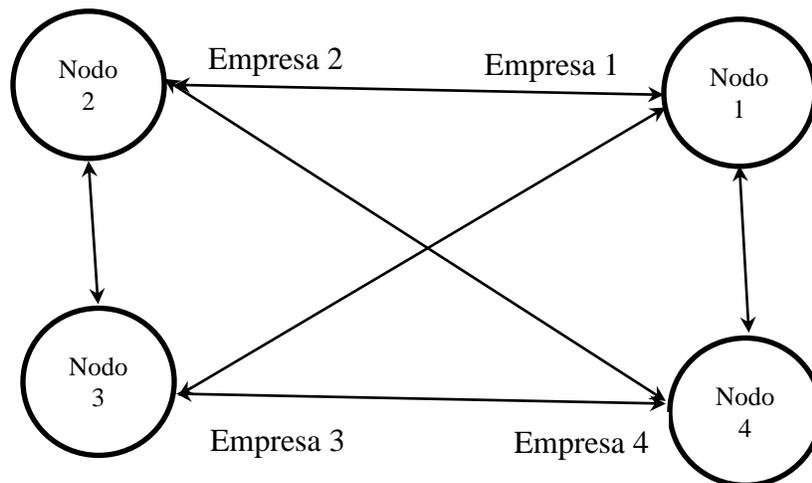
De manera particular, el presente estudio examina una de las nuevas formas de calcular impacto en la cadena de suministro. El modelo desarrollado, utilizando los nuevos parámetros para el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> (Li, 2015), son un

elemento esencial de la futura cadena de suministro de servicios de mensajería expresa, para determinar el impacto de las principales prácticas.

Para efectos de la presente investigación se ha contactado una empresa de mensajería expresa de la ciudad de Bogotá que desea realizar prácticas de cadena de suministro colaborativa. Igualmente se ha contactado a diferentes empresas del sector en diferentes ciudades del país, por medio de encuestas estructuradas, como resultado más relevante de estas, se determinó que en promedio el nivel de deserción de los clientes es del 70% por problemas de cobertura en su red de distribución, tiempo de entrega, cumplimiento y sistema de información que permita la trazabilidad de los envíos. Para realizar el desarrollo de la presente investigación se ha decidido simular los efectos de estructurar sistemas colaborativos para diferentes empresas en las cuatro ciudades con mayor cantidad de envíos realizados en los últimos tres años, según lo analizado en el capítulo anterior, la información correspondiente fue simulada utilizando Excel. Se ha realizado una comparaciones cuando la empresa realiza sus envíos de forma independiente y otras con la colaboración de las empresas simuladas en diferentes escenarios como los son el nivel de captación de envíos del total nacional, el número de nodos o ciudades en las cuales se adelantan los servicios de colaboración.

En la Figura 19 se muestra el sistema simulado de envíos de mensajería expresa de documentos para las cuatro ciudades elegidas, el modelo de simulación no contempla aspectos operativos como lo son las rutas asignadas a cada mensajero, en su lugar, basados en la experiencia de las empresas encuestadas se ha determinado la distancia promedio recorrida por un mensajero, el promedio de envíos asignados a cada uno, el peso promedio de los documentos enviados, con lo cual se puede calcular la carga máxima para cada mensajero. El modelo propuesto únicamente expresa aspectos tácticos para la utilización de un sistema colaborativo para envíos prestados con el servicio de mensajería expresa como lo son el número de envíos realizados en un mes promedio, despachos realizados a

otros nodos, el cálculo de capacidades de zonificación, operación interna, distribución y recolección de documentos, captación de documentos sobre el total en cada nodo, niveles de devoluciones en primera, segunda y tercera vuelta (máximo establecido antes de desestimar la entrega del documento).. Con esta información se calcularon los costos totales asociados, tanto en el sistema actual y el propuesto colaborativo para cada escenario, las utilidades y la generación de emisiones de CO<sub>2</sub>.



**Figura 19. Esquema de sistema colaborativo a analizar**

A continuación, se describen los principales parámetros calculados para la determinación de los diferentes escenarios, la información correspondiente ha sido suministrada por la empresa analizada para esta investigación:

- Cantidad de envíos de nodo a nodo mercado Total:  $Cmnt_{i,j}$
- Porcentaje de captación actual de mercado en cada nodo "i":  $\%Cm_i$
- Porcentaje de captación de mercado en cada nodo "i":  $\%Cm_{i,j}$
- Cantidad de envíos actuales vendidos en el nodo "i":  $Va_i$
- Total de envíos nuevos vendidos en el nodo "i":  $V_i = \sum_{j=1}^J V_{i,j} \quad \forall i = 1,2,..I$
- Porcentaje de envíos que son desplazados de nodo a nodo:  $\%C_{i,j}$
- Cantidad de envíos de nodo a nodo colaborativo:  $Cnn_{i,j} = Va_i * \%C_{i,j}$
- Cantidades recibidas desde nodos colaborativos:  $Cnn'_{i,j}$

- Cantidad de envíos distribuidos Actual en el nodo "i":  $Cda_i$
- Porcentaje de envíos que son devueltos:  $\%Dev$
- Tarifa Promedio del mercado (Envío Nacional) por kilogramo:  $Tpm$
- Peso Promedio de uno (1) envío:  $Ppe$
- Precio de venta urbano:  $Pu$
- Tarifa de distribución actual:  $Tda$
- Tarifa de distribución colaborativa:  $Tdc$
- Peso promedio documento recibido:  $PeIn$
- Peso promedio documento enviado:  $PeOut$
- Distancia promedio entre nodos:  $Dp_{i,j}$
- Distancia variable recorridos urbanos:  $Du_i$
- Devoluciones Primera vuelta:  $CDev1_i$
- Devoluciones Segunda vuelta:  $CDev2_i$
- Devoluciones Tercera vuelta:  $CDev3_i$
- Inversión en tecnología amortizada:  $II_i$
- Costo emisión por gramo transportado  $CE$

Los indicadores de gestión calculados para el sistema de colaboración de una cadena de distribución de documentos mediante mensajería expresa fueron los siguientes:

- Cantidad de envíos nuevos vendidos en el nodo "i":  

$$V_{i,j} = Cnnt_{i,j} X \% Cm_{i,j} \forall i = 1,2, \dots, I; j = 1,2, \dots, J$$

(4)

La ecuación (4) determina los envíos nuevos que se generan al entrar en operaciones el sistema colaborativo para envíos de documentos en cada uno de los nodos establecidos.

- Cantidad de Zonificadores  $CZR_i = \frac{Cda_i + V_i + \sum_{j=1}^J Cnn_{i,j}}{CZmax} \forall i = 1,2, \dots, I$  (5)

Por medio de las ecuaciones (5), (6), (7) se calculan el número de zonificadores, operadores y mensajeros en cada nodo que son necesarios para atender en número de envíos de documentos en toda la red.

- Cantidad de Operadores  $COR_I = \frac{Cda_i + V_i}{CO_{max}} \forall i = 1, 2, \dots, I$  (6)

- Cantidad de mensajeros  $CMR_I = \frac{Cda_i + V_i + \sum_{j=1}^J Cnn_{i,j}}{CM_{max}} \forall i = 1, 2, \dots, I$  (7)

Las ecuaciones (4), (5), (6), y (7) deben redondearse al entero superior.

La ecuación (8) expresa los costos mensuales de distribución en cada uno de los nodos.

- Costo promedio de distribución  $Cpd_i = \frac{CM * CMR_I}{Cda_i + V_i + \sum_{j=1}^J Cnn_{i,j} + \sum_{j=1}^J Cnn'_{i,j}}$   
 $\forall i = 1, 2, \dots, I$   
 (8)

Las ecuaciones (9) y (10) calculan los costos totales para envíos entre los diferentes nodos y a nivel urbano respectivamente.

- Costo total de envío unitario  $CTU_i = CA_i + CZ_i + Cpd_i + CDev2_i + CDev3_i + CDev1_i$  (9)

- Costos Totales Unitarios Envío Urbano de Otros Operadores  $CTUOO_i = CZ_i + Cpd_i + CDev2_i + CDev3_i + CDev1_i$  (10)

Las utilidades totales han sido calculadas para el sistema actual, donde cada nodo trabaja independientemente, y el sistema propuesto por medio de las ecuaciones (11) y (12).

- Utilidad total nodo "i" sin colaboración  $UT_i = Cda_i * Tda + Va_i * Tca - [(Cda_i + Va_i) * CTUOO_i]$  (11)

- Utilidad total con sistema colaborativo  $UTC_i = UT_i + V_{i,j} * Pu + V'_{i,j} * Pn + Cnn'_{i,j} * Tdc - [Cfv_i + Cfd_i + V_{i,j} * CTU_i + \sum_{i=1}^I II_i + \sum_{j=1}^J Cnn'_{i,j} * CTUOO_i] \forall i = 1, 2, \dots, I$  (12)

Como novedad se han calculado las emisiones de CO<sub>2</sub> tanto para el sistema actual como para el colaborativo propuesto, esto se realiza por medio de las ecuaciones (13), (14) y (15), basado en (Li, 2015).

- Compensaciones emisiones CO<sub>2</sub> por unidad distribuida  $CCO_2 = EP * CE * [(PeIn + PeOut)/2]$  (13)

- Emisiones promedio  $EP = [\sum_{i=1}^I (ECO_i / Cda_i) / I]$  (14)

- Emisiones de CO<sub>2</sub> actual:  $ECO_i = Dp_{i,j} * Ce_K * NM_i * Ppe$  (15)

Adicionalmente es posible calcular el grado de colaboración al que se llega en la cadena de suministros para envíos de documentos por medio de mensajería expresa. La ecuación (16) basada en (Ramanathan, 2014) expresa como el grado de colaboración está relacionado con el nivel de inversión en tecnología de cada uno de los integrantes del sistema colaborativo. Para el caso del sistema propuesto analizado en la presente investigación se ha determinado que las dos primeras expresiones son iguales a 1 debido a que solo se ha contemplado una sola empresa en cada nodo y se asume que estas son vinculadas al sistema operativo sin tener en cuenta su fecha de creación.

- $GC = \frac{\text{Número de socios del sistema}}{\text{Número de nodos de la cadena}} + \frac{\text{años de vinculación al sistema colaborativo}}{\text{años totales de creación de la empresa}} + \frac{\text{Inversión en tecnología para el sistema colaborativo}}{\text{inversiones en mantenimiento de tecnología y capacitaciones}}$  (16)

### 7.3.1 Validación del modelo

Para la validación del modelo se compararon los resultados de una corrida contra los históricos recolectados en cada uno de los nodos analizados. Inicialmente se desarrolló un modelo en el cual se contempla la distribución de envíos a cuatro ciudades del país por intermedio de 4 diferentes empresas que generarían un

contrato de colaboración con una captación del 1.5% del total del mercado distribuido en un mes cualquiera del año.

La metodología utilizada fue seguida según (Barrales, Peña, & Fernández de la Reguera, 2004) estableciendo que la validación del modelo de simulación puede ser resuelto por un procedimiento que considera una definición de la exactitud requerida, una cuantificación de la exactitud alcanzada, y un método objetivo para decidir si esta última exactitud corresponde con aquella requerida. Partiendo de estadígrafo  $\chi^2$  de bondad de ajuste, propone que, si la variable aleatoria  $x_i$  se distribuye normal, las siguientes dos expresiones generales para probar la magnitud de las diferencias ( $d_i$ ) entre valores estimados ( $x_i$ ) y reales ( $\mu_i$ ), se distribuyen como  $\chi^2$  con  $n$  grados de libertad:

$$\frac{Z_{1-\alpha/2}^2}{p^2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{\mu_i}\right)^2 \quad (17)$$

La validación consistió en determinar si las diferencias observadas, sin importar su fuente, pueden ser toleradas; según Freese (1960) mencionado por (Barrales, et al., 2004) el error puede expresarse en un porcentaje del valor  $\mu_i$ , fijado en 15% y  $\alpha$  en 0,05. Haciendo uso de la ecuación (17) se calculó el valor de  $\chi^2$  para cada uno de los nodos establecidos en la simulación (Anexo 4). La Tabla 37 muestra el resumen de esta validación.

**Tabla 37. Valores para validación de modelo de simulación**

	P(value)	$\left(\frac{Z_{1-\alpha/2}^2}{p^2}\right) \sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{\mu_i}\right)^2$
Bogotá	0,99551315	17,6918
Medellín	0,92933749	24,3860
Cali	0,97727923	21,0954
Barranquilla	0,88175276	26,3096

Así, presentada la construcción del modelo, sus variaciones por escenario, y posteriormente realizada su validación se procede a la experimentación, la cual se presenta a continuación.

En la tabla 38 se muestra un resumen de las variables resultado en el modelo con el escenario 4 nodos. El Anexo 5 muestra los histogramas que representan los resultados de las variables del modelo de simulación.

**Tabla 38. Resumen de las variables resultado en el modelo**

	Costo de distribución por unidad	Compensación emisiones CO2 por unidad	Emisiones por Unidad	Utilidad operativa
Distribución	W(3.12, 254.74, 395.59)	LN(0.505, 0.240)	W(2.258, 0,063, 0.0502)	LN(17.158, 0.222)
Pvalue	0,03779	0,03494	0,03752	0,03483

## 7.4 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se presenta el diseño de la experimentación realizada, su simulación y los resultados obtenidos. Se presentan además los resultados de las pruebas estadísticas realizadas, con el fin de identificar las diferencias significativas entre cada una de las estrategias planteadas.

El modelo desarrollado es simulado en diversos escenarios, la Tabla 39 muestra las diferentes combinaciones simuladas.

**Tabla 39. Escenarios para la experimentación con el modelo de simulación**

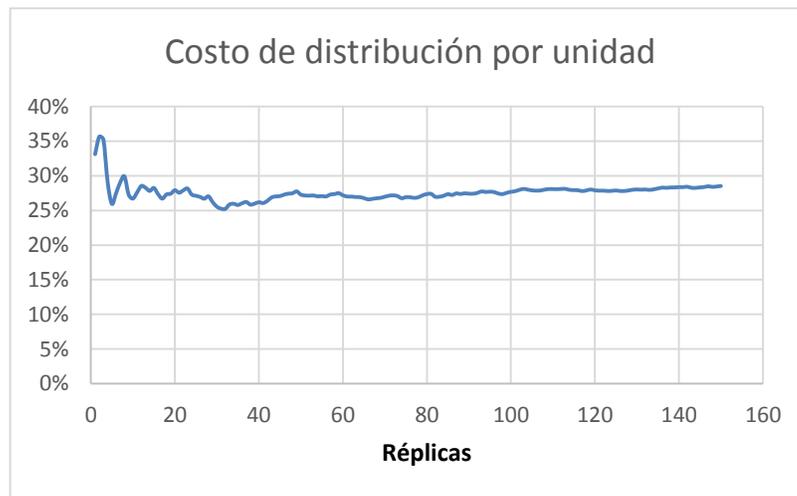
Nodos	Capacidad de captación del mercado		
	Máxima	Media	Baja
2	A	B	C
3	D	E	F
4	G	H	I

Para el cálculo del tamaño de la muestra o réplicas para cada escenario se ha utilizado la expresión (17) en la cual se han establecido como  $n$  = tamaño de la muestra,  $Z$  = nivel de confianza,  $p$  = probabilidad de éxito, o proporción esperada,  $q$  = probabilidad de fracaso,  $d$  = precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

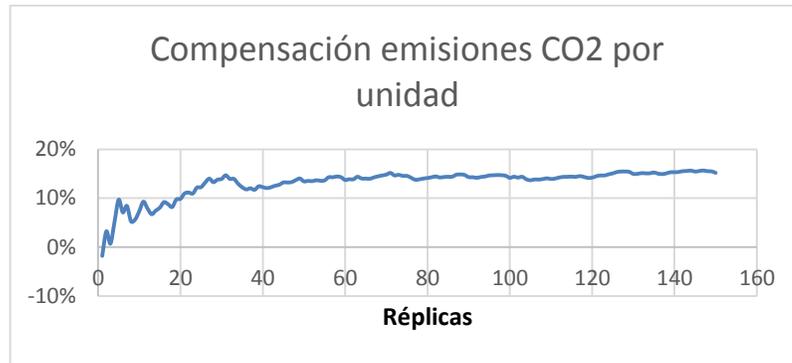
$$n = \frac{Z^2 * p * q}{d^2} \quad (17)$$

Según (Díaz-Emparanza, 1995) se han utilizado como nivel de confianza: 1,96, probabilidad de éxito: 0.95; probabilidad de fracaso: 0.05 y nivel de precisión: 0,035. Como resultado se obtiene un número de réplicas para el estudio de simulación de 148,8 el cual se aproxima a 150.

Los resultados indican que las diferentes réplicas se convierten en estables, como se evidencia en las Figuras 20 a 22, determinando que el número de réplicas son suficientes para poder inferir en el sistema.



**Figura 20. Costo promedio de distribución por unidad para escenario G.**

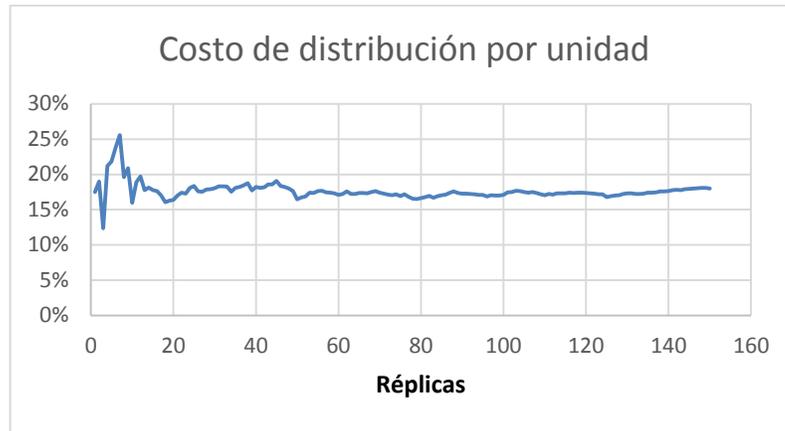


**Figura 21. Compensación emisiones CO<sub>2</sub> por unidad para escenario A.**

Igualmente en cada una de las réplicas realizadas en cada escenario se han de terminado los valores medios, desviación estándar y el intervalo de confianza en el cual se deben ajustar los valores simulados con índice de confianza de 0,95 %. En la Tabla 40 se muestra el resultado de las simulaciones para el escenario del modelo con dos nodos (Bogotá y Medellín) en donde en cada uno opera una empresa bajo el esquema colaborativo. Los resultados completos pueden ser observados en el Anexo 6.

**Tabla 40. Resultado de réplicas para el escenario del modelo con dos nodos (Bogotá y Medellín)**

	Costo de distribución por unidad	Compensación emisiones CO <sub>2</sub> por unidad	Emisiones por Unidad	Costo total distribución por unidad	Utilidad operativa
Media	5%	15%	18%	5%	434%
Desviación	22,38%	18,85%	33,10%	22,32%	320,19%
Intervalo confianza	3,58%	3,02%	5,30%	3,57%	51,24%
Lim Sup	8,88%	18,19%	23,02%	9,01%	485,31%
Lim Inf	1,72%	12,15%	12,43%	1,86%	382,83%



**Figura 22. Utilidades operativas por unidad para escenario A.**

Para efectos del análisis de resultados se ha determinado realizar un diseño factorial  $2^2$  con el fin de interpretar mejor los resultados de las simulaciones. Para este diseño se ha tenido en cuenta los niveles máximos y mínimos de cada uno de los factores analizados (Factor A: Nodos; factor B: captación del mercado). Igualmente se evalúa el factor resultante por interacción (AB).

Para determinar cuáles de los tres efectos están activos y son significativos se procede a probar las hipótesis dadas por:

$$H_0: \text{Efecto } A = 0$$

$$H_0: \text{Efecto } B = 0$$

$$H_0: \text{Efecto } AB = 0$$

La información para la realización de la tabla ANOVA se ha determinado por los valores máximos y mínimos en cada uno de los indicadores a analizar (costo de distribución, compensaciones en emisiones de CO<sub>2</sub>, utilidades operativas), el valor promedio y una muestra al azar de las 150 réplicas realizadas. De esta forma los valores a analizar para cada indicador se muestran en las Tablas 41 a 43.

**Tabla 41. Valores para DOE costo de distribución**

A: NODO	B: CAPTACIÓN DEL MERCADO	Costo de distribución por unidad	TOTAL	Símbolo
---------	--------------------------	----------------------------------	-------	---------

2	0.6%	46.23%	-30.98%	11.06%	13.82%	40.12%	(1)
4	0.6%	46.00%	-7.92%	22.47%	23.42%	83.97%	a
2	1.5%	54.02%	-84.78%	5.30%	9.48%	-15.98%	b
4	1.5%	48.39%	-6.96%	28.52%	29.42%	99.37%	ab

**Tabla 42. Valores para DOE compensación emisiones**

A: NODO	B: CAPTACIÓN DEL MERCADO	Compensación emisiones CO2 por unidad				TOTAL	Símbolo
2	0.6%	46%	-31%	11%	14%	40.12%	(1)
4	0.6%	46%	-8%	22%	23%	83.97%	a
2	1.5%	50%	-40%	15%	18%	43.46%	b
4	1.5%	64%	-3%	32%	33%	125.61%	ab

**Tabla 43. Valores para DOE Utilidad operativa**

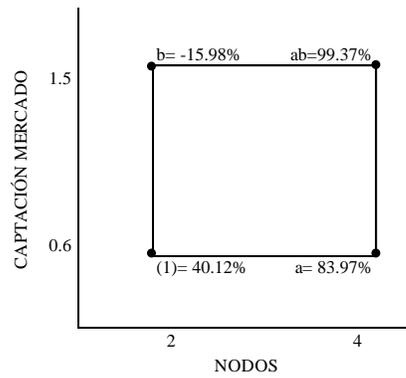
A: NODO	B: CAPTACIÓN DEL MERCADO	Utilidad operativa				TOTAL	Símbolo
2	0.6%	917%	-616%	216%	204%	720.14%	(1)
4	0.6%	415%	137%	197%	190%	938.98%	a
2	1.5%	1944%	-2362%	434%	397%	413.00%	b
4	1.5%	567%	248%	330%	325%	1469.67%	ab

Posteriormente para cada uno de los indicadores se determinaron los efectos. La Tabla 44 indica los efectos de cada uno de los experimentos desarrollados.

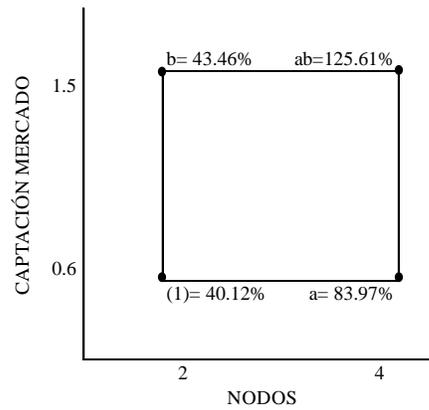
**Tabla 44. Efectos estimados de cada uno de los experimentos**

Símbolo	EFECTOS ESTIMADOS		
	Costo de distribución	Compensación emisiones CO2	Utilidad operativa
a	19.90%	15.75%	159.44%
b	-5.09%	5.62%	27.94%
ab	8.94%	4.79%	104.73%

La aplicación de los principios básicos del diseño de experimentos se aprecia en que los valores de las 16 corridas realizadas en cada uno surgen de la aplicación del modelo determinando valores aleatorios, tomando 4 repeticiones del mismo. Las representaciones geométricas del de los experimentos se muestran en las Figuras 23 a 25, observando la relación entre las unidades originales y las unidades codificadas, así como el significado de la notación de *Yates*.

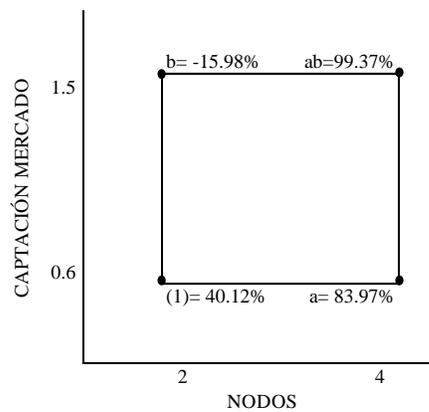


**Figura 23. Representación geométrica costo distribución**



**Figura 24. Representación geométrica Compensaciones emisiones CO<sub>2</sub>**

**Fuente: Autor**



**Figura 25. Representación geométrica Utilidades operativas**

**Fuente: Autor**

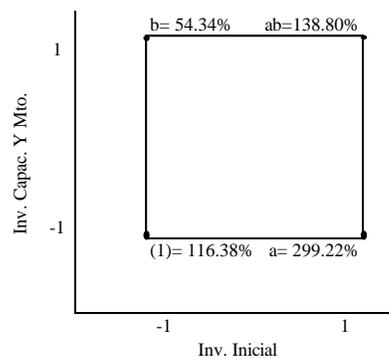
Para el análisis del grado de integración los factores analizados son el resultado de las dos variables expresadas en la ecuación 16. Las tablas que representan el experimento y su representación se presentan a continuación.

**Tabla 45. Valores para DOE para grado de colaboración**

A: Inversión Inicial	B: Inversión capacitación y mto.	Grado de colaboración				TOTAL	Símbolo
Min	Min	28.57	31.37	25.88	30.56	116.38	(1)
Max	Min	72.62	67.97	75.29	83.33	299.22	a
Min	Max	10.00	17.65	12.94	13.75	54.34	b
Max	Max	25.42	38.24	37.65	37.50	138.80	ab

**Tabla 46. Efectos estimados para grado de colaboración**

Símbolo	EFFECTOS ESTIMADOS
a	33.41
b	-27.81
ab	-12.30



**Figura 26. Representación geométrica grado de colaboración.**

Los resultados de los análisis ANOVA mostrados en las Tablas 47 a 49 indican que se puede argumentar que el número de nodos o empresas vinculadas al sistema colaborativo no tienen efecto significativo sobre el costo de distribución, las emisiones de CO<sub>2</sub>, en las utilidades operativas su efecto no es concluyente debido a que el resultado ANOVA se encuentra cerca al nivel de significancia de la prueba (0.05). Igualmente las captaciones del mercado de envíos de mensajería

expresa no presentan evidencia significativa en el efecto producido en las emisiones de CO<sub>2</sub> pero si en las utilidades operativas del sistema. Como se analizaron dos factores, la información relevante de los experimentos se encuentra en las Figuras 25 a 27 puesto que la interacción tiene prioridad con respecto a los efectos principales.

**Tabla 47. ANOVA para experimento costo distribución**

F.V	S.C.	G.L.	C.M.	Fo
A	15.84%	1	0.158396	1.1706804
B	1.04%	1	0.010351	0.0765028
AB	3.20%	1	0.0319563	0.2361842
Error	162.36%	12	0.1353025	
Total	182.43%	15		

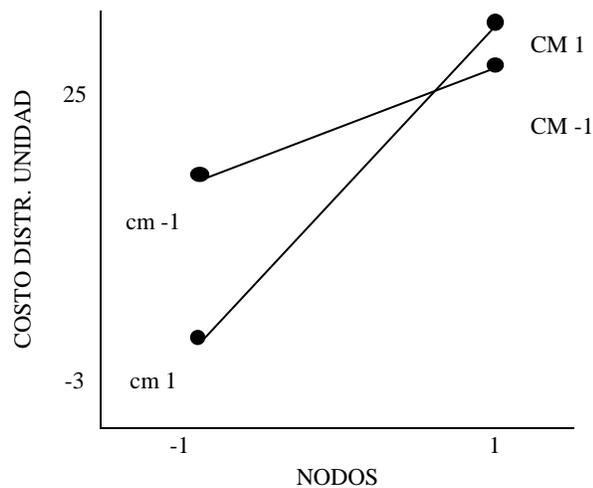
**Tabla 48. ANOVA para experimento Compensaciones emisiones CO<sub>2</sub>**

F.V	S.C.	G.L.	C.M.	Fo
A	9.92%	1	0.0992266	1.094746
B	1.26%	1	0.0126422	0.1394786
AB	0.92%	1	0.009173	0.1012039
Error	108.77%	12	0.0906389	
Total	120.87%	15		

**Tabla 49. ANOVA para experimento Utilidades operativas**

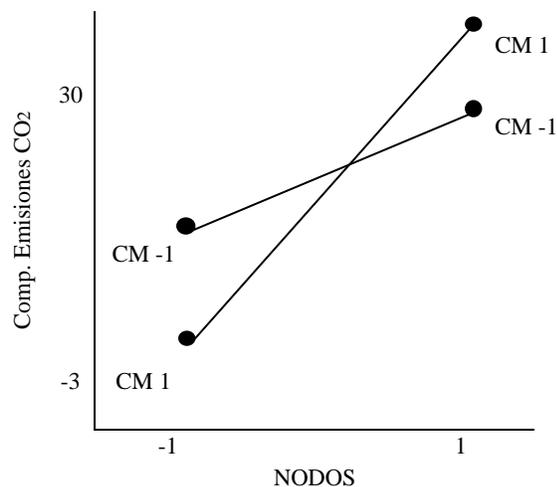
F.V	S.C.	G.L.	C.M.	Fo
A	1016.81%	1	10.168147	0.1114983
B	31.23%	1	0.3123275	0.0034248
AB	438.72%	1	4.3872281	0.0481079
Error	109434.63%	12	91.195529	
Total	110921.40%	15		

Se puede observar para el caso de los costos de distribución cuando los nodos, y para este estudio las empresas vinculadas, en el sistema colaborativo se encuentran en el nivel más bajo, la captación del mercado tiene un efecto considerable en los costos de distribución por unidad, por el contrario cuando los nodos se encuentran en su nivel más alto, la captación del mercado no afecta de manera significativa los costos de distribución por unidad (Figura 27).



**Figura 27. Efecto de interacción para costo de distribución por unidad**

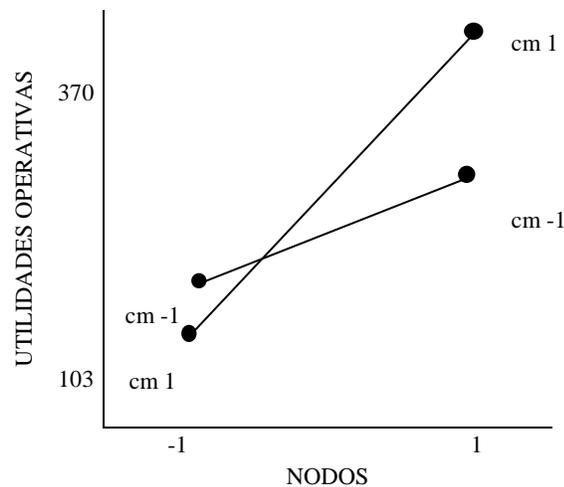
Para el caso de las compensaciones de CO<sub>2</sub> se observa como el nivel de los nodos en el sistema colaborativo y la captación del mercado tiene una interacción considerable en estas, así el número de nodos en un nivel mayor y con mejores niveles de captación del mercado harán que las compensaciones de CO<sub>2</sub> en el sistema sean mayores (Figura 28).



**Figura 28. Efecto de interacción para emisiones deCO<sub>2</sub>**

Basándose en Figura 29 se puede afirmar que cuando el nivel de los nodos se encuentra en el nivel más bajo, las captaciones del mercado no afectan

significativamente las utilidades operativas, pero cuando los nodos se encuentran en su nivel superior la captación del mercado tiene un efecto considerable sobre las utilidades operativas. En otras palabras, cuando los nodos se encuentran en el nivel más bajo, las utilidades operativas serán bajas sin importar el nivel de captación del mercado de envíos de mensajería expresa; por tal motivo es razonable pensar que a mayor captación del mercado y menor número de nodos involucrados en el sistema colaborativo la utilidad operacional sea menor, esta es una conclusión *a posteriori*.



**Figura 29. Efecto de interacción para utilidades operativas**

Para mejorar la interpretación de los resultados de la prueba ANOVA resulta útil ajustar un modelo de regresión con el fin de predecir los valores resultante de cada una das variables de respuesta analizadas en los diferentes valores de los factores estudiados. Las ecuaciones 17 a 20 muestran las diferentes ecuaciones para cada uno de las variables de respuesta de la presente investigación.

Costo distribución

$$\hat{y} = 12.97 + 9.95x_1 + (-2.54x_2) + 4.47x_1x_2 \quad (17)$$

Compensaciones CO<sub>2</sub>

$$\hat{y} = 18.32 + 7.88x_1 + 2.81x_2 + 2.39x_1x_2 \quad (18)$$

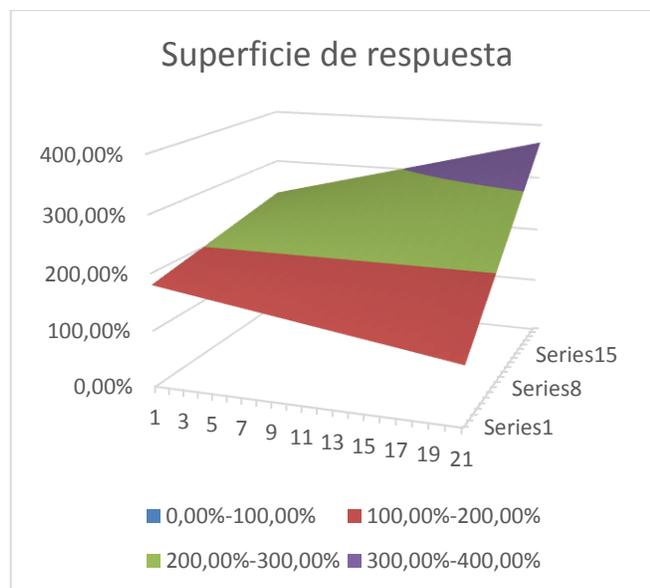
Utilidad operativa

$$\hat{y} = 221.36 + 79.72x_1 + 13.97x_2 + 52.36x_1x_2 \quad (19)$$

Grado de integración

$$\hat{y} = 38.05 + 16.71x_1 + (-13.9x_2) + (-6.15)x_1x_2 \quad (20)$$

En la Figura 30 se representa el gráfico de superficie, que resulta de ajustar el modelo de la ecuación (19) donde se representa el valor que toma la utilidad operativa del sistema. Se observa que los puntos en los que la superficie toma los valores más altos corresponden a aquellos donde los niveles de los factores (nodos y captación del mercado) son mayores.

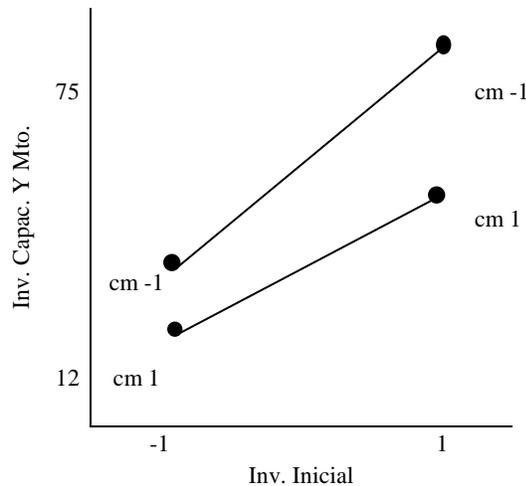


**Figura 30. Superficie de respuesta del modelo ajustado para utilidad operativa.**

Los demás gráficos de superficie y de contorno se encuentran en el Anexo 7.

Para el experimento del grado de integración de las diferentes empresas pertenecientes a un sistema colaborativo para el envío de documentos y paquetes hasta 5 kg. por medio del servicio de mensajería expresa la Figura 31 muestra

como no hay interacción entre los niveles de Inversión Inicial y Capacitación y mantenimiento en tecnologías para la implementación del sistema colaborativo.



**Figura 31. Efecto de interacción para Grado de integración del sistema**

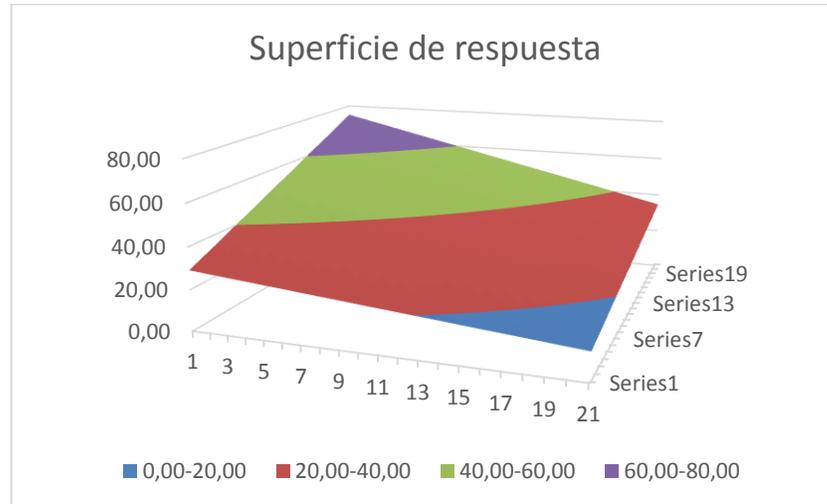
La tabla ANOVA (Tabla 50) demuestra que tanto los dos efectos principales (Inversión Inicial y Capacitación y mantenimiento) como el efecto de la interacción tienen un efecto significativo sobre el grado de integración que puedan tener las empresas pertenecientes al sistema colaborativo.

**Tabla 50. ANOVA para experimento Grado de integración del sistema**

F.V	S.C.	G.L.	C.M.	Fo
A	4465.56	1.00	4465.56	186.50
B	3093.17	1.00	3093.17	129.18
AB	604.89	1.00	604.89	25.26
Error	287.33	12.00	23.94	
Total	8450.94	15.00		

En la Figura 32 se representa el gráfico de superficie, que resulta de ajustar el modelo de la ecuación (20) donde se representa el valor que toma la el grado de integración de las empresas pertenecientes a un sistema colaborativo de envíos de documentos por mensajería expresa. Se observa que los puntos en los que la superficie toma los valores más altos corresponden a aquellos donde el nivel de

inversión inicial en tecnología es bajo pero el nivel de capacitación y mantenimiento en alto.



**Figura 32. Superficie de respuesta del modelo ajustado para grado de integración**

La anterior figura demuestra que para tener un sistema colaborativo integrado es pertinente que la inversión en capacitación y mantenimiento sea significativa con respecto a la inversión inicial, se evidencia como cuando la inversión inicial en tecnología está en el mayor nivel y la inversión en capacitación está en su nivel más bajo el grado de integración está también en su nivel más bajo.

## 8. CONCLUSIONES

---

En este trabajo se aborda un enfoque práctico relevante sobre la colaboración en cadenas de suministro enfocándose en el problema de las pequeñas y medianas empresas pertenecientes al sector de mensajería expresa en la mejora de su rendimiento, tanto individual como global. La comprensión de los factores importantes de la colaboración y su impacto en los beneficios potenciales puede ayudar a la dirección de estas empresas a comprender el grado de colaboración requerido con los socios con los cuales se pueden generar vínculos comerciales.

Los resultados de la revisión de la literatura demuestran que la tendencia en investigación sobre colaboración en cadenas de suministro se encuentra centrada en dos o tres elementos clave, tales como el intercambio de información y mejora de procesos. No hay ningún intento anterior de identificar e integrar los elementos clave de la colaboración en la cadena de suministro. Esto proporciona una necesidad de definir explícitamente los factores clave de la colaboración que ayudan a los miembros de la cadena de revisar y mejorar sus esfuerzos de colaboración, para este caso, empresas dedicadas a envíos de documentos y paquetes pequeños de mensajería expresa. La revisión de literatura también indica que es necesario definir factores que puedan llegar a determinar una mejora en los servicios ofrecidos a terceros y que se reflejen en incrementos de su utilidad operativa.

El enfoque conceptual de la asociación específica entre 3PL y 4PL puede proporcionar directrices para que empresas pertenecientes al sector de mensajería expresa traten de desarrollar mejoras en el intercambio de información y mejora de procesos, claves para el éxito de la colaboración en la cadena de suministro, pues según indican empresarios consultados a la fecha estos factores no son tenidos en cuenta para la generación de vínculos comerciales entre empresas del sector, por lo cual los aspectos relevantes en la revisión de

estrategias 3PL y 4PL pueden llegar a ser importantes para que las empresas pertenecientes al sector re-direccionen sus estrategias hacia las analizadas en el presente documento.

Los hallazgos de esta investigación sugieren que el nivel de participación de los socios comerciales vinculados al sistema colaborativo de envíos de documentos por mensajería expresa depende del nivel de capital que las empresas deseen invertir en tecnologías de información, en la capacitación y mantenimiento ya que pueden generar un mejor nivel en el grado de información compartida, clave para el éxito del sistema colaborativo tal como se evidenció en la Tabla 49, al demostrarse un efecto significativo sobre el grado de integración que puedan estas variables en las empresas pertenecientes al sistema colaborativo.

De acuerdo a lo expresado por (Ramanathan, 2014) la conducencia de la colaboración para cualquier empresa dedicada a los servicios de mensajería expresa depende de su flexibilidad para cambiar el nivel de participación de cada una para alcanzar los objetivos conjuntos del sistema. Para evitar que empresas con menor capital se vean afectadas por su menor inversión y por ende en su nivel de participación, se hace necesario realizar acuerdos con empresas con el mismo tamaño de mercado. No es conveniente realizar acuerdos con las grandes compañías de mensajería expresa pues el sistema entraría en desequilibrio y las utilidades pueden recaer en una sola empresa. En este caso, la alta dirección de la empresa focal (la empresa ubicada en Bogotá) puede alterar el grado de colaboración incidiendo en el nivel de participación y el número de los miembros participantes para lograr un rendimiento requerido.

Según lo indicado en la Figura 30, el número de empresas que pertenezcan al sistema colaborativo incide directamente en las utilidades operativas de cada una de ellas sin importar el nivel de captación del mercado de envíos de mensajería expresa, según la experimentación realizada se puede lograr incrementos mayores a 300 % cuando las empresas vinculadas al sistema son 4.

El logro de los objetivos de negocio predefinidos en cuanto a las actividades financieras y operativas ayudará a los involucrados en un sistema de colaboración en la cadena de suministros para envío de documentos por mensajería expresa a mantenerse en un mercado empresarial competitivo. Las mediciones del rendimiento, traducido en términos de los costos por unidad y utilidades del sistema colaborativo, indican la conveniencia de la implementación de una estrategia colaborativa, como se demuestra en las Figuras 27 y 29.

Para que la colaboración en el sistema propuesto sea competitiva, eficiente y eficaz, todos los procesos deben ser evaluados periódicamente con el fin de evaluar el desempeño, tanto para cada una de las empresas como para el sistema general.

Mediante la experimentación del modelo de simulación se ha determinado la importancia de identificar los entornos propicios para la colaboración exitosa en el envío de documentos y paquetes pequeños por servicios de mensajería expresa como lo son aquellas relacionadas con número de empresas pertenecientes al sistema colaborativo o nodos vinculados, el nivel de empeño que deben colocar cada uno de esos socios para captar el mayor número de solicitudes de envíos del total del mercado cuando el número de socios es reducido y, para garantizar un mayor grado de colaboración, la permanencia de las empresas en la sociedad, el nivel de inversión en tecnología sugerido por estrategias 4PL y mejorar la inversión en mantenimiento de las tecnologías integradoras. El sistema colaborativo simulado demostró que las empresas adscritas a un sistema colaborativo, y especialmente las pymes, para mejorar las utilidades operativas necesitan de un grupo numeroso de empresas que puedan tener una mayor cobertura para la entrega de documentos y mejorar la captación de envíos.

La presente investigación puede aportar sobre el grado de colaboración que pueda desarrollarse en un sistema para el envío de documentos de mensajería expresa. La empresa colaboradora puede ajustar el grado de colaboración para que coincida con sus objetivos de negocio, así, si no desea tener mayor grado de

colaboración puede reducir los costos (asociados con capacidades de distribución) con el fin de ajustar sus utilidades, práctica que estaría en detrimento de las utilidades operativas de todo el sistema colaborativo.

El objetivo de esta investigación fue identificar los entornos adecuados para colaborar en cadenas de suministro de servicios de mensajería expresa. Revelar los beneficios reales de la colaboración con cierto número de socios con un nivel específico de inversiones durante un período determinado puede ayudar a tomar una decisión sobre la implementación de este tipo de sistemas en varios niveles, aspectos hasta la fecha no analizados en ningún tipo de cadena del sector de servicios postales en el país.

Finalmente el estudio de la cadena colaborativa mediante la aplicación de estrategias 3PL y 4PL puede ser aplicado a empresas pertenecientes a diferentes ámbitos de cadenas de servicios postales. La misma investigación puede ampliarse aún más para las diferentes industrias que tienen cadenas de suministro colaborativas con diferentes tipos de socios que implican una gran inversión de larga duración.

## **ANEXO 1**

### **ENVÍO DE DOCUMENTOS POR MENSAJERÍA EN LOS AÑOS 2013 A 2015**

Las siguientes Tablas presentan la información recopilada para ser analizada a fin de obtener los parámetros a ser usados en el modelo de simulación.

**Tabla 51. Documentos enviados desde Bogotá en los años 2013-2015**

AÑO	MES	Cantidad de documentos enviados por servicios de mensajería desde Bogotá					
		Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Eje cafetero	Otros
2013	enero	231197	111612	95668	47834	31889	279031
2013	febrero	115598	55806	47834	23917	15945	139515
2013	marzo	86699	41855	35875	17938	11958	104637
2013	abril	57799	27903	23917	11958	7972	69758
2013	mayo	67432	32554	27903	13952	9301	81384
2013	junio	169544	81849	70156	35078	23385	204623
2013	julio	154131	74408	63778	31889	21259	186021
2013	agosto	105965	51156	43848	21924	14616	127889
2013	septiembre	125232	60457	51820	25910	17273	151142
2013	octubre	173398	83709	71751	35875	23917	209273
2013	noviembre	288996	139515	119585	59792	39862	348789
2013	diciembre	350649	169279	145096	72548	48365	423197
2014	enero	188735	91113	78097	39049	26032	227784
2014	febrero	94367	45557	39049	19524	13016	113892
2014	marzo	70776	34168	29286	14643	9762	85419
2014	abril	47184	22778	19524	9762	6508	56946
2014	mayo	55048	26575	22778	11389	7593	66437
2014	junio	138406	66817	57271	28636	19090	167041
2014	julio	125823	60742	52065	26032	17355	151856
2014	agosto	86504	41760	35795	17897	11932	104401
2014	septiembre	102231	49353	42303	21151	14101	123383
2014	octubre	141551	68335	58573	29286	19524	170838
2014	noviembre	235919	113892	97622	48811	32541	284729
2014	diciembre	286248	138189	118447	59224	39482	345472
2015	enero	196768	94992	81421	40711	27140	237479
2015	febrero	98384	47496	40711	20355	13570	118739
2015	marzo	73788	35622	30533	15266	10178	89055
2015	abril	49192	23748	20355	10178	6785	59370
2015	mayo	57391	27706	23748	11874	7916	69265
2015	junio	144297	69660	59709	29854	19903	174151
2015	julio	131179	63328	54281	27140	18094	158319
2015	agosto	90185	43538	37318	18659	12439	108844
2015	septiembre	106583	51454	44103	22052	14701	128634
2015	octubre	147576	71244	61066	30533	20355	178109
2015	noviembre	245960	118739	101777	50888	33926	296849
2015	diciembre	298432	144070	123489	61744	41163	360176

**Tabla 52. Documentos enviados desde Medellín en los años 2013-2015**

AÑO	MES	Cantidad de documentos enviados por servicios de mensajería desde Medellín					
		Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Eje cafetero	Otros
2013	Enero	98154	137415	49077	34354	24538	147230
2013	Febrero	49077	68707	24538	17177	12269	73615
2013	Marzo	36808	51531	18404	12883	9202	55211
2013	Abril	24538	34354	12269	8588	6135	36808
2013	Mayo	28628	40079	14314	10020	7157	42942
2013	Junio	71979	100771	35990	25193	17995	107969
2013	Julio	65436	91610	32718	22902	16359	98154
2013	Agosto	44987	62982	22494	15745	11247	67481
2013	Septiembre	53167	74433	26583	18608	13292	79750
2013	Octubre	73615	103061	36808	25765	18404	110423
2013	Noviembre	122692	171769	61346	42942	30673	184038
2013	Diciembre	148866	208413	74433	52103	37217	223299
2014	Enero	72641	101697	36320	25424	18160	108961
2014	Febrero	36320	50849	18160	12712	9080	54481
2014	Marzo	27240	38136	13620	9534	6810	40860
2014	Abril	18160	25424	9080	6356	4540	27240
2014	Mayo	21187	29662	10593	7415	5297	31780
2014	Junio	53270	74578	26635	18644	13317	79905
2014	Julio	48427	67798	24214	16950	12107	72641
2014	Agosto	33294	46611	16647	11653	8323	49941
2014	Septiembre	39347	55086	19674	13771	9837	59021
2014	Octubre	54481	76273	27240	19068	13620	81721
2014	Noviembre	90801	127121	45401	31780	22700	136202
2014	Diciembre	110172	154241	55086	38560	27543	165258
2015	Enero	84006	117608	42003	29402	21001	126009
2015	Febrero	42003	58804	21001	14701	10501	63004
2015	Marzo	31502	44103	15751	11026	7876	47253
2015	Abril	21001	29402	10501	7351	5250	31502
2015	Mayo	24502	34302	12251	8576	6125	36753
2015	Junio	61604	86246	30802	21562	15401	92406
2015	Julio	56004	78405	28002	19601	14001	84006
2015	Agosto	38503	53904	19251	13476	9626	57754
2015	Septiembre	45503	63704	22752	15926	11376	68255
2015	Octubre	63004	88206	31502	22052	15751	94507
2015	Noviembre	105007	147010	52504	36753	26252	157511
2015	Diciembre	127409	178372	63704	44593	31852	191113

**Tabla 53. Documentos enviados desde Cali en los años 2013-2015**

AÑO	MES	Cantidad de documentos enviados por servicios de mensajería desde Cali					
		Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Eje cafetero	Otros
2013	Enero	162843	67851	189983	33926	61066	162843
2013	Febrero	81421	33926	94992	16963	30533	81421
2013	Marzo	61066	25444	71244	12722	22900	61066
2013	Abril	40711	16963	47496	8481	15266	40711
2013	Mayo	47496	19790	55412	9895	17811	47496
2013	Junio	119418	49757	139321	24879	44782	119418
2013	Julio	108562	45234	126655	22617	40711	108562
2013	Agosto	74636	31098	87076	15549	27989	74636
2013	Septiembre	88206	36753	102907	18376	33077	88206
2013	Octubre	122132	50888	142487	25444	45799	122132
2013	Noviembre	203553	84814	237479	42407	76332	203553
2013	Diciembre	246978	102907	288141	51454	92617	246978
2014	Enero	98879	41200	115359	20600	37080	98879
2014	Febrero	49440	20600	57680	10300	18540	49440
2014	Marzo	37080	15450	43260	7725	13905	37080
2014	Abril	24720	10300	28840	5150	9270	24720
2014	Mayo	28840	12017	33646	6008	10815	28840
2014	Junio	72511	30213	84597	15107	27192	72511
2014	Julio	65919	27466	76906	13733	24720	65919
2014	Agosto	45320	18883	52873	9442	16995	45320
2014	Septiembre	53560	22316	62486	11158	20085	53560
2014	Octubre	74159	30900	86519	15450	27810	74159
2014	Noviembre	123599	51500	144199	25750	46350	123599
2014	Diciembre	149967	62486	174961	31243	56238	149967
2015	Enero	93613	39005	109215	19503	35105	93613
2015	Febrero	46807	19503	54608	9751	17552	46807
2015	Marzo	35105	14627	40956	7314	13164	35105
2015	Abril	23403	9751	27304	4876	8776	23403
2015	Mayo	27304	11377	31854	5688	10239	27304
2015	Junio	68650	28604	80091	14302	25744	68650
2015	Julio	62409	26004	72810	13002	23403	62409
2015	Agosto	42906	17878	50057	8939	16090	42906
2015	Septiembre	50707	21128	59158	10564	19015	50707
2015	Octubre	70210	29254	81912	14627	26329	70210
2015	Noviembre	117016	48757	136519	24378	43881	117016
2015	Diciembre	141980	59158	165643	29579	53243	141980

**Tabla 54. Documentos enviados desde Barranquilla en los años 2013-2015**

Cantidad de documentos enviados por servicios de mensajería desde Barranquilla							
AÑO	MES	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Eje cafetero	Otros
2013	Enero	92053	49095	42958	245474	18411	165695
2013	Febrero	46026	24547	21479	122737	9205	82847
2013	Marzo	34520	18411	16109	92053	6904	62136
2013	Abril	23013	12274	10739	61368	4603	41424
2013	Mayo	26849	14319	12529	71597	5370	48328
2013	Junio	67505	36003	31502	180014	13501	121510
2013	Julio	61368	32730	28639	163649	12274	110463
2013	Agosto	42191	22502	19689	112509	8438	75943
2013	Septiembre	49862	26593	23269	132965	9972	89751
2013	Octubre	69039	36821	32218	184105	13808	124271
2013	Noviembre	115066	61368	53697	306842	23013	207118
2013	Diciembre	139613	74460	65153	372302	27923	251304
2014	Enero	75462	40247	35216	201233	15092	135832
2014	Febrero	37731	20123	17608	100616	7546	67916
2014	Marzo	28298	15092	13206	75462	5660	50937
2014	Abril	18866	10062	8804	50308	3773	33958
2014	Mayo	22010	11739	10271	58693	4402	39618
2014	Junio	55339	29514	25825	147571	11068	99610
2014	Julio	50308	26831	23477	134155	10062	90555
2014	Agosto	34587	18446	16141	92232	6917	62256
2014	Septiembre	40875	21800	19075	109001	8175	73576
2014	Octubre	56597	30185	26412	150925	11319	101874
2014	Noviembre	94328	50308	44020	251541	18866	169790
2014	Diciembre	114451	61041	53411	305203	22890	206012
2015	Enero	69305	36963	32342	184813	13861	124749
2015	Febrero	34652	18481	16171	92406	6930	62374
2015	Marzo	25989	13861	12128	69305	5198	46781
2015	Abril	17326	9241	8086	46203	3465	31187
2015	Mayo	20214	10781	9433	53904	4043	36385
2015	Junio	50823	27106	23718	135529	10165	91482
2015	Julio	46203	24642	21561	123208	9241	83166
2015	Agosto	31765	16941	14824	84706	6353	57176
2015	Septiembre	37540	20021	17519	100107	7508	67572
2015	Octubre	51979	27722	24257	138610	10396	93561
2015	Noviembre	86631	46203	40428	231016	17326	155936
2015	Diciembre	105112	56060	49052	280299	21022	189202

## ANEXO 2

### PRUEBAS DE VARIANZAS PARA ENVÍOS DE DOCUMENTOS

Las siguientes Tablas muestran los resultados para algunas de las pruebas de hipótesis de medias y varianzas realizadas para determinar homogeneidad en la información analizada de envíos de documentos en los años 2013-2015, en amarillo se resaltan valores que exceden el valor crítico de la prueba.

**Tabla 55. Prueba Z para medias de muestras de envíos desde Bogotá y Medellín 2013-2015**

	<i>Bogota</i>	<i>Cali</i>		<i>Medellin</i>	<i>Barranquilla</i>
Media	142754.659	59070.8933	Media	68916.0422	29535.4467
Varianza (conocida)	6385248029	1093312386	Varianza (conocida)	1488119636	273328096
Observaciones	12	12	Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0		Diferencia hipotética de las medias	0	
z	<b>3.35214529</b>		z	<b>3.25040908</b>	
P(Z<=z) una cola	0.00040094		P(Z<=z) una cola	0.0005762	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363		Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	0.00080188		Valor crítico de z (dos colas)	0.00115239	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398		Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

	<i>Bogota</i>	<i>Barranquilla</i>		<i>Medellin</i>	<i>Eje Cafetero</i>
Media	142754.659	29535.4467	Media	68916.0422	19690.2978
Varianza (conocida)	6385248029	273328096	Varianza (conocida)	1488119636	121479154
Observaciones	12	12	Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0		Diferencia hipotética de las medias	0	
z	<b>4.80640173</b>		z	<b>4.25034416</b>	
P(Z<=z) una cola	7.6835E-07		P(Z<=z) una cola	1.0672E-05	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363		Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	1.5367E-06		Valor crítico de z (dos colas)	2.1344E-05	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398		Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

	<i>Bogota</i>	<i>Eje Cafetero</i>		<i>Medellin</i>	<i>Otros</i>
Media	142754.659	19690.2978	Media	68916.0422	172290.106
Varianza (conocida)	6385248029	121479153	Varianza (conocida)	1488119636	9300747724
Observaciones	12	13	Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0		Diferencia hipotética de las medias	0	
z	<b>5.28875809</b>		z	<b>-3.44757945</b>	
P(Z<=z) una cola	6.1575E-08		P(Z<=z) una cola	0.00028282	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363		Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	1.2315E-07		Valor crítico de z (dos colas)	0.00056563	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398		Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

**Tabla 56. Prueba Z para medias de muestras de envíos desde Cali y Barranquilla 2013-2015**

	<i>Cali</i>	<i>Bogota</i>
Media	46415.1783	82253.48
Varianza (conocida)	456390713	2119853034
Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	<b>-2.44593307</b>	
P(Z<=z) una cola	0.00722389	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	0.01444778	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

	<i>Barranquilla</i>	<i>Bogota</i>
Media	146185.044	54819.3917
Varianza (conocida)	6695809338	941598188
Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	<b>3.62160101</b>	
P(Z<=z) una cola	0.00014639	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	0.00029279	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

	<i>Cali</i>	<i>Medellin</i>
Media	46415.1783	23211.6309
Varianza (conocida)	456390713	168530817
Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	<b>3.2153797</b>	
P(Z<=z) una cola	0.00065136	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	0.00130272	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

	<i>Barranquilla</i>	<i>Medellin</i>
Media	146185.044	29237.0089
Varianza (conocida)	6695809338	267832374
Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	<b>4.85473295</b>	
P(Z<=z) una cola	6.0275E-07	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	1.2055E-06	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

	<i>Cali</i>	<i>Barranquilla</i>
Media	46415.1783	17136.1417
Varianza (conocida)	456390713	92007510.1
Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	<b>4.33111173</b>	
P(Z<=z) una cola	7.4179E-06	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	1.4836E-05	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

	<i>Barranquilla</i>	<i>Cali</i>
Media	146185.044	42325.7827
Varianza (conocida)	6695809338	1011661962
Observaciones	12	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	<b>4.09807494</b>	
P(Z<=z) una cola	2.083E-05	
Valor crítico de z (una cola)	1.64485363	
Valor crítico de z (dos colas)	4.166E-05	
Valor crítico de z (dos colas)	1.95996398	

### ANEXO 3

### PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

La bondad de ajuste de un modelo estadístico describe lo bien que se ajusta un conjunto de observaciones realizadas en los envíos de documentos desde diferentes ciudades. Las medidas de bondad en general resumen la discrepancia entre los valores observados y los que valores esperados en el modelo de estudio. Para este trabajo se ha comprobado si las muestras analizadas se obtienen a partir de distribuciones idénticas usando los estadígrafos Kolmogórov-Smirnov, Anderson-Darling y Chi cuadrado. Los resultados se muestran en las Tablas 57-72.

La prueba de Kolmogórov-Smirnov (también prueba K-S) es una prueba no paramétrica que determina la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí. El estadístico de prueba está dado por la ecuación (21).

Para dos colas el estadístico viene dado por

$$D_n^+ = \max(f_n(x) - F(x))$$

$$D_n^- = \max(F(x) - f_n(x))$$

donde  $F(x)$  es la distribución presentada como hipótesis.

La prueba de Anderson-Darling es una prueba no paramétrica sobre si los datos de una muestra provienen de una distribución específica. La ecuación (22) para el estadístico  $A$  determina si los datos  $\{Y_1 < \dots < Y_N\}$  vienen de una distribución con función acumulativa  $F$ .

$$A^2 = -N - S$$

$$S = \sum_{k=1}^N \frac{2k-1}{N} [Ln F(Y_k) + Ln (1 - F(Y_{N+1-k}))] \quad (22)$$

La prueba Chi- cuadrado se considera una prueba no paramétrica que mide la discrepancia entre la distribución observada y otra teórica indicando en qué medida las diferencias existentes entre ambas, de haberlas, se deben al azar en el contraste de hipótesis. La ecuación (23) que da el estadístico es:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{\text{Observada}_i - \text{Teórica}_i}{\text{Teórica}_i} \quad (23)$$

Criterio de decisión: No se rechaza la hipótesis nula cuando  $\chi^2 < \chi^2_{\alpha}(r-1)(k-1)$ . En caso contrario sí se rechaza. Donde  $(r-1)(k-1)$  determina los grados de libertad.

**Tabla 57. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Bogotá-Bogotá 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,08673	22	19,786	38	13,333	25
2	Burr		N/A		N/A		N/A
3	Burr (4P)	0,40911	51	13,451	52		N/A
4	Cauchy	0,17112	42	12,883	34	33,803	35
5	Chi-Squared	0,59908	54	2747,0	59	51,2	52
6	Chi-Squared (2P)	0,63889	56	838,48	58	57,8	53
7	Dagum	0,75184	58	38,114	55	123,98	54
8	Dagum (4P)	0,61819	55	18,212	54		N/A
9	Erlang	0,09567	23	0,64761	26	0,25576	4
10	Erlang (3P)	0,11507	30	11,357	31	0,41114	12
11	Error	0,14078	36	11,186	30	4,332	38
12	Error Function	0,7249	57	53,344	56	158,15	55
13	Exponential	0,28145	48	37,958	45	13,412	48
14	Exponential (2P)	0,11507	31	21,644	39	0,41114	11
15	Fatigue Life	0,06898	5	0,18973	5	0,40834	10
16	Fatigue Life (3P)	0,06931	7	0,21821	10	0,61269	15
17	Frechet	0,11492	29	0,56348	24	0,79356	16
18	Frechet (3P)	0,07147	10	0,22609	12	10,148	18
19	Gamma	0,06972	8	0,27554	19	0,17645	2
20	Gamma (3P)	0,21743	45	37,621	44	48,597	42
21	Gen. Extreme Value	0,07078	9	0,20892	7	0,24771	3
22	Gen. Gamma	0,08236	21	0,33042	20	1,532	27
23	Gen. Gamma (4P)	0,11953	33	22,299	40	0,40277	9
24	Gen. Pareto	0,0788	18	0,14713	1	11,203	23
25	Gumbel Max	0,08032	20	0,3327	21	15,499	28
26	Gumbel Min	0,21155	44	36,423	43	47,357	41
27	Hypersecant	0,15592	41	12,801	33	4,683	40
28	Inv. Gaussian	0,07341	14	0,25152	15	0,49977	13
29	Inv. Gaussian (3P)	0,0678	2	0,21291	8	0,59591	14
30	Johnson SB	0,07844	17	0,18031	2	10,583	21
31	Kumaraswamv	0,32049	50	79,503	49	14,222	49
32	Laplace	0,18283	43	1,577	37	43,918	39
33	Levy	0,42377	52	85,135	50	33,42	51
34	Levy (2P)	0,27839	47	3,063	42	12,856	47
35	Log-Gamma	0,06764	1	0,18338	3	0,3235	6
36	Log-Logistic	0,07509	16	0,23831	14	0,0872	1
37	Log-Logistic (3P)	0,07375	15	0,2611	18	0,95843	17
38	Log-Pearson 3	0,06794	3	0,18383	4	0,31356	5
39	Logistic	0,14096	37	11,663	32	49,242	43
40	Lognormal	0,07187	12	0,20483	6	0,39795	8
41	Lognormal (3P)	0,06892	4	0,2151	9	12,299	24
42	Nakagami	0,11484	28	0,56373	25	21,511	33
43	Normal	0,14233	38	11,128	29	43,202	37
44	Pareto	0,24463	46	44,548	47	57,446	44
45	Pareto 2	0,29066	49	4,093	46	11,673	46
46	Pearson 5	0,07219	13	0,26098	17	10,159	19
47	Pearson 5 (3P)	0,06928	6	0,21912	11	10,662	22
48	Pearson 6	0,07173	11	0,25907	16	10,171	20
49	Pearson 6 (4P)	0,49912	53	11,934	51	28,421	50
50	Pert	0,15408	40	51,328	48	3,5	36
51	Power Function	0,1247	34	14,102	35	69,172	45
52	Rayleigh	0,09866	24	0,52838	22	17,416	31
53	Rayleigh (2P)	0,13142	35	0,89811	28	16,889	30
54	Reciprocal	0,10426	26	14,678	36	2,25	34
55	Rice	0,10551	27	0,55266	23	17,457	32
56	Student's t	1,0	59	810,99	57	3,18E+15	56
57	Triangular	0,11709	32	24,069	41	15,833	29
58	Uniform	0,15286	39	15,026	53		N/A
59	Weibull	0,09954	25	0,66617	27	1,502	26
60	Weibull (3P)	0,07939	19	0,23456	13	0,39275	7
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 58. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Bogotá-Medellín 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,08673	22	19,786	37	13,333	25
2	Burr	0,39049	51	45,732	56	N/A	
3	Burr (4P)	0,43483	53	13,861	52	N/A	
4	Cauchy	0,17112	42	12,883	34	33,803	35
5	Chi-Squared	0,58333	57	1331,4	60	51,2	51
6	Chi-Squared (2P)	0,58243	56	1116,9	59	45,0	50
7	Dagum	0,54632	55	16,376	55	54,878	52
8	Dagum (4P)	0,58337	58	16,173	54	N/A	
9	Erlang	0,09567	23	0,64761	26	0,25576	4
10	Erlang (3P)	0,11507	30	11,212	31	0,41114	12
11	Error	0,14078	36	11,186	30	4,332	38
12	Error Function	0,7249	59	53,344	57	158,15	53
13	Exponential	0,28145	48	37,958	43	13,412	46
14	Exponential (2P)	0,11507	31	21,644	38	0,41114	11
15	Fatigue Life	0,06898	5	0,18973	5	0,40834	10
16	Fatigue Life (3P)	0,06931	7	0,21821	10	0,61269	15
17	Frechet	0,11492	29	0,56348	24	0,79356	16
18	Frechet (3P)	0,07147	10	0,22609	12	10,148	18
19	Gamma	0,06972	8	0,27554	19	0,17645	2
20	Gamma (3P)	0,21743	45	58,053	48	N/A	
21	Gen. Extreme Value	0,07078	9	0,20892	7	0,24771	3
22	Gen. Gamma	0,08236	21	0,33042	20	1,532	27
23	Gen. Gamma (4P)	0,11953	33	22,299	39	0,40277	9
24	Gen. Pareto	0,0788	18	0,14713	1	11,203	23
25	Gumbel Max	0,08032	20	0,3327	21	15,499	28
26	Gumbel Min	0,21155	44	36,423	42	47,357	41
27	Hypersecant	0,15592	41	12,801	33	4,683	40
28	Inv. Gaussian	0,07341	14	0,25152	15	0,49977	13
29	Inv. Gaussian (3P)	0,0678	2	0,21291	8	0,59591	14
30	Johnson SB	0,07844	17	0,18031	2	10,583	21
31	Kumaraswamy	0,32049	50	79,079	49	14,222	47
32	Laplace	0,18283	43	1,577	36	43,918	39
33	Levy	0,42377	52	85,135	50	33,42	49
34	Levy (2P)	0,27839	47	3,063	41	12,856	45
35	Log-Gamma	0,06759	1	0,1834	3	0,32546	6
36	Log-Logistic	0,07509	16	0,23831	14	0,0872	1
37	Log-Logistic (3P)	0,07375	15	0,2611	17	0,95843	17
38	Log-Pearson 3	0,06794	3	0,18383	4	0,31356	5
39	Logistic	0,14096	37	11,663	32	49,242	42
40	Lognormal	0,07187	11	0,20483	6	0,39795	8
41	Lognormal (3P)	0,06892	4	0,2151	9	12,299	24
42	Nakagami	0,11484	28	0,56373	25	21,511	33
43	Normal	0,14233	38	11,128	29	43,202	37
44	Pareto	0,24463	46	44,548	44	57,446	43
45	Pareto 2	0,30384	49	45,877	45	11,255	44
46	Pearson 5	0,07219	12	0,26098	16	10,159	19
47	Pearson 5 (3P)	0,06928	6	0,21912	11	10,662	22
48	Pearson 6	0,07265	13	0,26326	18	1,019	20
49	Pearson 6 (4P)	0,4962	54	11,852	51	28,884	48
50	Pert	0,15408	40	51,328	47	3,5	36
51	Power Function	0,13188	35	47,455	46	N/A	
52	Rayleigh	0,09866	24	0,52838	22	17,416	31
53	Rayleigh (2P)	0,13142	34	0,89811	28	16,889	30
54	Reciprocal	0,10426	26	14,298	35	2,25	34
55	Rice	0,10551	27	0,55266	23	17,457	32
56	Student's t	1,0	60	758,55	58	7,41E+14	54
57	Triangular	0,11709	32	24,069	40	15,833	29
58	Uniform	0,15286	39	15,026	53	N/A	
59	Weibull	0,09954	25	0,66617	27	1,502	26
60	Weibull (3P)	0,07939	19	0,23456	13	0,39275	7
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 59. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Bogotá-Cali 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,08673	22	19,786	38	13,333	24
2	Burr	0,23109	46	23,479	40	7,58	45
3	Burr (4P)	0,4279	53	13,723	53	N/A	
4	Cauchy	0,17112	42	12,883	34	33,803	34
5	Chi-Squared	0,58333	56	2102,6	59	51,2	52
6	Chi-Squared (2P)	0,69444	57	2367,0	60	72,2	53
7	Dagum	0,7053	58	30,346	56	92,665	54
8	Dagum (4P)	0,57788	55	15,627	55	N/A	
9	Erlang	0,09567	23	0,64761	26	0,25576	4
10	Erlang (3P)	0,11507	30	11,177	30	0,41114	11
11	Error	0,14078	36	11,186	31	4,332	37
12	Error Function	0,7249	59	53,344	57	158,15	55
13	Exponential	0,28145	50	37,958	46	13,412	47
14	Exponential (2P)	0,11507	31	21,644	39	0,41114	10
15	Fatigue Life	0,06898	5	0,18973	5	0,40834	9
16	Fatigue Life (3P)	0,06931	7	0,21821	10	0,61269	14
17	Frechet	0,11492	29	0,56348	24	0,79356	15
18	Frechet (3P)	0,07147	10	0,22609	12	10,148	17
19	Gamma	0,06972	8	0,27554	19	0,17645	2
20	Gamma (3P)	0,21743	45	3,762	45	48,597	41
21	Gen. Extreme Value	0,07078	9	0,20892	7	0,24771	3
22	Gen. Gamma	0,08236	21	0,33042	20	1,532	26
23	Gen. Gamma (4P)	0,11953	33	42,703	47	N/A	
24	Gen. Pareto	0,0788	18	0,14713	1	11,203	22
25	Gumbel Max	0,08032	20	0,3327	21	15,499	27
26	Gumbel Min	0,21155	44	36,423	43	47,357	40
27	Hvpersecant	0,15592	41	12,801	33	4,683	39
28	Inv. Gaussian	0,07341	14	0,25152	15	0,49977	12
29	Inv. Gaussian (3P)	0,0678	2	0,21291	8	0,59591	13
30	Johnson SB	0,07844	17	0,18031	2	10,583	20
31	Kumaraswamy	0,32049	51	79,079	50	14,222	49
32	Laplace	0,18283	43	1,577	36	43,918	38
33	Levy	0,42377	52	85,135	51	33,42	51
34	Levy (2P)	0,27839	48	3,063	42	12,856	46
35	Log-Gamma	0,06757	1	0,18341	3	0,32592	6
36	Log-Logistic	0,07509	16	0,23831	14	0,0872	1
37	Log-Logistic (3P)	0,07375	15	0,2611	17	0,95844	16
38	Log-Pearson 3	0,06794	3	0,18384	4	0,31356	5
39	Logistic	0,14096	37	11,663	32	49,242	42
40	Lognormal	0,07187	11	0,20483	6	0,39795	8
41	Lognormal (3P)	0,06892	4	0,2151	9	12,299	23
42	Nakagami	0,11484	28	0,56373	25	21,511	32
43	Normal	0,14233	38	11,128	29	43,202	36
44	Pareto	0,24463	47	44,548	48	57,446	44
45	Pareto 2	0,27948	49	37,494	44	13,516	48
46	Pearson 5	0,07219	13	0,26098	16	10,159	18
47	Pearson 5 (3P)	0,06928	6	0,21912	11	10,662	21
48	Pearson 6	0,07211	12	0,26165	18	10,185	19
49	Pearson 6 (4P)	0,50606	54	12,619	52	29,591	50
50	Pert	0,15408	40	51,328	49	3,5	35
51	Power Function	0,13201	35	17,927	37	5,0	43
52	Rayleigh	0,09866	24	0,52838	22	17,416	30
53	Rayleigh (2P)	0,13142	34	0,89811	28	16,889	29
54	Reciprocal	0,10426	26	14,204	35	2,25	33
55	Rice	0,10551	27	0,55266	23	17,457	31
56	Student's t	1,0	60	747,46	58	5,44E+14	56
57	Triangular	0,11709	32	24,069	41	15,833	28
58	Uniform	0,15286	39	15,026	54	N/A	
59	Weibull	0,09954	25	0,66617	27	1,502	25
60	Weibull (3P)	0,07939	19	0,23456	13	0,39275	7
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 60. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Bogotá-Barranquilla 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,08673	22	19,786	39	13,333	25
2	Burr	0,08964	23	0,35096	22	12,566	24
3	Burr (4P)	0,48121	54	13,198	54	N/A	
4	Cauchy	0,17112	43	12,883	35	33,803	35
5	Chi-Squared	0,58324	57	2560,9	60	51,2	54
6	Chi-Squared (2P)	0,58333	58	1299,1	59	51,2	53
7	Dagum	0,39622	52	96,927	52	30,234	51
8	Dagum (4P)	0,48474	55	15,315	56	N/A	
9	Erlang	0,09567	24	0,64761	27	0,25576	4
10	Erlang (3P)	0,11507	32	0,86229	29	0,41114	10
11	Error	0,14078	37	11,186	32	4,332	38
12	Error Function	0,7249	59	53,344	57	158,15	55
13	Exponential	0,28145	50	37,958	46	13,412	47
14	Exponential (2P)	0,11507	31	21,644	40	0,41114	11
15	Fatigue Life	0,06898	5	0,18973	5	0,40834	9
16	Fatigue Life (3P)	0,06931	7	0,21821	10	0,61269	14
17	Frechet	0,11492	30	0,56348	25	0,79356	15
18	Frechet (3P)	0,07147	10	0,22609	12	10,148	18
19	Gamma	0,06972	8	0,27554	19	0,17645	2
20	Gamma (3P)	0,21742	46	3,762	44	48,597	42
21	Gen. Extreme Value	0,07078	9	0,20892	7	0,24771	3
22	Gen. Gamma	0,08235	21	0,33042	20	1,532	27
23	Gen. Gamma (4P)	0,11953	34	42,703	47	N/A	
24	Gen. Pareto	0,0788	18	0,14713	1	11,203	22
25	Gumbel Max	0,08032	20	0,3327	21	15,499	28
26	Gumbel Min	0,21155	45	36,423	43	47,357	41
27	Hvpersecant	0,15592	42	12,801	34	4,683	40
28	Inv. Gaussian	0,07341	14	0,25152	15	0,49977	12
29	Inv. Gaussian (3P)	0,0678	2	0,21291	8	0,59591	13
30	Johnson SB	0,07844	17	0,18031	2	10,583	20
31	Kumaraswamy	0,32049	51	78,656	50	14,222	49
32	Laplace	0,18283	44	1,577	38	43,918	39
33	Levy	0,42377	53	85,135	51	33,42	52
34	Levy (2P)	0,27839	48	3,063	42	12,856	46
35	Log-Gamma	0,06752	1	0,18348	3	0,32817	6
36	Log-Logistic	0,07509	16	0,23831	14	0,0872	1
37	Log-Logistic (3P)	0,07375	15	0,2611	18	0,95844	16
38	Log-Pearson 3	0,06794	3	0,18383	4	0,31356	5
39	Logistic	0,14096	38	11,663	33	49,242	43
40	Lognormal	0,07187	12	0,20483	6	0,39796	8
41	Lognormal (3P)	0,06892	4	0,2151	9	12,299	23
42	Nakagami	0,11484	29	0,56373	26	21,511	33
43	Normal	0,14233	39	11,128	31	43,202	37
44	Pareto	0,24463	47	44,548	48	57,446	45
45	Pareto 2	0,28088	49	37,902	45	13,576	48
46	Pearson 5	0,07219	13	0,26098	17	10,159	19
47	Pearson 5 (3P)	0,06928	6	0,21912	11	10,662	21
48	Pearson 6	0,07158	11	0,25849	16	10,138	17
49	Pearson 6 (4P)	0,48635	56	11,56	53	29,565	50
50	Pert	0,15408	41	51,328	49	3,5	36
51	Power Function	0,1351	36	1,552	37	5,0	44
52	Rayleigh	0,09866	25	0,52838	23	17,416	31
53	Rayleigh (2P)	0,13142	35	0,89811	30	16,889	30
54	Reciprocal	0,10426	27	13,824	36	2,25	34
55	Rice	0,10551	28	0,55266	24	17,457	32
56	Student's t	1,0	60	697,55	58	1,36E+14	56
57	Triangular	0,11709	33	24,069	41	15,833	29
58	Uniform	0,15286	40	15,026	55	N/A	
59	Weibull	0,09954	26	0,66617	28	1,502	26
60	Weibull (3P)	0,07939	19	0,23456	13	0,39275	7
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 61. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Medellín-Bogotá 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,09245	26	1,975	38	0,66667	17
2	Burr	0,39375	52	42303	56	N/A	
3	Burr (4P)	0,50228	54	15,588	53	N/A	
4	Cauchy	0,16666	43	12,955	34	1,404	24
5	Chi-Squared	0,61111	56	2571,5	60	51,2	50
6	Chi-Squared (2P)	0,69444	58	1358,7	59	72,2	51
7	Dagum	0,63502	57	23,95	55	77551	52
8	Dagum (4P)	0,60581	55	17,172	54	N/A	
9	Erlang	0,07769	22	0,37169	23	0,71532	20
10	Erlang (3P)	0,19433	45	23,899	40	51687	40
11	Error	0,15092	39	10,922	31	1,726	28
12	Error Function	0,70918	59	51,679	57	140,03	53
13	Exponential	0,2718	49	36,859	45	10,3	45
14	Exponential (2P)	0,10909	30	22,006	39	16167	27
15	Fatigue Life	0,04969	3	0,13818	5	0,2567	5
16	Fatigue Life (3P)	0,05671	12	0,14881	7	12021	21
17	Frechet	0,10752	29	0,52328	25	24984	33
18	Frechet (3P)	0,05529	11	0,17951	14	0,46908	9
19	Gamma	0,07219	21	0,23157	20	14076	25
20	Gamma (3P)	0,06209	16	0,14216	6	0,47943	10
21	Gen. Extreme Value	0,05161	4	0,16506	11	0,31183	6
22	Gen. Gamma	0,08082	24	0,28141	21	14,753	26
23	Gen. Gamma (4P)	0,10263	27	41,934	47	N/A	
24	Gen. Pareto	0,06448	18	39239	46	N/A	
25	Gumbel Max	0,07856	23	0,29447	22	14,018	23
26	Gumbel Min	0,21745	46	35,313	43	6,461	42
27	Hypersecant	0,15591	42	12,309	33	46,218	38
28	Inv. Gaussian	0,05913	13	0,19451	15	0,16425	4
29	Inv. Gaussian (3P)	0,0546	10	0,15147	8	0,5747	16
30	Johnson SB	0,06036	15	0,11673	1	0,52983	15
31	Kumaraswamy	0,32664	51	79,543	50	14,222	48
32	Laplace	0,17242	44	15,515	36	36,859	37
33	Levy	0,41579	53	83,963	51	29594	49
34	Levy (2P)	0,28714	50	33,498	42	11,827	47
35	Log-Gamma	0,04787	1	0,13612	3	0,14477	3
36	Log-Logistic	0,06331	17	0,20431	16	0,4238	8
37	Log-Logistic (3P)	0,05985	14	0,20439	17	0,36281	7
38	Log-Pearson 3	0,0484	2	0,13651	4	0,13754	2
39	Logistic	0,15178	41	11,176	32	20,664	29
40	Lognormal	0,05239	6	0,15534	9	0,1328	1
41	Lognormal (3P)	0,05429	8	0,15678	10	0,52039	14
42	Nakagami	0,1106	31	0,56096	27	23,158	31
43	Normal	0,14692	37	10,733	30	30,318	36
44	Pareto	0,23948	47	49,191	49	95,555	44
45	Pareto 2	0,26931	48	36,315	44	10,416	46
46	Pearson 5	0,0665	19	0,21391	18	0,71266	18
47	Pearson 5 (3P)	0,05459	9	0,16966	13	0,4849	11
48	Pearson 6	0,06685	20	0,21396	19	0,7132	19
49	Pearson 6 (4P)	0,05416	7	0,16903	12	0,48508	12
50	Pert	0,13738	36	42,737	48	53333	41
51	Power Function	0,1513	40	17,811	37	8,25	43
52	Rayleigh	0,10369	28	0,49377	24	22,796	30
53	Rayleigh (2P)	0,13328	35	0,85115	29	26,908	34
54	Reciprocal	0,1125	32	14,545	35	5,0	39
55	Rice	0,11269	33	0,53262	26	13,956	22
56	Student's t	1,0	60	746,79	58	5,40E+14	54
57	Triangular	0,1271	34	24,416	41	23,333	32
58	Uniform	0,15025	38	11,835	52	N/A	
59	Weibull	0,084	25	0,6144	28	29,457	35
60	Weibull (3P)	0,05169	5	0,12309	2	0,49001	13
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 62. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Medellín-Medellín 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,09245	26	1975	38	0,66667	16
2	Burr	N/A		N/A		N/A	
3	Burr (4P)	0,46794	53	11325	52	22611	50
4	Cauchv	0,1666	42	12955	33	1404	24
5	Chi-Squared	0,61111	56	2470.1	59	51.2	53
6	Chi-Squared (2P)	0,77778	58	1501.8	58	96.8	54
7	Dagum	0,46809	54	11372	53	43414	52
8	Dagum (4P)	0,24506	47	30687	42	62332	42
9	Erlang	0,07769	22	0,37169	22	0,71532	19
10	Erlang (3P)	0,19433	44	23899	40	51687	40
11	Error	0,15092	38	10922	30	1726	28
12	Error Function	0,70918	57	51679	56	140,03	55
13	Exponential	0,2718	48	36859	45	10.3	46
14	Exponential (2P)	0,10909	29	22006	39	16167	27
15	Fatigue Life	0,04969	3	0,13818	5	0,2567	5
16	Fatigue Life (3P)	0,05671	11	0,14881	7	12021	21
17	Frechet	0,10752	28	0,52328	24	24984	33
18	Frechet (3P)	0,05529	10	0,17951	13	0,46908	9
19	Gamma	0,07219	21	0,23157	19	14076	25
20	Gamma (3P)	0,06209	15	0,14216	6	0,47943	10
21	Gen. Extreme Value	0,05161	4	0,16506	11	0,31183	6
22	Gen. Gamma	0,08082	24	0,28141	20	14753	26
23	Gen. Gamma (4P)	0,07007	20	19117	37	11787	20
24	Gen. Pareto	0,06448	17	39239	46	N/A	
25	Gumbel Max	0,07856	23	0,29447	21	14018	23
26	Gumbel Min	0,21745	45	35313	44	6461	43
27	Hvpersecant	0,15591	41	12309	32	46218	38
28	Inv. Gaussian	0,05913	12	0,19451	14	0,16425	4
29	Inv. Gaussian (3P)	0,0546	9	0,15147	8	0,5747	15
30	Johnson SB	0,06036	14	0,11673	1	0,52983	14
31	Kumaraswamy	0,32664	51	79543	50	14222	49
32	Laplace	0,17242	43	15515	35	36859	37
33	Levv	0,41579	52	83963	51	29594	51
34	Levy (2P)	0,28714	49	33498	43	11827	47
35	Log-Gamma	0,0479	1	0,13609	3	0,14426	3
36	Log-Logistic	0,06331	16	0,20431	15	0,4238	8
37	Log-Logistic (3P)	0,05985	13	0,20439	16	0,36281	7
38	Log-Pearson 3	0,0484	2	0,13651	4	0,13754	2
39	Logistic	0,15178	40	11176	31	20664	29
40	Lognormal	0,05239	6	0,15534	9	0,1328	1
41	Lognormal (3P)	0,05429	7	0,15678	10	0,52039	13
42	Nakagami	0,1106	30	0,56096	26	23158	31
43	Normal	0,14692	36	10733	29	30318	36
44	Pareto	0,23948	46	49191	49	95555	45
45	Pareto 2	0,30624	50	49117	48	12891	48
46	Pearson 5	0,0665	18	0,21391	17	0,71266	17
47	Pearson 5 (3P)	0,05459	8	0,16966	12	0,4849	11
48	Pearson 6	0,0697	19	0,21986	18	0,71342	18
49	Pearson 6 (4P)	0,51658	55	12235	55	N/A	
50	Pert	0,13738	35	42738	47	53333	41
51	Power Function	0,15131	39	18074	36	8,25	44
52	Rayleigh	0,10369	27	0,49377	23	22796	30
53	Rayleigh (2P)	0,13328	34	0,85115	28	26908	34
54	Reciprocal	0,1125	31	14734	34	5,0	39
55	Rice	0,11269	32	0,53262	25	13956	22
56	Student's t	1,0	59	771.02	57	1.0592E+15	56
57	Triangular	0,1271	33	24416	41	23333	32
58	Uniform	0,15025	37	11835	54	N/A	
59	Weibull	0,084	25	0,6144	27	29457	35
60	Weibull (3P)	0,05169	5	0,12309	2	0,49001	12
61	Johnson SU	No hay ajuste					

Tabla 63. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Medellín-Cali 2013-2015

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,09245	26	1975	37	0,66667	18
2	Burr	0,05552	11	0,19375	14	0,25809	6
3	Burr (4P)	0,43271	54	13748	56	N/A	
4	Cauchy	0,1666	43	12955	34	1404	24
5	Chi-Squared	0,61111	57	2478,1	59	51,2	52
6	Chi-Squared (2P)	0,66652	58	2700,7	60	64,8	53
7	Dagum	0,39455	52	94959	52	24691	48
8	Dagum (4P)	0,52708	56	13086	55	34521	51
9	Erlang	0,07769	22	0,37169	23	0,71532	20
10	Erlang (3P)	0,19433	45	23899	39	51687	40
11	Error	0,15092	39	10922	31	1726	28
12	Error Function	0,70918	59	51679	57	140,03	54
13	Exponential	0,2718	49	36859	44	10,3	44
14	Exponential (2P)	0,10909	30	22006	38	16167	27
15	Fatigue Life	0,04969	3	0,13818	5	0,2567	5
16	Fatigue Life (3P)	0,05671	12	0,14881	7	12021	21
17	Frechet	0,10752	29	0,52328	25	24984	33
18	Frechet (3P)	0,05529	10	0,17951	13	0,46908	11
19	Gamma	0,07219	21	0,23157	20	14076	25
20	Gamma (3P)	0,06209	16	0,14216	6	0,47943	12
21	Gen. Extreme Value	0,05161	4	0,16506	11	0,31183	7
22	Gen. Gamma	0,08082	24	0,28141	21	14753	26
23	Gen. Gamma (4P)	0,10358	27	42035	46	N/A	
24	Gen. Pareto	0,06448	18	39239	45	N/A	
25	Gumbel Max	0,07856	23	0,29447	22	14018	23
26	Gumbel Min	0,21745	46	35313	42	6461	42
27	Hypersecant	0,15591	42	12309	33	46218	38
28	Inv. Gaussian	0,05913	13	0,19451	15	0,16424	4
29	Inv. Gaussian (3P)	0,0546	9	0,15147	8	0,5747	17
30	Johnson SB	0,06036	15	0,11673	1	0,52983	16
31	Kumaraswamy	0,32664	51	7912	50	14222	47
32	Laplace	0,17242	44	15515	36	36859	37
33	Levy	0,41579	53	83963	51	29594	50
34	Levy (2P)	0,28714	50	33498	41	11827	46
35	Log-Gamma	0,04799	1	0,13621	3	0,14595	3
36	Log-Logistic	0,06331	17	0,20431	16	0,4238	9
37	Log-Logistic (3P)	0,05985	14	0,20439	17	0,36281	8
38	Log-Pearson 3	0,0484	2	0,13651	4	0,13754	2
39	Logistic	0,15178	41	11176	32	20664	29
40	Lognormal	0,05239	6	0,15534	9	0,1328	1
41	Lognormal (3P)	0,05429	7	0,15678	10	0,52039	15
42	Nakagami	0,1106	31	0,56096	27	23158	31
43	Normal	0,14692	37	10734	30	30318	36
44	Pareto	0,23948	47	49191	48	95555	43
45	Pareto 2	0,27077	48	36713	43	10464	45
46	Pearson 5	0,0665	20	0,21391	19	0,71266	19
47	Pearson 5 (3P)	0,05459	8	0,16966	12	0,4849	13
48	Pearson 6	0,06543	19	0,20903	18	0,44704	10
49	Pearson 6 (4P)	0,5038	55	11926	54	29501	49
50	Pert	0,13738	36	42738	47	53333	41
51	Power Function	0,15163	40	49549	49	N/A	
52	Rayleigh	0,10369	28	0,49377	24	22796	30
53	Rayleigh (2P)	0,13328	35	0,85115	29	26908	34
54	Reciprocal	0,1125	32	14165	35	5,0	39
55	Rice	0,11269	33	0,53262	26	13956	22
56	Student's t	1,0	60	696,89	58	1,351E+14	55
57	Triangular	0,1271	34	24416	40	23333	32
58	Uniform	0,15025	38	11835	53	N/A	
59	Weibull	0,084	25	0,6144	28	29457	35
60	Weibull (3P)	0,05169	5	0,12309	2	0,49001	14
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 64. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Medellín-Barranquilla 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,09245	27	1975	39	0,66667	18
2	Burr	0,05542	11	0,19353	15	0,26082	6
3	Burr (4P)	0,44151	54	10575	53	18733	51
4	Cauchy	0,1666	43	12955	34	1404	25
5	Chi-Squared	0,61111	57	2307,2	59	51,2	54
6	Chi-Squared (2P)	0,7204	59	3453,3	60	88,2	55
7	Dagum	0,27463	49	49519	50	18618	50
8	Dagum (4P)	0,50549	56	16084	56	N/A	
9	Erlang	0,07769	23	0,37169	23	0,71532	20
10	Erlang (3P)	0,19433	45	2,39	41	51687	41
11	Error	0,15092	39	10922	31	1726	29
12	Error Function	0,70918	58	51679	57	140,03	56
13	Exponential	0,2718	48	36859	45	10,3	46
14	Exponential (2P)	0,10909	30	22006	40	16167	28
15	Fatigue Life	0,04969	3	0,13818	5	0,2567	5
16	Fatigue Life (3P)	0,05671	12	0,14881	7	12021	22
17	Frechet	0,10752	29	0,52328	25	24984	34
18	Frechet (3P)	0,05529	10	0,17951	14	0,46908	11
19	Gamma	0,07219	22	0,23157	20	14076	26
20	Gamma (3P)	0,06209	17	0,14216	6	0,47943	12
21	Gen. Extreme Value	0,05161	4	0,16506	11	0,31183	7
22	Gen. Gamma	0,08082	25	0,28141	21	14753	27
23	Gen. Gamma (4P)	0,06854	21	19056	38	0,83762	21
24	Gen. Pareto	0,06448	19	39239	46	N/A	
25	Gumbel Max	0,07856	24	0,29447	22	14018	24
26	Gumbel Min	0,21745	46	35313	44	6461	43
27	Hvpersecant	0,15591	42	12309	33	46218	39
28	Inv. Gaussian	0,05913	14	0,19451	16	0,16425	4
29	Inv. Gaussian (3P)	0,0546	9	0,15147	8	0,5747	17
30	Johnson SB	0,06036	16	0,11673	1	0,52983	16
31	Kumaraswamy	0,32664	52	78696	51	14222	49
32	Laplace	0,17242	44	15515	36	36859	38
33	Levy	0,41579	53	83963	52	29594	53
34	Levy (2P)	0,28714	51	33498	43	11827	47
35	Log-Gamma	0,04809	1	0,13629	3	0,14664	3
36	Log-Logistic	0,06331	18	0,20431	17	0,4238	9
37	Log-Logistic (3P)	0,05985	15	0,20439	18	0,36281	8
38	Log-Pearson 3	0,0484	2	0,13651	4	0,13754	2
39	Logistic	0,15178	41	11176	32	20664	30
40	Lognormal	0,05239	6	0,15534	9	0,1328	1
41	Lognormal (3P)	0,05429	7	0,15678	10	0,52039	15
42	Nakagami	0,1106	31	0,56096	27	23158	32
43	Normal	0,14692	37	10733	30	30318	37
44	Pareto	0,23948	47	49191	49	95555	45
45	Pareto 2	0,28692	50	4161	47	12104	48
46	Pearson 5	0,0665	20	0,21391	19	0,71266	19
47	Pearson 5 (3P)	0,05459	8	0,16966	12	0,4849	13
48	Pearson 6	0,05682	13	0,17743	13	0,46071	10
49	Pearson 6 (4P)	0,50171	55	12379	55	29184	52
50	Pert	0,13738	36	42737	48	53333	42
51	Power Function	0,15134	40	17527	37	8,25	44
52	Rayleigh	0,10369	28	0,49377	24	22796	31
53	Rayleigh (2P)	0,13328	35	0,85115	29	26908	35
54	Reciprocal	0,1125	32	13976	35	5,0	40
55	Rice	0,11269	33	0,53262	26	13956	23
56	Student's t	1,0	60	671,21	58	6,6201E+13	57
57	Triangular	0,1271	34	24416	42	23333	33
58	Uniform	0,15025	38	11835	54	N/A	
59	Weibull	0,084	26	0,6144	28	29457	36
60	Weibull (3P)	0,05169	5	0,12309	2	0,49001	14
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 65. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Cali-Bogotá 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta		0,08049		20103		0,33333
2	Burr	N/A		N/A		N/A	
3	Burr (4P)	0,42395	52	13,928	54	N/A	
4	Cauchy	0,17442	36	14953	31	14581	23
5	Chi-Squared	0,61899	55	3680,8	59	57,8	47
6	Chi-Squared (2P)	0,66667	56	772,34	58	64,8	49
7	Dagum	0,49162	54	12,175	52	60394	48
8	Dagum (4P)	0,75714	58	73891	56	N/A	
9	Erlang	0,19683	41	32,532	40	66332	40
10	Erlang (3P)	0,08871	22	41,347	44	N/A	
11	Error	0,19678	40	14,456	30	48683	37
12	Error Function	0,6759	57	41,908	55	101,81	50
13	Exponential	0,24763	47	3,145	37	10677	42
14	Exponential (2P)	0,08871	21	20911	35	13617	21
15	Fatigue Life	0,06425	11	0,12952	2	0,49036	4
16	Fatigue Life (3P)	0,05855	2	0,14547	7	0,55201	8
17	Frechet	0,10961	26	0,55391	21	0,18989	1
18	Frechet (3P)	0,0713	17	0,17358	12	0,8589	16
19	Gamma	0,08813	20	0,2759	18	22,027	26
20	Gamma (3P)	0,20314	42	58767	48	N/A	
21	Gen. Extreme Value	0,06624	13	0,15848	10	0,65391	13
22	Gen. Gamma	0,10426	25	0,30055	19	16169	24
23	Gen. Gamma (4P)	0,11771	27	2365	36	28,845	31
24	Gen. Pareto	0,06134	4	40396	43	N/A	
25	Gumbel Max	0,10412	24	0,38224	20	1,363	22
26	Gumbel Min	0,23982	46	37,707	41	65,398	39
27	Hypersecant	0,1847	39	12771	29	40142	35
28	Inv. Gaussian	0,06204	7	0,14526	6	0,67193	14
29	Inv. Gaussian (3P)	0,06186	6	0,14494	5	0,55899	9
30	Johnson SB	0,05543	1	0,10938	1	0,91392	19
31	Kumaraswamy	0,38447	50	12,844	53	24,222	46
32	Laplace	0,20583	43	16,244	32	51368	38
33	Levy	0,3961	51	78,132	49	21,034	45
34	Levy (2P)	0,26505	48	31473	38	12134	44
35	Log-Gamma	0,06217	9	0,12959	4	0,62027	10
36	Log-Logistic	0,082	19	0,21782	15	0,87577	17
37	Log-Logistic (3P)	0,05963	3	0,20276	13	0,49452	5
38	Log-Pearson 3	0,06207	8	0,12955	3	0,62124	11
39	Logistic	0,17805	38	11849	27	28427	30
40	Lognormal	0,06438	12	0,14549	8	0,6474	12
41	Lognormal (3P)	0,06311	10	0,15211	9	0,91249	18
42	Nakagami	0,16343	32	11,507	26	41,469	36
43	Normal	0,17014	35	12,274	28	23,642	27
44	Pareto	0,23394	45	4,798	46	10,607	41
45	Pareto 2	0,27664	49	42167	45	12,111	43
46	Pearson 5	0,06739	14	0,218	16	0,50434	6
47	Pearson 5 (3P)	0,06888	16	0,16363	11	0,25769	2
48	Pearson 6	0,06815	15	0,21914	17	0,50615	7
49	Pearson 6 (4P)	0,48893	53	11,983	51	N/A	
50	Pert	0,13366	28	3,227	39	35,833	33
51	Power Function	0,17712	37	56676	47	N/A	
52	Rayleigh	0,1349	29	0,67021	23	10,578	20
53	Rayleigh (2P)	0,1672	33	10,177	25	27782	29
54	Reciprocal	0,15489	30	20248	34	2,5	28
55	Rice	0,16131	31	0,90305	24	2,08E+04	25
56	Student's t	1,0	59	767,33	57	9,64E+14	51
57	Triangular	0,20844	44	40,333	42	4,0	34
58	Uniform	0,16879	34	8706	50	N/A	
59	Weibull	0,09439	23	0,62149	22	29855	32
60	Weibull (3P)	0,06147					
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 66. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Cali-Medellín 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,08049	18	20103	35	0,33333	3
2	Burr	N/A		N/A		N/A	
3	Burr (4P)	N/A		N/A		N/A	
4	Cauchv	0,17442	37	14953	32	14581	24
5	Chi-Squared	0,61111	55	3682,8	58	57,8	52
6	Chi-Squared (2P)	0,75	57	2680,7	57	88,2	53
7	Dagum	0,55843	54	20331	54	55164	51
8	Dagum (4P)	0,36527	50	89337	51	34017	34
9	Erlang	0,19683	41	32531	42	66332	43
10	Erlang (3P)	0,0887	21	0,9394	25	13617	22
11	Error	0,19678	40	14456	31	48683	39
12	Error Function	0,6759	56	41908	55	101,81	54
13	Exponential	0,24763	47	3145	39	10677	46
14	Exponential (2P)	0,08871	22	20911	36	13617	21
15	Fatigue Life	0,06425	11	0,12952	2	0,49036	4
16	Fatigue Life (3P)	0,05855	2	0,14547	7	0,55201	8
17	Frechet	0,10961	26	0,55391	21	0,18989	1
18	Frechet (3P)	0,0713	17	0,17358	12	0,8589	16
19	Gamma	0,08813	20	0,2759	18	22027	27
20	Gamma (3P)	0,21394	44	40641	46	56826	41
21	Gen. Extreme Value	0,06624	13	0,15848	10	0,65391	13
22	Gen. Gamma	0,10426	25	0,30055	19	16169	25
23	Gen. Gamma (4P)	0,11769	27	23648	37	28845	32
24	Gen. Pareto	0,06134	4	40396	45	N/A	
25	Gumbel Max	0,10412	24	0,38224	20	1363	23
26	Gumbel Min	0,23982	46	37707	43	65398	42
27	Hvpersecant	0,1847	39	12771	30	40142	37
28	Inv. Gaussian	0,06204	7	0,14526	6	0,67193	14
29	Inv. Gaussian (3P)	0,06186	6	0,14494	5	0,55899	9
30	Johnson SB	0,05543	1	0,10938	1	0,91392	19
31	Kumaraswamy	0,38447	51	12759	52	24222	50
32	Laplace	0,20583	42	16244	33	51368	40
33	Levv	0,3961	52	78132	49	21034	49
34	Levv (2P)	0,26505	48	31473	40	12134	48
35	Log-Gamma	0,06227	9	0,12971	4	0,61929	10
36	Log-Logistic	0,082	19	0,21782	15	0,87577	17
37	Log-Logistic (3P)	0,05963	3	0,20276	13	0,49452	5
38	Log-Pearson 3	0,06207	8	0,12955	3	0,62124	11
39	Logistic	0,17805	38	11849	28	28427	31
40	Lognormal	0,06438	12	0,14549	8	0,6474	12
41	Lognormal (3P)	0,06311	10	0,15211	9	0,91249	18
42	Nakagami	0,16343	32	11507	27	41469	38
43	Normal	0,17014	35	12274	29	23642	28
44	Pareto	0,23394	45	4798	48	10607	45
45	Pareto 2	0,27679	49	42374	47	12052	47
46	Pearson 5	0,06739	14	0,218	16	0,50434	6
47	Pearson 5 (3P)	0,06888	16	0,16363	11	0,25769	2
48	Pearson 6	0,06821	15	0,21924	17	0,50638	7
49	Pearson 6 (4P)	0,48251	53	15728	53	N/A	
50	Pert	0,13366	28	3227	41	35833	35
51	Power Function	0,17088	36	25211	38	10583	44
52	Ravleigh	0,1349	29	0,67021	23	10578	20
53	Ravleigh (2P)	0,1672	33	10177	26	27782	30
54	Reciprocal	0,15489	30	19773	34	2,5	29
55	Rice	0,16131	31	0,90305	24	20788	26
56	Student's t	1,0	58	704,3	56	1,6729E+14	55
57	Triangular	0,20844	43	40333	44	4,0	36
58	Uniform	0,16879	34	8706	50	N/A	
59	Weibull	0,09439	23	0,62149	22	29855	33
60	Weibull (3P)	0,06147	5	0,20843	14	0,74388	15
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 67. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Cali-Cali 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,08049	18	20103	33	0,33333	3
2	Burr	N/A		N/A		N/A	
3	Burr (4P)	0,53074	54	14196	54	N/A	
4	Cauchv	0,17442	37	14953	31	14581	23
5	Chi-Squared	0,62572	56	3085,6	59	57,8	50
6	Chi-Squared (2P)	0,66667	57	527,66	57	72,2	52
7	Dagum	0,44958	52	13405	53	30367	49
8	Dagum (4P)	0,5775	55	25739	55	62548	51
9	Erlang	0,19683	41	32531	41	66332	41
10	Erlang (3P)	0,08871	22	41347	47	N/A	
11	Error	0,19678	40	14456	30	48683	37
12	Error Function	0,6759	58	41908	56	101,81	53
13	Exponential	0,24763	47	3145	38	10677	44
14	Exponential (2P)	0,08871	21	20911	36	13617	21
15	Fatigue Life	0,06425	11	0,12952	2	0,49036	4
16	Fatigue Life (3P)	0,05855	2	0,14547	7	0,55201	8
17	Frechet	0,10961	26	0,55391	21	0,18989	1
18	Frechet (3P)	0,0713	17	0,17358	12	0,8589	16
19	Gamma	0,08813	20	0,2759	18	22027	26
20	Gamma (3P)	0,20315	42	38035	44	60267	39
21	Gen. Extreme Value	0,06624	13	0,15848	10	0,65391	13
22	Gen. Gamma	0,10426	25	0,30055	19	16169	24
23	Gen. Gamma (4P)	0,11771	27	2365	37	28845	31
24	Gen. Pareto	0,06134	4	40396	46	N/A	
25	Gumbel Max	0,10412	24	0,38224	20	1363	22
26	Gumbel Min	0,23982	46	37707	43	65398	40
27	Hypersecant	0,1847	39	12771	29	40142	35
28	Inv. Gaussian	0,06204	7	0,14526	6	0,67193	14
29	Inv. Gaussian (3P)	0,06186	6	0,14494	5	0,55899	9
30	Johnson SB	0,05543	1	0,10938	1	0,91392	19
31	Kumaraswamy	0,38447	50	12844	52	24222	48
32	Laplace	0,20583	43	16244	32	51368	38
33	Levv	0,3961	51	78132	49	21034	47
34	Levv (2P)	0,26505	49	31473	39	12134	45
35	Log-Gamma	0,06215	9	0,12958	4	0,62043	10
36	Log-Logistic	0,082	19	0,21782	15	0,87577	17
37	Log-Logistic (3P)	0,05963	3	0,20276	13	0,49452	5
38	Log-Pearson 3	0,06207	8	0,12955	3	0,62124	11
39	Logistic	0,17805	38	11849	27	28427	30
40	Lognormal	0,06438	12	0,14549	8	0,6474	12
41	Lognormal (3P)	0,06311	10	0,15211	9	0,9125	18
42	Nakagami	0,16343	33	11507	26	41469	36
43	Normal	0,17014	36	12274	28	23642	27
44	Pareto	0,23394	45	4798	48	10607	43
45	Pareto 2	0,25357	48	33307	42	12,33	46
46	Pearson 5	0,06739	14	0,218	16	0,50434	6
47	Pearson 5 (3P)	0,06888	16	0,16363	11	0,25769	2
48	Pearson 6	0,06804	15	0,21813	17	0,50631	7
49	Pearson 6 (4P)	0,48383	53	11966	51	N/A	
50	Pert	0,13366	28	3227	40	35833	33
51	Power Function	0,16061	31	20485	35	85151	42
52	Rayleigh	0,1349	29	0,67021	23	10578	20
53	Rayleigh (2P)	0,1672	34	10177	25	27782	29
54	Reciprocal	0,15489	30	20342	34	2,5	28
55	Rice	0,16131	32	0,90305	24	20788	25
56	Student's t	1,0	59	778,43	58	1,3115E+15	54
57	Triangular	0,20844	44	40333	45	4	34
58	Uniform	0,16879	35	8706	50	N/A	
59	Weibull	0,09439	23	0,62149	22	29855	32
60	Weibull (3P)	0,06147	5	0,20844	14	0,74388	15
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 68. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Cali-Barranquilla 2013-2015**

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0.08049	20	20103	37	0.33333	3
2	Burr	0.07339	19	0.18974	14	0.86621	17
3	Burr (4P)	0.38581	53	13135	54	N/A	
4	Cauchv	0.17442	39	14953	34	14581	26
5	Chi-Squared	0.61111	57	2581,6	60	51,2	52
6	Chi-Squared (2P)	0.55531	56	1362,0	59	45,0	51
7	Dagum	0.86927	59	76255	57	384.33	54
8	Dagum (4P)	0.50737	55	16951	55	N/A	
9	Erlang	0.19683	43	32531	43	66332	44
10	Erlang (3P)	0.08871	24	0.88638	26	13617	23
11	Error	0.19678	42	14456	33	48683	40
12	Error Function	0.6759	58	41908	56	101,81	53
13	Exponential	0.24763	49	3145	40	10677	46
14	Exponential (2P)	0.08871	23	20911	38	13617	24
15	Fatigue Life	0.06425	11	0.12952	2	0.49036	4
16	Fatigue Life (3P)	0.05855	2	0.14547	7	0.55201	9
17	Frechet	0.10961	28	0.55391	23	0.18989	1
18	Frechet (3P)	0.0713	18	0.17358	12	0,8589	16
19	Gamma	0.08813	22	0,2759	20	22027	29
20	Gamma (3P)	0.20187	44	37737	46	54242	42
21	Gen. Extreme Value	0.06624	13	0.15848	10	0.65391	13
22	Gen. Gamma	0.10426	27	0.30055	21	16169	27
23	Gen. Gamma (4P)	0.11769	29	23647	39	28845	34
24	Gen. Pareto	0.06134	4	40396	48	N/A	
25	Gumbel Max	0.10412	26	0.38224	22	1363	25
26	Gumbel Min	0.23982	48	37707	45	65398	43
27	Hvpersecant	0.1847	41	12771	32	40142	38
28	Inv. Gaussian	0.06204	7	0.14526	6	0.67193	14
29	Inv. Gaussian (3P)	0.06186	6	0.14494	5	0.55899	10
30	Johnson SB	0.05543	1	0.10938	1	0.91392	21
31	Kumaraswamy	0.38447	52	12717	53	24222	50
32	Laplace	0.20583	45	16244	35	51368	41
33	Levv	0.3961	54	78132	51	21034	49
34	Levv (2P)	0.26505	51	31473	41	12134	48
35	Log-Gamma	0.06237	9	0.12987	4	0.88147	19
36	Log-Logistic	0,082	21	0.21782	17	0.87577	18
37	Log-Logistic (3P)	0.05963	3	0.20276	15	0.49452	5
38	Log-Pearson 3	0.06207	8	0.12955	3	0.62124	11
39	Logistic	0.17805	40	11849	30	28427	33
40	Lognormal	0.06438	12	0.14549	8	0.6474	12
41	Lognormal (3P)	0.06311	10	0.15211	9	0.9125	20
42	Nakagami	0.16343	34	11507	29	41469	39
43	Normal	0.17014	37	12274	31	23642	30
44	Pareto	0.23394	47	4798	49	10607	45
45	Pareto 2	0.25557	50	33934	44	11435	47
46	Pearson 5	0.06739	15	0,218	18	0.50434	6
47	Pearson 5 (3P)	0.06888	17	0.16363	11	0.25769	2
48	Pearson 6	0.06884	16	0.21907	19	0.50845	7
49	Pearson 6 (4P)	0.06656	14	0.1876	13	0.52419	8
50	Pert	0.13366	30	3227	42	35833	36
51	Power Function	0.17132	38	55414	50	N/A	
52	Ravleigh	0.1349	31	0.67021	25	10578	22
53	Ravleigh (2P)	0.1672	35	10177	28	27782	32
54	Reciprocal	0.15489	32	19394	36	2.5	31
55	Rice	0.16131	33	0.90305	27	20788	28
56	Student's t	1,0	60	654,39	58	4.1822E+13	55
57	Triangular	0.20844	46	40333	47	4,0	37
58	Uniform	0.16879	36	8706	52	N/A	
59	Weibull	0.09439	25	0.62149	24	29855	35
60	Weibull (3P)	0.06147	5	0.20844	16	0,74388	15
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 69. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Barranquilla-Bogotá 2013-2015**

#	Distribución	Kolmogorov		Anderson		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,08414	24	19,539	37	0,66667	15
2	Burr	0,24657	47	34202	56		N/A
3	Burr (4P)	0,40256	52	13,567	53		N/A
4	Cauchy	0,1685	42	12,984	33	11,906	20
5	Chi-Squared	0,61111	56	1988,2	60	51,2	50
6	Chi-Squared (2P)	0,73895	59	1258,1	59	96,8	52
7	Dagum	0,65856	57	30,906	55	80366	51
8	Dagum (4P)	0,5156	55	13,17	52	33864	49
9	Erlang	0,0809	22	0,3989	22	0,38312	9
10	Erlang (3P)	0,17547	44	1,413	34	24618	29
11	Error	0,15234	39	1,118	30	44,752	38
12	Error Function	0,71332	58	51,78	57	139,21	53
13	Exponential	0,27098	49	37,061	44	9,386	44
14	Exponential (2P)	0,11782	32	21,627	39	11824	19
15	Fatigue Life	0,05755	3	0,15789	5	0,53383	13
16	Fatigue Life (3P)	0,06614	12	0,17236	6	0,2906	6
17	Frechet	0,1159	31	0,53893	24	14949	24
18	Frechet (3P)	0,06196	9	0,19861	13	11,228	17
19	Gamma	0,07323	18	0,25115	19	1413	22
20	Gamma (3P)	0,08538	25	0,1969	12	11,209	16
21	Gen. Extreme Value	0,06016	5	0,1842	10	0,29698	7
22	Gen. Gamma	0,082	23	0,30239	20	14,701	23
23	Gen. Gamma (4P)	0,08036	21	20,154	38	11339	18
24	Gen. Pareto	0,07636	19	39395	45	N/A	
25	Gumbel Max	0,07961	20	0,31415	21	14,124	21
26	Gumbel Min	0,21839	45	35,539	42	63,802	41
27	Hvpersecant	0,15711	41	1,255	32	47,485	40
28	Inv. Gaussian	0,06198	10	0,21246	14	0,63812	14
29	Inv. Gaussian (3P)	0,06204	11	0,17297	7	0,27289	5
30	Johnson SB	0,07191	16	0,11965	1	0,20883	2
31	Kumaraswamy	0,32649	51	84,579	50	15,889	47
32	Laplace	0,17231	43	15,798	36	68,075	42
33	Levy	0,42167	53	84,174	49	21523	48
34	Levy (2P)	0,28314	50	32,034	41	11,503	46
35	Log-Gamma	0,05703	1	0,15494	2	0,48711	11
36	Log-Logistic	0,06854	13	0,22316	16	0,20963	3
37	Log-Logistic (3P)	0,06189	8	0,22578	17	18495	25
38	Log-Pearson 3	0,05726	2	0,15541	3	0,47321	10
39	Logistic	0,15288	40	11,398	31	46,171	39
40	Lognormal	0,06102	7	0,17506	8	0,49135	12
41	Lognormal (3P)	0,0608	6	0,17775	9	0,26149	4
42	Nakagami	0,11558	30	0,58488	26	28,575	33
43	Normal	0,14789	37	10,931	29	30,198	35
44	Pareto	0,2463	46	4,706	47	73,614	43
45	Pareto 2	0,26965	48	36,787	43	10,729	45
46	Pearson 5	0,07253	17	0,2313	18	0,34805	8
47	Pearson 5 (3P)	0,05975	4	0,18907	11	23,259	28
48	Pearson 6	0,07045	15	0,22205	15	19,124	26
49	Pearson 6 (4P)	0,47744	54	15,35	54	N/A	
50	Pert	0,14427	36	43,216	46	39167	36
51	Power Function	0,14294	35	49,407	48	N/A	
52	Rayleigh	0,10467	27	0,51367	23	29,224	34
53	Rayleigh (2P)	0,13451	34	0,87532	28	26,485	31
54	Reciprocal	0,11342	28	14,826	35	43333	37
55	Rice	0,11357	29	0,55178	25	22,639	27
56	Student's t	1,0	60	741,6	58	4,61E+14	54
57	Triangular	0,1334	33	24,893	40	26,667	32
58	Uniform	0,14999	38	11,926	51	N/A	
59	Weibull	0,0884	26	0,64182	27	26,042	30
60	Weibull (3P)	0,07014	14	0,15649	4	0,14583	1
61	Johnson SU	No hay ajuste					

**Tabla 70. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Barranquilla-Medellín 2013-2015**

#	Distribución	Kolmogorov		Anderson		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,08414	25	19539	39	0,66667	17
2	Burr	0,07076	15	0,22469	16	0,31298	8
3	Burr (4P)	0,39776	53	13442	55	N/A	
4	Cauchv	0,1685	43	12984	34	11906	22
5	Chi-Squared	0,61111	58	2380,9	60	51,2	54
6	Chi-Squared (2P)	0,5225	57	1161,0	59	39,2	53
7	Dagum	0,38186	52	93735	52	28789	51
8	Dagum (4P)	0,48197	56	15582	56	N/A	
9	Erlang	0,0809	22	0,3989	23	0,38312	11
10	Erlang (3P)	0,17547	45	1413	35	24618	30
11	Error	0,15234	40	1118	31	44752	39
12	Error Function	0,71332	59	51,78	57	139,21	55
13	Exponential	0,27098	48	37061	45	9386	46
14	Exponential (2P)	0,11782	33	21627	41	11824	21
15	Fatigue Life	0,05755	3	0,15789	5	0,53383	15
16	Fatigue Life (3P)	0,06614	12	0,17236	6	0,2906	6
17	Frechet	0,1159	32	0,53893	25	14949	26
18	Frechet (3P)	0,06196	9	0,19861	13	11228	19
19	Gamma	0,07323	19	0,25115	20	1413	24
20	Gamma (3P)	0,08538	26	0,1969	12	11209	18
21	Gen. Extreme Value	0,06016	5	0,1842	10	0,29697	7
22	Gen. Gamma	0,082	23	0,30239	21	14701	25
23	Gen. Gamma (4P)	0,08325	24	2039	40	1139	20
24	Gen. Pareto	0,07636	20	39395	46	N/A	
25	Gumbel Max	0,07961	21	0,31415	22	14124	23
26	Gumbel Min	0,21839	46	35539	44	63802	42
27	Hypersecant	0,15711	42	1255	33	47485	41
28	Inv. Gaussian	0,06198	10	0,21246	14	0,63812	16
29	Inv. Gaussian (3P)	0,06204	11	0,17297	7	0,27289	5
30	Johnson SB	0,07191	16	0,11965	1	0,20883	2
31	Kumaraswamv	0,32649	51	84156	50	15889	49
32	Laplace	0,17231	44	15798	37	68075	43
33	Levv	0,42167	54	84174	51	21523	50
34	Levv (2P)	0,28314	49	32034	43	11503	47
35	Log-Gamma	0,057	1	0,155	2	0,48935	13
36	Log-Logistic	0,06854	13	0,22316	15	0,20963	3
37	Log-Logistic (3P)	0,06189	8	0,22578	17	18495	27
38	Log-Pearson 3	0,05726	2	0,15541	3	0,47321	12
39	Logistic	0,15288	41	11398	32	46171	40
40	Lognormal	0,06102	7	0,17506	8	0,49135	14
41	Lognormal (3P)	0,0608	6	0,17775	9	0,26149	4
42	Nakagami	0,11558	31	0,58488	27	28575	34
43	Normal	0,14789	38	10931	30	30198	36
44	Pareto	0,24629	47	4706	48	73614	44
45	Pareto 2	0,3019	50	48914	49	13171	48
46	Pearson 5	0,07253	18	0,2313	19	0,34805	9
47	Pearson 5 (3P)	0,05975	4	0,18907	11	23259	29
48	Pearson 6	0,07195	17	0,22872	18	0,35159	10
49	Pearson 6 (4P)	0,48163	55	11762	53	29507	52
50	Pert	0,14427	36	43216	47	39167	37
51	Power Function	0,1456	37	16512	38	82504	45
52	Rayleigh	0,10467	28	0,51367	24	29224	35
53	Rayleigh (2P)	0,13451	35	0,87532	29	26484	32
54	Reciprocal	0,11342	29	14446	36	43333	38
55	Rice	0,11357	30	0,55178	26	22639	28
56	Student's t	1,0	60	696,34	58	1,31E+14	56
57	Triangular	0,1334	34	24893	42	26667	33
58	Uniform	0,14999	39	11926	54	N/A	
59	Weibull	0,0884	27	0,64182	28	26042	31
60	Weibull (3P)	0,07014	14	0,15649	4	0,14583	1
61	Johnson SU	No hay ajust					

**Tabla 71. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Barranquilla-Cali 2013-2015**

#	Distribución	Kolmogorov		Anderson		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,08414	23	19539	38	0,66667	16
2	Burr	0,34561	51	42146	55	N/A	
3	Burr (4P)	0,41734	52	13731	53	N/A	
4	Cauchv	0,1685	42	12984	33	11906	20
5	Chi-Squared	0,61111	56	2085,2	59	51,2	51
6	Chi-Squared (2P)	0,80556	58	4246,6	60	105,8	52
7	Dagum	0,89814	59	84,5	57	501,19	54
8	Dagum (4P)	0,51609	55	17096	54	N/A	
9	Erlang	0,0809	21	0,3989	22	0,38312	9
10	Erlang (3P)	0,17547	44	1413	34	24618	29
11	Error	0,15234	39	1118	30	44752	38
12	Error Function	0,71332	57	51,78	56	139,21	53
13	Exponential	0,27098	47	37061	44	9386	45
14	Exponential (2P)	0,11782	31	21627	39	11824	19
15	Fatigue Life	0,05755	3	0,15789	5	0,53383	14
16	Fatigue Life (3P)	0,06614	12	0,17236	6	0,2906	6
17	Frechet	0,1159	30	0,53893	24	14949	24
18	Frechet (3P)	0,06196	9	0,19861	13	11228	18
19	Gamma	0,07323	18	0,25115	19	1413	22
20	Gamma (3P)	0,08538	24	0,1969	12	11209	17
21	Gen. Extreme Value	0,06016	5	0,1842	10	0,29697	7
22	Gen. Gamma	0,082	22	0,30239	20	14701	23
23	Gen. Gamma (4P)	0,12321	32	22268	40	0,41685	10
24	Gen. Pareto	0,07636	19	39395	45	N/A	
25	Gumbel Max	0,07961	20	0,31415	21	14124	21
26	Gumbel Min	0,21839	45	35539	43	63802	41
27	Hypersecant	0,15711	41	1255	32	47485	40
28	Inv. Gaussian	0,06198	10	0,21246	14	0,63812	15
29	Inv. Gaussian (3P)	0,06204	11	0,17297	7	0,27289	5
30	Johnson SB	0,07191	16	0,11965	1	0,20883	2
31	Kumaraswamv	0,32649	49	83732	49	15889	48
32	Laplace	0,17231	43	15798	36	68075	42
33	Levv	0,42167	53	84174	50	21523	49
34	Levv (2P)	0,28314	48	32034	42	11503	46
35	Log-Gamma	0,05699	1	0,15502	2	0,48988	12
36	Log-Logistic	0,06854	13	0,22316	16	0,20963	3
37	Log-Logistic (3P)	0,06189	8	0,22578	17	18495	25
38	Log-Pearson 3	0,05726	2	0,15541	3	0,47321	11
39	Logistic	0,15288	40	11398	31	46171	39
40	Lognormal	0,06102	7	0,17506	8	0,49135	13
41	Lognormal (3P)	0,0608	6	0,17775	9	0,26149	4
42	Nakagami	0,11558	29	0,58488	26	28575	33
43	Normal	0,14789	37	10931	29	30198	35
44	Pareto	0,2463	46	4706	47	73614	44
45	Pareto 2	0,32961	50	63751	48	14534	47
46	Pearson 5	0,07253	17	0,2313	18	0,34805	8
47	Pearson 5 (3P)	0,05975	4	0,18907	11	23259	28
48	Pearson 6	0,06953	14	0,21532	15	18993	26
49	Pearson 6 (4P)	0,48018	54	11724	51	29586	50
50	Pert	0,14427	35	43216	46	39167	36
51	Power Function	0,14458	36	17036	37	69168	43
52	Rayleigh	0,10467	26	0,51367	23	29224	34
53	Rayleigh (2P)	0,13451	34	0,87532	28	26484	31
54	Reciprocal	0,11342	27	14352	35	43333	37
55	Rice	0,11357	28	0,55178	25	22639	27
56	Student's t	1,0	60	686,72	58	1,003E+14	55
57	Triangular	0,1334	33	24893	41	26667	32
58	Uniform	0,14999	38	11926	52	N/A	
59	Weibull	0,0884	25	0,64182	27	26042	30
60	Weibull (3P)	0,07014	15	0,15649	4	0,14583	1
61	Johnson SU	No hay ajust					

**Tabla 72. Prueba de bondad de ajuste para información de envíos Barranquilla-Barranquilla  
2013-2015**

#	Distribución	Kolmogorov		Anderson		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Beta	0,08414	25	19539	38	0,66667	17
2	Burr	0,06537	12	0,21265	15	0,3108	8
3	Burr (4P)	0,42165	52	13925	54	N/A	
4	Cauchy	0,1685	42	12984	34	11906	21
5	Chi-Squared	0,61111	57	1946,2	60	51,2	52
6	Chi-Squared (2P)	0,61111	56	40866	57	12,8	49
7	Dagum	0,74545	59	39586	56	119,28	53
8	Dagum (4P)	0,58529	55	16,08	55	N/A	
9	Erlang	0,0809	23	0,3989	23	0,38312	11
10	Erlang (3P)	0,17547	44	1413	35	24618	30
11	Error	0,15234	39	1118	31	44752	39
12	Error Function	0,71332	58	51,78	58	139,21	54
13	Exponential	0,27098	49	37061	46	9386	46
14	Exponential (2P)	0,11782	33	21627	40	11824	20
15	Fatigue Life	0,05755	3	0,15789	5	0,53383	15
16	Fatigue Life (3P)	0,06614	13	0,17236	6	0,2906	6
17	Frechet	0,1159	32	0,53893	25	14949	26
18	Frechet (3P)	0,06196	9	0,19861	13	11228	19
19	Gamma	0,07323	19	0,25115	20	1413	24
20	Gamma (3P)	0,08538	26	0,1969	12	11209	18
21	Gen. Extreme Value	0,06016	5	0,1842	10	0,29697	7
22	Gen. Gamma	0,082	24	0,30239	21	14701	25
23	Gen. Gamma (4P)	0,07789	21	1992	39	12115	22
24	Gen. Pareto	0,07636	20	39395	47	N/A	
25	Gumbel Max	0,07961	22	0,31415	22	14124	23
26	Gumbel Min	0,21839	46	35539	44	63802	42
27	Hvpersecant	0,15711	41	1255	33	47485	41
28	Inv. Gaussian	0,06198	10	0,21246	14	0,63812	16
29	Inv. Gaussian (3P)	0,06204	11	0,17297	7	0,27289	5
30	Johnson SB	0,07191	16	0,11965	1	0,20883	2
31	Kumaraswamy	0,32649	51	85003	51	15889	50
32	Laplace	0,17231	43	15798	37	68075	43
33	Levy	0,42167	53	84174	50	21523	51
34	Levy (2P)	0,28314	50	32034	43	11503	48
35	Log-Gamma	0,05707	1	0,15491	2	0,48415	13
36	Log-Logistic	0,06854	14	0,22316	16	0,20963	3
37	Log-Logistic (3P)	0,06189	8	0,22578	17	18495	27
38	Log-Pearson 3	0,05726	2	0,15541	3	0,47321	12
39	Logistic	0,15288	40	11398	32	46171	40
40	Lognormal	0,06102	7	0,17506	8	0,49135	14
41	Lognormal (3P)	0,0608	6	0,17775	9	0,26149	4
42	Nakagami	0,11558	31	0,58488	27	28575	34
43	Normal	0,14789	37	10931	30	30198	36
44	Pareto	0,2463	47	4706	49	73614	44
45	Pareto 2	0,26825	48	36363	45	10,65	47
46	Pearson 5	0,07253	18	0,2313	19	0,34805	9
47	Pearson 5 (3P)	0,05975	4	0,18907	11	23259	29
48	Pearson 6	0,07216	17	0,23001	18	0,34838	10
49	Pearson 6 (4P)	0,4955	54	12119	53	N/A	
50	Pert	0,14427	36	43216	48	39167	37
51	Power Function	0,21728	45	30313	42	85833	45
52	Rayleigh	0,10467	28	0,51367	24	29224	35
53	Rayleigh (2P)	0,13451	35	0,87532	29	26485	32
54	Reciprocal	0,11342	29	1,53	36	43333	38
55	Rice	0,11357	30	0,55178	26	22639	28
56	Student's t	1,0	60	812,22	59	3,275E+15	55
57	Triangular	0,1334	34	24893	41	26667	33
58	Uniform	0,14999	38	11926	52	N/A	
59	Weibull	0,0884	27	0,64182	28	26042	31
60	Weibull (3P)	0,07014	15	0,15649	4	0,14583	1
61	Johnson SU	No hay ajuste					

## ANEXO 4

### VALIDACIÓN DE MODELO DE SIMULACIÓN

La validación del modelo de simulación Montecarlo consistió en determinar si las diferencias entre datos reales y los simulados, sin importar su fuente, pueden ser toleradas; según Freese (1960) mencionado por (Barrales, et al., 2004) el error puede expresarse en un porcentaje del valor  $\mu_i$ , fijado en 15% y  $\alpha$  en 0,05. Haciendo uso de la ecuación (17) se calculó el valor de  $\chi^2$  para cada uno de los nodos establecidos en la simulación, las Tablas 73 a 77 muestran estos valores y los cálculos para determinar la validez de la información simulada.

**Tabla 73. Valores reales de envíos vs. valores simulados para 36 meses**

MES	VALORES REALES (envíos/mes) $\mu_i$				VALORES SIMULADOS (envíos/mes) $x_i$			
	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla
1	231197	111612	95668	47834	243296	108536	99071	47799
2	115598	55806	47834	23917	120566	62134	44448	23773
3	86699	41855	35875	17938	81034	39998	35564	15843
4	57799	27903	23917	11958	56937	34003	22878	14029
5	67432	32554	27903	13952	73700	31795	31091	13776
6	169544	81849	70156	35078	175101	88132	66896	35964
7	154131	74408	63778	31889	145685	78283	59988	34142
8	105965	51156	43848	21924	117644	50077	43513	22684
9	125232	60457	51820	25910	131011	61838	56047	28176
10	173398	83709	71751	35875	167960	82396	69389	33673
11	288996	139515	119585	59792	283346	138413	121532	60965
12	350649	169279	145096	72548	352969	165035	142815	70918
13	188735	91113	78097	39049	184525	90487	75872	38822
14	94367	45557	39049	19524	104200	46556	35336	19514
15	70776	34168	29286	14643	63485	35785	33911	13470
16	47184	22778	19524	9762	47622	27095	19706	10522
17	55048	26575	22778	11389	47132	28689	20806	12715
18	138406	66817	57271	28636	135411	66166	63277	30082
19	125823	60742	52065	26032	128278	66616	49792	27888
20	86504	41760	35795	17897	84335	46476	34535	20703
21	102231	49353	42303	21151	111914	45596	39013	21486
22	141551	68335	58573	29286	145510	67585	55847	27205
23	235919	113892	97622	48811	237257	117154	104532	47877
24	286248	138189	118447	59224	289349	142772	119174	59909
25	196768	94992	81421	40711	200403	94732	85823	39374
26	98384	47496	40711	20355	101067	51039	40262	19444
27	73788	35622	30533	15266	79908	31983	37663	16193
28	49192	23748	20355	10178	56082	21665	22813	8017
29	57391	27706	23748	11874	50848	31576	20708	10326
30	144297	69660	59709	29854	146919	67414	61246	30875
31	131179	63328	54281	27140	128802	64915	55324	29153
32	90185	43538	37318	18659	99979	47153	43589	20054
33	106583	51454	44103	22052	104980	51307	45289	23656
34	147576	71244	61066	30533	141545	68378	67917	32082
35	245960	118739	101777	50888	252139	119013	104649	53415
36	298432	144070	123489	61744	289742	139256	130487	64221

**Tabla 74. Validación de valores simulados de envíos para Bogotá**

BOGOTÁ			
Validación Valores simulados			
MES	Diferencia $d_i = x_i - \mu_i$	$\left(\frac{d_i}{\mu_i}\right)^2$	$\frac{Z_{\left(\frac{1-\alpha}{2}\right)}^2}{p^2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{\mu_i}\right)^2$
1	12099	0.002739	17.691761
2	4968	0.001847	
3	-5665	0.004269	
4	-862	0.000222	
5	6268	0.008640	
6	5557	0.001074	
7	-8446	0.003003	
8	11679	0.012147	
9	5779	0.002129	
10	-5438	0.000984	
11	-5650	0.000382	
12	2320	0.000044	
13	-4210	0.000498	
14	9833	0.010857	
15	-7291	0.010612	
16	438	0.000086	
17	-7916	0.020679	
18	-2995	0.000468	
19	2455	0.000381	
20	-2169	0.000629	
21	9683	0.008971	
22	3959	0.000782	
23	1338	0.000032	
24	3101	0.000117	
25	3635	0.000341	
26	2683	0.000744	
27	6120	0.006879	
28	6890	0.019618	
29	-6543	0.012998	
30	2622	0.000330	
31	-2377	0.000328	
32	9794	0.011794	
33	-1603	0.000226	
34	-6031	0.001670	
35	6179	0.000631	
36	-8690	0.000848	

**Tabla 75. Validación de valores simulados de envíos para Medellín**

MEDELLÍN			
Validación Valores simulados			
MES	Diferencia $d_i = x_i - \mu_i$	$\left(\frac{d_i}{\mu_i}\right)^2$	$Z_{\left(\frac{1-\alpha}{2}\right)}^2 \sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{\mu_i}\right)^2$
1	-3076	0.000760	24.385986
2	6328	0.012858	
3	-1857	0.001969	
4	6100	0.047792	
5	-759	0.000544	
6	6283	0.005893	
7	3875	0.002712	
8	-1079	0.000445	
9	1381	0.000522	
10	-1313	0.000246	
11	-1102	0.000062	
12	-4244	0.000629	
13	-626	0.000047	
14	999	0.000481	
15	1617	0.002240	
16	4317	0.035919	
17	2114	0.006328	
18	-651	0.000095	
19	5874	0.009352	
20	4716	0.012753	
21	-3757	0.005795	
22	-750	0.000120	
23	3262	0.000820	
24	4583	0.001100	
25	-260	0.000007	
26	3543	0.005565	
27	-3639	0.010436	
28	-2083	0.007694	
29	3870	0.019511	
30	-2246	0.001040	
31	1587	0.000628	
32	3615	0.006894	
33	-147	0.000008	
34	-2866	0.001618	
35	274	0.000005	
36	-4814	0.001117	

**Tabla 76. Validación de valores simulados de envíos para Cali**

CALI			
Validación Valores simulados			
MES	Diferencia $d_i = x_i - \mu_i$	$\left(\frac{d_i}{\mu_i}\right)^2$	$\frac{Z^2 \left(\frac{1-\alpha}{2}\right)^2}{p^2} \sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{\mu_i}\right)^2$
1	3403	0.000930	21.095387
2	-3386	0.003681	
3	-311	0.000055	
4	-1039	0.001387	
5	3188	0.009590	
6	-3260	0.001586	
7	-3790	0.002594	
8	-335	0.000043	
9	4227	0.004889	
10	-2362	0.000796	
11	1947	0.000195	
12	-2281	0.000182	
13	-2225	0.000596	
14	-3713	0.006643	
15	4625	0.018323	
16	182	0.000064	
17	-1972	0.005506	
18	6006	0.008080	
19	-2273	0.001400	
20	-1260	0.000910	
21	-3290	0.004444	
22	-2726	0.001591	
23	6910	0.003681	
24	727	0.000028	
25	4402	0.002147	
26	-449	0.000089	
27	7130	0.040063	
28	2458	0.010713	
29	-3040	0.012039	
30	1537	0.000487	
31	1043	0.000271	
32	6271	0.020746	
33	1186	0.000531	
34	6851	0.009247	
35	2872	0.000585	
36	6998	0.002359	

**Tabla 77. Validación de valores simulados de envíos para Barranquilla**

BARRANQUILLA			
Validación Valores simulados			
MES	Diferencia $d_i = x_i - \mu_i$	$\left(\frac{d_i}{\mu_i}\right)^2$	$\frac{Z_{\left(\frac{1-\alpha}{2}\right)}^2}{\left(\frac{p^2}{n}\right)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{\mu_i}\right)^2$
1	-35	0.000001	26.309606
2	-144	0.000036	
3	-2095	0.013641	
4	2071	0.029992	
5	-176	0.000159	
6	886	0.000638	
7	2253	0.004992	
8	760	0.001202	
9	2266	0.007649	
10	-2202	0.003767	
11	1173	0.000385	
12	-1630	0.000505	
13	-227	0.000034	
14	-10	0.000000	
15	-1173	0.006417	
16	760	0.006061	
17	1326	0.013555	
18	1446	0.002550	
19	1856	0.005083	
20	2806	0.024581	
21	335	0.000251	
22	-2081	0.005049	
23	-934	0.000366	
24	685	0.000134	
25	-1337	0.001079	
26	-911	0.002003	
27	927	0.003687	
28	-2161	0.045083	
29	-1548	0.016996	
30	1021	0.001170	
31	2013	0.005501	
32	1395	0.005589	
33	1604	0.005291	
34	1549	0.002574	
35	2527	0.002466	
36	2477	0.001609	

## ANEXO 5

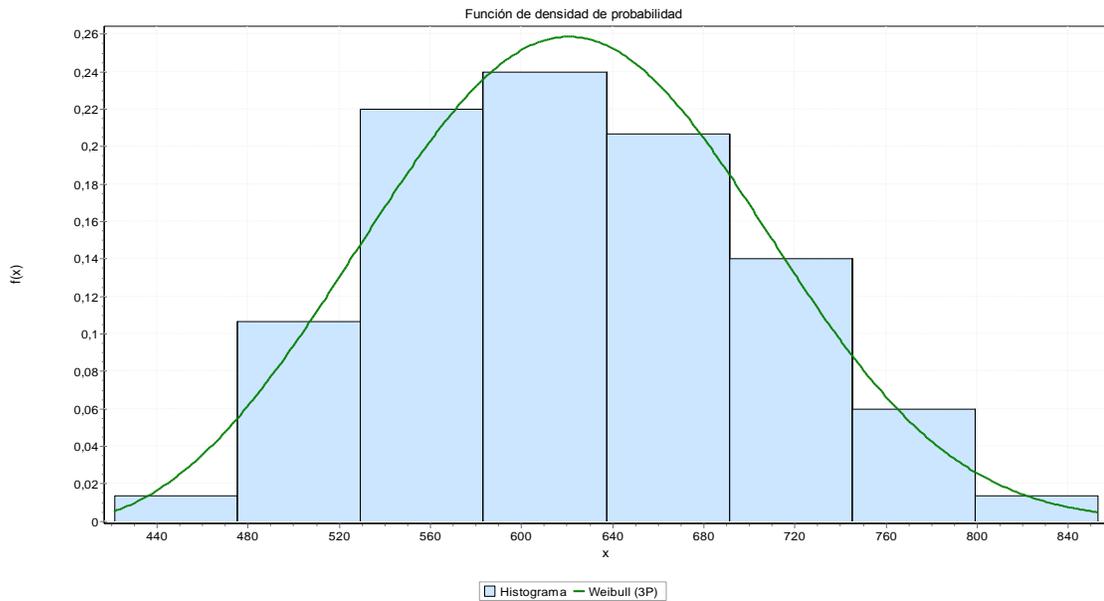
### RESULTADOS DE VARIABLES DEL MODELO DE SIMULACIÓN

A continuación, se presentan los resultados para las variables Costo de distribución por unidad, Compensación emisiones CO<sub>2</sub> por unidad enviada, Emisiones por Unidad (gr), Costo total distribución por unidad y Utilidad operativa para el modelo de simulación del escenario con 4 nodos (Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla). La Tabla 78 muestra algunos de los resultados obtenidos para estas cuatro variables.

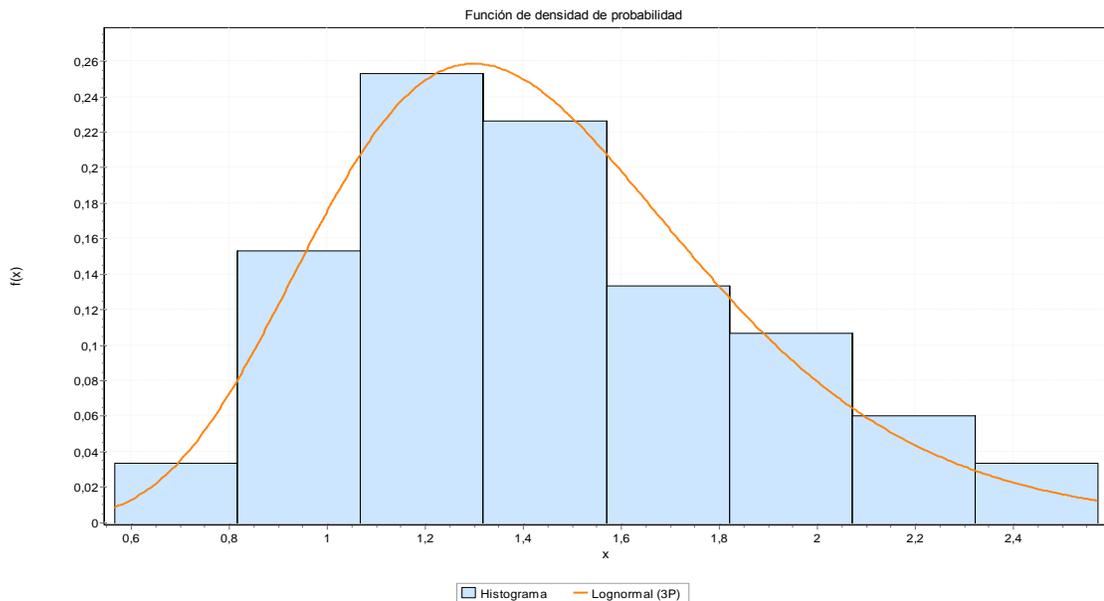
**Tabla 78. Resultados para variables consideradas en el modelo de simulación en escenario de 4 nodos.**

Costo de distribución por unidad	Compensación emisiones CO <sub>2</sub> por unidad enviada	Emisiones por Unidad (gr)	Costo total distribución por unidad	Utilidad operativa
\$421.21	\$1.17	0.08	\$421	\$27,014,563
\$701.10	\$1.73	0.13	\$701	\$10,033,707
\$476.21	\$1.59	0.10	\$476	\$27,159,132
\$571.36	\$1.53	0.11	\$571	\$19,067,314
\$563.86	\$1.55	0.13	\$564	\$19,782,920
\$676.23	\$1.29	0.10	\$676	\$15,614,339
\$578.11	\$1.70	0.12	\$578	\$17,025,506
\$628.82	\$2.17	0.15	\$629	\$16,359,481
\$776.99	\$2.15	0.14	\$777	\$9,393,560
\$726.48	\$1.29	0.10	\$726	\$18,681,712
\$513.07	\$1.15	0.09	\$513	\$28,291,200
\$704.60	\$1.23	0.10	\$705	\$12,066,688
\$615.26	\$1.49	0.09	\$615	\$29,212,116
\$602.92	\$1.22	0.09	\$603	\$21,812,028
\$853.20	\$1.89	0.14	\$853	\$6,031,853
\$668.53	\$0.92	0.09	\$669	\$15,061,743
\$637.37	\$0.80	0.07	\$637	\$18,417,304
\$790.27	\$1.54	0.11	\$790	\$10,995,399
\$551.81	\$1.62	0.11	\$552	\$17,999,085
\$647.50	\$1.65	0.12	\$648	\$14,347,295
\$662.46	\$1.22	0.09	\$662	\$18,650,779
\$592.10	\$0.85	0.07	\$592	\$16,625,463
\$586.18	\$0.89	0.07	\$586	\$19,983,718
\$555.41	\$1.67	0.11	\$555	\$18,333,337
\$769.13	\$1.69	0.12	\$769	\$6,860,842
\$484.07	\$1.07	0.07	\$484	\$36,252,305
\$591.17	\$1.54	0.12	\$591	\$26,696,989
\$728.87	\$1.24	0.10	\$729	\$17,934,051

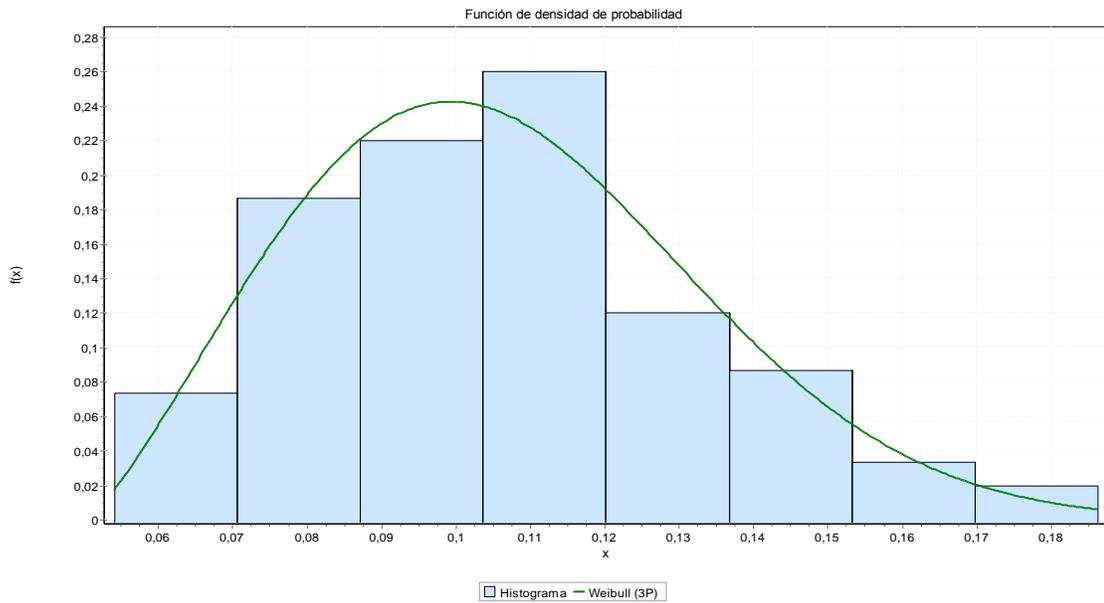
Las siguientes Figuras muestran los histogramas resultado de un análisis de bondad de ajuste para las variables observadas en el modelo de simulación en el escenario anteriormente indicado, en estos histogramas se basa la tabla 38.



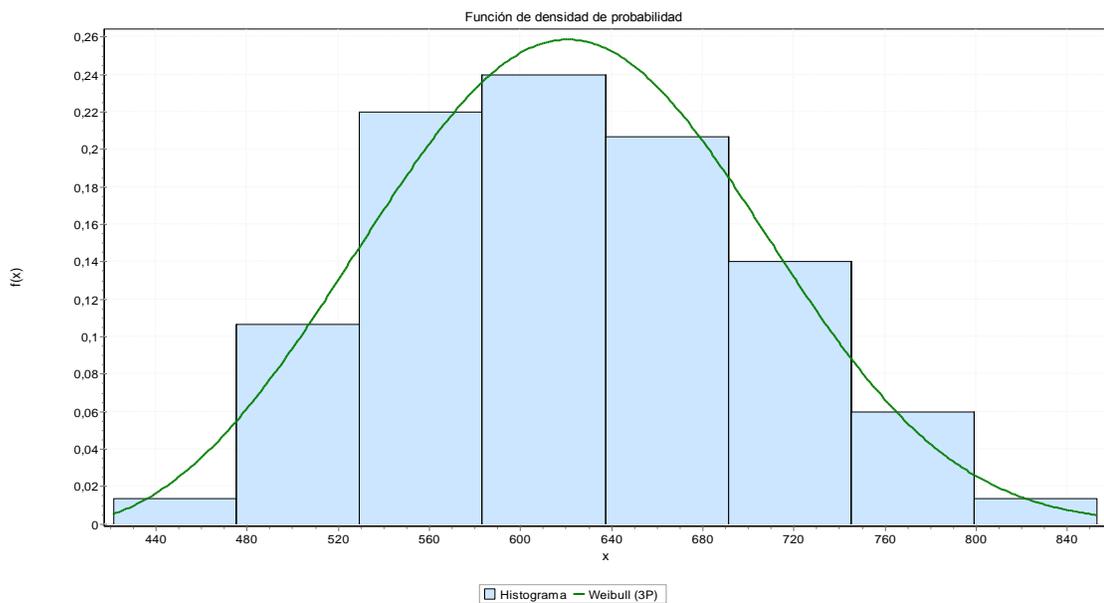
**Figura 33. Histograma para Costo distribución por unidad escenario 4 nodos.**



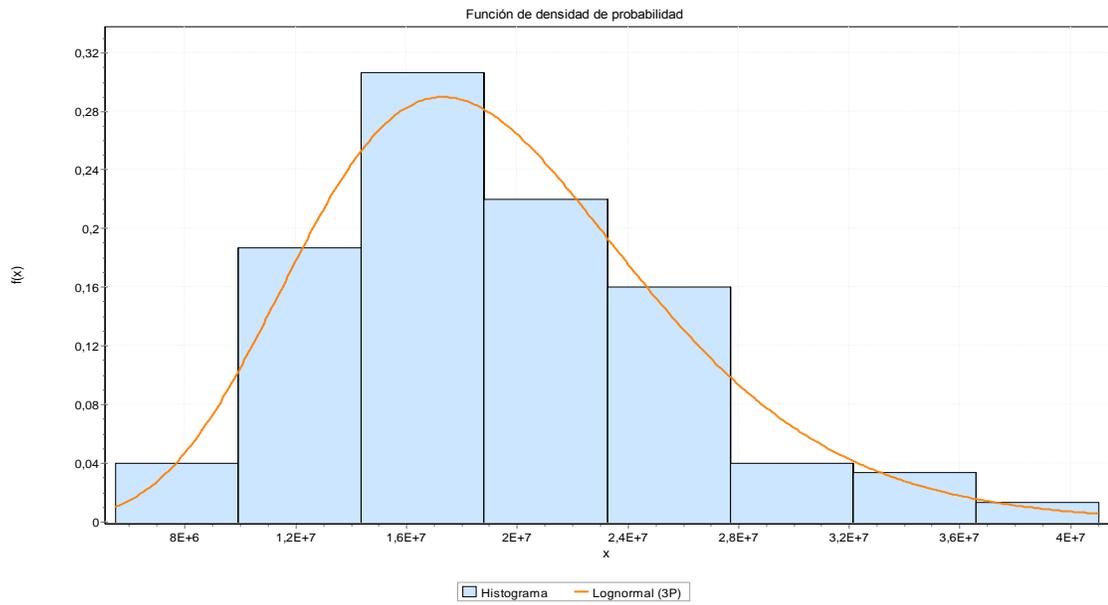
**Figura 34. Histograma para Compensaciones en emisiones de CO<sub>2</sub> escenario 4 nodos.**



**Figura 35. Histograma para Emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad enviada en escenario 4 nodos.**



**Figura 36. Histograma para Costo total de distribución por unidad enviada en escenario 4 nodos.**



**Figura 37. Histograma para Utilidad Operativa en escenario 4 nodos.**

## ANEXO 6

### RESÚMENES RESULTADO DE SIMULACIONES POR ESCENARIO

A continuación, se muestran los valores porcentuales con los cuales se han determinado los resultados de las 150 réplicas para cada uno de los escenarios planteados en la investigación.

**Tabla 79. Resultados para escenario 4 nodos con captación de 1.1%-1.5% nacional**

	Costo de distribución por unidad	Compensación emisiones CO2 por unidad	Emisiones por Unidad	Costo total distribución por unidad	Utilidad operativa
Media	29%	32%	32%	29%	330%
Desviación	11.01%	11.11%	11.11%	11.01%	45.94%
Intervalo confianza	1.76%	1.78%	1.78%	1.76%	7.35%
LimSup	30.28%	34.27%	34.27%	30.28%	337.09%
LimInf	26.76%	30.71%	30.71%	26.76%	322.38%

**Tabla 80. Resultados para escenario 4 nodos con captación de 0.6%-0.8% nacional**

	Costo de distribución por unidad	Compensación emisiones CO2 por unidad	Emisiones por Unidad	Costo total distribución por unidad	Utilidad operativa
Media	22%	22%	22%	22%	197%
Desviación	10.92%	10.02%	10.02%	10.92%	37.19%
Intervalo confianza	1.75%	1.60%	1.60%	1.75%	5.95%
LimSup	24.09%	24.07%	24.07%	24.09%	203.31%
LimInf	20.60%	20.86%	20.86%	20.60%	191.41%

**Tabla 81. Resultados para escenario 3 nodos con captación de 0.8%-1.0% nacional**

	Costo de distribución por unidad	Compensación emisiones CO2 por unidad	Emisiones por Unidad	Costo total distribución por unidad	Utilidad operativa
Media	18%	29%	29%	18%	275%
Varianza	2.01%	1.30%	1.30%	2.01%	166.03%
Intervalo confianza	0.32%	0.21%	0.21%	0.32%	26.57%
LimSup	18.28%	29.46%	29.46%	18.28%	301.97%
LimInf	17.64%	29.05%	29.05%	17.64%	248.83%

**Tabla 82. Resultados para escenario 2 nodos con captación de 1.1-1.5% nacional**

	Costo de distribución por unidad	Compensación emisiones CO2 por unidad	Emisiones por Unidad	Costo total distribución por unidad	Utilidad operativa
Media	5%	15%	18%	5%	434%
Desviación	22.38%	18.85%	33.10%	22.32%	320.19%
Intervalo confianza	3.58%	3.02%	5.30%	3.57%	51.24%
Lim Sup	8.88%	18.19%	23.02%	9.01%	485.31%
Lim Inf	1.72%	12.15%	12.43%	1.86%	382.83%

**Tabla 83. Resultados para escenario 2 nodos con captación de 0.8-1.0% nacional**

	Costo de distribución por unidad	Compensación emisiones CO2 por unidad	Emisiones por Unidad	Costo total distribución por unidad	Utilidad operativa
Media	4%	13%	13%	4%	329%
Varianza	3.49%	2.94%	2.94%	3.49%	1125.41%
Intervalo confianza	0.56%	0.47%	0.47%	0.56%	180.10%
LimSup	5.02%	13.77%	13.77%	5.02%	508.85%
LimInf	3.90%	12.83%	12.83%	3.90%	148.65%

**Tabla 84. Resultados para escenario 2 nodos con captación de 0.6-0.8% nacional**

	Costo de distribución por unidad	Compensación emisiones CO2 por unidad	Emisiones por Unidad	Costo total distribución por unidad	Utilidad operativa
Media	3%	11%	11%	3%	216%
Desviación	19.27%	17.48%	17.48%	19.27%	193.02%
Intervalo confianza	3.08%	2.80%	2.80%	3.08%	30.89%
LimSup	6.52%	13.85%	13.85%	6.52%	246.56%
LimInf	0.35%	8.26%	8.26%	0.35%	184.78%

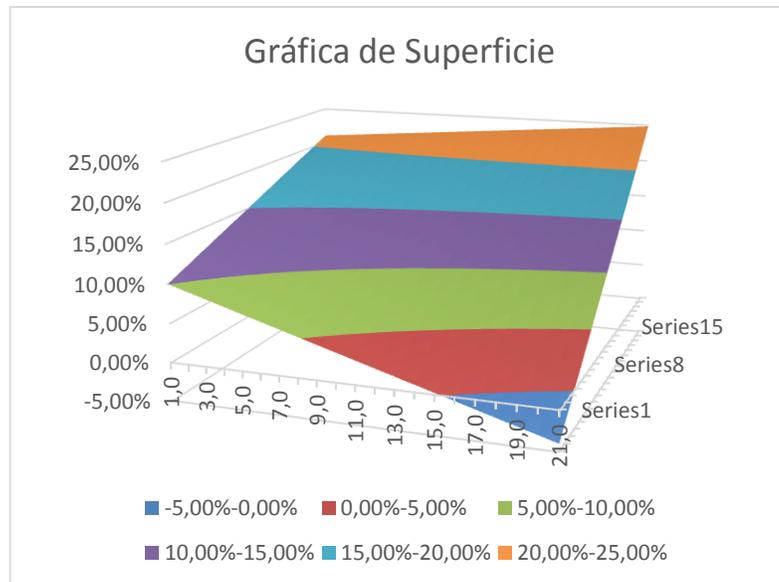
## ANEXO 7

### GRÁFICOS DE SUPERFICIE Y CONTORNO PARA EXPERIMENTOS REALIZADOS

Las Tablas 85-88 muestran los resultados para los diferentes valores tomados por las ecuaciones (17) a (20) con los cuales se realizan los diferentes gráficos de superficie y contornos para cada uno de los experimentos desarrollados con los resultados del modelo de simulación corridos en los diferentes escenarios planteados en la presente investigación.

**Tabla 85. Resultados para valores de ecuación (17) Costo de distribución**

	-1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
-1.0	10.03%	9.33%	8.63%	7.93%	7.23%	6.52%	5.82%	5.12%	4.42%	3.72%	3.02%	2.32%	1.62%	0.91%	0.21%	-0.49%	-1.19%	-1.89%	-2.59%	-3.29%	-3.99%
-0.9	10.58%	9.92%	9.27%	8.61%	7.95%	7.30%	6.64%	5.98%	5.33%	4.67%	4.01%	3.36%	2.70%	2.04%	1.39%	0.73%	0.07%	-0.58%	-1.24%	-1.90%	-2.55%
-0.8	11.13%	10.52%	9.90%	9.29%	8.68%	8.07%	7.46%	6.84%	6.23%	5.62%	5.01%	4.40%	3.78%	3.17%	2.56%	1.95%	1.34%	0.73%	0.11%	-0.50%	-1.11%
-0.7	11.68%	11.11%	10.54%	9.97%	9.41%	8.84%	8.27%	7.70%	7.14%	6.57%	6.00%	5.44%	4.87%	4.30%	3.73%	3.17%	2.60%	2.03%	1.47%	0.90%	0.33%
-0.6	12.22%	11.70%	11.18%	10.66%	10.13%	9.61%	9.09%	8.57%	8.04%	7.52%	7.00%	6.48%	5.95%	5.43%	4.91%	4.39%	3.86%	3.34%	2.82%	2.30%	1.77%
-0.5	12.77%	12.29%	11.82%	11.34%	10.86%	10.38%	9.90%	9.43%	8.95%	8.47%	7.99%	7.52%	7.04%	6.56%	6.08%	5.60%	5.13%	4.65%	4.17%	3.69%	3.22%
-0.4	13.32%	12.89%	12.45%	12.02%	11.59%	11.15%	10.72%	10.29%	9.85%	9.42%	8.99%	8.55%	8.12%	7.69%	7.26%	6.82%	6.39%	5.96%	5.52%	5.09%	4.66%
-0.3	13.87%	13.48%	13.09%	12.70%	12.31%	11.93%	11.54%	11.15%	10.76%	10.37%	9.98%	9.59%	9.21%	8.82%	8.43%	8.04%	7.65%	7.26%	6.88%	6.49%	6.10%
-0.2	14.42%	14.07%	13.73%	13.38%	13.04%	12.70%	12.35%	12.01%	11.67%	11.32%	10.98%	10.63%	10.29%	9.95%	9.60%	9.26%	8.92%	8.57%	8.23%	7.88%	7.54%
-0.1	14.96%	14.66%	14.37%	14.07%	13.77%	13.47%	13.17%	12.87%	12.57%	12.27%	11.97%	11.67%	11.37%	11.08%	10.78%	10.48%	10.18%	9.88%	9.58%	9.28%	8.98%
0.0	15.51%	15.26%	15.00%	14.75%	14.49%	14.24%	13.99%	13.73%	13.48%	13.22%	12.97%	12.71%	12.46%	12.20%	11.95%	11.70%	11.44%	11.19%	10.93%	10.68%	10.42%
0.1	16.06%	15.85%	15.64%	15.43%	15.22%	15.01%	14.80%	14.59%	14.38%	14.17%	13.96%	13.75%	13.54%	13.33%	13.12%	12.91%	12.71%	12.50%	12.29%	12.08%	11.87%
0.2	16.61%	16.44%	16.28%	16.11%	15.95%	15.78%	15.62%	15.45%	15.29%	15.12%	14.96%	14.79%	14.63%	14.46%	14.30%	14.13%	13.97%	13.80%	13.64%	13.47%	13.31%
0.3	17.16%	17.04%	16.92%	16.79%	16.67%	16.55%	16.43%	16.31%	16.19%	16.07%	15.95%	15.83%	15.71%	15.59%	15.47%	15.35%	15.23%	15.11%	14.99%	14.87%	14.75%
0.4	17.70%	17.63%	17.55%	17.48%	17.40%	17.33%	17.25%	17.17%	17.10%	17.02%	16.95%	16.87%	16.80%	16.72%	16.65%	16.57%	16.49%	16.42%	16.34%	16.27%	16.19%
0.5	18.25%	18.22%	18.19%	18.16%	18.13%	18.10%	18.07%	18.04%	18.00%	17.97%	17.94%	17.91%	17.88%	17.85%	17.82%	17.79%	17.76%	17.73%	17.70%	17.66%	17.63%
0.6	18.80%	18.81%	18.83%	18.84%	18.86%	18.87%	18.88%	18.90%	18.91%	18.92%	18.94%	18.95%	18.97%	18.98%	18.99%	19.01%	19.02%	19.03%	19.05%	19.06%	19.08%
0.7	19.35%	19.41%	19.46%	19.52%	19.58%	19.64%	19.70%	19.76%	19.82%	19.87%	19.93%	19.99%	20.05%	20.11%	20.17%	20.23%	20.28%	20.34%	20.40%	20.46%	20.52%
0.8	19.90%	20.00%	20.10%	20.21%	20.31%	20.41%	20.52%	20.62%	20.72%	20.82%	20.93%	21.03%	21.13%	21.24%	21.34%	21.44%	21.55%	21.65%	21.75%	21.86%	21.96%
0.9	20.44%	20.59%	20.74%	20.89%	21.04%	21.18%	21.33%	21.48%	21.63%	21.77%	21.92%	22.07%	22.22%	22.37%	22.51%	22.66%	22.81%	22.96%	23.11%	23.25%	23.40%
1.0	20.99%	21.18%	21.38%	21.57%	21.76%	21.95%	22.15%	22.34%	22.53%	22.73%	22.92%	23.11%	23.30%	23.50%	23.69%	23.88%	24.07%	24.27%	24.46%	24.65%	24.84%



**Figura 38. Gráfica de superficie para experimento sobre Costo de distribución.**

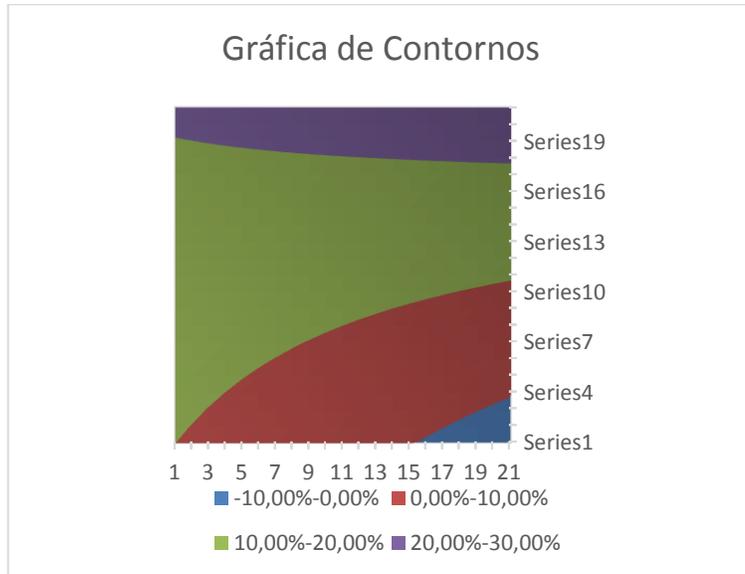


Figura 39. Gráfica de contorno para experimento sobre Costo de distribución.

Tabla 86. Resultados para valores de ecuación (18) Compensaciones CO<sub>2</sub>

	-1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
-1.0	10.03%	10.07%	10.11%	10.16%	10.20%	10.24%	10.28%	10.32%	10.36%	10.41%	10.45%	10.49%	10.53%	10.57%	10.61%	10.66%	10.70%	10.74%	10.78%	10.82%	10.86%
-0.9	10.58%	10.64%	10.71%	10.78%	10.84%	10.91%	10.97%	11.04%	11.10%	11.17%	11.23%	11.30%	11.37%	11.43%	11.50%	11.56%	11.63%	11.69%	11.76%	11.83%	11.89%
-0.8	11.13%	11.22%	11.31%	11.40%	11.49%	11.57%	11.66%	11.75%	11.84%	11.93%	12.02%	12.11%	12.20%	12.29%	12.38%	12.47%	12.56%	12.65%	12.74%	12.83%	12.92%
-0.7	11.68%	11.79%	11.90%	12.02%	12.13%	12.24%	12.36%	12.47%	12.58%	12.70%	12.81%	12.92%	13.04%	13.15%	13.26%	13.38%	13.49%	13.60%	13.72%	13.83%	13.94%
-0.6	12.22%	12.36%	12.50%	12.64%	12.77%	12.91%	13.05%	13.19%	13.32%	13.46%	13.60%	13.73%	13.87%	14.01%	14.15%	14.28%	14.42%	14.56%	14.70%	14.83%	14.97%
-0.5	12.77%	12.93%	13.09%	13.26%	13.42%	13.58%	13.74%	13.90%	14.06%	14.22%	14.38%	14.55%	14.71%	14.87%	15.03%	15.19%	15.35%	15.51%	15.68%	15.84%	16.00%
-0.4	13.32%	13.50%	13.69%	13.88%	14.06%	14.25%	14.43%	14.62%	14.80%	14.99%	15.17%	15.36%	15.54%	15.73%	15.91%	16.10%	16.28%	16.47%	16.65%	16.84%	17.03%
-0.3	13.87%	14.08%	14.29%	14.50%	14.70%	14.91%	15.12%	15.33%	15.54%	15.75%	15.96%	16.17%	16.38%	16.59%	16.80%	17.01%	17.22%	17.42%	17.63%	17.84%	18.05%
-0.2	14.42%	14.65%	14.88%	15.11%	15.35%	15.58%	15.81%	16.05%	16.28%	16.51%	16.75%	16.98%	17.21%	17.45%	17.68%	17.91%	18.15%	18.38%	18.61%	18.85%	19.08%
-0.1	14.96%	15.22%	15.48%	15.73%	15.99%	16.25%	16.51%	16.76%	17.02%	17.28%	17.53%	17.79%	18.05%	18.31%	18.56%	18.82%	19.08%	19.33%	19.59%	19.85%	20.11%
0.0	15.51%	15.79%	16.07%	16.35%	16.64%	16.92%	17.20%	17.48%	17.76%	18.04%	18.32%	18.60%	18.88%	19.17%	19.45%	19.73%	20.01%	20.29%	20.57%	20.85%	21.13%
0.1	16.06%	16.36%	16.67%	16.97%	17.28%	17.58%	17.89%	18.19%	18.50%	18.80%	19.11%	19.41%	19.72%	20.03%	20.33%	20.64%	20.94%	21.25%	21.55%	21.86%	22.16%
0.2	16.61%	16.94%	17.27%	17.59%	17.92%	18.25%	18.58%	18.91%	19.24%	19.57%	19.90%	20.23%	20.56%	20.88%	21.21%	21.54%	21.87%	22.20%	22.53%	22.86%	23.19%
0.3	17.16%	17.51%	17.86%	18.21%	18.57%	18.92%	19.27%	19.63%	19.98%	20.33%	20.68%	21.04%	21.39%	21.74%	22.10%	22.45%	22.80%	23.16%	23.51%	23.86%	24.21%
0.4	17.70%	18.08%	18.46%	18.83%	19.21%	19.59%	19.96%	20.34%	20.72%	21.10%	21.47%	21.85%	22.23%	22.60%	22.98%	23.36%	23.73%	24.11%	24.49%	24.86%	25.24%
0.5	18.25%	18.65%	19.05%	19.45%	19.86%	20.26%	20.66%	21.06%	21.46%	21.86%	22.26%	22.66%	23.06%	23.46%	23.86%	24.26%	24.66%	25.07%	25.47%	25.87%	26.27%
0.6	18.80%	19.22%	19.65%	20.07%	20.50%	20.92%	21.35%	21.77%	22.20%	22.62%	23.05%	23.47%	23.90%	24.32%	24.75%	25.17%	25.60%	26.02%	26.45%	26.87%	27.30%
0.7	19.35%	19.80%	20.25%	20.69%	21.14%	21.59%	22.04%	22.49%	22.94%	23.39%	23.83%	24.28%	24.73%	25.18%	25.63%	26.08%	26.53%	26.98%	27.42%	27.87%	28.32%
0.8	19.90%	20.37%	20.84%	21.31%	21.79%	22.26%	22.73%	23.20%	23.68%	24.15%	24.62%	25.10%	25.57%	26.04%	26.51%	26.99%	27.46%	27.93%	28.40%	28.88%	29.35%
0.9	20.44%	20.94%	21.44%	21.93%	22.43%	22.93%	23.42%	23.92%	24.42%	24.91%	25.41%	25.91%	26.40%	26.90%	27.40%	27.89%	28.39%	28.89%	29.38%	29.88%	30.38%
1.0	20.99%	21.51%	22.03%	22.55%	23.07%	23.59%	24.12%	24.64%	25.16%	25.68%	26.20%	26.72%	27.24%	27.76%	28.28%	28.80%	29.32%	29.84%	30.36%	30.88%	31.40%

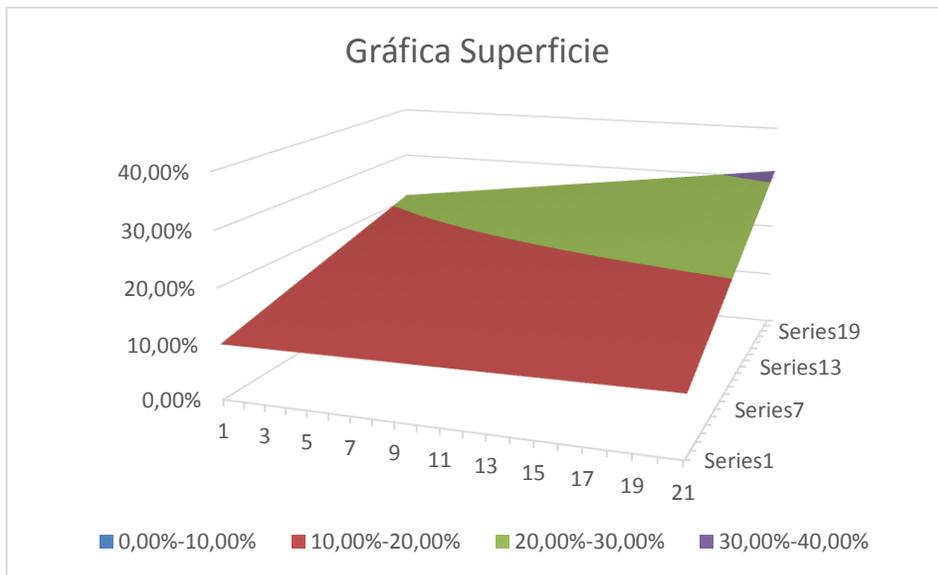


Figura 40. Gráfica de superficie para experimento sobre Compensaciones CO<sub>2</sub>.

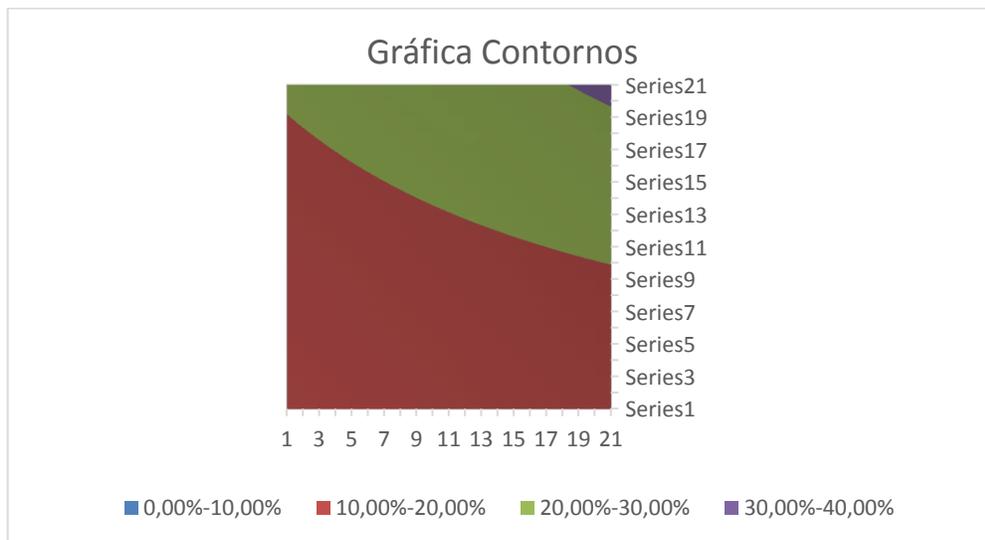
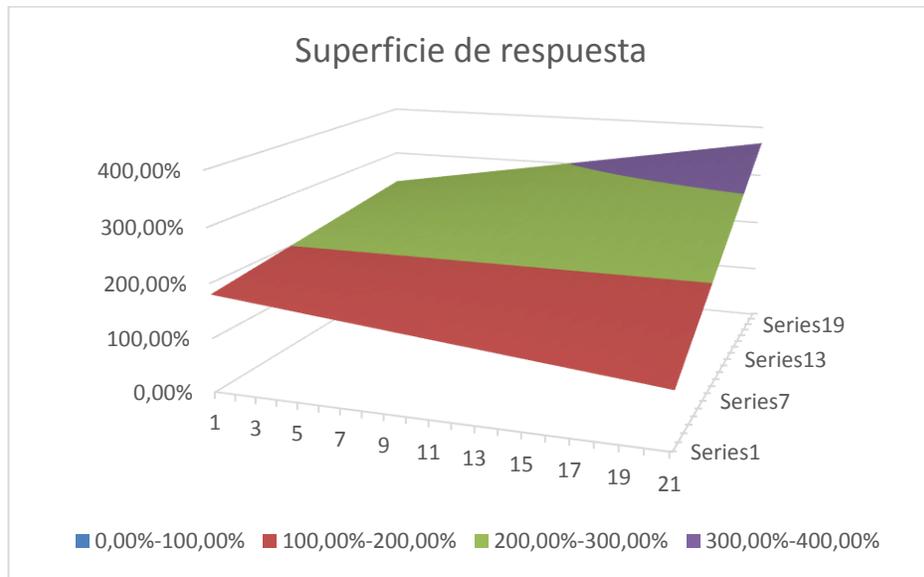


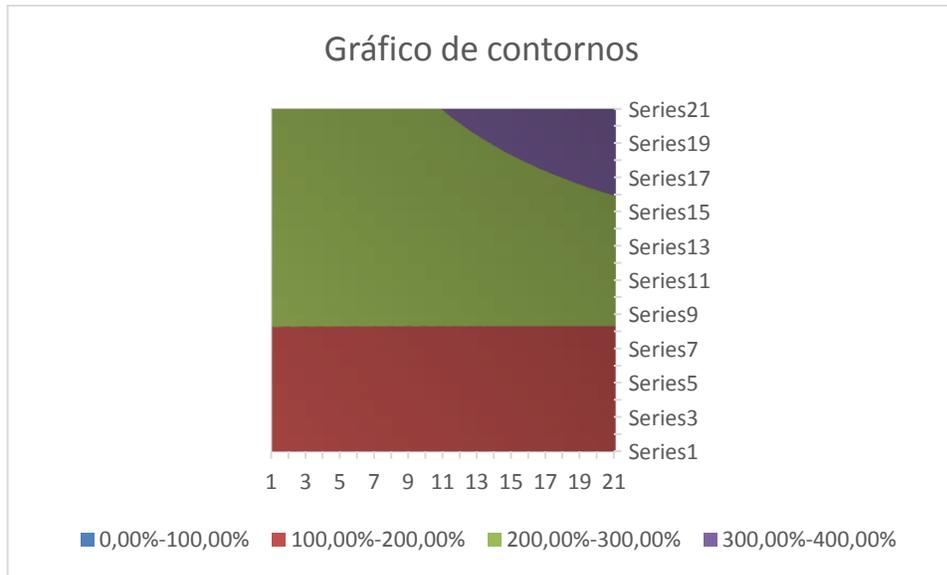
Figura 41. Gráfica de contorno para experimento sobre Compensaciones CO<sub>2</sub>.

**Tabla 87. Resultados para valores de ecuación (19) Utilidad operativa.**

	-1	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
-1.0	180.04%	176.20%	172.36%	168.52%	164.68%	160.84%	157.00%	153.16%	149.32%	145.48%	141.64%	137.80%	133.96%	130.13%	126.29%	122.45%	118.61%	114.77%	110.93%	107.09%	103.25%
-0.9	182.77%	179.46%	176.14%	172.82%	169.51%	166.19%	162.88%	159.56%	156.25%	152.93%	149.61%	146.30%	142.98%	139.67%	136.35%	133.04%	129.72%	126.41%	123.09%	119.77%	116.46%
-0.8	185.51%	182.71%	179.92%	177.13%	174.34%	171.55%	168.75%	165.96%	163.17%	160.38%	157.59%	154.79%	152.00%	149.21%	146.42%	143.63%	140.83%	138.04%	135.25%	132.46%	129.67%
-0.7	188.24%	185.97%	183.71%	181.44%	179.17%	176.90%	174.63%	172.36%	170.10%	167.83%	165.56%	163.29%	161.02%	158.75%	156.49%	154.22%	151.95%	149.68%	147.41%	145.14%	142.88%
-0.6	190.98%	189.23%	187.49%	185.74%	184.00%	182.25%	180.51%	178.76%	177.02%	175.28%	173.53%	171.79%	170.04%	168.30%	166.55%	164.81%	163.06%	161.32%	159.57%	157.83%	156.08%
-0.5	193.71%	192.49%	191.27%	190.05%	188.83%	187.61%	186.39%	185.17%	183.94%	182.72%	181.50%	180.28%	179.06%	177.84%	176.62%	175.40%	174.18%	172.95%	171.73%	170.51%	169.29%
-0.4	196.45%	195.75%	195.05%	194.36%	193.66%	192.96%	192.26%	191.57%	190.87%	190.17%	189.47%	188.78%	188.08%	187.38%	186.68%	185.99%	185.29%	184.59%	183.89%	183.20%	182.50%
-0.3	199.18%	199.01%	198.84%	198.66%	198.49%	198.31%	198.14%	197.97%	197.79%	197.62%	197.45%	197.27%	197.10%	196.92%	196.75%	196.58%	196.40%	196.23%	196.06%	195.88%	195.71%
-0.2	201.92%	202.27%	202.62%	202.97%	203.32%	203.67%	204.02%	204.37%	204.72%	205.07%	205.42%	205.77%	206.12%	206.47%	206.82%	207.17%	207.52%	207.87%	208.22%	208.57%	208.92%
-0.1	204.65%	205.53%	206.40%	207.28%	208.15%	209.02%	209.90%	210.77%	211.64%	212.52%	213.39%	214.26%	215.14%	216.01%	216.88%	217.76%	218.63%	219.50%	220.38%	221.25%	222.12%
0.0	207.39%	208.79%	210.18%	211.58%	212.98%	214.38%	215.77%	217.17%	218.57%	219.96%	221.36%	222.76%	224.16%	225.55%	226.95%	228.35%	229.74%	231.14%	232.54%	233.94%	235.33%
0.1	210.13%	212.05%	213.97%	215.89%	217.81%	219.73%	221.65%	223.57%	225.49%	227.41%	229.33%	231.25%	233.18%	235.10%	237.02%	238.94%	240.86%	242.78%	244.70%	246.62%	248.54%
0.2	212.86%	215.31%	217.75%	220.19%	222.64%	225.08%	227.53%	229.97%	232.42%	234.86%	237.31%	239.75%	242.19%	244.64%	247.08%	249.53%	251.97%	254.42%	256.86%	259.31%	261.75%
0.3	215.60%	218.56%	221.52%	224.50%	227.47%	230.44%	233.40%	236.37%	239.34%	242.31%	245.28%	248.25%	251.21%	254.18%	257.15%	260.12%	263.09%	266.05%	269.02%	271.99%	274.96%
0.4	218.33%	221.82%	225.32%	228.81%	232.30%	235.79%	239.28%	242.77%	246.27%	249.76%	253.25%	256.74%	260.23%	263.72%	267.22%	270.71%	274.20%	277.69%	281.18%	284.67%	288.17%
0.5	221.07%	225.08%	229.10%	233.11%	237.13%	241.14%	245.16%	249.17%	253.19%	257.21%	261.22%	265.24%	269.25%	273.27%	277.28%	281.30%	285.31%	289.33%	293.34%	297.36%	301.37%
0.6	223.80%	228.34%	232.88%	237.42%	241.96%	246.50%	251.04%	255.58%	260.11%	264.65%	269.19%	273.73%	278.27%	282.81%	287.35%	291.89%	296.43%	300.97%	305.51%	310.04%	314.58%
0.7	226.54%	231.60%	236.66%	241.73%	246.79%	251.85%	256.91%	261.98%	267.04%	272.10%	277.16%	282.23%	287.29%	292.35%	297.42%	302.48%	307.54%	312.60%	317.67%	322.73%	327.79%
0.8	229.27%	234.86%	240.45%	246.03%	251.62%	257.21%	262.79%	268.38%	273.96%	279.55%	285.14%	290.72%	296.31%	301.90%	307.48%	313.07%	318.65%	324.24%	329.83%	335.41%	341.00%
0.9	232.01%	238.12%	244.23%	250.34%	256.45%	262.56%	268.67%	274.78%	280.89%	287.00%	293.11%	299.22%	305.33%	311.44%	317.55%	323.66%	329.77%	335.88%	341.99%	348.10%	354.21%
1.0	234.74%	241.38%	248.01%	254.65%	261.28%	267.91%	274.55%	281.18%	287.81%	294.45%	301.08%	307.71%	314.35%	320.98%	327.61%	334.25%	340.88%	347.52%	354.15%	360.78%	367.42%



**Figura 42. Gráfica de superficie para experimento sobre Utilidad operativa.**



**Figura 43. Gráfica de contorno para experimento sobre Utilidad operativa.**

**Tabla 88. Resultados para valores de ecuación (20) Grado de integración.**

	-1.00	-0.90	-0.80	-0.70	-0.60	-0.50	-0.40	-0.30	-0.20	-0.10	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
-1.00	29.10	28.32	27.54	26.77	25.99	25.22	24.44	23.67	22.89	22.12	21.34	20.56	19.79	19.01	18.24	17.46	16.69	15.91	15.14	14.36	13.58
-0.90	31.38	30.54	29.71	28.87	28.03	27.20	26.36	25.52	24.68	23.85	23.01	22.17	21.34	20.50	19.66	18.83	17.99	17.15	16.31	15.48	14.64
-0.80	33.67	32.77	31.87	30.97	30.07	29.17	28.28	27.38	26.48	25.58	24.68	23.78	22.88	21.99	21.09	20.19	19.29	18.39	17.49	16.59	15.70
-0.70	35.95	34.99	34.03	33.07	32.11	31.15	30.19	29.23	28.27	27.31	26.35	25.39	24.43	23.47	22.51	21.55	20.59	19.63	18.67	17.71	16.75
-0.60	38.24	37.22	36.19	35.17	34.15	33.13	32.11	31.09	30.07	29.04	28.02	27.00	25.98	24.96	23.94	22.92	21.89	20.87	19.85	18.83	17.81
-0.50	40.52	39.44	38.36	37.27	36.19	35.11	34.03	32.94	31.86	30.78	29.69	28.61	27.53	26.44	25.36	24.28	23.20	22.11	21.03	19.95	18.86
-0.40	42.81	41.66	40.52	39.37	38.23	37.09	35.94	34.80	33.65	32.51	31.36	30.22	29.07	27.93	26.79	25.64	24.50	23.35	22.21	21.06	19.92
-0.30	45.09	43.89	42.68	41.48	40.27	39.06	37.86	36.65	35.45	34.24	33.03	31.83	30.62	29.42	28.21	27.00	25.80	24.59	23.39	22.18	20.97
-0.20	47.38	46.11	44.84	43.58	42.31	41.04	39.77	38.51	37.24	35.97	34.70	33.44	32.17	30.90	29.64	28.37	27.10	25.83	24.57	23.30	22.03
-0.10	49.66	48.34	47.01	45.68	44.35	43.02	41.69	40.36	39.03	37.70	36.38	35.05	33.72	32.39	31.06	29.73	28.40	27.07	25.74	24.42	23.09
0.00	51.95	50.56	49.17	47.78	46.39	45.00	43.61	42.22	40.83	39.44	38.05	36.66	35.27	33.88	32.48	31.09	29.70	28.31	26.92	25.53	24.14
0.10	54.24	52.78	51.33	49.88	48.43	46.98	45.52	44.07	42.62	41.17	39.72	38.26	36.81	35.36	33.91	32.46	31.01	29.55	28.10	26.65	25.20
0.20	56.52	55.01	53.49	51.98	50.47	48.95	47.44	45.93	44.41	42.90	41.39	39.87	38.36	36.85	35.33	33.82	32.31	30.79	29.28	27.77	26.25
0.30	58.81	57.23	55.66	54.08	52.51	50.93	49.36	47.78	46.21	44.63	43.06	41.48	39.91	38.33	36.76	35.18	33.61	32.03	30.46	28.88	27.31
0.40	61.09	59.46	57.82	56.18	54.55	52.91	51.27	49.64	48.00	46.37	44.73	43.09	41.46	39.82	38.18	36.55	34.91	33.27	31.64	30.00	28.37
0.50	63.38	61.68	59.98	58.28	56.59	54.89	53.19	51.49	49.79	48.10	46.40	44.70	43.00	41.31	39.61	37.91	36.21	34.51	32.82	31.12	29.42
0.60	65.66	63.90	62.14	60.39	58.63	56.87	55.11	53.35	51.59	49.83	48.07	46.31	44.55	42.79	41.03	39.27	37.51	35.75	34.00	32.24	30.48
0.70	67.95	66.13	64.31	62.49	60.67	58.84	57.02	55.20	53.38	51.56	49.74	47.92	46.10	44.28	42.46	40.64	38.82	36.99	35.17	33.35	31.53
0.80	70.23	68.35	66.47	64.59	62.70	60.82	58.94	57.06	55.18	53.29	51.41	49.53	47.65	45.76	43.88	42.00	40.12	38.24	36.35	34.47	32.59
0.90	72.52	70.58	68.63	66.69	64.74	62.80	60.86	58.91	56.97	55.03	53.08	51.14	49.19	47.25	45.31	43.36	41.42	39.48	37.53	35.59	33.64
1.00	74.81	72.80	70.79	68.79	66.78	64.78	62.77	60.77	58.76	56.76	54.75	52.75	50.74	48.74	46.73	44.73	42.72	40.72	38.71	36.71	34.70

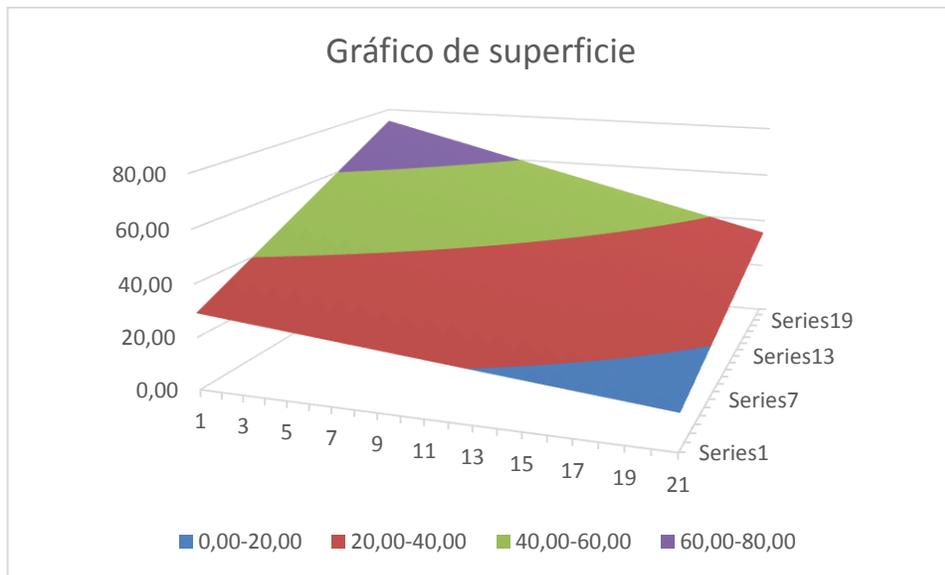


Figura 44. Gráfica de superficie para experimento sobre Grado de integración.

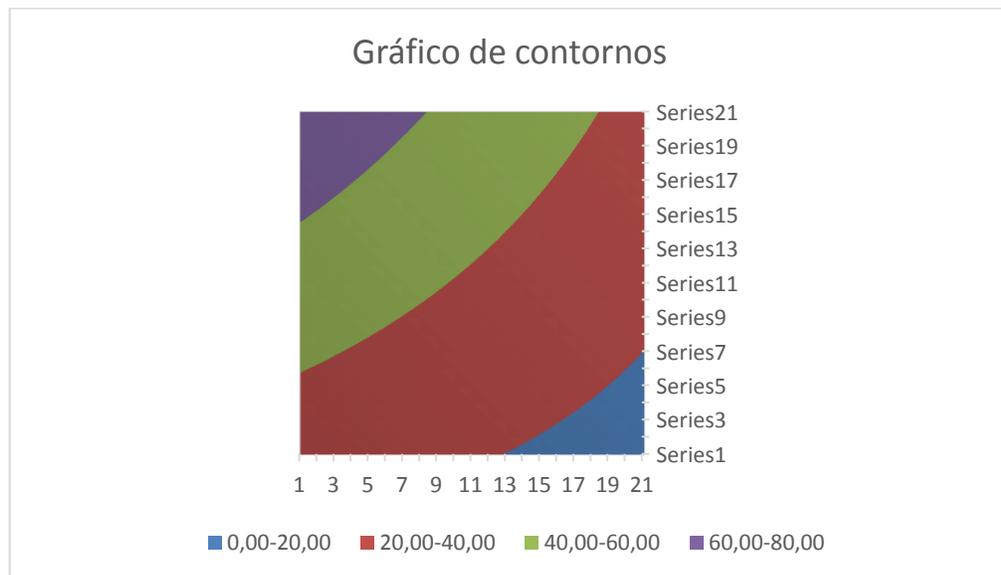


Figura 43. Gráfica de contorno para experimento sobre Grado de integración.

## ANEXO 8

### MODELO DE SIMULACIÓN

En las siguientes Tablas se explicará la formulación del modelo de simulación Montecarlo realizado en MS Excel. Las variables de entrada del modelo fueron formuladas según los resultados de la Tabla 36 para cada función de densidad de probabilidad. La siguiente Tabla muestra la matriz  $Cnnt_{(i,j)}$  de envíos entre las cuatro principales ciudades o nodos generados como variables aleatorias.

**Tabla 89. Matriz  $Cnnt_{(i,j)}$  de envíos entre nodos.**

	BOG	MED	CAL	BAR
BOG	115488	71592	82079	8166
MED	169652	27156	35155	11509
CAL	84664	65057	35043	49278
BAR	98364	22640	18503	73860

El porcentaje de captación actual de mercado  $\%Cm_{(i,j)}$  es igual una variable aleatoria la cual posee valores uniformemente distribuidos ente 0.5% y 1.5%. La Tabla 90 muestra la matriz resultante de envíos para el sistema modelado  $V_{(i,j)}$ , se recuerda que el porcentaje de captación es una variable que determina los diferentes escenarios planteados en la investigación.

**Tabla 90. Matriz  $V_{(i,j)}$  de envíos entre nodos.**

	BOG	MED	CAL	BAR
BOG	1003	968	1389	369
MED	2070	332	250	174
CAL	2359	287	435	117
BAR	2031	421	219	663

Posteriormente se calculan los envíos reales entre nodos de acuerdo al nivel participación de los envíos encada nodo de total de envíos totales. La Tabla 91 muestra este resultado.

**Tabla 91. Matriz  $Cnn_{(i,j)}$  de envíos reales del sistema entre nodos**

	BOG	MED	CAL	BAR
BOG	924	554	807	468
MED	367	1105	339	157
CAL	922	327	390	77
BAR	351	266	526	808

La Tabla 92 muestra los valores de los parámetros usados para los cálculos de las ecuaciones (5) a (16).

**Tabla 92. Valor parámetros usados para cálculos del modelo de simulación.**

Tarifa Promedio del mercado (Envío Nacional) x kilogramo	Tpm	8300	\$/ Kg
Peso Promedio de uno (1) envío	Ppe	0.082	Kg
Precio de Venta Urbano Propuesto	Pu	4000	\$/env.
Precio de Venta Nacional Propuesto	Pn	8300	\$/env.
Tarifa de Distribución Actual	Tda	1500	\$/env.
Tarifa de Distribución Colaborativa	Tdc	3000	\$/env.
Promedio de peso de envío (salida)	PEOut	0.11	Kg.
Promedio de peso de envío (entrada)	PEIn	0.08	Kg.
Costo ZONIFICADOR / mes	CZ	1800000	\$/mes
Costo OPERADOR / mes	CO	1200000	\$/mes
Costo MENSAJERO / mes	CM	1600000	\$/mes

Finalmente la Tabla 93 muestra los resultados de una corrida del modelo de simulación Montecarlo planteado con los cuales se realizan las comparaciones que serán tenidas en cuenta para el diseño experimental.

**Tabla 93. Comparaciones en una corrida para el escenario del sistema con cuatro nodos y captación del mercado entre 1.1% y 1.5%**

Escenario	Costo de distribución por unidad	Compensación emisiones CO <sub>2</sub> por unidad	Emisiones por Unidad (gr)	Costo total distribución por unidad	Utilidad operativa
Actual	\$737.68	\$1.20	0.0897	\$737.68	\$1,678,816.42
Sist. Colaborativo	\$711.35	\$0.98	0.0729	\$711.35	\$10,693,993.98
Porcentaje mejora	4%	19%	19%	4%	537%

## ANEXO 9 PRUEBA DE INDEPENDENCIA CHI CUADRADO

La realización de la prueba de independencia Chi Cuadrado se realizó basada en la información de las Tablas 51-54. Con la información sobre las diferentes cantidades de documentos enviados desde y hacia las cuatro ciudades más representativas se desarrolló una tabla de contingencia en la cual se resumiera - por promedio simple - las cantidades enviadas a cada ciudad en cada mes obteniendo para cada fila y columna su promedio (promedio de promedios) y varianza (Tabla 94).

**Tabla 94. Tabla de contingencia para envíos de documentos en los años 2013-2015**

MES	CIUDAD				MEDIA	VAR
	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla		
1	78940	42101	59536	210506	91494	4345677088
2	39470	21051	8924	105253	42273	1257784228
3	29602	15788	24651	78940	34698	602573663
4	19735	10525	10726	52627	22180	285080408
5	23024	12280	14378	61398	26188	380204625
6	57889	30874	51459	154371	68395	2284529813
7	52627	28068	51645	140338	62988	1866365358
8	36181	19296	28068	96482	42065	909168030
9	42759	22805	35308	114024	50069	1258682502
10	59205	31576	24473	157880	65257	2662214326
11	98675	52627	85687	263133	116245	6657721296
12	119726	63854	113055	319268	142559	9700504336
MEDIA	54819	29237	42326	146185		
VAR	941598188	267832374	1011661962	6695809338		

Una vez desarrollada la tabla de contingencia se realizan pruebas pareadas entre los diferentes meses y ciudades, tal como se muestra en las Tablas 24 y 25. La Tabla 24 muestra los valores observados entre las diferentes ciudades en los meses enero y febrero y la Tabla 25 muestra los valores teóricos calculados mediante la ecuación (24):

$$Teórico_i = \frac{Total_i * Total_j}{Total_{ij}} \quad (24)$$

La ecuación (23) en el Anexo 3 que da el estadístico chi cuadrado es:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{Observada_i - Teórica_i}{Teórica_i} \quad (23)$$

Así, los valores  $\chi^2$  para el ejemplo se muestran en la Tabla 95.

**Tabla 95. Valores  $\chi^2$  para el ejemplo citado.**

MES	CIUDAD			
	Bogotá	Medellín	Cali	Barranquilla
1	103	55	3153	276
2	231	123	7058	617

Dónde los valores r hacen referencia al número de meses comparados y k, al número de ciudades. De esta manera  $r = 2$  y  $k = 4$ .

**Criterio de decisión:** No se rechaza la hipótesis nula cuando  $\chi^2 < \chi^2_{\alpha}(r - 1)(k - 1)$ . En caso contrario sí se rechaza. Donde  $(r - 1)(k - 1)$  determina los grados de libertad (*GL*).

En cada una de las pruebas pareadas realizas el valor de la prueba  $\chi^2$  fue superior al valor del estadígrafo  $\chi^2$  para  $\alpha = 0,05$ ;  $GL = 3$  mostrado en la Tabla 96.

Tabla 95. Tabla  $\chi^2$ .  $p$ : probabilidad de encontrar un valor igual o mayor que  $\chi^2$  tabulado y  $v$ : grados de libertad.

$v/p$	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8160	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9593	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403

## **BIBLIOGRAFÍA**

---

- Acosta, M. C., & Verbeke, G. (2008). La cooperación entre empresas cooperativas como una estrategia de desarrollo de redes asociativas. *Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires, Argentina*, 25.
- Aghazadeh, S. M. (2003). How to choose an effective third party logistics provider. *Manag.Res. News*, 26(7), 50-58.
- Aguezoul, A. (2014). Third-party logistics selection problem. *Omega*, 49, 69-78.
- Akkermans, H. (2001). Renga: a systems approach to facilitating inter-organizational network development. *System Dynamics Review (Wiley)*, 17(3), 179-193.
- Alireza, S., & Alagheband, S. (2011). 5-Logistics Parties. En *Logistics Operations and Management* (págs. 71-91). London: Elsevier.
- Alkhatib, S., Darlington, R., & Nguyen, T. (2015). Logistics Service Providers (LSPs) evaluation and selection: Literature review and framework development. *Strategic Outsourcing: An International Journal*, 8(1), 102-134.
- Álvarez Castaño, Y. (2007). Análisis dinámico de la cadena de franquicia. *Revista Dinámica de Sistemas*, 3(1).
- Andersson, D., & Norrman, A. (2002). Procurement of logistics services—a minutes work or a multi-year project? *Journal Of Purchasing & Supply Management*, 8(1), 3-14.
- Angerhofer, B., & Angelides, M. (2006). A model and a performance measurement system for collaborative supply chains. *Decision Support Systems*, 42(1), 283-301.

- Angerhofer, B., & Angelides, M.-C. (2006). A model and a performance measurement system for collaborative supply chains. *Decision Support Systems*, 42, 283–301.
- Bakaikoa, B., & Begiristain, A. (2004). Redes e Innovación cooperativa. *Revista de Economía Pública*, 33.
- Bakirov, N.K., Rizzo, M.L., Székely, G.J. (2006). A multivariate nonparametric test of independence, *Journal of Multivariate Analysis*, 97(8), 1742-1756.
- Barnett, A., Eisen, E. (1982). A Quartile Test for Differences in Distribution, *Journal of the American Statistical Association*. 77(377), 47–51.
- Barrales V., Luis, Peña R., Iván, & Fernández de la Reguera B., Pedro. (2004). R VALIDACIÓN DE MODELOS: UN ENFOQUE APLICADO. *Agricultura Técnica*, 64(1), 66-73
- Bask, A. (2001). Relationships among TPL providers and members of supply chains – a strategic perspective. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 16(6), 470-486.
- Bhatnagar, R., Sohal, A., & Millen, R. (1999). Third party logistics services: a Singapore perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 29(9), 567-587.
- Blagojevic´, M., Šelmic´, M., Macura, D., & Šarac, D. (2013). Determining the number of postal units in the network – Fuzzy approach, Serbia case study. *Expert Systems with Applications*, 40, 4090–4095.
- Bottani, E., & Rizzi, A. (2006). A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services. *Supply Chain Management: An International Journal*, 11(4), 294-308.
- Bourlakis, C., & Bourlakis, M. (2005). Information technology safeguards, logistics asset specificity and fourth-party logistics network creation in the food retail chain. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 20(2), 88-98.

- Bradach, J. (1998). *Franchise Organizations*. United States of America: Harvard Business School Press.
- Brusset, X., & Teller, C. (2016). Supply Chain Capabilities, Risks, and Resilience. *International Journal of Production Economics*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.09.008
- Büyüközkan, G., Feyzioglu, O., & Nebol, E. (2008). Selection of the strategic alliance partner in logistics value chain. *International Journal of Production Economics*, 113, 148–158.
- Cao, M., & Zhang, Q. (2011). Supply chain collaboration: Impact on collaborative advantage and firm performance. *Journal of Operations Management*, 29(3), 163-180.
- Cassivi, L. (2006). Collaboration planning in a supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, 11(3), 249 - 258.
- Çetiner, S., Sepil, C., & Süral, H. (2010). Hubbing and routing in postal delivery systems. *Ann Oper Res*, 181, 109–124.
- Cezanne, C., & Saglietto, L. (2015). Redefining the boundaries of the firm: the role of 4PLs. *The International Journal of Logistics Management*, 26(1), 30-41.
- Chan, F., Chan, H., Law, H., & Ip, R. (2006). An AHP approach in benchmarking logistics performance of the postal industry. *Benchmarking: An International Journal*, 13(6), 636-661.
- Changa, W., Ellingerb, A., Kimb, K., & Franke, G. (2016). Supply chain integration and firm financial performance: A meta-analysis of positional advantage mediation and moderating factors. *European Management Journal*, 34(3), 282–295.
- Chen, T., & Chen, J. (2005). Optimizing supply chain collaboration based on joint replenishment and channel coordination. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 41, 261–285.

- Cheong Lee Fong, M. (2005). *New Models in Logistics Network Design and Implications for 3PL Companies*. Singapore.
- Chester, K. (2016). Collaboration modes, preconditions, and contingencies in organizational alliance: A comparative assessment. *Journal of Business Research*, 69(11), 4737–4743.
- Cho , J., Ozment , J., & Sink , H. (2008). Logistics capability, logistics outsourcing and firm performance in an e-commerce market. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(5), 336 - 359.
- Choy, K., Chow, H., Tan, K., Chan, C., Mok, E., & Wang, Q. (2008). Leveraging the supply chain flexibility of third party logistics – Hybrid knowledge-based system approach. *Expert Systems with Applications*, 35, 1998–2016.
- Comisión de regulación de Comunicaciones. (2010). *Análisis preliminar del mercado postal en Colombia*.
- Congreso de Colombia. (Diciembre de 2009). Ley 1369 de 2009.
- Craig, T. (28 de 05 de 2016). *Outsourcing – 3PL versus 4PL*. Obtenido de Eye for transport: <http://www.eft.com/>
- CRC. (2010). *Análisis preliminar del mercado postal en Colombia*. Bogotá.
- Cui, Y., Huang, M., Yang, S., Lee, L., & Wang, X. (2013). Fourth party logistics routing problem model with fuzzy duration time and cost discount. *Knowledge-Based Systems*, 50, 14-24.
- Danese, P. (2007). Designing CPFR collaborations: insights from seven case studies. *International Journal of Operations & Production Management*, 27(2), 181 - 204.
- Dapiran, P., Lieb, R., Millen, R., & Soha, A. (1996). Third party logistics services usage by large Australian firms. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 26(10), 36-45.

- de Leeuw, S., & Fransoo, J. (2009). Drivers of close supply chain collaboration: one size fits all? *International Journal of Operations & Production Management*, 29(7), 720-739.
- Diaz-Esparanza, I. (1995). Selección del número de replicaciones en un estudio de simulación. *Estadística Española*, 37(140), 497 - 509.
- Dietl, H., & Trinkner, U. (Noviembre de 2008). Developing Universal Services in Low Volume Countries - an Economic Perspective. *swiss economics*, 337 - 406.
- Dweiri, F., Kumar, S., Khan, S., & Jain, V. (2016). Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry. *Expert Systems with Applications*, 62, 273-283.
- Dyer, J. (2000). *Collaborative Advantage: Winning through Extended Enterprise Supplier Networks*. New York: Oxford University Press.
- Efendigil, T., Önüt, S., & Kongar, E. (2008). A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness. *Computers & Industrial Engineering*, 54, 269–287.
- Estrada Romeu, M. Á. (2008). *Análisis de estrategias eficientes en la logística de distribución de paquetería*. (Abertis, Ed.)
- Fawcett, S., Magnan, G., & Matthew, W. (2008). Benefits, barriers, and bridges to effective supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(1), 35-48.
- Fawcett, S., Wallin, C., Allred, C., Fawcett, A., & Magnan, G. (2011). Information Technology as an Enabler of Supply Chain Collaboration: A Dynamic-Capabilities Perspective. *Journal of Supply Chain Management*, 47(1), 38-56.
- Flick, U. (2004). *Introducción a la investigación cualitativa*. Madrid: Morata.
- Forrester, J. W. (1981). *Dinámica Industrial*. Buenos Aires: Ateneo.

- Gattorna, J. (2002). *Strategic Supply Chain Alignment, Best Practice in Supply Chain Management*. Burlington, United States of America.
- Göl, H., & Catay, B. (2007). Third-party logistics provider selection: insights from a Turkish automotive company. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(6), 379-384.
- Gunasekaran, A., & Ngai, E. (2003). The successful management of a small logistics company. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 33(9), 825 - 842.
- Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Rahman, S. (2015). Green supply chain collaboration and incentives: Current trends and future directions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 74, 1-10.
- Guzmán, D. (2015). *Análisis de la relación entre la estrategia logística colaborativa basada en logística focalizada y el tiempo de respuesta del sub-sistema de manejo de ayudas para el sistema de atención de desastres de Bogotá y el primer anillo de influencia metropolitana*. Chía: Universidad de La Sabana.
- Halldórsson, Á., & Skjøtt-Larsen, T. (2006). Dynamics of relationship governance in TPL arrangements – a dyadic perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(7), 490-506.
- Hertz, S., & Alfredsson, M. (2003). Strategic development of third party logistics providers. *Ind. Market. Manag.*, 32(2), 139-149.
- Hingley, M., Lindgreen, A., Grant, D., & Kane, C. (2011). Using fourth-party logistics management to improve horizontal collaboration among grocery retailers. *Supply Chain Management: An International Journal*, 15(5), 316-327.
- Hjaila, K., Laínez-Aguirre, J., & Puigjan, L. (2016). Scenario-based dynamic negotiation for the coordination of multi-enterprise supply chains under uncertainty. *Computers & Chemical Engineering*, 91(4), 445–470.

- Ho, W., He, T., Lee, C., & Emrouznejad, A. (2012). Strategic logistics outsourcing: An integrated QFD and fuzzy AHP approach. *Expert Systems with Applications*, 39, 10841–10850.
- Hsu, C., Liou, J., & Chuang, Y. (2013). Integrating DANP and modified grey relation theory for the selection of an outsourcing provider. *Expert Systems with Applications*, 40, 2297–2304.
- Huang, M., Cui, Y., Yang, S., & Wang, X. (2013). Fourth party logistics routing problem with fuzzy duration time. *International Journal of Production Economics*, 145, 107-116.
- Hwang, B., Chen, T., & Lin, J. (2016). 3PL selection criteria in integrated circuit manufacturing industry in Taiwan. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(1), 103-124.
- Ianni. (2010). *Guía Regulatoria para la CRC*.
- Jaag, C. (2014). Postal-sector policy: From monopoly to regulated competition and beyond. *Utilities Policy*, 31, 266-277.
- Jean, R.-J., Sinkovis, R., & Kim, D. (2014). The impact of technological organizational and environmental characteristics on electronic collaboration and relationship performance in international customer-supplier relationships. *Information and Management*, 51(7), 854-864.
- Jothimani, D., & Sarmah, S. (2014). Supply chain performance measurement for third party logistics. *Benchmarking: An International Journal*, 21(6), 944-963.
- Kampstra, R., Ashayeri, J., & Gattorna, J. (2006). Realities of supply chain collaboration. *The International Journal of Logistics Management*, 17(3), 312-330.
- Kasperek, M. (2013). Operating model of a 4PL provider. *Journal of Economics and Management*, 12, 23-44.

- Kembro, J., & Selviaridis, K. (2015). Exploring information sharing in the extended supply chain: an interdependence perspective. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(4), 455-470.
- Knemeyer, A., & Murphy, P. (2005). Is the glass half full or half empty?: An examination of user and provider perspectives. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(10), 708-727.
- Koçoğlu, I., İmamoğlu, S., İnce, H., & Keskin, H. (2011). The effect of supply chain integration on information sharing: Enhancing the supply chain performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 24, 1630-1649.
- Korpelaa, J., & Tuominen, M. (1996). A decision aid in warehouse site selection. *International Journal of Production Economics*, 45, 169-180.
- Krakovics, F., Leal, J., Mendes Jr., P., & Santos, R. (2008). Defining and calibrating performance indicators of a 4PL in the chemical industry in Brazil. *International Journal of Production Economics*, 115, 502–514.
- Kumar, P., & Singh, R. (2012). A fuzzy AHP and TOPSIS methodology to evaluate 3PL in a supply chain. *Journal of Modelling in Management*, 7(3), 287 - 303.
- Lee, H. (2002). Aligning Supply Chain Strategies with Product Uncertainties. *California Management Review*, 44(3), 104-119.
- Li, H-C. (2015). Optimal delivery strategies considering carbon emissions, time-dependent demands and demand-supply interactions. *European Journal of Operational Research*, 241, 739-748
- Li, J., Liu, Y., Zhang, Y., & Hu, Z. (2015). Robust Optimization of Fourth Party Logistics Network Design under Disruptions. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 1-7.
- Liao, , S., & Kuo, F. (2014). The study of relationships between the collaboration for supply chain, supply chain capabilities and firm performance: A case of

- the Taiwan's TFT-LCD industry. *International Journal of Production Economics*, 156, 295–304.
- Lieb, R., & Bentz, B. (2005). The North American third party logistics industry in 2004: the provider CEO perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(8), 595-611.
- Liu, H., & Wang, W. (2009). An integrated fuzzy approach for provider evaluation and selection in third-party logistics. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 4387–4398.
- Liu, Q., Zhang, C., Zhu, K., Rao, & Y. (2014). Novel multi-objective resource allocation and activity scheduling for fourth party logistics. *Computers & Operations Research*, 44, 42-51.
- Logan, M. (2000). Using Agency Theory to Design Successful Outsourcing Relationships. *The International Journal of Logistics Management*, 11(2), 21-32.
- Long, Q. (2016). A novel research methodology for supply network collaboration management. *Information Sciences*, 331, 67-85.
- Mačiulienė, M., & Skaržauskienė, A. (2016). Evaluation of co-creation perspective in networked collaboration platforms. *Journal of Business Research*, 69(11), Pages 4826–4830.
- Matchette, J., & Seikel, A. (2004). How to win friends and influence supply chain partners. *Logistics Today*, 45(12), 40-42.
- Matopoulos, A., Vlachopoulou, M., Manthou, V., & Manos, B. (2007). A conceptual framework for supply chain collaboration: empirical evidence from the agri-food industry. *Supply Chain Management: An International Journal*, 12(3), 177-186.
- McGinnis, M., Kochunny, C., & Acker, K. (1995). Third Party Logistics Choice. *The International Journal of Logistics Management*, 6(2), 93-102.

- Meade, L., & Sarkis, J. (2002). A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers. *Supply Chain Management: An International Journal*, 7(5), 283-295.
- Mehmann, J., & Teuteberg, F. (2016). Process reengineering by using the 4PL approach – a case study on transportation processing in the agricultural bulk logistics sector. *Business Process Management Journal*, 22(4).
- Mehmann, J., & Teuteberg, F. (2016). The fourth-party logistics service provider approach to support sustainable development goals in transportation e a case study of the German agricultural bulk logistics sector. *Journal of Cleaner Production*, 126, 382-393.
- Menon, M., McGinnis, M., & Ackerman, K. (1998). Selection criteria for providers of third-party logistics services: an exploratory study. *Journal of Business Logistics*, 19(1), 121-137.
- Min , S., Roath, A., Daughert, P., Genchev , S., Chen , H., Arndt , A., & Richey, R. (2005). Supply chain collaboration: what's happening? *The International Journal of Logistics Management*, 16(2), 237 - 256.
- Moberg, C., & Speh, T. (2004). Third-Party Warehousing Selection: A Comparison of National and Regional Firms. *American Journal of Business*, 19(2), 71-76.
- Montoya-Torres, J., & Ortiz-Vargas, D. (2014). Collaboration and information sharing in dyadic supply chains: A literature review over the period 2000–2012. *Estudios Gerenciales*, 30, 343–354.
- Mukhopadhyay, S., & Setaputra, R. (2006). The role of 4PL as the reverse logistics integrator: Optimal pricing and return policies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(9), 716-729.
- Nemoto, T., & Tezuka, K. (2002). *Advantage of third party logistics in supply chain management*. Tokio: Hitotsubashi University Repository.

- Nyaga, G., Whipple, J., & Lyn, D. (2010). Examining supply chain relationships: Do buyer and supplier perspectives on collaborative relationships differ. *Journal of Operations Management*, 28(2), 101-114.
- Olorunniwo, F., & Li, X. (2010). Information sharing and collaboration practices in reverse logistics. *Supply Chain Management: An International Journal*, 15(6), 454-462.
- Parra Valencia, J. A. (2012). *Gestión de la cooperación en dilemas sociales: un aporte desde la ingeniería de sistemas*. Primer congreso Internacional y Nacional Innovación en Gestión.
- Parra, A. J., & Dyner, I. (2007). Cooperación mediante castigo en recursos comunes: un mecanismo explicativo dinámico. *Revista Dinámica de Sistemas*, 3(2).
- Polo, A. (2013). *Estudio de la relación entre integración y productividad en una cadena de suministro*. Chía: Universidad de La Sabana.
- Postal, A. (2005). *Ad Postal*. Recuperado el 12 de Marzo de 2013, de <http://www.adpostal.gov.co/secs/corporativa/historia4.htm>
- Rahman, S. (2011). An exploratory study of outsourcing 3PL services: an Australian perspective. *Benchmarking: An International Journal*, 18(3), 342 - 358.
- Ramanathan, U. (2012). Supply chain collaboration for improved forecast accuracy of promotional sales. *International Journal of Operations and Production Management*, 32(6), 676–695.
- Ramanathan, U. (2014). Performance of supply chain collaboration – A simulation study. *Expert Systems with Applications*, 41, 210–220.
- Ramanathan, U., & Gunasekaran, A. (2012). Supply chain collaboration: Impact of success in long-term partnerships. *International Journal of Production Economics*, 147, 252–259.

- Ramanathan, U., Gunasekaran, A., & Subramanian, N. (2011). Supply chain collaboration performance metrics: a conceptual framework. *Benchmarking: An International Journal*, 18(6), 856 - 872.
- Ramesh, A., Banwet, D., & Shankar, R. (2010). Modeling the barriers of supply chain collaboration. *Journal of Modelling in Management*, 5(2), 176-193.
- Ranjan, M., & Tonui, R. (2004). *Third party logistics: an analysis of the feasibility and contexts of strategic relationships*. M.S. Thesis. Massachusetts Institute of Technology.
- Richey, R., Adams, F., & Dalela, V. (2012). Technology and flexibility: enablers of collaboration and time-based logistics quality. *Journal of Business Logistics*, 33(1), 34-49.
- Roche, H., & Vejo, C. (2005). Análisis multicriterio en la toma de decisiones.
- Saaty, T. L. (1983). Introduction to a modeling of social decision processes. *Mathematics and Computers in Simulation*, 25(2), 105-107.
- Saaty, T. L. (1987). A note on the AHP and expected value theory. *Socio-Economic Planning Sciences*, 20(6), 397-398.
- Sahay, B. S. (2003). Supply chain collaboration: the key to value creation. *Work Study*, 52(2), 76-83.
- Sahay, B., & Mohan, R. (2006). 3PL practices: an Indian perspective. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(9), 666 - 689.
- Samaddar, S., Nargundkar, S., & Daley, M. (2006). Inter-organizational information sharing: The role of supply network configuration and partner goal congruence. *European Journal of Operational Research*, 174(2), 744-765.
- Sánchez, A. (2003). Integración empresarial cooperativa: posibilidades, ventajas e inconvenientes.

- Santa María, M., & Rozo, S. (Junio de 2009). Análisis cualitativo y cuantitativo de la informalidad empresarial en Colombia. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*(63), 269-296.
- Schoenherr, T., & Swink, M. (2012). Revisiting the arcs of integration: Cross-validations and extensions. *Journal of Operations Management*, 30(1-2), 99-115.
- Scholten , K., & Schilder , S. (2015). The role of collaboration in supply chain resilience. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(4), 471-484.
- Selviaridis, K., & Spring, M. (2007). Third party logistics: a literature review and research agenda. *The International Journal of Logistics Management*, 18(1), 125-150.
- Seth, N., Deshmukh, S., & Vrat, P. (2006). A conceptual model for quality of service in the supply chain. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(7), 547-575.
- Seyed-Alagheband, S.-A. (2011). Logistics Parties. En S. Rezapour, R. Zanjirani-Farahani, & L. Kardar, *Logistics Operations and Management: Concepts and Models* (págs. 71-91). Elsevier Inc.
- Sheen, G., & Tai, C. (2006). A Study on Decision Factors and Third Party Selection Criterion of Logistics Outsourcing - An Exploratory Study of Direct selling Industry. *The Journal of American Academy of Business*, 9(2), 331-337.
- Shi, Y., Zhang, A., Arthanari, T., & Liu, Y. (2016). Third-party purchase: an empirical study of Chinese third-party logistics users. *International Journal of Operations & Production Management*, 36(3), 286-307.
- Simatupang , T., & Sridharan, R. (2008). Design for supply chain collaboration. *Business Process Management Journal*, 14(3), 401-418.

- Simatupang, T., & Sridharan, R. (2005). The collaboration index: a measure for supply chain collaboration. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(1), 44-62.
- Simatupang, T., Wright, A., & Sridharan, R. (2002). The knowledge of coordination for supply chain integration. *Business Process Management Journal*, 8(3), 289 - 308.
- Skjoett-Larsen, T. (2000). Third party logistics – from an interorganizational point of view. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30(2), 112-127.
- So, S., Kim, J., Cheong, K., & Cho, G. (2006). Evaluating the service quality of third-party logistics service providers using the analytic hierarchy process. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 3(3), 261-270.
- Soosay, C., & Hyland, P. (2015). A decade of supply chain collaboration and directions for future research. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(6), 613-630.
- Spekman, R. E., Kamauff, J. W., & Myhr, N. (1998). An empirical investigation into supply chain management: a perspective on partnerships. *Supply Chain Management: An International Journal*, 3(2), 53 - 67.
- Spencer, M., Rogers, D., & Daug, P. (1994). JIT Systems and External Logistics Suppliers. *International Journal of Operations & Production Management*, 14(6), 60 - 74.
- Stefansson, G. (2006). Collaborative logistics management and the role of third-party service providers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36(2), 76-92.
- Subramanian, N., Gunasekaran, A., Papadopoulos, T., & Nie, P. (2016). 4th party logistics service providers and industrial cluster competitiveness: collaborative operational. *Industrial Management & Data Systems*, 116(7).

- Superintendencia de Industria y Comercio. (2010). *Estudio Económico del sector Postal en Colombia*. Bogotá.
- Superintendencia de Industria Y Comercio. (08 de 20 de 2016). *Servicios Postales*. Obtenido de <http://www.sic.gov.co/drupal/servicios-postales>
- Tate, K. (1996). The elements of a successful logistics partnership. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 26(3), 7-13.
- Thakkar, J., Deshmukh, S., Gupta, A., & Shankar, R. (2005). Selection of Third-Party Logistics (3PL): A Hybrid Approach Using Interpretive Structural Modeling (ISM) and Analytic Network Process (ANP). *Supply Chain Forum: An International Journal*, 32-46.
- Tsou, C. (2013). On the strategy of supply chain collaboration based on dynamic inventory target level management: A theory of constraint perspective. *Applied Mathematical Modelling*, 37(7), 5204–5214.
- Universal Posta Union. (2009). *Guía para la reforma y el desarrollo postal*.
- UPU. (2005). *Follow up and trends*.
- Vaidyanathan, .. (2005). A framework for evaluating third-party logistics, *Commun. ACM*, 48(1), 89-94.
- Vereecke, A., & Muylle, S. (2006). Performance improvement through supply chain collaboration in Europe. *International Journal of Operations & Production Management*, 26(11), 1176-1198.
- Wang, X., Persson, G., & Huemer, L. (2016). Logistics Service Providers and Value Creation Through Collaboration: A Case Study. *Long Range Planning*, 49, 117-128.
- Whipple, J., Lynch, D., & Nyaga, G. (2010). A buyer's perspective on collaborative versus transactional relationships. *Industrial Marketing Management*, 39(3), 507-518.

- Williamson, O. (2008). Outsourcing: transaction cost economics and supply chain management. *Journal of Supply Chain Management*, 33(1), 25-48.
- Win, A. (2008). The value a 4PL provider can contribute to an organisation. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38(9), 674-684.
- Yao, J. (2010). Decision optimization analysis on supply chain resource integration in fourth party logistics. *Journal of Manufacturing Systems*, 29, 121–129.