MODELO DE PLANEACIÓN DE CAPACIDADES PARA MEDIR EL IMPACTO EN EL DESEMPEÑO LOGÍSTICO DE LA GESTIÓN COLABORATIVA EN CENTROS DE DISTRIBUCIÓN

Autor:

Ing. Olga Rosana Romero

Maestrante en Ingeniería Industrial

Especialista en Gestión de Proyectos de Ingeniería

Ingeniera de Producción

Tecnólogo Industrial

Código: 20071196022

Director:

Ing. Msc Feizar Javier Rueda Velasco

Codirector:

Ing. Msc Mauricio Becerra Fernández

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

MAESTRÍA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL – FACULTAD DE INGENIERÍA

BOGOTÁ COLOMBIA, 2015

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 15
TEMA 17
OBJETIVO 17
General 17
Específicos 17
JUSTIFICACIÓN 18
1. MARCO REFERENCIAL 23
1.1 SERVICIOS DE OPERADORES LOGÍSTICOS 23
1.1.1 El mercado de servicios 24
1.1.2 El mercado de los servicios de los operadores logísticos 26
1.1.2.1 Externalización de la operación logística 26
1.1.2.2 Medidas de desempeño al contratar operadores logísticos 28
1.1.3 Índice de Desempeño Logístico Mundial 29
1.1.4 Índice de Desempeño Logístico de Colombia 30
1.2 RELACIONES COLABORATIVAS EN LA RED LOGÍSTICA 35
1.2.1 Alianzas y Gestión de la Colaboración 35
1.2.2 Colaboración y Operadores Logísticos 36
1.2.2.1 Prioridades competitivas 37
1.2.2.2 Servicios ofrecidos: 37
1.2.2.3 Uso de tecnologías: 37
1.2.2.4 Planeación colaborativa de pronósticos y reabastecimiento 39
1.2.2.5 Colaboración en la gestión de transporte 40
1.2.3 Impacto en la Gestión Financiera a partir de la Colaboración 41
1.2.4 Importancia del Intercambio de Información en Procesos Colaborativos 43
1.2.5 Colaboración y Gestión de las Tecnologías de Información 44

1.3 MODELOS APLICADOS A LA CAPACIDAD DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN..... 45
1.3.1 Definición de centros de distribución..... 45
1.3.2 Definición de modelo y tipos 47
1.3.3 Planeación de la capacidad..... 48
1.3.3.1 Planeación agregada 50
1.3.4 Capacidad en Centros de Distribución 51
1.3.4.1 Producto..... 52
1.3.4.2 Espacio..... 53
1.3.4.3 Equipos 54
1.3.4.4 Personal 55
1.3.5 Modelos de planeación de instalaciones 55
1.3.6 Modelo de asignación..... 57
1.3.7 Simulación..... 58
1.4 PUBLICACIONES EN BASES DE DATOS CIENTÍFICAS..... 60
1.4.1 Logística Colaborativa 61
1.4.1.1 Logística colaborativa horizontal 65
1.4.2 Diseño de Centros de Distribución..... 68
1.4.3 Planeación de la Capacidad..... 71
1.4.3.1 Modelos aplicados a servicios logísticos en almacenes 74
1.4.3.2 Modelos aplicados en servicios de transporte 74
1.4.3.3 Modelos aplicados a otros servicios 75
1.4.4 Modelos de dinámica de sistema aplicados a la planeación colaborativa horizontal en centros de distribución..... 76
1.4.4.1 Modelos de dinámica de sistemas para la planeación de capacidades 76
1.4.4.2 Diseño de centros de distribución empleando dinámica de sistemas 77
1.4.4.1 Colaboración horizontal en la cadena de abastecimiento empleando dinámica de sistemas 78

1.4.4.1 Modelos de planeación colaborativa horizontal y diseño en centros de distribución empleando dinámica de sistemas 80
2. METODOLOGÍA 81
2.1 ARTICULACIÓN DEL PROBLEMA 82
2.1.1 Hipótesis dinámica 86
2.1.2 Diagrama causal 88
2.2 ANÁLISIS DE VARIABLES DE ENTRADA DEL MODELO 93
2.2.1 Demanda de posiciones logísticas de almacenamiento 93
2.2.1 Demanda de equipos de movilización 96
2.2.2 Demanda de fuerza de trabajo 98
2.2.3 Otros recursos 99
2.3 CÁLCULO DE PARÁMETROS DEL MODELO 102
2.4 CÁLCULO DE CAPACIDADES 103
3. DESARROLLO DEL MODELO 106
3.1 MODELO DE SIMULACIÓN CONTINUA 106
3.1.1 Definición de Sectores 106
3.1.2 Diagrama de Forrester 108
3.1.2.1 Descripción de los sectores del modelo 109
3.1.2.2 Sector de Demanda y capacidad de posiciones 109
3.1.2.3 Sector de equipos de movilización 110
3.1.2.4 Sector de fuerza de trabajo 111
3.1.2.5 Sector de desempeño financiero 112
3.1.3 Parámetros y variables del modelo 113
3.1.4 Definición del algoritmo 116
3.2 VALIDACIÓN Y DISEÑO DEL MODELO 118
3.2.1 Verificación del modelo 118
3.2.1.1 Asignación de recursos 118

3.2.1.2 Discrepancia del precio, demanda y comportamiento del margen 119
3.2.2 Validación del modelo 122
3.2.3 Réplicas del modelo 123
3.3 RESULTADOS DEL MODELO 125
3.3.1 Contraste 1: alturas en el centro de distribución y tiempos de contrato 125
3.3.1.1 Comportamiento de los datos de entrada del modelo 126
3.3.1.2 Capacidad por asignación de área. 126
3.3.1.3 Capacidad de fuerza laboral 129
3.3.1.4 Capacidad de equipos de movilización 130
3.3.1.5 Análisis de otros costos 132
3.3.1.6 Comportamiento total de los costos 135
3.3.1.7 Utilización de la capacidad del sistema 135
3.3.1.8 Resultado financiero 136
3.3.1.9 Análisis de resultados de la altura y tiempo de contrato del centro de distribución 137
3.3.1.10 Contraste de hipótesis 140
3.3.2 Contraste 2: planeación de recursos a través del modelo colaborativo y no colaborativo 143
3.3.2.1 Comportamiento de la demanda 144
3.3.2.2 Costos de los recursos asignados 145
3.3.2.3 Utilización de los recursos 146
3.3.2.4 Análisis financiero 146
3.3.2.5 Ponderación de resultados 147
3.3.2.6 Desempeño del sistema 148
3.3.2.7 Impacto sobre el costo logístico 150
3.3.2.8 Prueba de hipótesis 151
CONCLUSIONES 156
REFERENCIAS 160

ANEXOS 169
ANEXO 1: PUBLICACIONES RELEVANTES SOBRE DISEÑO DE INSTALACIONES 169
ANEXO 2: PUBLICACIONES RELEVANTES SOBRE LOGÍSTICA COLABORATIVA 174
ANEXO 3: PRUEBA DE BONDAD Y AJUSTE DEMANDA POR CADA CLIENTE 189
ANEXO 4: ECUACIONES DEL MODELO DINÁMICO 190
ANEXO 5: COMPROBACIÓN DE SUPUESTOS SOBRE LOS RESIDUOS 195

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Correlación entre la competitividad y el desempeño logístico 18

Cuadro 2. Comparativo de la planeación de la capacidad en proceso de servicios y manufactura 49

Cuadro 3. Modelos de planeación de instalaciones 56

Cuadro 4. Categorización de la información 62

Cuadro 5. Distribución de clasificación según importancia a la colaboración en almacenamiento 62

Cuadro 6. Casos de colaboración horizontal 66

Cuadro 7. Análisis de casos de logística horizontal 67

Cuadro 8. Parámetros del modelo 113

Cuadro 9. Variables de nivel del modelo 114

Cuadro 10. Variables de flujo del modelo 114

Cuadro 11. Variables auxiliares del modelo 115

Cuadro 12. Aspectos a evaluar en la validación del modelo 122

Cuadro 13. Contraste de hipótesis: altura del centro de distribución y margen financiero 140

Cuadro 14. Contraste de hipótesis: altura del centro de distribución y demanda atendida 141

Cuadro 15. Contraste de hipótesis: tiempo de contrato del centro de distribución y margen financiero 141

Cuadro 16. Contraste de hipótesis: tiempo de contrato del centro de distribución y demanda atendida 142

Cuadro 17. Contraste de hipótesis: altura - tiempo de contrato del centro de distribución y margen financiero 142

Cuadro 18. Contraste de hipótesis: altura - tiempo de contrato del centro de distribución y demanda atendida 143

Cuadro 19. Contraste de hipótesis: modelo de planeación (colaborativo y no colaborativo) y afectación sobre el margen financiero 152
Cuadro 20. Contraste de hipótesis: modelo de planeación (colaborativo y no colaborativo) y afectación sobre la demanda servida 152
Cuadro 21. Contraste de hipótesis: modelo de planeación (colaborativo y no colaborativo) y afectación la utilización de los recursos 153
Cuadro 22. Contraste de hipótesis: modelo colaborativo vs. no colaborativo (margen) 154
Cuadro 23. Contraste de hipótesis: modelo colaborativo vs. no colaborativo (Demanda servida) 154
Cuadro 24. Contraste de hipótesis: modelo colaborativo vs. no colaborativo (Utilización de los recursos) 154

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº1. Ingresos brutos de Operadores Logísticos a nivel global (2010-2012) 26
Tabla Nº2. Beneficios al contratar operadores logísticos..... 28
Tabla Nº3. Países con el mejor desempeño logístico..... 30
Tabla Nº4. Países con el desempeño logístico más bajo..... 30
Tabla Nº5. Distribución Clase A1..... 63
Tabla Nº6. Comparativo costos logísticos 83
Tabla Nº7. Estadísticos para las pruebas de independencia de la variable demanda..... 95
Tabla Nº8. Funciones de densidad para la proyección de la demanda..... 96
Tabla Nº9. Análisis de correlación de los equipos de movilización y la demanda..... 98
Tabla Nº10. Análisis de correlación de la fuerza de trabajo y la demanda..... 99
Tabla Nº11. Análisis de correlación..... 100
Tabla Nº12. Relación vigilancia con capacidad del CEDI (metros cuadrados)..... 100
Tabla Nº13. Interpretación de la variable costo de vigilancia..... 100
Tabla Nº14. Relación mantenimiento con capacidad del CEDI (metros cuadrados)..... 101
Tabla Nº15. Interpretación de la variable costo de mantenimiento 101
Tabla Nº16. Relación del costo de servicios públicos con la fuerza de trabajo..... 101
Tabla Nº17. Interpretación de la variable costo de mantenimiento 101
Tabla Nº18. Posiciones por metro cuadrado 102
Tabla Nº19. Desempeño del equipo de acuerdo con la altura del CEDI..... 102
Tabla Nº20. Desempeño fuerza de trabajo por metro cuadrado y altura 103
Tabla Nº21. Demoras en meses definidas para el modelo 103
Tabla Nº22. Subíndices del modelo 113
Tabla Nº23. Validación de la demanda proyectada 122
Tabla Nº24. Validación de la variable precio..... 123
Tabla Nº25. Validación de la variable costo 123
Tabla Nº26. Cálculo de réplicas necesarias..... 124

Tabla Nº27. Variaciones en el modelo para el análisis de estrategias 125
Tabla Nº28. Variaciones en el modelo para el análisis de estrategias 125
Tabla Nº29. Margen y demanda atendida acumulada para cada estrategia 138
Tabla Nº30. Ponderación de resultados..... 139
Tabla Nº31. Prueba de efector intersujetos: altura y tiempo de contrato 140
Tabla Nº32. Estrategias del contraste entre el modelo colaborativo y no colaborativo..... 144
Tabla Nº33. Margen y demanda atendida para las estrategias colaborativos y no colaborativos... 147
Tabla Nº34. Ponderación de resultados..... 147
Tabla Nº35. Prueba de efector intersujetos: altura y tiempo de contrato 151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Comportamiento de la Competitividad y el Índice de Desempeño Logístico 18
Figura No. 2. Competitividad Global 19
Figura No. 3. Acuerdos Comerciales de Colombia con el Mundo 20
Figura No. 4. Optimización en la integración de procesos 21
Figura No. 5. Estructura del marco referencial 23
Figura No. 6. Balanza comercial de servicios en el mundo entre los años 2000 y 2013 25
Figura No. 7. Balanza comercial de servicios en Colombia entre los años 2000 y 2013 25
Figura No. 8. Costos Logísticos y participación de los procesos tercerizados 28
Figura No. 9. Ranking Global del Índice de Desempeño Logístico 29
Figura No. 10. Índice de Desempeño Logístico 31
Figura No. 11. Desempeño Logístico de Colombia desde el año 2007 al 2014 32
Figura No. 12. Servicios que mejor describen la operación logística (mayor representatividad) 32
Figura No. 13. Calidad baja o muy baja de la infraestructura logística 33
Figura No. 14. Competencia y Calidad del Servicio 34
Figura No. 15. El alcance de la colaboración 39
Figura No. 16. Modelo de colaboración entre empresas 43
Figura No. 17. Tipos de modelos 47
Figura No. 18. Tipos de planeación de acuerdo con el horizonte de tiempo 48
Figura No. 19. Componentes de la planeación agregada 51
Figura No. 20. Aspectos determinantes de la capacidad del centro de distribución 52
Figura No. 21. Pasos para el desarrollo de simulación discreta 59
Figura No. 22. Fases en la construcción de un modelo de dinámica de sistemas 60
Figura No. 23. Criterios de búsqueda de artículos en base de datos 61
Figura No. 24. Tendencias de la información acerca de la colaboración en la red logística 61

Figura No. 25. Clasificación de artículos según el grado de relación con la colaboración en almacenamiento 62
Figura No. 26. Evolución del número de publicaciones asociadas a logística colaborativa 63
Figura No. 27. Grafico Distribución Clase A1 64
Figura No. 28. Clasificación de artículos asociados con el diseño de almacenes 69
Figura No. 29. Evolución de publicaciones en modelos de planeación de capacidad 72
Figura No. 30. Número de publicaciones en modelos de planeación de capacidades en manufactura y servicios 72
Figura No. 31. Modelo de capacidad de acuerdo con el sector 73
Figura No. 32. Numero de publicaciones relevantes en la asignación de recursos 74
Figura No. 33. Metodología 81
Figura No. 34. Elementos metodológicos 82
Figura No. 35. Estructura media de costos logísticos 83
Figura No. 36. Requerimientos de exclusividad en operaciones en centros de distribución 84
Figura No. 37. Comportamiento de la red logística 85
Figura No. 38. Conceptualización del modelo 87
Figura No. 39. Diagrama causal del modelo 88
Figura No. 40. Bucle de realimentación de la demanda y capacidad del sistema. 89
Figura No. 41. Bucle de realimentación de aprovechamiento de la capacidad 90
Figura No. 42. Bucle de realimentación del costo 91
Figura No. 43. Bucle de realimentación del precio 92
Figura No. 44. Bucle de realimentación del ingreso 93
Figura No. 45. Capacidad ociosa por niveles de utilización por cliente 94
Figura No. 46. Capacidad ociosa por instalación 95
Figura No. 47. Distribución en el uso de equipos de movilización 97
Figura No. 48. Estructura del desarrollo del modelo 106
Figura No. 49. Sectores del modelo 107
Figura No. 50. Diagrama de Forrester para los sectores de validación 108

Figura No. 51. Sectores del modelo 109
Figura No. 52. Demanda y capacidad de almacenamiento 110
Figura No. 53. Diagrama de Forrester: Sector Equipos de Movilización 111
Figura No. 54. Diagrama de Forrester: Sector Fuerza de Trabajo 112
Figura No. 55. Diagrama de Forrester: Sector Análisis Financiero 113
Figura No. 56. Algoritmo para la asignación de recursos colaborativos, comportamiento de la demanda y análisis financiero 117
Figura No. 57. Verificación del modelo: asignación de recursos 119
Figura No. 58. Verificación de modelo: precio, demanda. 120
Figura No. 59. Verificación del modelo: margen y capacidad ociosa 120
Figura No. 60. Verificación del modelo: margen y capacidad del sistema 121
Figura No. 61. Verificación del modelo: análisis financiero y capacidad ociosa 121
Figura No. 62. Contraste de la demanda histórica con la demanda proyectada 122
Figura No. 63. Comportamiento de la demanda 126
Figura No. 64. Asignación de metros cuadrados y costo asociado 127
Figura No. 65. Costo de arrendamiento de instalación por posición instalada 128
Figura No. 66. Costo de arrendamiento de instalación por posición ocupada 128
Figura No. 67. Asignación de personal y costo asociado 129
Figura No. 68. Costo de personal por posición ocupada 130
Figura No. 69. Asignación de equipos de movilización y costo asociado 131
Figura No. 70. Costo de equipos por posición ocupada 132
Figura No. 71. Comportamiento de costos de servicios públicos, mantenimiento, depreciaciones y servicio de aseo y vigilancia 133
Figura No. 72. Comportamiento acumulado de otros costos (servicios públicos, mantenimiento, depreciaciones y servicio de aseo y vigilancia) 134
Figura No. 73. Costo por posición ocupada de otros recursos (servicios públicos, mantenimiento, depreciaciones y servicio de aseo y vigilancia) 134
Figura No. 74. Comportamiento total de los costos por posición ocupada 135

Figura No. 75. Tasa de ocupación de la capacidad del sistema 136
Figura No. 76. Relación del margen financiero, ingresos e ingresos no percibidos 136
Figura No. 77. Elementos para la evaluación de las estrategias 138
Figura No. 78. Contraste de resultados del margen vs. demanda atendida e ingresos percibidos 139
Figura No. 79. Contraste de la demanda estimada: colaborativo y no colaborativo 144
Figura No. 80. Costos por posición instalada y ocupada 145
Figura No. 81. Comportamiento del costo promedio anual 145
Figura No. 82. Utilización de los recursos 146
Figura No. 83. Relación del margen financiero, ingresos e ingresos no percibidos 147
Figura No. 84. Contraste de resultados del margen vs. demanda atendida e ingresos percibidos 148
Figura No. 85. Desempeño del sistema a nivel colaborativo y no colaborativo 149
Figura No. 86. Impacto sobre el costo logístico 150

INTRODUCCIÓN

Las transformaciones en las cadenas de valor, conllevan a cambios en la administración de las redes logísticas, con exigencias mayores en eficiencia y eficacia. En este entorno, los esfuerzos de la gestión de los expertos logísticos se fundamentan en sistemas eficientes de planeación y control, junto con herramientas de medición del desempeño, buscando una mejor asignación de los recursos. El reto principal consiste, entonces, en equilibrar la variabilidad de las condiciones de la demanda con los modelos de capacidad, para facilitar y disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones.

Aunque las compañías dedican a diario esfuerzos para incrementar su competitividad y participación en el mercado, con mucha frecuencia la adopción de sistemas de planeación y control se fundamentan exclusivamente en su propia necesidad, dejando a un lado el potencial colaborativo existente entre compañías con redes logísticas de características similares, desaprovechando las sinergias y eficiencias que se pueden lograr, generando efectos secundarios no deseados, con respecto al aumento de los costos logístico, falta de cobertura por una desconexión con competidores, mayores inversiones por desarrollo de infraestructura y visión estática y acotada del sistema.

Estas deficiencias son especialmente relevantes para las empresas especializadas en la gestión de las redes logísticas, quienes continuamente buscan estrategias para mejorar el desempeño de las cadenas de valor y con la capacidad de integrar los actores que compiten en el mercado, pero que tienen la oportunidad de cooperar en sus procesos logísticos, con una visión integral para atender la complejidad creciente e imprevisible de los sistemas. La planificación y exigencia de recursos exclusivos, a menudo ha sido considerada una respuesta adecuada para incrementar la diferenciación y la competitividad , sin embargo, la toma de decisiones sobre este enfoque no lleva necesariamente a agregar valor a la cadena, por falta de flexibilidad ante mercados dinámicos.

Un conector común de los procesos logísticos, son los centros de distribución, locaciones que además de garantizar la conservación de la mercancía, deben velar principalmente por el desarrollo de la planeación de los procesos en la cadena de abastecimiento y de agregación de valor de los productos, de allí la importancia de contar con infraestructura que incremente la eficiencia de los flujos logísticos, generando beneficios para los operadores que posteriormente pueda ser percibida por sus clientes y consumidores.

Lo anterior, genera un espacio pertinente para desarrollar modelos de colaboración que faciliten un análisis profundo en la planeación, el diseño de infraestructuras y la evaluación dinámica del comportamiento de los sistemas objeto de la administración en centros de distribución por parte de los operadores logísticos y así propender por la toma de decisiones estratégicas que mejoren su desempeño y crecimiento, resultados permeables a todos los actores de las cadenas de abastecimiento.

Este trabajo aborda la planeación de capacidades logísticas, desde una perspectiva estratégica que facilite la toma de decisiones para lograr el crecimiento y rentabilidad del negocio, así como el convencimiento de clientes potenciales y a nivel táctico aporta un modelo dinámico para la administración adecuada de los recursos ante un ambiente de incertidumbre.

TEMA

Planeación colaborativa de capacidades en centros de distribución.

OBJETIVO

General

Diseñar un modelo de planeación de capacidades en centros de distribución aplicado a un operador logístico en Colombia, empleando dinámica de sistemas, para evaluar la conveniencia de la implementación de procesos colaborativos a través de la medición de su desempeño.

Específicos

Identificar la relevancia de la industria de servicios logísticos tanto a nivel mundial como en Colombia, incluyendo la revisión del estado del arte sobre los procesos colaborativos, planeación de capacidades y diseño de almacenes, de tal manera que se determine la pertinencia de abordar la planeación colaborativa de recursos en centros de distribución, como factor a considerar para la generación de competitividad en la red logística.

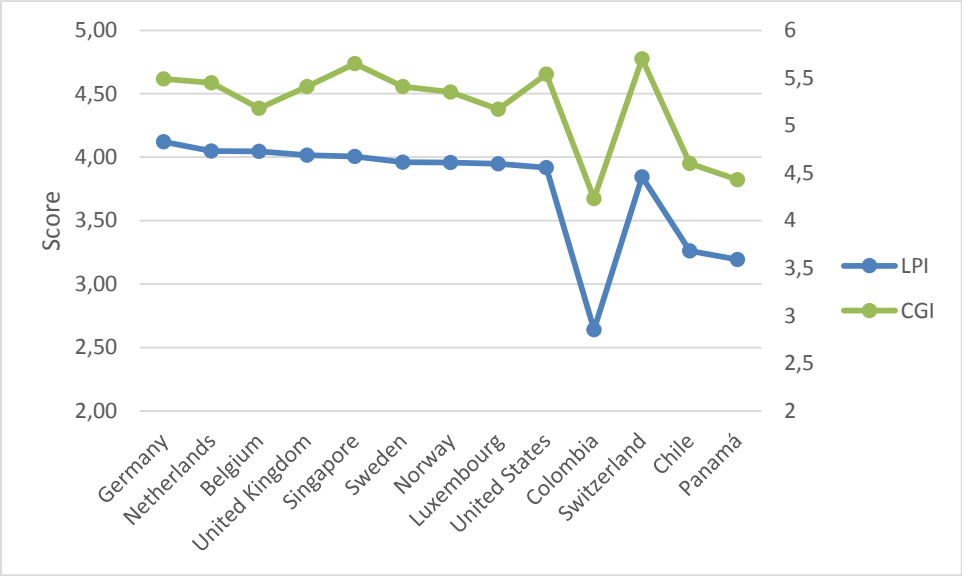
Definir el conjunto de elementos de entrada, a partir de la definición del problema, como son las variables y parámetros del modelo, la formulación para el cálculo de capacidades y las medidas de desempeño, como punto de partida para la modelación del sistema.

Contrastar entre la planeación colaborativa y no colaborativa de capacidades en centros de distribución, a través de un modelo dinámica de sistemas, considerando factores como la altura y el tiempo del contrato de la instalación y que facilite la toma de decisiones estratégicas para el operador logístico, con impacto en el mercado.

JUSTIFICACIÓN

La competitividad de las naciones tiene una relación estrecha con su eficiencia en la administración de las redes logísticas, evidenciado al contrastar el índice de competitividad global con el desempeño logístico, con una correlación significativa del 0.909, donde Estados Unidos y los países Europeos, marcan las mejores prácticas a nivel mundial, de acuerdo con el Foro Económico Mundial y el Reporte Global de Competitividad (2014-2015) [1].

Figura No. 1.Comportamiento de la Competitividad y el Índice de Desempeño Logístico



Fuente: Ésta investigación basado en el Reporte Global de Competitividad (2014-2015) [99] y el índice de Desempeño Logístico [4]

Cuadro 1.Correlación entre la competitividad y el desempeño logístico

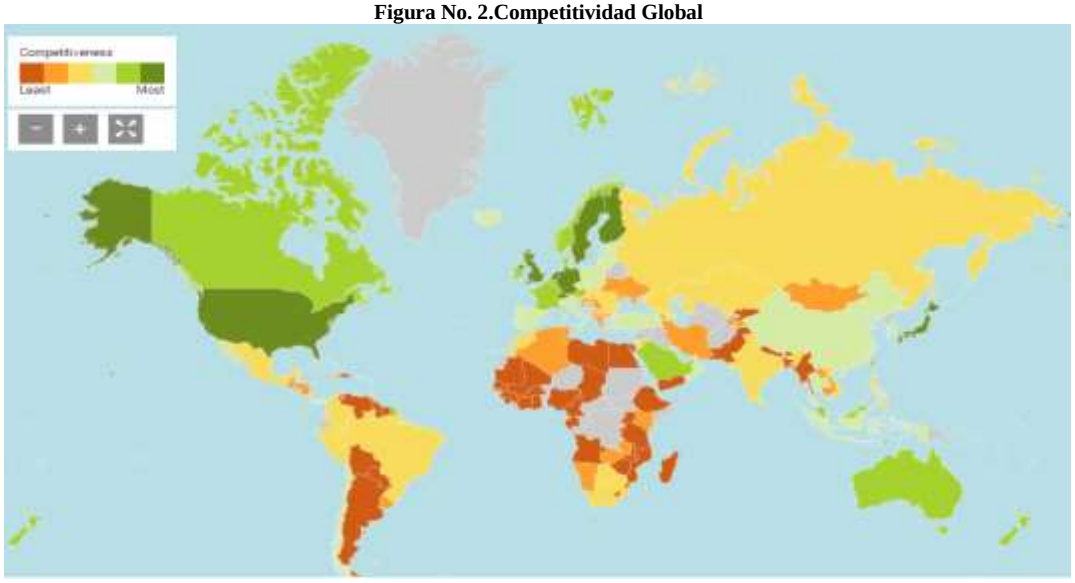
Correlations

		lpi	cgi
lpi	Pearson Correlation	1	.909**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	13	13
cgi	Pearson Correlation	.909**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	13	13

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Fuente: Ésta investigación basado en el Reporte Global de Competitividad (2014-2015) [1].] y el índice de Desempeño Logístico [4]

Figura No. 2.Competitividad Global



Fuente: Reporte Global de Competitividad (2014-2015) [1].]

De acuerdo con el estudio anual de operadores logísticos realizado por Capgemini, en su versión del año 2014 [2], en Colombia los índices de crecimiento del sector logístico han tenido una evolución entre el 11% y el 22% en los últimos 6 años, evidenciando una clara tendencia hacia la tercerización, sin embargo, a pesar de este crecimiento los niveles están muy alejados de los existentes en Estados Unidos y Europa.

De acuerdo con Armstrong [3] el 67% de las organizaciones son conscientes que debe modificar su operación logística hacia el Supply Chain Management (SCM), desarrollando esta actividad independiente de la esencia de su negocio. Las empresas que utilizan operadores logísticos en Estados Unidos superan el 80% y en Europa el 60%, mientras que en América Latina se encuentran tasas de participación de los operadores logísticos en un 35%, lo que pone en desventaja a las organizaciones para aprovechar las sinergias que puede generar un operador logístico, reflejado en los costos logísticos, que en Colombia alcanzan cerca del 18% mientras que en Norte América y Europa es un 11%, según Georgia Tech [4].

Al considerar los diferentes acuerdos comerciales que está enfrentando Colombia, se incrementa la importancia de optimizar el desempeño logístico, generando mayor competencia para responder acertadamente a estos retos económicos, entre ellos con la Unión Europea y Estados Unidos.

Figura No. 3.Acuerdos Comerciales de Colombia con el Mundo



Vigentes	Suscritos	En Negociación	A futuro
Unión Europea USA Canadá Chile México EFTA Venezuela CAN Mercosur Salvador Honduras, Guatemala Cuba	Alianza Pacifico Corea del Sur Costa Rica Israel Panamá	Turquía Japón	Australia Nueva Zelandia Comunidad del Golfo Republica Dominicana Rusia

Fuente: Esta investigación basada en información del (Ministerio de Industria y Comercio de Colombia, 2014)

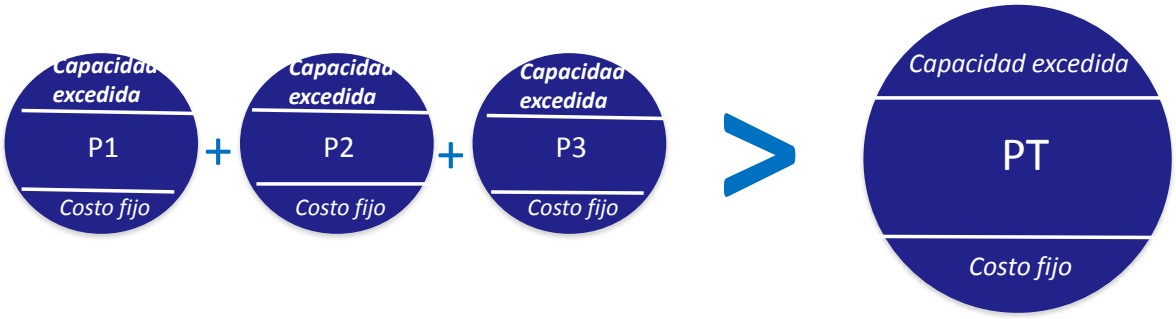
Es acá donde los operadores logísticos, deben propiciar estrategias como expertos especializados en la optimización de cadenas de abastimiento; de acuerdo con Armstrong [3], el 88% de las primeras 100 compañías de ‘Fortune 500’ contrata los servicios logísticos con terceros (3PLs) y de

las últimas 100, el 21% lo hace. Adicionalmente, la tercerización de la operación logística puede reducir costos hasta un 15% y las compañías logísticas están logrando entre un 10% y un 25% de ahorro en el tiempo del ciclo de entrega del producto.

La eficiencia de los procesos logísticos, debe permitir el incremento de la competitividad, reflejada entre otros aspectos, en costos, oportunidad e innovación, es decir una mayor capacidad del proceso para atender mercados cada vez más dinámicos, con demandas variables, ciclos cortos de vida en los productos, atomización del destino final, entrega directa al consumidor, servicio asociado al producto, trazabilidad y visibilidad del flujo de la cadena de abastecimiento.

Lo anterior implica desarrollar estrategias para afrontar estos retos, considerando la desintegración de los procesos como un sobre esfuerzo entre los miembros de la red logística, siendo fundamental la condición del operador logístico como actor central e integrador de las cadenas de valor, y que según Vásquez [5], la suma de las capacidades excedidas de cada proceso y sus costos fijos es mayor que la capacidad excedida y los costos fijos de un proceso integrado.

Figura No. 4.Optimización en la integración de procesos



Fuente: Robinson Vásquez, 2006. Informe corporativo [5]

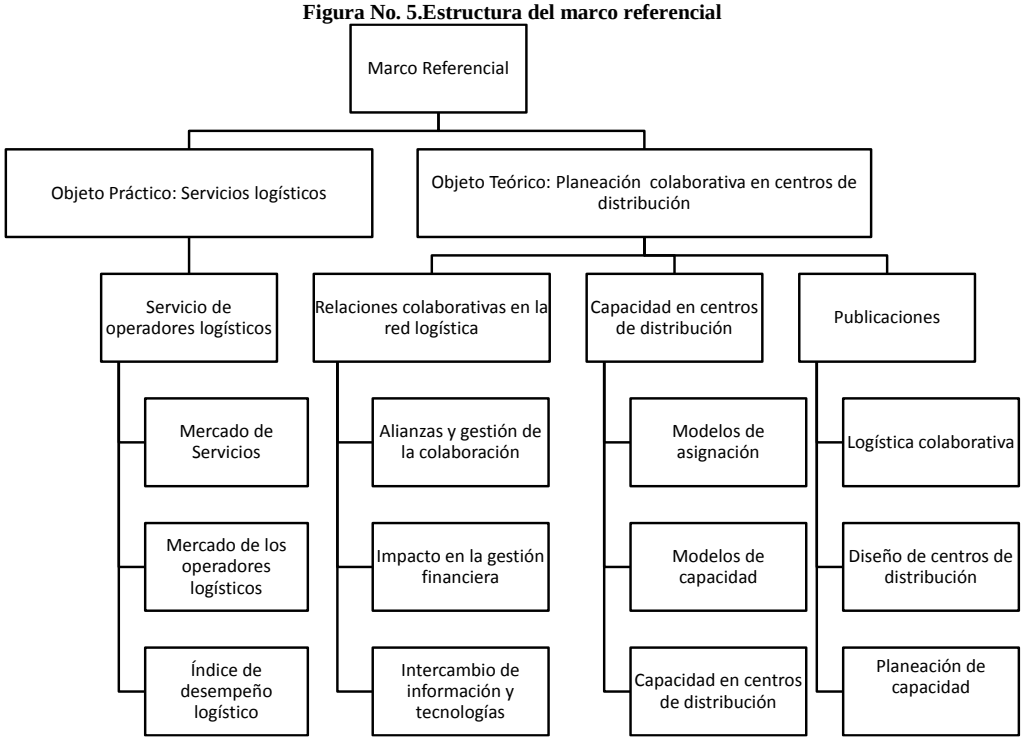
La integración de los procesos logísticos, depende directamente de la planeación agregada de los requerimientos de la cadena de abastecimiento, siendo los centros de distribución, el eje central de la red, al incidir directamente sobre la planificación y desarrollo de otras actividades logísticas, como son: el abastecimiento de materiales, administración del inventario, montaje final del

producto y procesos de valor añadido, así como los planes para la distribución de la mercancía El centro de distribución es el lugar en el que la oferta responde a la demanda en un mundo que busca constantemente modelos justo a tiempo y como muestra Capgemini en el estudio de la tercerización logística del año 2013 [2], existe un potencial en el desarrollo de la colaboración con otras empresas utilizando los servicios del operador logístico, para lograr eficiencias operativas y financieras, teniendo en cuenta que tan solo el 41% de las compañías encuestadas, están interesadas en el uso de la colaboración, lo cual se refleja en la demanda de servicios en los centros de distribución bajo un modelo de exclusividad, obstaculizando el aprovechamiento al máximo de los recursos y por ende de las mejoras significativas en el desempeño logístico.

1. MARCO REFERENCIAL

El marco referencial de ésta investigación se aborda mediante el desarrollo del objeto práctico y el objeto teórico. El objeto práctico se enfoca en analizar la relevancia de la industria de servicios logísticos tanto a nivel mundial como en Colombia, de tal manera que se determine la importancia de estudiar dicho sector como factor de competitividad para el país. De otra parte, se desarrolla el objeto teórico presentando una revisión de los modelos empleados para el desarrollo de procesos colaborativos en centros de distribución y la planeación de capacidades.

Figura No. 5.Estructura del marco referencial



Fuente: Ésta investigación.

1.1 SERVICIOS DE OPERADORES LOGÍSTICOS

Dentro de las definiciones de servicios se pueden resaltar los aportes realizados por Collier y Evans [6] que lo definen como cualquier actividad primaria o complementaria que no produce un artículo físico. Chase, Jacobs y Aquílano [7] clasifican la prestación del servicio primero en la que el cliente debe acudir a la instalación donde se presta y segundo en la que prestación de dicho servicio debe

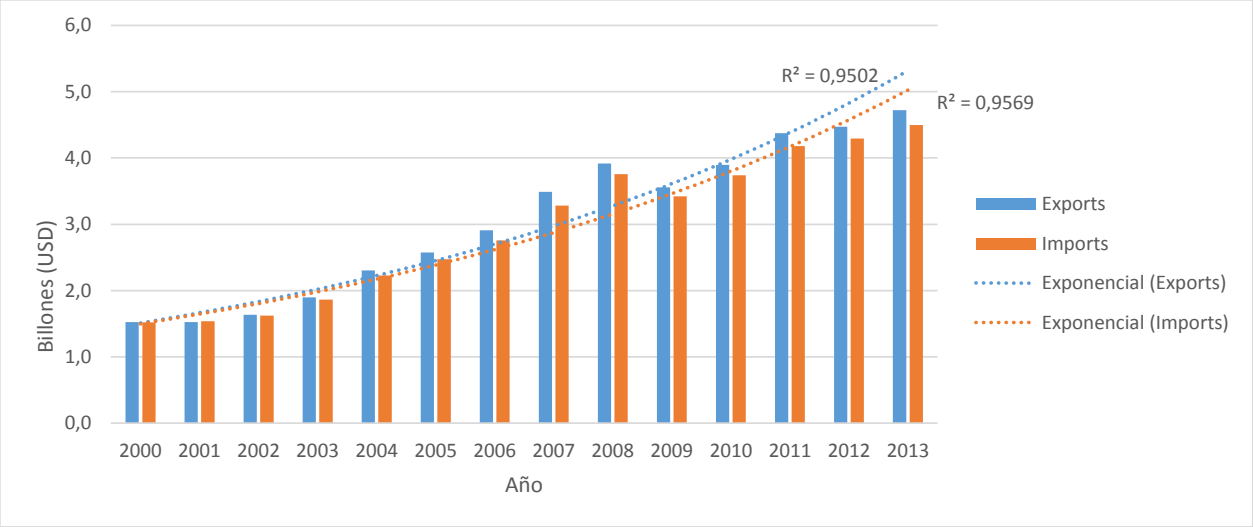
realizarse en el lugar de consumo por parte del cliente. Krajewski y Ritzman [8] resaltan la importancia de la toma de decisiones sobre la capacidad, localización y la distribución de sus instalaciones tanto en la industria de manufactura como en la industria de servicios. El DANE [9] contempla primero que los servicios no pueden ser almacenados ni transportados y segundo que no existe traslado de la propiedad del producto.

Para efectos de ésta investigación se analizó el comportamiento de la industria de los servicios logísticos en el mundo y en Colombia, centrándose en la infraestructura de centros de distribución ya que la aplicación del modelo propuesto, se desarrolló basados en las necesidades de un operador logístico de dicho sector. La información para este análisis se fundamentó en datos estadísticos del Banco Mundial a través de su análisis del desempeño logístico, del Consejo Privado de la Competitividad y el Foro Económico Mundial (FEM) con el informe de competitividad global. Lo anterior, con el objetivo de exponer la importancia de la industria de servicios logísticos y especialmente lo concerniente con la infraestructura de la cadena de abastecimiento en almacenes.

1.1.1 El mercado de servicios

A partir de datos estadísticos de la Organización Mundial del Comercio [10] se encontró que el sector de servicios en el mundo presenta un crecimiento exponencial en billones de dólares, en el periodo comprendido entre el año 1980 y el año 2013, correspondiente con el coeficiente de correlación de 0.9502 para el caso de las exportaciones y de 0.9569 para el caso de las importaciones.

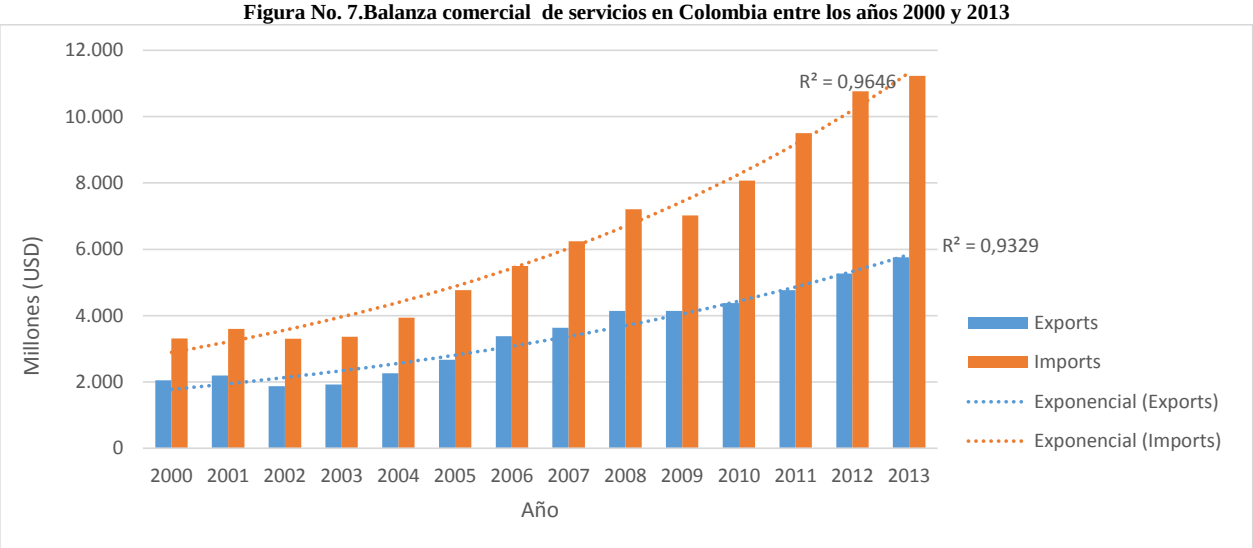
Figura No. 6. Balanza comercial de servicios en el mundo entre los años 2000 y 2013



Fuente: Ésta investigación con base en datos estadísticos de la OMC [10].

Para el caso de Colombia, de acuerdo con los datos estadísticos de la Organización Mundial del Comercio [10], el sector de servicios presenta un crecimiento exponencial en millones de dólares, en el periodo comprendido entre el año 1980 y el año 2013, correspondiente con el coeficiente de correlación de 0.9329 para el caso de las exportaciones y de 0.9646 para el caso de las importaciones.

Figura No. 7.Balanza comercial de servicios en Colombia entre los años 2000 y 2013



Fuente: Ésta investigación con base en datos estadísticos de la OMC [10].

1.1.2 El mercado de los servicios de los operadores logísticos

La industria de los servicios logísticos ha presentado un comportamiento creciente a lo largo de los últimos 20 años, donde los operadores logísticos adquieren cada vez más importancia, con un crecimiento a lo largo de todas las regiones del mundo, a excepción de Europa, quien ha mostrado un decrecimiento en sus ingresos brutos del año 2010 al 2012 de 4% acumulado.

Tabla Nº1. Ingresos brutos de Operadores Logísticos a nivel global (2010-2012)

Región	2010	2011	2012
Norte América	$ 149,1	$ 159,9	$ 171,2
Europa	$ 165,1	$ 160,4	$ 158,0
Asia Pacifico	$ 157,6	$ 191,1	$ 242,7
Latinoamérica	$ 27,5	$ 39,5	$ 43,6
Otras regiones	$ 42,3	$ 65,2	$ 69,6
Total	**$ 541,6**	**$ 616,1**	**$ 685,1**

Fuente: Esta investigación con base en Armstrong & Associates [3] y Langley, Jr., Ph.D., and Capgemini, [2]

Los ingresos globales para los operadores logísticos en el año 2012 ascendieron a $685,1 billones (US dólares) representando un incremento del 11% con respecto al año 2011. Los incrementos más importantes se dieron en Asia-Pacifico (27%) y Latinoamérica (10%), incrementos moderados en Norte América (7%) y otras regiones (7%) y decrecimiento en Europa de -1%.

1.1.2.1 Externalización de la operación logística

De acuerdo con el estudio anual de operadores logísticos realizado por Capgemini, en su versión 2014 [2], se detecta un hallazgo consistente a lo largo de los 18 años de estudios anuales y es el aumento de la subcontratación de servicios logísticos comparado con el desarrollo las operaciones al interior y bajo la responsabilidad de las mismas organizaciones.

Outsourcing: 72% de los generadores de carga han incrementado en el último año la contratación de servicios logístico, lo cual representa una mayor confianza hacia la tercerización, comparado con años anteriores, el outsourcing de este tipo de servicios se presentaba en el 65% de los generadores de carga.

Insourcing: el 23 % de los generadores de carga reportan que luego de haber externalizado algún proceso logístico, han decido retomar la gestión al interior de sus propias compañías, comportamiento muy similar al del año 2012, donde el 22% indicaron que retomarían las actividades logísticas que habían subcontratado.

Costos logísticos y gastos dedicados a servicios de operadores logísticos

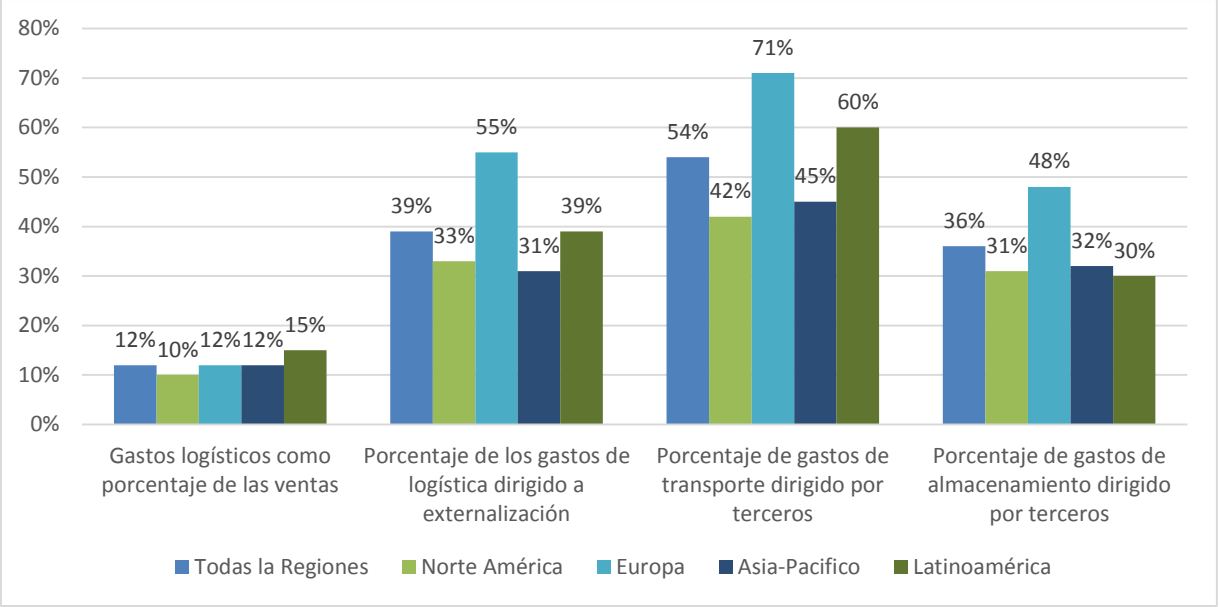
Los costos logísticos como porcentaje de las ventas totales de las compañías corresponde al 12% a nivel de todas las regiones, donde los costos logísticos más altos se ven reflejados en Latinoamérica con un 14% de participación y el mejor desempeño en Norte América con un 11%.

De los costos totales dirigidos a actividades logísticas, el 39% corresponde a servicios que las compañías externalizan, donde Europa representa la región más desarrollada a nivel de subcontratación de dichas actividades con un 55%.

En cuanto a los procesos de transporte, el 54% son desarrollados por operadores logísticos, donde Europa con un 71% es la región que más subcontrata este tipo de servicios, seguido por Latinoamérica con un 60%.

Del gasto total dedicado a operaciones logísticas en el almacén, el 36% son subcontratadas, la mayor representación se da en Europa con un 48% y en último lugar Latinoamérica con un 30%, lo que permite detectar una oportunidad en los países que conforman esta región.

Figura No. 8.Costos Logísticos y participación de los procesos tercerizados



Fuente: Esta investigación, basado en Langley, Jr., and Capgemini, [2]

1.1.2.2 Medidas de desempeño al contratar operadores logísticos

El estudio de Capgemini [2] permite determinar los beneficios tangibles al contratar un operador logístico, los cuales se ven reflejados en una reducción de los costos logísticos como resultado de la tercerización de un 11%, del costo medio del inventario de un 6% y del equipamiento logístico en un 23%.

Tabla Nº2. Beneficios al contratar operadores logísticos

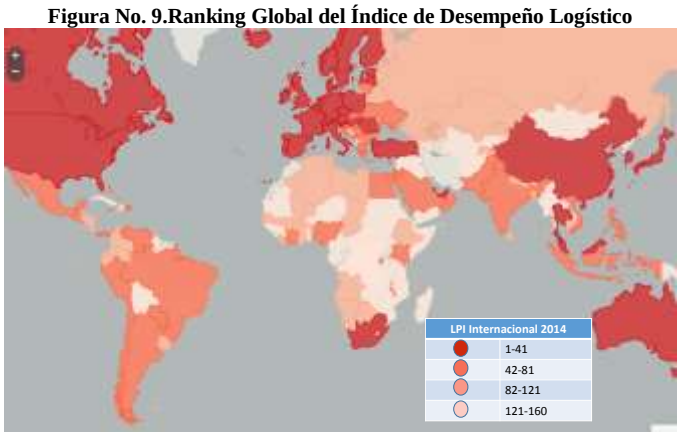
Resultados		Estudio 2013	Estudio 2014
Reducción de costos logísticos		15%	11%
Reducción en costos de inventarios		8%	6%
Reducción de activos fijos logísticos		26%	23%
Tasa de cumplimiento de pedidos	Desde	58%	66%
	Hasta	65%	68%
Tasa de exactitud de inventario	Desde	67%	68%
	Hasta	72%	69%

Fuente: Esta investigación, basado en Langley, Jr., and Capgemini, [2]

1.1.3 Índice de Desempeño Logístico Mundial

El Banco Mundial, realiza una encuesta mundial con medidas cuantitativas y cualitativas que permite evaluar y comparar el índice de desempeño logístico de 160 países. Esta encuesta facilita el análisis de la evolución de la logística, así como una comparación con la logística a nivel mundial, para determinar oportunidades y factores críticos de desarrollo.

Figura No. 9.Ranking Global del Índice de Desempeño Logístico



Fuente: Ésta investigación, con base en clasificación del LPI del Banco Mundial. [11]

El Índice de Desempeño Logístico (LPI), evalúa el desempeño de los países a través de seis aspectos que enmarcan la gestión logística a nivel global:

- Eficiencia en los procesos de aduana
- Calidad de la infraestructura logística
- Envíos internacionales
- Competencia y calidad de los servicios logísticos
- Habilidad para rastrear y localizar los envíos
- Puntualidad en las entregas

De acuerdo con los resultados del año 2014, las primeras posiciones son ocupadas por países miembros de la Unión Europea (15 de los 28 países miembros) y 23 de los 34 países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Adicionalmente, lograron

posicionarse en las 30 primeras posiciones, países como Singapur, Hong Kong China, Taiwan, Emiratos Arabes Unidos, Malasia, China y Sudáfrica.

Tabla Nº3. Países con el mejor desempeño logístico

	Posición por Año			
País	**2014**	**2012**	**2010**	**2007**
Germany	1	4	1	3
Netherlands	2	5	4	2
Belgium	3	7	9	12
United Kingdom	4	10	8	9
Singapore	5	1	2	1
Sweden	6	13	3	4
Norway	7	22	10	16
Luxembourg	8	15	5	23
United States	9	9	15	14
Japan	10	8	7	6

Fuente: Ésta investigación, con base en clasificación del LPI del Banco Mundial. [11]

El índice logístico más bajo se ve representado en países menos desarrollados, como por ejemplo, países sin litoral, pequeños estados insulares y países en conflicto.

Tabla Nº4. Países con el desempeño logístico más bajo

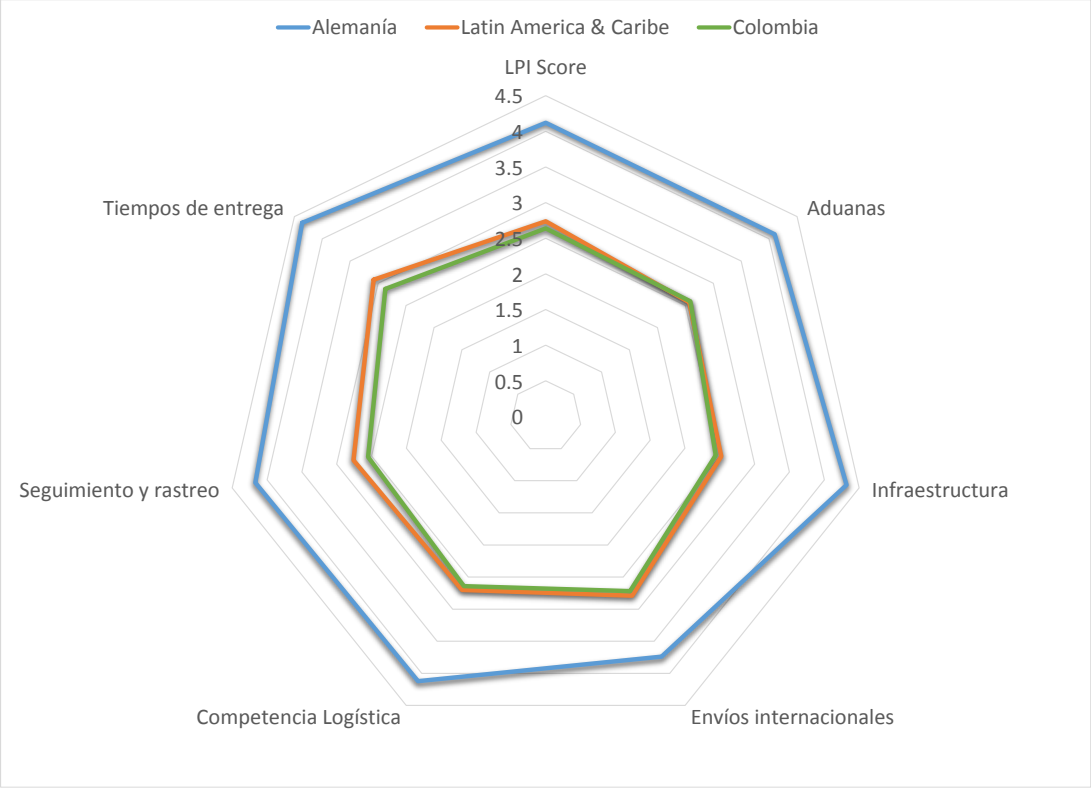
	Posición por Año			
País	**2014**	**2012**	**2010**	**2007**
Yemen, Rep.	151	63	101	112
Cuba	152	144	150	-
Sudan	153	148	146	64
Djibouti	154	154	126	145
Syrian Arab Republic	155	92	80	135
Eritrea	156	147	154	124
Congo, Rep.	157	149	116	-
Afghanistan	158	135	143	150
Congo, Dem. Rep.	159	143	85	-
Somalia	160	-	155	127

Fuente: Ésta investigación, con base en clasificación del LPI del Banco Mundial. [11]

1.1.4 Índice de Desempeño Logístico de Colombia

De acuerdo con los resultados del año 2014 del índice de desempeño logístico del Banco Mundial, Colombia ocupa el puesto 97 de 160 países evaluados,

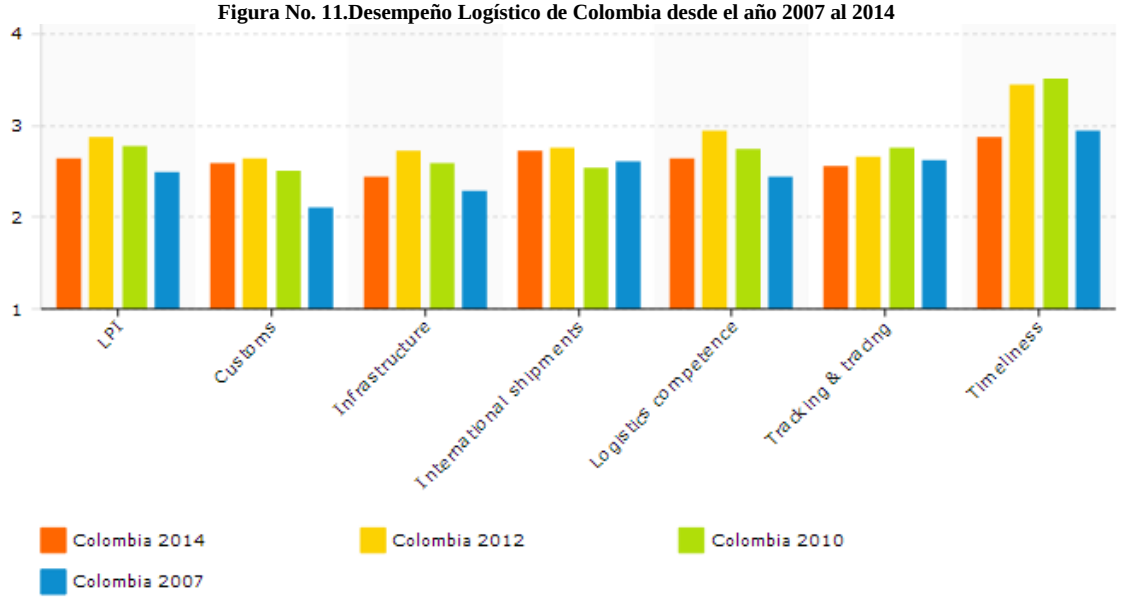
Figura No. 10.Índice de Desempeño Logístico



Fuente: Esta investigación con base en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial (2014) [11]

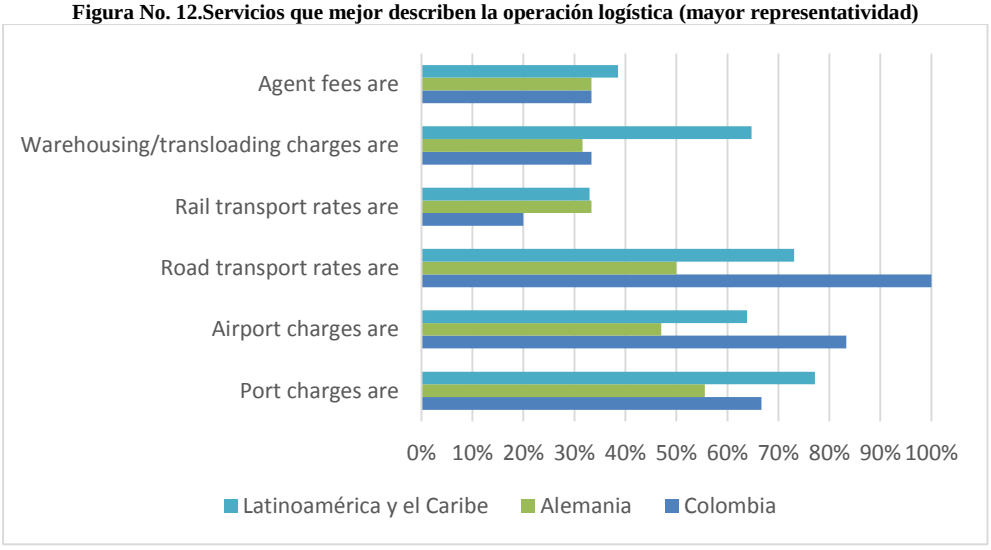
En la medición más reciente, Colombia presenta una disminución frente a años anteriores, donde los factores que presentaron mayor decrecimiento fueron infraestructura, competencia logística y oportunidad en la entrega, así mismo, aspectos como aduanas, seguimiento y rastreo y envíos internacionales se vieron disminuidos moderadamente frente al año anterior.

Figura No. 11.Desempeño Logístico de Colombia desde el año 2007 al 2014



Fuente: Esta investigación con base en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial (2014) [11]

Figura No. 12.Servicios que mejor describen la operación logística (mayor representatividad)



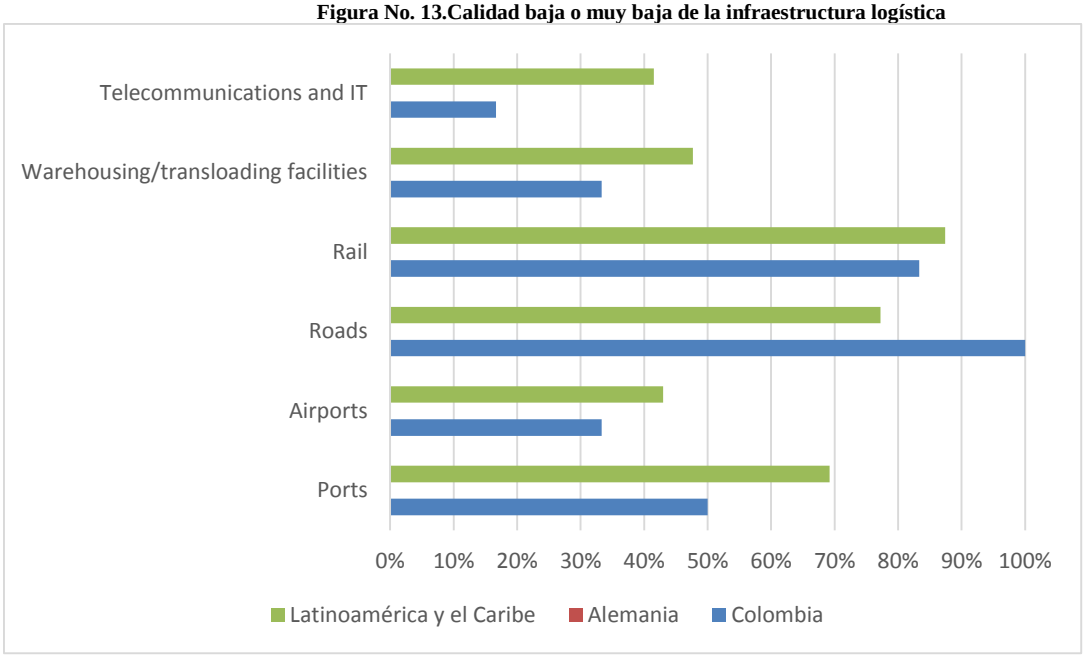
Fuente: Esta investigación con base en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial (2014) [11]

Los servicios que mejor describen la operación logística de Colombia son los correspondientes a transporte terrestre y aéreo, que al ser comparados con Alemania, como el país de mejor desempeño logístico, deja en evidencia la falta de desarrollo transversal en los demás procesos que hacen parte

de las cadenas de abastecimiento, como son operaciones portuarias, almacenamiento, transporte multimodal y agenciamiento aduanero.

En general, la calidad de la infraestructura logística, se refleja como baja o muy baja, principalmente en vías terrestres, férreas, puertos y almacenes.

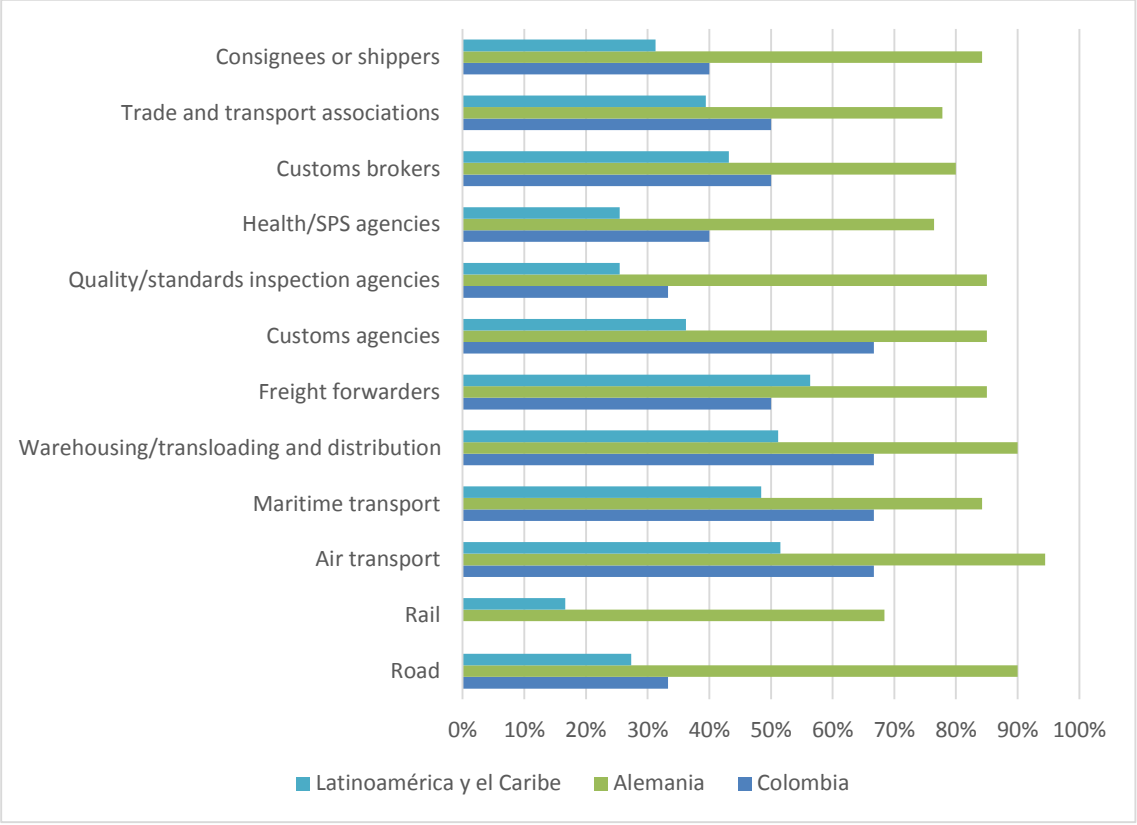
Figura No. 13.Calidad baja o muy baja de la infraestructura logística



Fuente: Esta investigación con base en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial (2014) [11]

En cuanto a la competencia y a la calidad del servicio ofrecido en las operaciones logísticas a través de la infraestructura existente medida como alta o muy alta, se observa en el caso de Colombia que el desempeño es muy bajo en servicios como almacenamiento y transporte y que en la mayoría de casos está por debajo del desempeño medio de América Latina.

Figura No. 14.Competencia y Calidad del Servicio



Fuente: El autor basado en el Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial (2009)

Los resultados anteriores permiten afirmar que a pesar que el almacenamiento de mercancías es una de las operaciones más utilizadas en Colombia, su infraestructura y la calidad del servicio son susceptibles de mejora y que tienen una relación estrecha con el desempeño logístico.

1.2 RELACIONES COLABORATIVAS EN LA RED LOGÍSTICA

1.2.1 Alianzas y Gestión de la Colaboración

El desarrollo de procesos colaborativos en la red logística, se refiere a la generación de alianzas entre los integrantes de la cadena para la consecución de objetivos comunes que permitan alcanzar eficiencias compartidas y es bajo este contexto, en el que el mercado global ha introducido un nuevo concepto, denominado la "coopetencia", que de acuerdo con Mosad [12], es una situación de negocios en la que partes independientes cooperan entre sí y coordinan sus actividades, colaborando para conseguir sus objetivos, pero al mismo tiempo compiten entre sí y con otras firmas. Es así como la colaboración se convierte en una estrategia para incrementar la competitividad de las organizaciones, a través del aprovechamiento de las sinergias potenciales que existen entre los actores que interactúan en las redes de valor, permitiendo la reducción de costos, flexibilidad en los procesos y ampliar la cobertura en los mercados, como resultado de una gestión colaborativa que puede abarcar la gestión con proveedores e incluso con competidores, compartiendo beneficios a lo largo de la red logística y compitiendo en el mercado; esto implica una gran cantidad de esfuerzo por parte de todos los miembros participantes para asegurar el logro de los beneficios potenciales y superar la rivalidad natural existente en el entorno.

Según Mosad [12], entre los requisitos que se deben cumplir para iniciar una relación colaborativa, se encuentran los siguientes:

- Dos o más individuos, grupos u organizaciones desean ser engranados en relación interactiva de intercambio.
- Cada parte posee algo de valor que la otra parte desea.
- Cada parte está dispuesta a entregar su algo de valor para recibir algo de valor que pertenece a la otra parte, en otras palabras, la relación se percibe para que cada parte sea recompensada.
- Cada parte es libre de aceptar o rechazar los términos y condiciones del intercambio que los dejara mejor (o al menos no peor) que antes del intercambio.

- Las partes son libres de comunicarse e interactuar entre sí.
- Las partes reconocen que las normas y valores éticos, interdependencia, compromiso, y adaptación son cruciales para la creación, desarrollo y mejora positiva de una relación a largo plazo que sea sostenible.
- Las partes pueden encontrar un balance positivo entre los pros y contras de la relación.

Las alianzas se han convertido en un tema crítico para la competitividad en el mundo, puesto que requiere esfuerzos importantes de cooperación y coordinación para lograr los objetivos. Las alianzas son vistas ampliamente como acuerdos entre empresas para trabajar juntos y alcanzar un objetivo, estos arreglos o acuerdos se logran por medio de fusiones, subcontrataciones o empresas de capital conjunto.

La colaboración abarca de manera amplia diversos tipos de relaciones, sin embargo, estas se pueden clasificar de manera general en dos tipos, la vertical y la horizontal.

De acuerdo con Burgers [13] las alianzas entre los competidores son conocidas como alianzas horizontales, donde las firmas involucradas operan en etapas adyacentes de la cadena de suministros. Por otra parte, Nariño [14], describe las alianzas verticales como aquellas que unen a empresas en fases sucesivas de la cadena de valor; se trata de acuerdos de colaboración entre proveedores y clientes.

Las compañías cada vez se inclinan más a realizar alianzas con otras, para mejorar su desempeño en la cadena de suministros y su participación en el mercado, al concentrarse en temas que les permitan mejorar y generar diferenciación.

1.2.2 Colaboración y Operadores Logísticos

Las alianzas estratégicas, tienen una relación estrecha con el papel fundamental que desarrollan los operadores logísticos, dada su condición de integrador de productores, distribuidores, clientes y consumidores, con gran ventaja sobre el cubrimiento geográfico y concentración de volúmenes de

operación, a través de la especialización de procesos y características tanto del mercado como de los productos o servicios que maneje.

De acuerdo con Orjuela, Castro y Suspes [15], los operadores logísticos han generado gran interés entre los empresarios, por los beneficios que pueden brindar en reducción de costos, satisfacción del cliente y generación de valor a lo largo de la cadena de abastecimiento.

Según Power, Sharafali y Bhakoo [16] existen 3 factores de los proveedores de servicios logísticos que influyen directamente en el desempeño de los clientes: prioridades competitivas, servicios ofrecidos y uso de tecnologías.

1.2.2.1 Prioridades competitivas

Se identifican diez prioridades principales, costos más bajos, mejor calidad, mayor variedad, más reacción, mayor flexibilidad, mejor seguridad, más innovación, paquetes de soluciones, soluciones personalizadas e integración de soluciones. Los clientes reclaman en un operador logístico, flexibilidad, servicio al cliente y control de costos simultáneamente.

1.2.2.2 Servicios ofrecidos:

La mayor especialización para la administración de la red logística, la transferencia del riesgo y la flexibilidad que ofrece un proveedor de servicios logísticos, son los aspectos más destacados para sus clientes, particularmente en proveer el potencial para una mejor respuesta combinada con la mejor gestión del inventario.

1.2.2.3 Uso de tecnologías:

El conocimiento especializado y el soporte adecuado a través de tecnologías de punta, permiten la agilidad y eficiencia para garantizar niveles de servicios de alta talla, no es posible alcanzar una alta trazabilidad y velocidad de los procesos sin la adopción de herramientas tecnológicas.

Estos factores, deben generar beneficios asociados a la cooperación, sin embargo, la dinámica del mercados, el poder y agilidad en el cambio de las expectativas del consumidor y la velocidad de madurez de los productos, no hacen sencilla la implementación de relaciones de colaboración, ni siquiera en su fase de planeación, por tanto, según Mark [17], es prioritario analizar:

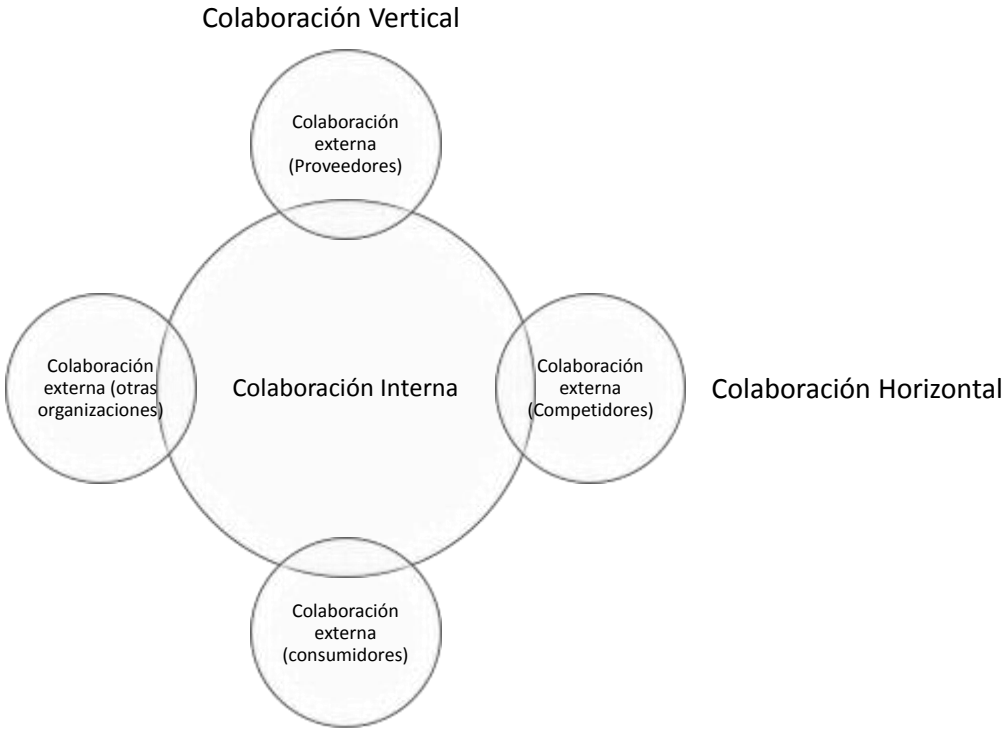
- Cada organización tiene sus propios planes para las actividades de su cadena de suministros, y dentro de cada organización existen muchos más planes que no se relacionan, tales como reabastecimiento, pronósticos, programación de producción, etc. Muchas organizaciones, se enfocan fuertemente en planeación aun así parece que todos estos planes están condenados al fracaso porque se falla en no tomar en cuenta planes internos y actividades que indudablemente impactaran el resultado de un plan en particular.

- Los problemas de comunicación y de diagnóstico al interior de las organizaciones, actúan como barreras funcionales, que si bien son un problema particular de cada compañía, se ve incrementado en la medida que interactúan más organizaciones.

- Es común que las organizaciones aíslen de su planificación, los procesos propios de proveedores o clientes, generando vacíos en el entendimiento para mejorar sus operaciones. Estos procesos externos impactan los procesos internos de una compañía, pero frecuentemente estos no son tomados en cuenta o en el mejor de los casos se hace esporádicamente.

Estos son algunos de los factores que deben ser analizadas para entender los beneficios y los retos que comprende el hecho de colaborar en la red logística. Lo anterior implica, determinar exhaustivamente el alcance y objetivo de la colaboración, definiendo el tipo de colaboración que se requiere para alcanzar las metas organizacionales.

Figura No. 15.El alcance de la colaboración



Fuente: Esta investigación, basado en Mark, Barrat. Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. 2004 [17]

Bajo estos esquemas, se han desarrollado varías técnicas que permiten generar sinergias en las redes logísticas, entre ellas: CRM (*Customer Relationship Management*), VMI (*Vendor management inventory)* y CRP (*Continuous Replenishment Program*), sin embargo, se identifican dos relacionadas directamente con procesos de colaboración: CPFR (*Collaborative Planning Forecast and Replenishment*), CTM (*Collaborative Transportation Management*).

.

1.2.2.4 Planeación colaborativa de pronósticos y reabastecimiento

Según Skojett-Larsen [18], existen tres clasificaciones que se le puede dar a un CPFR de acuerdo al tipo de integración que se realice en cada una: CPFR básico, CPFR desarrollado y CPFR avanzado:

- CPFR básico: solo involucra unos pocos procesos de negocios y una integración limitada entre los participantes. Los actores que han adoptado este enfoque usualmente escogerán algunos procesos clave relevantes precisamente a su forma de colaboración con clientes o proveedores.

- CPFR desarrollado: este modelo se caracteriza por aumentar la integración en muchas áreas de colaboración. Cuando las partes que colaboran empiezan a coordinar datos e intercambio de información haciendo acuerdos acerca que tipo de información intercambiar y como deben responder a este intercambio, la integración se incrementa.

- CPFR avanzado: esta difiere del anterior al llevar la colaboración más allá que un simple intercambio de información. Adicional al intercambio de información, un dialogo sincronizado entre las partes involucradas. Esto expande la colaboración a la sincronización de procesos, pronósticos, reabastecimiento y planeación.

El éxito de la colaboración, se puede enmarcar en dos aspectos fundamentales, escoger el compañero adecuado, teniendo en cuenta que los objetivos y procesos sean compatibles para así facilitar el segundo aspecto que es la integración, las compañías deben tener en cuenta el nivel de integración al que quieren llegar, ya sea un simple intercambio de información o llegar a una sincronización de procesos.

1.2.2.5 Colaboración en la gestión de transporte

Según Esper y Williams [19], a partir de la colaboración en la planeación de pronósticos y reabastecimiento, se desprende una nueva conocida como CTM (*Collaborative Transportation Management*).

Una de las primeras extensiones de la colaboración en marco de la cadena de suministros es el CTM, el objetivo de éste, es desarrollar relaciones colaborativas entre compradores, vendedores, transportistas y 3PL para mejorar el servicio, eficiencias y costos asociados con el transporte y

entrega. Para su implementación, conceptos de CPFR son aplicados a la administración del transporte para ser usados entre los participantes del CTM. Así como en el CPFR, los proveedores y compradores proveen información y colaboran con los transportadores para proveer entregas efectivas y eficientes [19].

Los procesos de negocios más asociados a la colaboración en la cadena de suministros son los involucrados en el CPFR. Sin embargo, la gestión de transporte colaborativo ha sido nominada como el "vinculo perdido" de la ejecución de la cadena de suministros. Sin la habilidad para desarrollar efectivamente pronósticos de embarques, los pronósticos de órdenes hechos en el CPFR pueden ser inexactos. En consecuencia el CTM provee el paso extra después de la creación de la orden vía CPRF. Y mientras CPFR es primariamente una relación proveedor-comprador, el concepto del CTM añade al transportador dentro de la cadena [19].

1.2.3 Impacto en la Gestión Financiera a partir de la Colaboración

La gestión financiera considerada como un uso eficiente del dinero, es primordial para alcanzar los objetivos y metas de una organización. La externalización de las actividades logísticas, en las empresas con una amplia gama de servicios, representan una tendencia de crecimiento importante en todo el mundo, tanto en términos de volumen como en la variedad de los servicios que van a ofrecer, buscando una mayor eficiencia operativa como consecuencia de la especialización de los procesos, reflejado en la optimización de costos.

Corsten y Felde [20], analizan la estrategia de colaboración entre miembros de la cadena de abastecimiento, resaltando las mejoras potenciales que se pueden obtener entre actores al trabajar de manera conjunta, entre ellas, el incremento en ingresos y la reducción de costos, afirmando que la colaboración genera mejores resultados que la confrontación.

Por su parte, Simatupang [21], indica como el intercambio e integración de información, propia de los procesos colaborativos, representa un factor fundamental para incrementar la oportunidad en la toma de decisiones a lo largo de la cadena de abastecimiento, lo cual se refleja en beneficios monetarios para las partes intervinientes

Por su parte Kodoma [22], estudian como la colaboración entre las empresas ha permitido incrementar los recursos en procesos de investigación y desarrollo , lo que ha conllevado a mejorar el desempeño financiero de las organizaciones participantes.

De otro parte, Power y Sharafali [23] analizaron la relación entre la satisfacción y lealtad del cliente y el rendimiento financiero del servicio con la administración la industria proveedores de servicios logísticos, utilizando una encuesta de clientes, los estudios permitieron detectar: primero, existe una asociación significativa entre las prioridades competitivas y la contribución del proveedor de servicios logísticos a la mejora de los costos logísticos, mejorando el resultado financiero de la empresa contratante y las condiciones de servicio al cliente. Dos, una reciprocidad entre la oferta de servicios y el valor agregado del proveedor de servicios logísticos. Y tres; una relación significativa entre el uso de tecnologías por parte de los proveedores de servicios logísticos y la contribución para el rendimiento operativo, técnico y financiero para el cliente. Como conclusión, se obtuvo que existe una asociación significativa entre las prioridades y la contribución del operador logístico para el desempeño eficiente del cliente, identificando diez prioridades competitivas del operador de servicios logísticos con impacto directo sobre los clientes: menor costo, mayor calidad, mayor variedad, más sensible, más flexible, altamente seguro, más innovadora, soluciones empaquetadas, soluciones a medida y soluciones totales.

De acuerdo con lo anterior, a través de la gestión de los operadores logísticos, las compañías buscan un aliado estratégico que les permita incrementar sus habilidades para responder acertadamente a las necesidades del mercado, por tanto, la expectativa de las iniciativas que se emprendan, incluyendo estrategias de colaboración en la red logística, deben responder a incrementar los resultados financieros y de la calidad del servicio.

En ese sentido, el proveedor de servicios logísticos, debe desarrollar estrategias que permitan la optimización de procesos, que conlleven a la adopción de mejores prácticas y que se vean reflejadas en sus resultados financieros y en la rentabilidad del negocio, que posteriormente pueda beneficiar a sus clientes y a la cadena de abastecimiento en general. Uno de los indicadores financieros a nivel

de rentabilidad más utilizados es el margen bruto de utilidad, que de acuerdo con Lawrence J. Gitman [24], representa en términos porcentuales la utilidad bruta, es decir cada unidad monetaria de ventas después de descontar los costos totales, frente a la ingresos operativos percibidos asociados al producto o servicio; se calcula de la siguiente manera:

$$Margen\ bruto = \frac{Venta - Costo}{Venta}$$

Fuente: Lawrence J. Gitman. Principios de Administración Financiero. 2003 [24]

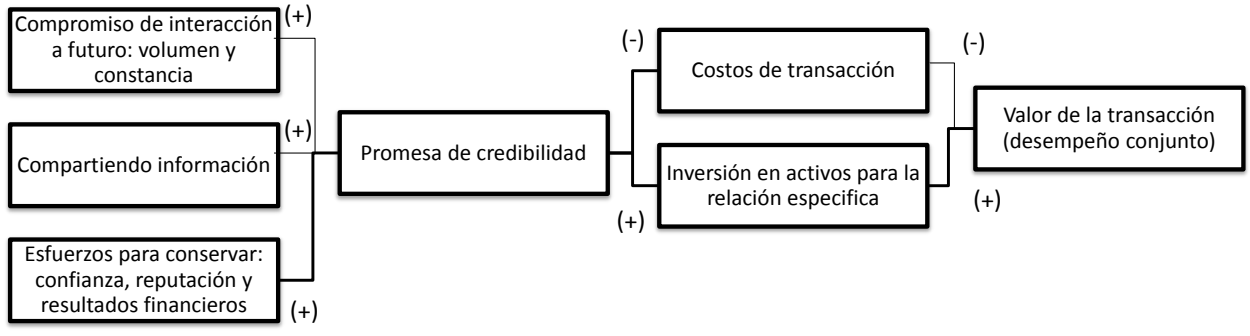
El margen bruto permite determinar por cada peso vendido cuanto genera de utilidad.

1.2.4 Importancia del Intercambio de Información en Procesos Colaborativos

Un aspecto condicional para alcanzar la colaboración en la red logística, es la posibilidad real de compartir, consolidar y analizar la información de las compañías que desean generar procesos de cooperación, bien sea verticales u horizontales.

Según Dyer [25], cuando un proveedor o una empresa, desean compartir información y evita ocultar detalles, representa una muestra de confianza con sus clientes y aliados, partiendo que la base de la colaboración es la confianza. Posterior a esta se puede revisar si los procesos son adecuados y demás requisitos de importancia.

Figura No. 16.Modelo de colaboración entre empresas



Fuente: Dyer, Jeffrey. Effective Interfirm Collaboration: How Firms Minimize Transaction Costs. 2007 [25]

De acuerdo con Mosad [12], para el desarrollo de una relación cooperativa, las relaciones industriales deben ser con frecuencia a largo plazo puesto que esto implica un complejo patrón de interacción dentro de cada organización involucrada en la relación, ofreciendo sostenibilidad dando muchas ventajas y oportunidades.

1.2.5 Colaboración y Gestión de las Tecnologías de Información

Las prácticas logísticas evolucionan en la medida que avanza el desarrollo y uso de tecnologías de la información, las empresas que desarrollen una mayor capacidad para la administración de su información, cuentan con una ventaja competitiva, que les permite tomar decisiones más rápidas y de mayor impacto.

Como indican Bowersox y Calatone [26], los avances en tecnologías de la información han estimulado cambios radicales en las operaciones. Por ejemplo, hace una década era una práctica común que las compañías construyeran inventarios especulativos para acomodar estrategias de mercado. Hoy en día estas prácticas han sido reemplazadas por estrategias de soporte logístico basadas en respuesta. La disponibilidad de exactitud, información a bajo costo a lo largo de la cadena de suministro, combinada con la capacidad de compartir la información requerida, ha guiado a arreglos logísticos estratégicos, entregas perfectas en cantidad, calidad y tiempo, respuesta rápida, reabastecimiento continuo, pronósticos y planeación colaborativa se han convertido en el día a día de la logística global.

Como indican Evangelista y Sweeney [27], en el contexto de la evolución de la red logística, los productores y mayoristas están demandando un grado mayor de integración de los participantes de la cadena de suministro en cuanto a los procesos de negocios a través de tecnologías de la información y comunicación, como resultado, los proveedores de servicios logísticos, están incrementando la importancia de las tecnologías de información y comunicación en la administración de los negocios y se están convirtiendo rápidamente en uno de los mayores conductores de cambio.

Los sistemas de información tienen un alto impacto y más cuando se habla de un operador logístico en un ambiente de colaboración, dada la simultaneada de transacciones, consolidaciones, características particulares, optimización en la ubicación y recogida de pedidos, administración del inventario y sectorización del mismo. Lo anterior implica un nivel de confianza elevado en los sistemas de información que administran los centros de distribución colaborativos, ya que sin una buena herramienta tecnológica no es posible alcanzar una gestión eficiente, ni si quiera aceptable.

Esta revolución tecnológica ha dado lugar a nuevos servicios y canales de distribución, que requieren un desempeño logístico de alto nivel, entre estos se puede destacar, como dicen Evangelista y Sweeney [27], nuevos negocios en línea (*e-business*), dando mayor poder al consumidor y requiriendo mayor agilidad de la red logística. Así mismo, los proceso de inventarios y almacenamiento, han implementado nuevas funciones como la introducción de intermediarios online, que reúnen tanto proveedores como compradores bajo sus páginas de internet, siendo fundamental un control ágil, confiable y exacto de toda la cadena de suministros para integrar todas sus actividades.

1.3 MODELOS APLICADOS A LA CAPACIDAD DE CENTROS DE DISTRIBUCIÓN.

1.3.1 Definición de centros de distribución

Mora [28] define el centro de distribución como un espacio planificado para ubicar, mantener y manipular mercancías y materiales; dentro de las actividades físicas que se desarrollan, se encuentran, recepción, almacenamiento, preparación de pedidos y despacho. Ballou [29] define dos funciones principales que se desarrollan en un centro de distribución, el almacenamiento y manejo (manipulación) de materiales. De acuerdo con el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) [30] el centro de distribución es una locación donde los inventarios son gestionados desde que inician su proceso de distribución luego de ser manufacturados hasta que son llevados a las tiendas o sitios de consumo.

El Banco Interamericano de Desarrollo [31] define el centro logístico como un terreno equipado para desarrollar actividades logísticas, facilitando la ruptura de tracción (es decir, el cambio de modo de transporte) y la ruptura de la unidad de carga (para la consolidación de una nueva unidad de carga o la desconsolidación), pueden aprovecharse para operaciones logísticas tales como el procesamiento de pedidos con y sin inventarios (mediante procesos cross-docking), y otras actividades que añaden valor a la mercancía, como la adaptación y/o finalización de los productos según la demanda de clientes finales. Para definir la importancia de los centros logísticos, se identifican varios aspectos, entre ellos: gestión de las unidades de carga, gestión de transferencias intermodales, procesamiento de pedidos con procesos cross docking y gestión de transporte de entrega, adaptación de los productos a clientes finales, almacenamiento de inventarios de productos nacionalizados y bajo aduana, entre otros.

En cuanto a tipologías de centros logísticos, El Banco Interamericano de Desarrollo [31], identifica:

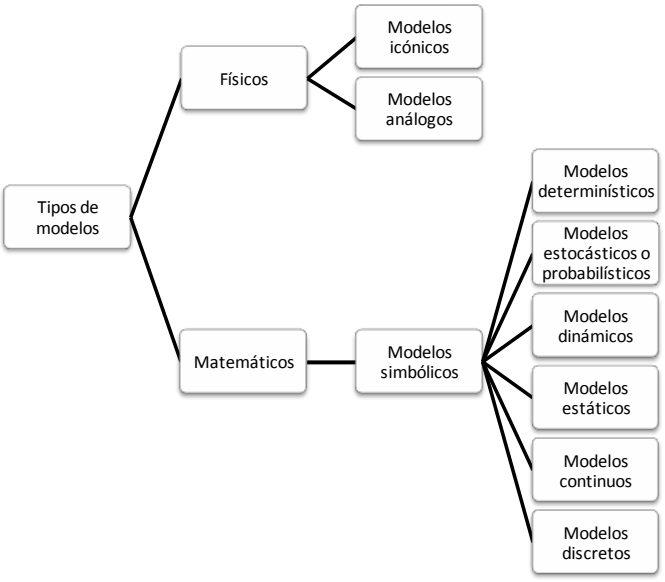
- Centros integrados de mercancía, orientados a la optimización de las operaciones de transporte por camión.
- Centros de carga de pedidos, permite realizar una distribución de productos terminados en una zona urbana con restricción de acceso.
- Parques logísticos, compuesta por naves de almacenamiento, plataformas cross docking y procesamiento de pedidos, que brinda servicios logísticos asociados,
- Plataformas logísticas intermodal, zona que permite desconsolidar unidades de carga, por ejemplo de del transporte férreo, en unidades de carga a otro tipo de transporte.
- Plataforma logística de megadistribución, es un conjunto de infraestructura que concentra centros integrados de mercancía, centros de servicios de transporte, interpuertos, parque logístico y centros logísticos de carga aérea.
- Centro logístico de carga aérea, ubicado en un aeropuerto.
- Zona de actividades logísticas portuarias, ubicado en zona portuaria con infraestructura intermodal.

1.3.2 Definición de modelo y tipos

Banks, Carson y Nelson [32] plantean el modelo como la representación de un sistema con el propósito de estudiarlo y comprender la relación entre componentes y predecir como operará bajo nuevas políticas. Bellomo y Preziosi [33] a su vez definen un modelo matemático como un conjunto de ecuaciones que se pueden emplear para calcular la evolución en espacio y tiempo de un sistema físico. Por su parte Bender [34] establece que los modelos matemáticos son imitaciones de la realidad mediante el uso de lenguajes matemáticos como simplificación de una parte de la realidad y con un propósito particular.

Bender [34] presenta los principales componentes de un modelo: variables exógenas, variables endógenas, supuestos, extracción de conclusiones, robustez, fragilidad y explicaciones. Para la construcción de los modelos o el proceso de modelación debe contemplar las siguientes etapas: formular el problema, esquema del modelo, utilidad y prueba del modelo. Banks, Carson y Nelson [32] plantean los tipos de modelos físicos y matemáticos, incluyendo los modelos continuos, que son objeto de esta investigación:

Figura No. 17.Tipos de modelos

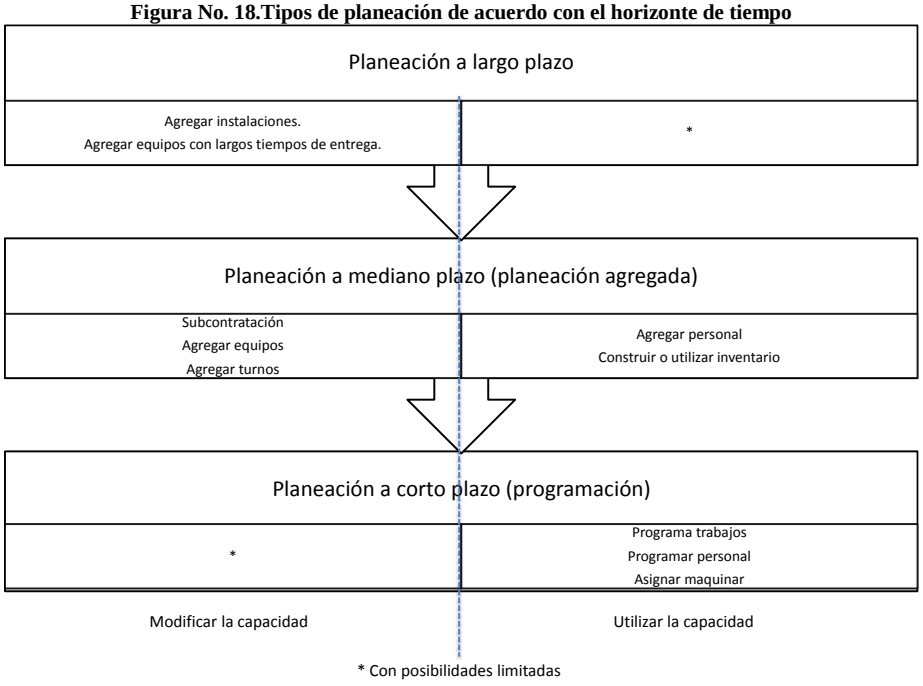


Fuente: Becerra, M y Orjuela, J. [35]. basado en Banks, Carson y Nelson [32]

1.3.3 Planeación de la capacidad

Heizer y Render [36], definen la capacidad como el volumen de producción o número de unidades que pueden alojar, recibir, almacenar o producir una instalación en un periodo de tiempo específico. La planeación de la capacidad, puede definirse en tres horizontes de tiempo, a largo plazo, como función de agregar instalaciones y equipo con tiempos de entrega extensos, a mediano plazo, agregar equipos y personal y en el corto plazo, la programación de trabajos, personal y maquinarias.

Figura No. 18.Tipos de planeación de acuerdo con el horizonte de tiempo



Fuente: El autor con base en Heizer y Render [24]

Para Hopp y Spearman [37] la capacidad representa el máximo rendimiento de un proceso de producción. La liberación de órdenes de trabajo en el sistema por encima o por debajo de la capacidad hace que el sistema se vuelva inestable.. Krajewski y Ritzman [8] definen capacidad como la tasa de producción máxima de una instalación (estación de trabajo u organización entera). Para Sipper y Bulfin [38] la capacidad es cuánto puede fabricar un sistema de producción. Chase, Jacobs y Aquílano [7] definen la capacidad como la cantidad de producción que un sistema puede conseguir durante un periodo. En un establecimiento de servicios puede representar la cantidad de consumidores que puede atender. Collier y Evans [39] establecen que la capacidad se puede

considerar como el índice máximo de producción por unidad de tiempo o como unidades de la disponibilidad de un recurso. Kalenatic [40] desagrega la capacidad en cinco tipos: capacidad teórica, capacidad instalada, capacidad disponible, capacidad necesaria y capacidad utilizada y plantea modelos de programación lineal para obtener un mayor grado de utilización de la capacidad. Heizer y Render [36], definen la capacidad de diseño como la producción teórica máxima de un sistema en un periodo de tiempo bajo condiciones ideales y la capacidad efectiva como la capacidad que espera lograr una compañía, dadas sus mezclas de productos, métodos de programación, de su mantenimiento y estándares de calidad. Así mismo, definen dos medidas de desempeño, la utilización y la eficiencia. La utilización como porcentaje de la capacidad de diseño que realmente se logra y la eficiencia como el porcentaje de la capacidad efectiva que realmente se alcanza.

La planeación de la capacidad es relevante en las organizaciones, por su relación directa con los resultados de ventas y flujo de efectivo, así como implicaciones en la calidad, cumplimiento de acuerdos de servicio, definición de estrategias de crecimiento e inversiones alineadas con la misión y visión de las compañías.

A pesar del objetivo general de la planeación de la capacidad, para obtener la máxima tasa de producción de un sistema, es importante establecer las diferencias en los procesos de planeación de capacidad de servicio y manufactura:

Cuadro 2.Comparativo de la planeación de la capacidad en proceso de servicios y manufactura

Aspecto	Servicio	Manufactura
Tangibilidad	Intangibles: los servicios se viven.	Tangibles: los bienes se consumen.
Tiempo	No pueden ser almacenados para ser utilizados posteriormente.	Se pueden almacenar en bodegas dependiendo de su caducidad.
Capacidad	Debe haber capacidad para cuando se necesite.	El cliente puede obtener bienes almacenados producto de la anticipación a la demanda.
Ubicación	Debe ubicarse cerca al cliente.	Primero se lleva a cabo la producción y posteriormente se distribuyen los bienes al consumidor.

Aspecto	Servicio	Manufactura
Volatilidad de la demanda	Más alta debido a: • No pueden ser almacenados. • Clientes interactúan directamente con el sistema de producción. (diferentes necesidades y nivel de experiencia con el sistema). • Demanda directamente afectada por el comportamiento del consumidor.	Menor debido a: • Se puede emplear el inventario para atender la demanda. • Los clientes tienen mayor grado de interacción con el sistema de producción ya que al inicio se establecen las especificaciones del producto. • Posibilidad de realizar estimaciones sobre el comportamiento de la demanda, facilitando los procesos de planeación.
Patentes	La naturaleza intangible del servicio hace más difícil impedir que estos copien un concepto de negocios, distribución de planta y diseño de un encuentro de servicio.	Protegidos bajo leyes de derechos de autor de acuerdo a las especificaciones o características propias de diseño.

Fuente: Becerra, M [35]. Basado en Chase, Jacobs y Aquílano [7], Collier y Evans [41].

1.3.3.1 Planeación agregada

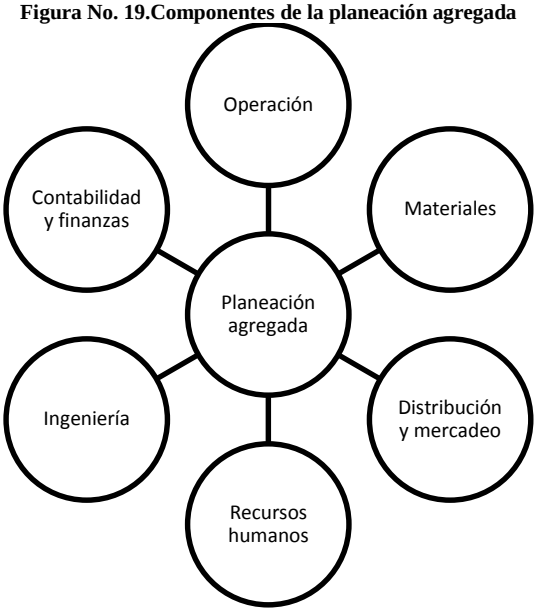
Chopra y Meindl [42], definen la planeación agregada como un proceso para determinar los niveles ideales de capacidad, producción, subcontratación, inventario y desabasto. La meta de la planeación agregada es satisfacer la demanda y maximizar utilidades simultáneamente. La planeación agregada resuelve los problemas que se relacionan con decisiones agregadas y no decisión a nivel de unidades.

Para Chopra y Meindl [42] definen el problema a resolver a través de la planeación agregada, como la determinación de los niveles de producción, inventarios y capacidad (externa e interna) para cada periodo, de manera que se maximicen las utilidades de las compañías durante el horizonte de planeación, a partir del pronóstico de la demanda.

Krajewski y Ritzman [8] establecen que un plan agregado constituye una declaración de las tasas de producción, los niveles de fuerza de trabajo y las políticas de manejo de inventario. Se basa en estimaciones sobre los requisitos de los clientes y limitaciones de capacidad. Los planes agregados son proyectados para varios periodos futuros de tiempo. Dentro de las empresas de manufactura el

plan agregado se establece como el plan de producción, se enfoca en las tasas de producción y el manejo de inventarios. Para una compañía de servicios constituye el plan de personal enfocado en la composición del personal asignado y los factores relacionados con la mano de obra (contratación, despido, tiempo regular y horas extras).

Figura No. 19.Componentes de la planeación agregada

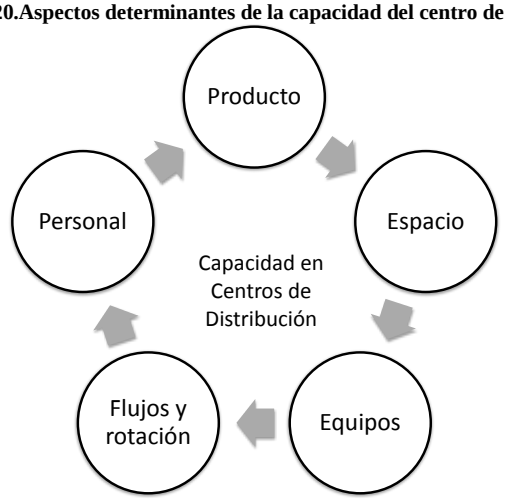


Fuente: Becerra, M [35]. basado en Krajewski y Ritzman [8].

1.3.4 Capacidad en Centros de Distribución

La capacidad en centros de distribución depende de diversos factores, que condicionan tanto su capacidad de almacenamiento como la necesidad de recurso para operarlos, Mecalux [43], define los siguientes aspectos, como los mínimos a considerar para realizar un desarrollo de este tipo de instalaciones:

Figura No. 20.Aspectos determinantes de la capacidad del centro de distribución



Fuente: El autor basado en Mecalux [43]

1.3.4.1 Producto

Dentro de los elementos a considerar:

- Unidad de carga a emplear
- Dimensiones y pesos de la unidad de carga
- Cantidad de producto que se pretende almacenar
- Cantidad de referencias y tipos de productos a ubicar
- Resistencia del producto a la compresión y deformación
- Requerimiento de temperatura controlada
- Condiciones de seguridad a cumplir
- Rotación del producto
- Trazabilidad requerida sobre la mercancía
- Crecimiento proyectado

A partir de esta información se determina:

- Sistema de almacenamiento a implementar y dimensiones de las posiciones de almacenamiento

- Tamaño de la instalación sistema de ubicación y la distribución.
- Equipos utilizados para la manipulación y resistencia de los mismos
- Zonas de trabajo necesarias
- Flujos de operación
- Estabilidad de la carga
- Sistemas contraincendios requeridos

1.3.4.2 Espacio

Se deben considerar la infraestructura existente o potencial de desarrollo, bajo las siguientes premisas:

- Normativa e construcción de la zona
- Resistencia del suelo
- Altura máximo a alcanzar
- Tipo de estructura
- Columnas (cantidad y distancia)
- Cálculos sísmicos
- Espacios anexos necesarios
- Características y limitaciones de la zona (accesos, suelos, conductos de energía, ventanas, etc).

Estos datos permiten determinar:

- Capacidad que podrá tener la instalación y distribución adecuada de mercancías
- Accesibilidad al almacén
- Definición de estanterías con una resistencia adecuada
- Equipamiento de movilización de mercancías adecuado para el tipo de instalación
- Capacidad volumétrica de la instalación.

1.3.4.3 Equipos

La asignación adecuada de los medios de manipulación y movilización, depende de:

- Sistemas de estanterías implementado
- Capacidad de carga del piso
- Característica del producto a manipular
- Altura del centro de distribución
- Tipo de pasillo
- Medios de manejo o unidad de carga

A partir de esta información se determina:

- Equipo a emplear (peso, alcance vertical y horizontal)
- Cantidad necesaria de equipos
- Flujos y rotación

Es necesario analizar:

- ¿Cómo entrará el producto, con qué frecuencia y en qué cantidad?
- Forma de manipulación de la mercancía
- Cantidad de pedidos y líneas por cada uno
- Forma en la que se expide el producto
- Clasificación de la mercancía (por rotación, valor, criticidad, etc).

Estos datos permiten determinar:

- Tamaño y distribución del centro de distribución
- Necesidad de reservas de espacios

- Forma de preparación de pedidos
- Sistema de gestión a emplear
- Velocidad de operación requerida.

1.3.4.4 Personal

El recurso humano es determinante a la hora de definir la capacidad del almacén, por tanto se considera:

- Cualificación necesaria del personal
- Turnos de trabajo necesarios
- Volúmenes a atender

Estos datos permiten determinar:

- Capacidad de funcionamiento de la instalación
- Mejoras posibles en las medidas de desempeño
- Especialidad requerida de acuerdo con los medios de manejo

1.3.5 Modelos de planeación de instalaciones

Tompkins, White, Bozer y Tanchoco [44] presentan algunos modelos para resolver problemas de ubicación y disposición interna de las plantas logística, incluyendo varios modelos descriptivos y prescriptivos para diseñar centros de distribución o sistemas de almacenamiento:

Cuadro 3.Modelos de planeación de instalaciones

Modelo	Tipo	Descripción
Ubicación de plantas	Problema de ubicación de una planta rectilínea	Utilizado cuando las distancias se miden a lo largo de trayectorias ortogonales o perpendiculares entre sí.
	Modelos de ubicación asignación	Establece donde se ubicarán las plantas nuevas, así como la red de distribución que atenderá (clientes)
	Modelo de ubicación de un almacén	Modelo que incluye *m* número de clientes, *n* número de sitios para las plantas, demanda, costos variables de atender la demanda y costos fijos.
Modelos especiales de disposición de plantas	Problema de asignación cuadrática y lineal	Los problemas de asignación - ubicación implica determinar el número y ubicación de plantas en un espacio discreto. Si no hay interacción entre las plantas nuevas, se considera un problema de asignación lineal. Cuando existe interacción entre las plantas nuevas, se habla de un problema de asignación cuadrática.
	Modelos de disposición para un almacén	Determina la ubicación de los productos para almacenamiento en el centro de distribución.
Modelos de disposición para máquinas	Formulación de Heragu para disposición de maquinas	A través de la formulación lineal realizada por Heragu, se minimiza el costo total del manejo de materiales, de acuerdo con los recorridos necesarios para el desarrollo de los flujos logísticos.
Modelos para almacenamiento convencional	Apilamiento en bloques	Se emplea cuando hay grandes volúmenes con pocas referencias, adicionalmente el producto cumple con características que permite el almacenamiento tipo apilamiento. El modelo incluye la profundidad de la fila de almacenamiento (*x*), el número de filas requerido por lote (*y*), y la altura de la pila (*z*).
	Almacenamiento en racks de doble profundidad	Con el almacenamiento de doble profundidad, es posible disponer cargas (una tras otra) con acceso de un solo pasillo. El modelo considera la minimización del uso del espacio, contemplado las áreas de pasillo, racks, niveles de almacenamiento.
	Almacenamiento en racks de profundidad sencilla	Las cargas se ubican de tal forma que tienen acceso directo y ubicadas sobre pasillo. El modelo considera la minimización del uso del espacio, contemplado las áreas de pasillo, racks, niveles de almacenamiento.

Modelo	Tipo	Descripción
Sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación	Estimación de tamaño y costo	El costo de las estanterías, incluyendo la instalación y el riel de apoyo de la máquina de almacenamiento y recuperación, es una función n del número de cargas unitarias y la altura de las estanterías.
	Tiempos de ciclo de una máquina de almacenamiento y recogida	Permite determinar el tiempo que se requiere para efectuar una operación de almacenamiento o una recuperación.
Sistema de recolección de pedidos (orden picking)	Recolección de pedidos en el pasillo	Permite establecer la secuencia óptima de los puntos de recolección, a través de la heurística de banda.
	Modelo tipo caminar y recolectar (walk and pick)	Busca la minimización del tiempo dedicado a caminar y recolectar, estableciendo secuencia de recolección y definiendo la cantidad de pedidos a recoger por cada viaje.
Modelo de manejo de materiales de trayectoria fija	Líneas de remolque o de carretillas	Se analiza a través de un modelo determinístico y cuyo enfoque es la banda transportadora de circuito cerrado, irreversibles o bandas recirculantes con vehículos espaciados de manera discreta.
	Cálculo de potencias	Requerimientos de potencia para bandas transportadoras de correas y de rodillos que se usan para transportar cargas unitarias o correas para transportar materiales a granel.
	Modelo con diseño de trayectoria de flujo	Encontrar la dirección de flujo para cada arco de la red. La dirección de flujo puede ser unidireccional o bidireccional.
Modelo de líneas de espera	Colas de Poisson	Las líneas de espera más sencillas de analizar matemáticamente son las que se relacionan con las llegadas y los servicios que tienen distribuciones de Poisson.
	Colas no poissonianas	Cuando las llegadas no siguen una distribución Poisson, se suele utilizar simulación, sin embargo, para algunas colas no poissonianas se conocen las características de operación, como son tiempo de servicio, tiempo entre llegada consecutiva y constante y distribución general de tiempo de servicio sin proporcionar espacio entre esperas.

Fuente: El autor basado en Tompkins, White, Bozer y Tanchoco [44]

1.3.6 Modelo de asignación

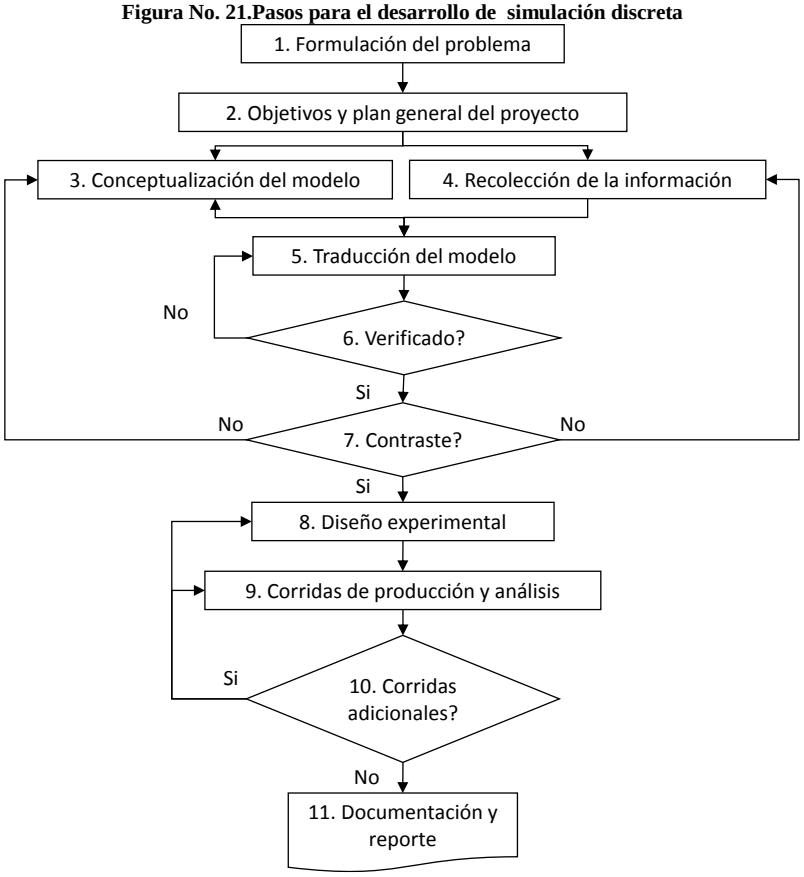
Según Heizer y Render [36] el método de asignación involucrar asignar tareas o trabajos a los recursos. El objetivo más frecuente es minimizar el costo total o el tiempo requerido para realizar las tareas. Taha [45] resume el problema de asignación como “la mejor persona para el puesto”,

contemplándolo como la asignación de trabajadores de diversos niveles capacitación a los puestos con un costo mínimo. Hillier y Liberman [46] plantean un modelo de asignación, como un caso especial de los problemas de transporte en donde los *orígenes* se convierten en los *asignados* y los *destinos* son las *asignaciones* o *tareas*. El objetivo del modelo es la minimización de los costos totales de las asignaciones a las diferentes tareas. Para Burkard [47] los problemas de asignación tratan de resolver la pregunta de cómo asignar *n* ítems (trabajos, estudiantes) a otros *n* ítems (maquinas, tareas).

1.3.7 Simulación

Para Banks, Carson y Nelson [32] la simulación discreta es una imitación de la operación del mundo real realizada, fundamenta en la observación del comportamiento histórico del sistema con el fin de generar inferencia acerca del comportamiento real de sus variables. Permite resolver la pregunta "qué pasa si", evaluando cambios o escenarios simulados para predecir el impacto de estos sobre el desempeño del sistema, convirtiéndose en una técnica empleada en el diseño y planeación de sistemas. Los pasos para desarrollar un estudio de simulación discreta se muestran a continuación:

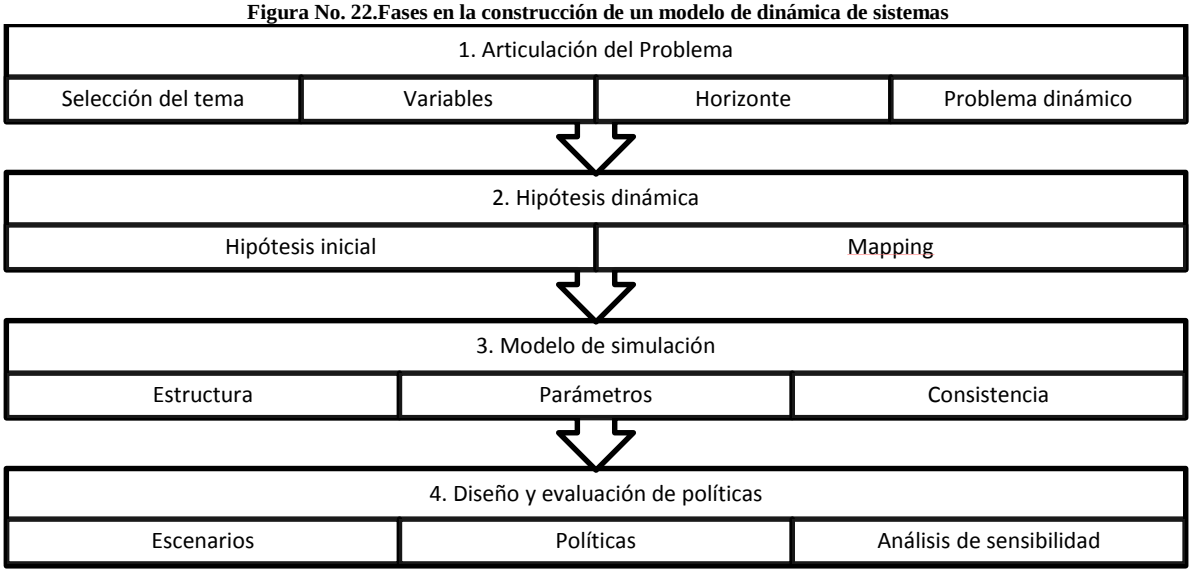
Figura No. 21.Pasos para el desarrollo de simulación discreta



Fuente: Becerra, M y Orjuela, J. [35]. basado en Banks, Carson y Nelson [32].

Aracil [48] define la dinámica de sistemas (simulación continua) como una metodología para la construcción de modelos de simulación para sistemas complejos, basada en la realimentación del sistema dinámico, la teoría de modelos en el espacio de estados y procedimientos de análisis numérico. Mediante la dinámica de sistemas se busca analizar cómo las relaciones (influencias y realimentación) en el seno de un sistema permiten explicar la afectación entre sus variables y su comportamiento en el tiempo. Las etapas propuestas en el proceso de modelado se ilustran en la figura siguiente:

Figura No. 22.Fases en la construcción de un modelo de dinámica de sistemas



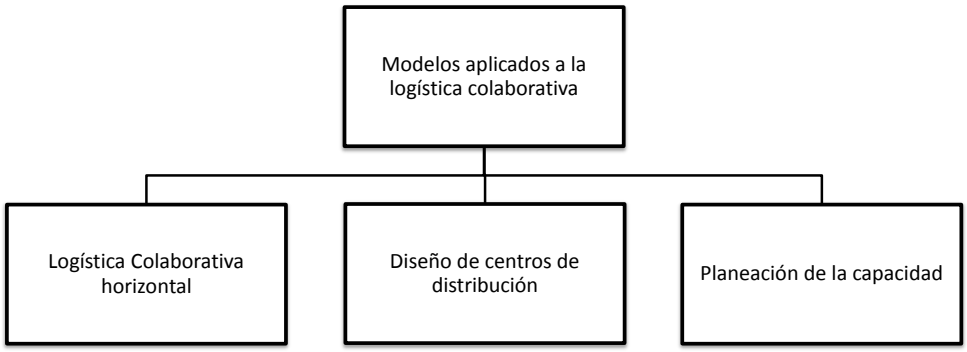
Fuente: Becerra, M [35]. basado en Sterman [49].

Para Schaffernicht [50] los principales elementos de un modelo basado en dinámica de sistemas son el modelo cualitativo (diagrama de bucle causal) y el modelo cuantitativo (diagrama de Forrester o de "stock and flow"). Mediante el diagrama de bucle causal se describe el problema en variables, identificando relaciones causales entre ellas (polaridad) y bucles de retroalimentación. El modelo cuantitativo representa la estructura del sistema estudiado. Contiene variables manejadas en determinadas unidades de medida y divididas en tres tipos: acumuladores, flujos y auxiliares. Entre dichas variables existen vínculos de causalidad (con dirección y polaridad). El tiempo es organizado en momentos y periodos. Los acumuladores hacen referencia a momentos y los flujos hacen referencia a periodos.

1.4 PUBLICACIONES EN BASES DE DATOS CIENTÍFICAS

Para analizar la evolución de la investigación relacionada con la logística colaborativa en centros de distribución, se consultaron las bases de datos científicas ScienceDirect, Scopus y SpringerLink; desde el año 1992 a 2015 y el Journal System Dynamics Review. Los criterios de búsqueda, se resumen en el gráfico siguiente:

Figura No. 23.Criterios de búsqueda de artículos en base de datos

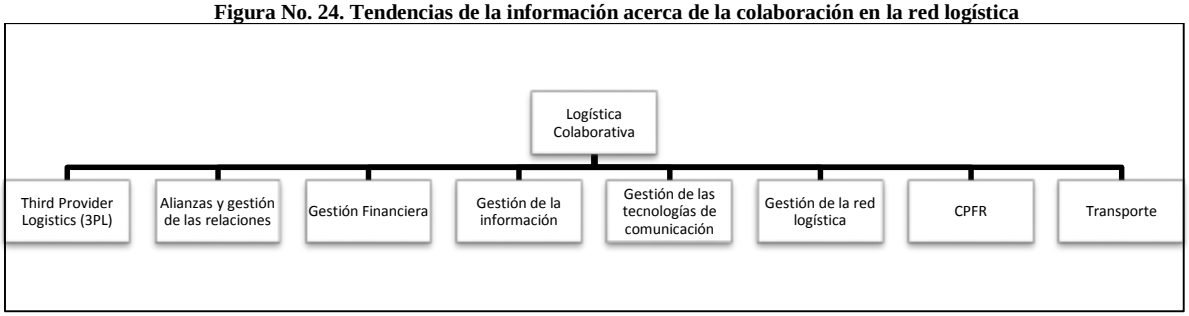


Fuente: Ésta investigación.

1.4.1 Logística Colaborativa

A partir de la revisión y del enfoque principal basado en los procesos de colaboración en almacenes, se encontraron tendencias de aplicación asociados a las redes logísticas, según se describe a continuación:

Figura No. 24. Tendencias de la información acerca de la colaboración en la red logística



Fuente: Esta investigación

De acuerdo con lo identificado, se clasificaron los artículos consultados por el nivel de importancia o de relación directa con la colaboración en las actividades logísticas en centros de distribución, generando 3 categorías, como se muestra en la tabla siguiente:

Cuadro 4.Categorización de la información

Nivel	Descripción
A1	Tiene que ver con el tema de forma directa, expresa claramente metodologías, casos o teorías relacionadas con el objeto de estudio
A2	Se acerca al tema, si bien no expresa con claridad el tema investigado, contiene partes que pueden ayudar a su mejor entendimiento
A3	No se relaciona con el tema directamente, a pesar de esto puede contener elementos básicos que nos lleven a la evolución que ha tenido el concepto

Fuente: Esta investigación

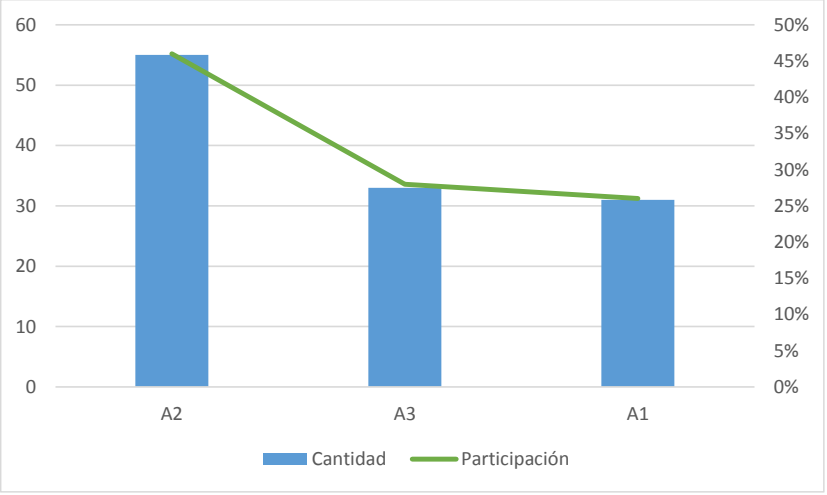
Según la clasificación anterior, se encuentra el grado de relacionamiento directo con el tema de interés:

Cuadro 5.Distribución de clasificación según importancia a la colaboración en almacenamiento

Nivel	Cantidad	Participación	Acumulado
A2	55	46%	46%
A3	33	28%	74%
A1	31	26%	100%
Total	**119**		

Fuente: Esta investigación

Figura No. 25.Clasificación de artículos según el grado de relación con la colaboración en almacenamiento

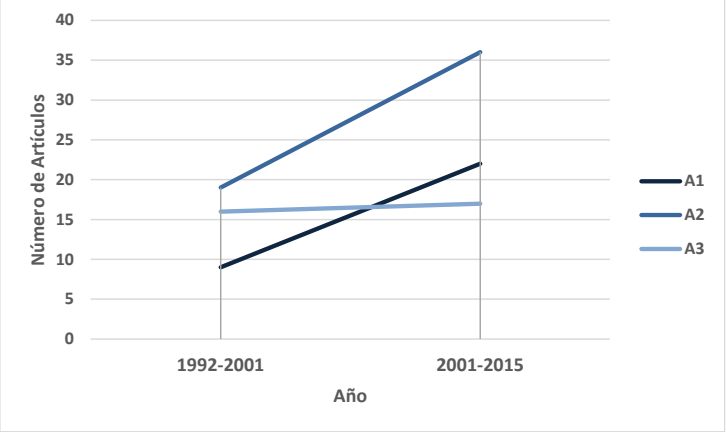


Fuente: El autor basado en la revisión bibliográfica

La evolución del número de publicaciones, con los criterios de clasificación, muestra un interés creciente en la última década sobre los procesos colaborativos, sin embargo, dicho crecimiento

muestra un mejor desempeño en estudios con énfasis en alianzas y gestión de las relaciones, que en procesos colaborativos dirigidos a la gestión en almacenes.

Figura No. 26.Evolución del número de publicaciones asociadas a logística colaborativa



Fuente: Ésta investigación.

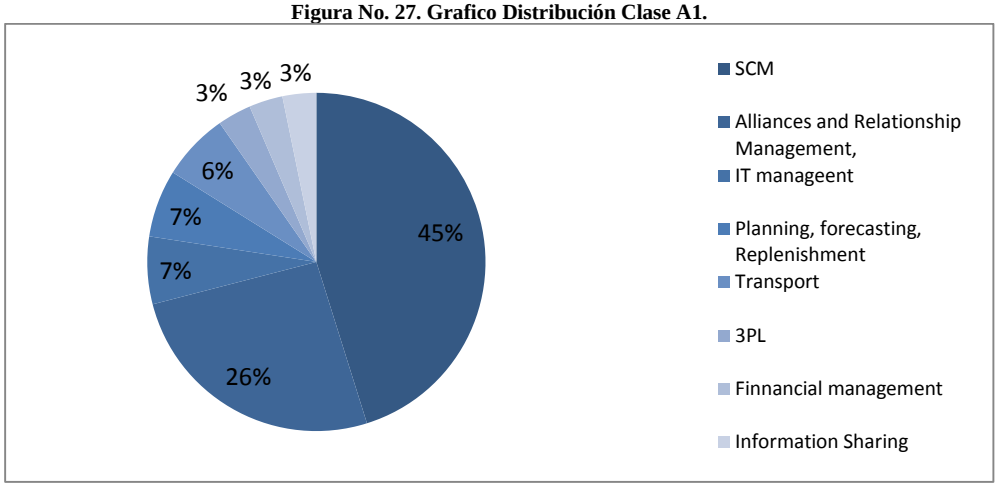
Así mismo, el 74% de los artículos corresponden a los niveles A2 y A3, es decir, tienen cierto de grado de relación con procesos colaborativos, pero no propiamente basados en la colaboración en las actividades logísticas con especial énfasis en almacenamiento.

Tabla Nº5. Distribución Clase A1

Sub-División	Cantidad	Porcentaje
SCM (Supply Chain Management)	14	45%
Alianzas y gestión de las relaciones	8	26%
Gestión de las tecnologías de la comunicación	2	6%
CPFR	2	6%
Transporte	2	6%
3PL	1	3%
Gestión Financiera	1	3%
Gestión de la Información	1	3%

Fuente: Esta investigación

Figura No. 27. Grafico Distribución Clase A1.



Fuente: Esta investigación

Relacionado con procesos colaborativos en la administración de la cadena de suministro, se identifican dos prácticas comunes, la primera asociada a la logística colaborativa vertical, desde el aprovisionamiento de materiales hasta la puesta en el consumidor y la segunda relacionada con la colaboración en la planeación de la demanda a lo largo de la red.

Simatupang [21] indica que la colaboración a lo largo de la cadena de abastecimiento, permite a las organizaciones lograr un mejor rendimiento, lo que requiere acuerdos estrechos sobre las prácticas de colaboración entre los miembros. Dichos acuerdos se desarrollan entre minoristas y proveedores, basados en la incorporación de intercambio de información, sincronización de decisiones y alineación de incentivos.

Stefasson [51], define los actores en una red colaborativa, incluyendo a los proveedores de servicios logísticos como eje central entre proveedores, productos y consumidores, donde se deben considerar varios atributos como los niveles de servicio, alcance de la relación, precios, flujo de la información y tecnologías de la comunicación.

Por su parte, Mentzer y Kennet [52], definen los procesos CPFR (Collaborative Planning Forescasting and Replanishment) como un pilar fundamental para que los socios de negocio

lleguen a un acuerdo mutuo sobre los objetivos de la alianza, el desarrollo de ventas conjuntas, planes operativos y colectivamente generar y actualizar proyecciones y planes de reposición, para alcanzar niveles de inventarios más bajos, mayores tasas de utilización de la capacidad de producción y almacenamiento e incremento en las medidas financieras. Para alcanzar el vínculo de colaboración adecuado, requiere el desarrollo de dos dimensiones, la primera hace hincapié en las tecnologías de la información para alcanzar la eficiencia en la comunicación y la segunda, en relaciones basadas en la confianza para alcanzar discusiones significativas, planificación conjunta y la gestión de consenso.

1.4.1.1 Logística colaborativa horizontal

La logística colaborativa de tipo horizontal se caracteriza por la integración de empresas de sectores similares, las cuales tienen como principal objetivo alcanzar economías de escala, optimización en sus costos logísticos, alcanzar mayores sinergias que se ven reflejados en beneficios compartidos para los miembros de la red y una mayor dedicación al desarrollo de estrategias para competir en el mercado.

La revisión literaria, permite determinar que a pesar de no haber un amplio desarrollo en temas de logística colaborativa horizontal, las investigaciones desarrolladas se agrupan de la siguiente forma:

- Beneficios de la integración horizontal
- Optimización de la capacidad de carga en el transporte y aporte a la sostenibilidad ambiental.
- Barreras para la implementación de estrategias de integración horizontal.

Senkel, Durand y Hoa [53], presentan casos de cooperación a través de la logística horizontal, entre empresas con productos de características similares, con logros significativos en sus resultados:

Cuadro 6.Casos de colaboración horizontal

Empresas	Descripción de la colaboración a través de la logística horizontal
Henkel Colgate GSK Sara Lee	La apuesta en común de cuatro industrias que trabajan en la manufactura de cosméticos dirigidas a las tiendas de retail. Los flujos de materiales son gestionados por un único proveedor de logística: FM Logistic. Factores de éxito: La puesta en común debe ser una decisión de negocios y un proyecto de negocio en productos compatibles, con los mismos puntos de entrega, un VMI común, reglas de negocio claro, la confianza entre los socios es necesario, un altavoz "neutral" trae una ventaja. El resultado: las entregas más frecuentes (un aumento en el nivel de servicio de 5 a 10 puntos), con un menor número de camiones en la carretera (impacto ambiental), la caída del nivel de inventario en el almacén del distribuidor
Heinz Nutrimaine Pastacoop	La iniciativa surgió por parte FM Logistic proveedor de logística, el objetivo es incrementar la frecuencia de entrega a los clientes (al por menor), mientras que se mejora la utilización de los vehículos. Heinz, Nutrimaine y Pastacoop se integran en una gestión común para entregar a 21 plataformas de Carrefour y 2 almacenes de Match. Resultados: La frecuencia de los envíos aumentó en un 34%, el número medio de paletas por reparto aumentó de 13 a 28, los niveles de inventarios se han reducido en 3 días, el número de kilómetros recorridos disminuyó un 56%.
Bridgestones Continental	Estos fabricantes están detrás del proyecto de colaboración. Llevan a cabo el análisis, estimación de las sinergias, el diseño del nuevo centro de distribución común para entregas a clientes en la región de París y el oeste de Francia, así como en la selección de un proveedor de logística que actuará como torre de control para garantizar la coordinación y entrega bajo las condiciones esperadas.
Bridgestones Continental Goodyear	Por iniciativa del operador logístico Norbert Dentressangle, la colaboración entre las tres empresas del neumático requiere para el almacenamiento y entrega al cliente en Gran Bretaña una confianza absoluta, la comunicación, la voluntad de encontrar soluciones innovadoras, clientes, productos y servicios comunes. Norbert Dentressangle como proveedor logístico se beneficia en la longevidad de la asociación y del desarrollo de su capacidad de innovación. Para la industria: la reducción significativa de los costes de distribución y mejorar los niveles de servicio al cliente. Para los clientes: reducir la congestión de estacionamiento a través de los embarques consolidados.
Colgate Palmolive Johnson & Johnson	La colaboración entre Colgate Palmolive y Johnson & Johnson, parte de la intención de realizar sinergias en su red logística a través del operador de distribución Coop. Se analizaron dos posibles soluciones: un almacén compartido o una solución multi recogida. En este caso, la segunda solución fue la elegida. Los dos industriales están ubicados a 15 km de distancia y Coop planea las recogidas y entregas teniendo en cuenta las frecuencias y las fechas de entrega. Esta integración mide su desempeño a través de una serie de indicadores económicos y ambientales; entre sus resultados se encuentran la reducción hasta en un 50% en el número de vehículos utilizados, una estimación en la reducción de los costos de transporte entre el 10 y el 30%, disminución en más de 46.000 kilometros recorridos, ahorro en cerca de 20.000 litros de combustible y reducción de 53 toneladas de CO_2. Este caso muestra la importancia de un proveedor de logística "pro-activo" y la necesidad de masa crítica en términos de volumen.
United Biscuits Mars Saupiquet	Desde septiembre de 2011, los productos se almacenan en un solo centro de distribución y desde marzo de 2012, las tres industrias entregan en el mismo vehículo en el retail Carrefour. Físicamente, los productos son almacenados y preparados por el operador logístico Norbert Dentressangle de casi 65.000 m² en Boigny-sur-Bionne en el Loiret. El proveedor de servicios logísticos dispuso de una herramienta común para la gestión de pedidos, incluyendo la coordinación del transporte con la designación de órdenes para la entrega final, utilizando herramientas interactivas (hacer citas y control de envíos de gestión de flete interno realizadas plazos de entrega de entrega definitiva, la creación y gestión de novedades, gestión de devoluciones, etc.), para garantizar la trazabilidad de las operaciones, y difundir alertas en tiempo real y KPI
Baxter UCB	La colaboración entre las dos empresas del sector de productos de salud compatibles (transporte y almacenamiento a temperatura controlada), abastecen los mercados de Europa del Este, seleccionaron al distribuidor H. Essers. Esta colaboración ayuda a reducir los costos de transporte, aumentar la tasa de rotación de inventarios, desarrollar nuevas redes y desplegar nuevos medios de transporte. La integración requirió desarrollar mancomunadamente estrategias de negocio, alineación de las culturas corporativas, definición clara de los términos del contrato y condiciones (participación en las ganancias, cómo salir de la colaboración, etc.)
Nestlé Waters Yoplait	En el mercado de agua mineral, un líder, Danone, con una cuota de mercado del 30% y dos "rivales", cada uno con una cuota de mercado del 10%. Los márgenes en este mercado son relativamente bajos. La colaboración entre Nestlé y Yoplait se centra en el mercado del sudoeste de Francia. La estrategia surge a través del proveedor de servicios logísticos K & N, el cual ofrece a sus clientes Nestlé Waters y Yoplait participar en el desarrollo de un nuevo centro de distribución en Toulouse. La solución es beneficiosa para los tres socios: K & N obtiene permanencia de sus clientes y Nestlé y Yoplait se benefician de la reducción de costes en el almacenamiento y transporte. La reducción del costo de distribución es de 13%, principalmente de transporte y el nivel de servicio incrementó a más de 99,5%.

	Algunas de las dificultades presentadas, la renegociación de frecuencias de entrega con algunos clientes, conjugar los picos de actividad y en algunos casos restricciones por parte de Nestlé y Yoplait en compartir ciertos procedimientos. La larga experiencia de ambas empresas con su proveedor de servicios logísticos, facilitó la puesta en común (la confianza en la capacidad de ofrecer el servicio necesario al cliente). El tamaño similar de las dos empresas ha hecho más fácil compartir la distribución de los ahorros y beneficios.
Kimberly- Clark Kellog's	Para Kimberly-Clark y Kellogs, la colaboración es importante por la necesidad de optimizar sus costos. En esta colaboración, participan las dos industriales y el proveedor de logística TDG, generando: la reducción de 270.000 millas por año, el ahorro de 30.000 litros de combustible por año y 380 toneladas de CO^2 al año.
Agrupación de Interés Económico de Transportadores	Los transportadores de Cornoaullis (Gran Bretaña) decidieron unirse, conformando una Agrupación de Interés Económico (AIE), con el fin de enfrentar los cambios de su entorno e incrementar la competitividad en sus mercados. Una característica común de estas empresas: sus lugares de entrega coinciden entre un 50% a 98%. 5 miembros de la AIE iniciaron en Octubre de 2011 la entrega de productos secos y a principios de 2012 ampliaron el modelo a productos frescos. Los principales factores de éxito identificados por la agrupación: una visión común en los intereses del país, el apoyo de las comunidades locales, trabajando con clientes y transportistas, la definición de reglas claras y compartidas por todos los miembros de la AIE.

Fuente: El autor basado en Senkel M., Durand B y Hoa Thi, La mutualisation logistique : entre théories et pratiques. 2013 [53]

Al analizar los casos presentado por Senkel, Durand y Hoa [53], es posible determinar elementos comunes en estas situaciones de colaboración:

Cuadro 7.Análisis de casos de logística horizontal

Factores de análisis	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	Caso 10
Número de aliados	4	3	2	3	2	2	2	2	2	5
Participación de un proveedor de servicios logísticos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Iniciativa de la colaboración	I	PSL	I	PSL	I	I	I	PSL	I	PSL
Forma de colaboración	C	C	C	C	C	C	C	C	C	AIE
Alcance geográfico de la colaboración	N	N	R	N	N	N	N	R		R
Almacén/Transporte	T	T	A/T	A/T	T	A/T	A/T	A/T	T	T
Duración (años)	6	7	3	5	2	1	1	6	5	1

Fuente: El autor basado en Senkel M., Durand B y Hoa Thi, La mutualisation logistique : entre théories et pratiques. 2013 [53]

PSL: Proveedor de servicios logísticos, I: Industrial, C: Colaboración, AIE: Agrupación de interés económico, A: Almacén, T: Transporte, N: Nacional, R: Regional.

- Predomina la colaboración en empresas de productos de consumo, con características homogéneas y similitud en puntos de entrega.
- Los estudios académicos señalan la dificultad de encontrar el socio adecuado, sin embargo, en la mayoría de casos, hay uno común que facilita el proceso de colaboración horizontal, siendo el proveedor de servicios logísticos, quien propicia el ambiente de integración.

- La forma de colaboración debe ser definida claramente, a través de acuerdos de servicio.
- Predomina un alcance nacional en los procesos de colaboración.
- La duración de la colaboración es, en promedio, más de 3 años, siendo fundamental la continua comunicación entre los industriales y el proveedor de servicios logísticos.
- La confianza entre las partes, es uno de los factores que condiciona el éxito del proyecto, por tanto, el papel predominante que desempeñan los líderes empresariales en la movilización de la iniciativa.
- Las compañías que hacen parte de los procesos de colaboración horizontal, cuentan con características similares, entre ellos, zonas y condiciones de almacenamiento, productos comunes o al menos compatibles y condiciones de entrega.

1.4.2 Diseño de Centros de Distribución

Las investigaciones son abordadas a través de la revisión del estado del arte y de casos de aplicación de industrias particulares, que en su mayoría no utilizan los servicios de operadores logísticos, lo que permite desarrollar soluciones a partir de la premisa que el almacén tienen un número determinado de productos los cuales son conocidos y permanentes.

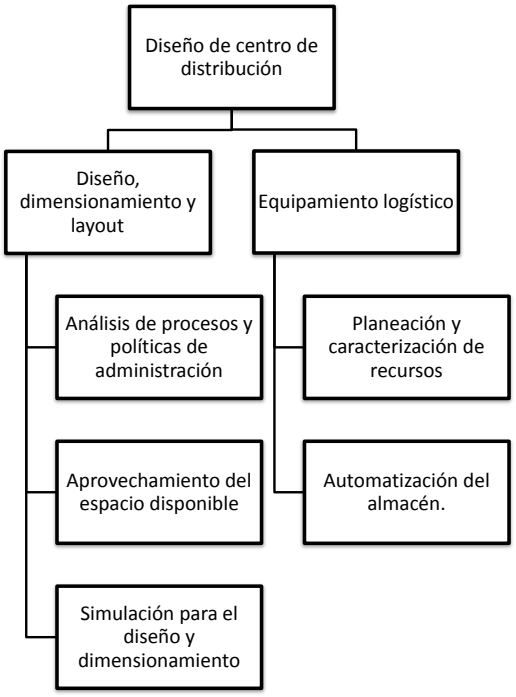
En cuanto a la fecha de producción de los artículos, se evidencia que más del 80% están concentrados entre el año 2005 y 2011, lo que se puede deducir como un interés creciente por mejorar el desempeño de la cadena de abastecimiento, con un enfoque importante sobre los centros de distribución.

El diseño de los centros de distribución abarca 5 fases, según señalan Jinxiang, Goetschalckx y McGinnis [54], que comprenden, el diseño conceptual, dimensionamiento del almacén, definición detallada del layout, selección del equipamiento logístico y definición de estrategias operativas. Estas etapas, contemplan dos grandes fases, asociadas con este objeto de estudio y las cuales se utilizaron para la clasificación de artículos asociados con el diseño de almacenes:

- Diseño, dimensionamiento y layout

- Equipamiento logístico.

Figura No. 28. Clasificación de artículos asociados con el diseño de almacenes



Fuente: El autor basado en la revisión bibliográfica

Para el diseño y dimensionamiento del almacén, autores como Buil y Piera [55], definen los procesos críticos que condicionan el objetivo y capacidad del centro de distribución, identificando la política de almacenamiento, la reposición de productos, la política de recogida y el enrutamiento de pedidos, como factores que influyen directamente en el diseño para alcanzar tiempos de respuesta adecuados, incremento de productividad y costos competitivos.

Zevgolis [56], aborda el problema de dimensionamiento de almacenes, desde dos perspectivas: la escasez de espacio en la superficie y el aumento constante del precio de los terrenos. Dentro de este marco, el estudio examina la viabilidad de un almacén subterráneo en la zona de Atenas, considerando que la demanda de nuevas instalaciones de almacenamiento aumenta, mientras que la capacidad de las superficies para acogerlos ya está superada.

El problema de dimensionamiento y definición de layout, es analizada por varios autores a partir del uso de técnicas de simulación. Gray, Karmakar, Seidmann [57], simulan los procesos y necesidades que debe atender el almacén para validar y poner a punto del diseño resultante, y las políticas de operación. Se describe la aplicación de este enfoque analítico a un centro de distribución de automóviles de piezas de repuesto. El estudio de caso demuestra un ahorro sustancial en costos de operación y destaca varias ventajas y desventajas de los escenarios abordados. Suk y Sung [58], desarrollan un modelo de simulación para la evaluación del desempeño en la preparación de pedidos asociada al diseño de las instalaciones de almacén en un centro de abastecimiento mediante la reducción de movimientos. En el modelamiento, se incluyen aspectos tales como el tamaño del almacén, el tamaño de bastidor, número de transportadores, y el rendimiento del sistema, a partir de una demanda probabilística. Men y Zhou [59], analizan el diseño del almacén como un factor de impacto significativo en el nivel de servicio al cliente y logística de los costos para las empresas, abordando el problema mediante la técnica de simulación. El modelo analiza la utilización de la capacidad de almacenamiento, la velocidad de rotación de almacén, la productividad del almacén, y la tasa para cumplir los acuerdos de servicio, para dimensionar y diseñar el centro de distribución.

Rao A. y Rao M. [60], presentan una formulación de programación lineal para el desarrollo económico de tamaño de los almacenes cuando la demanda es altamente estacional y el espacio del almacén está disponible de manera constante cada mes. El modelo estático se extendió para el problema de ajuste dinámico del tamaño en el que se permite cambiar el tamaño del almacén con el tiempo. El dimensionamiento dinámico del almacén es presentado a través del uso de algoritmos de flujo de red.

En cuanto a equipamiento logístico, las investigaciones son abordadas desde dos focos, la planeación de recursos de acuerdo con la demanda y la asignación del tipo de equipo de acuerdo con la altura del centro de distribución.

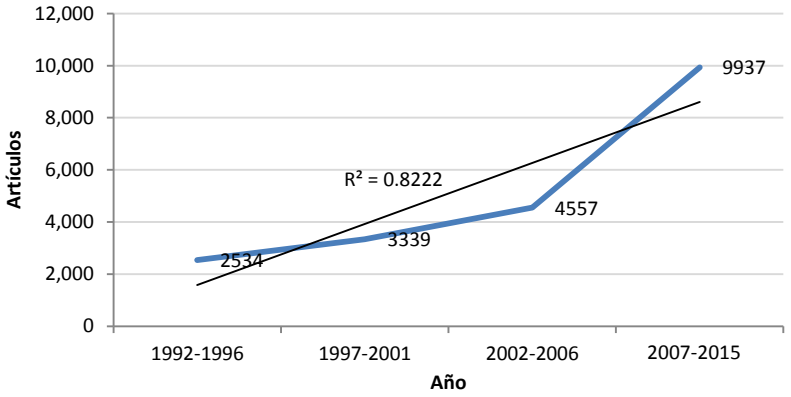
Xu y An [61], analizan la planificación de recursos logísticos, basados en el volumen de negocio, el área de construida del almacén y las características de los recursos almacenados, de manera que se garantice el normal funcionamiento y los equipos con las capacidades adecuadas para el almacenamiento mecánico. Berg y Zijm [62], analizan los sistemas de almacenamiento y presentan una clasificación de los problemas de gestión de recursos para los almacenes. Presentan una tipología y una breve descripción de varios tipos de sistemas de almacenaje, con una jerarquía de problemas de decisión en la selección de los sistemas de almacenamiento, incluidas las cuestiones de justificación, diseño, planificación y control, sumando variables asociadas a las restricciones del sistema de distribución, el diseño y dimensionamiento del almacén y la política para la administración del inventario.

Geng, Lu, Yang y Chen [63], analizan la optimización de la capacidad del almacén, a través de la automatización, para mejorar la eficiencia de la producción y la velocidad de logística. Como un equipo esencial de almacén automático, se estudia el sistema de apilamiento y de atención de pedidos, teniendo en cuenta las curvas de movimiento para garantizar una mayor precisión y velocidad. Sun, Liu, Yang y Yan [64], presentan el almacén inteligente como un componente clave para la mejora de los procesos de logística, lo que básicamente promueve la productividad y la reducción de costes. Este artículo presenta un diseño de un sistema de vehículos guiados automáticamente (AGV) para el almacén inteligente a través de una versión mejorada de la clásica ruta más corta de Dijkstra, algoritmo para la planificación eficiente de una ruta global.

1.4.3 Planeación de la Capacidad

El número de publicaciones asociadas al estudio de planeación de capacidades, muestra un crecimiento sostenido, principalmente en los últimos 7 años, con una evolución de más de 5000 publicaciones, posteriores al año 2006 y correspondiente al coeficiente de correlación del 0.82.

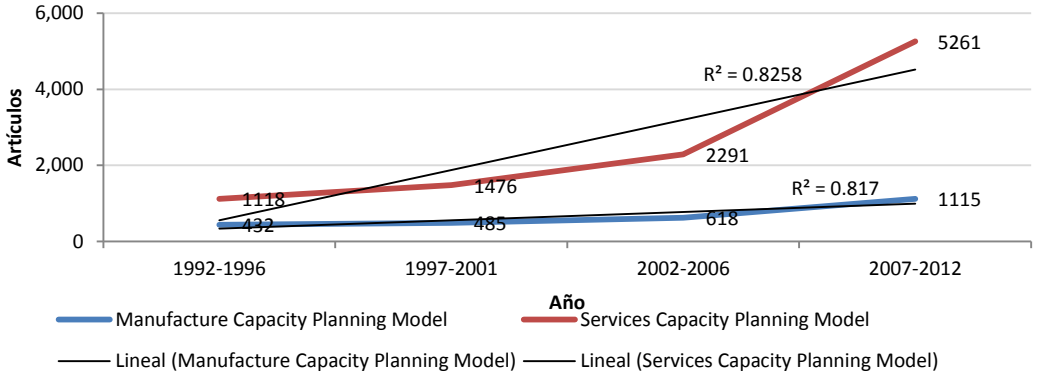
Figura No. 29.Evolución de publicaciones en modelos de planeación de capacidad



Fuente: Ésta investigación.

Al analizar la evolución de publicaciones en modelos de planeación de la capacidad en los sectores de manufactura y servicios, se encuentra un mayor crecimiento en servicios, pasando de 1118 publicaciones en el periodo comprendido por los años 1992-1996 a 5261 publicaciones en el periodo comprendido por los años 2007-2015 y con un coeficiente de correlación de 0,82. Por su parte las publicaciones en manufactura pasaron de 432 en los años 1992-1996 a 1115 publicaciones en los años comprendidos ente 2007-2015 y un coeficiente de correlación de 0.81.

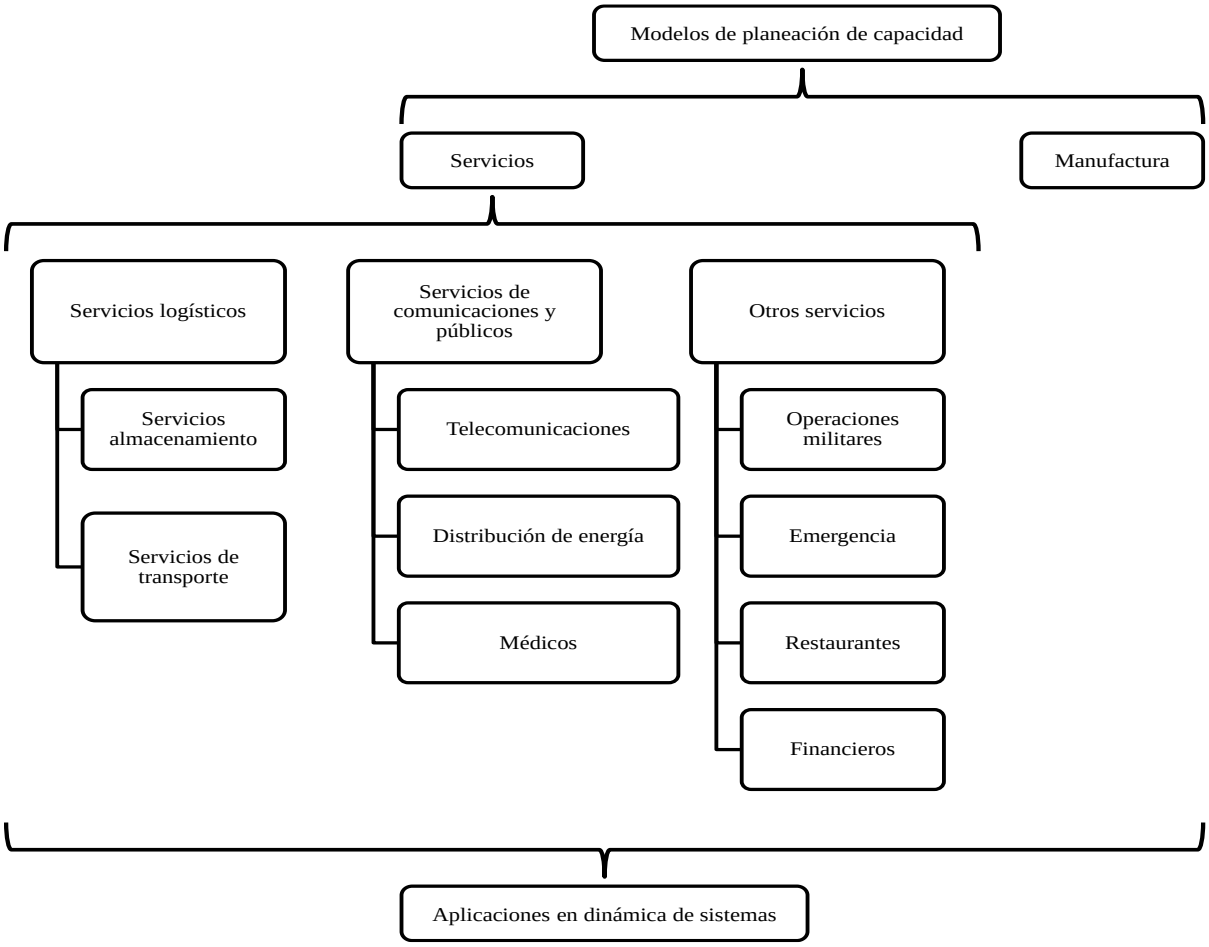
Figura No. 30.Número de publicaciones en modelos de planeación de capacidades en manufactura y servicios



Fuente: Ésta investigación.

De acuerdo con los resultados obtenidos, es posible clasificar los modelos aplicados a los sectores descritos (servicios y manufactura), como se muestra a continuación, buscando el relacionamiento con el uso de modelos de simulación basados en dinámica de sistemas,

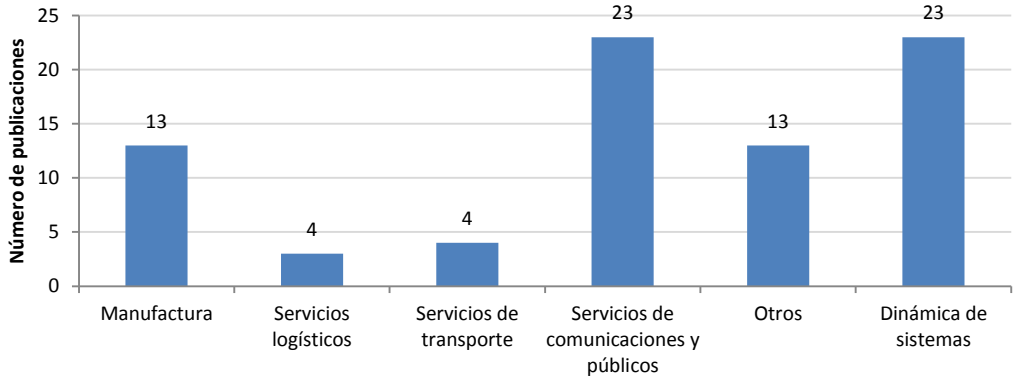
Figura No. 31.Modelo de capacidad de acuerdo con el sector



Fuente: Ésta investigación.

El número de artículos relevantes para la asignación de recursos de acuerdo con una demanda dinámica se muestran en la siguiente figura y se detallan en los anexos 1 y 2.

Figura No. 32.Numero de publicaciones relevantes en la asignación de recursos



Fuente: Ésta investigación.

1.4.3.1 Modelos aplicados a servicios logísticos en almacenes

Analizando los modelos de planeación de capacidad aplicados servicios logísticos, se encuentran aplicaciones en modelos de redes, programación no lineal y simulación discreta. Cruz, Mac Gregor y Medeiros [65] aplican simulación discreta con probabilidades de bloqueo, throughput, número esperado de clientes en el sistema y el tiempo esperado de desplazamiento en la red logística. Cruz, Smith y Queiroz [66] en su modelo de redes contemplan tasa de arribos, tiempos de movilización y espacio disponible. Rao A. y Rao M. [60], presentan el problema de asignación de capacidad en centros de distribución a través de cálculo dinámico de minimización de costos por efectos de ampliación y reducción. Mehrdad, Fariborz y Hamideh [67] aplican un modelo de programación no lineal donde se considera el costo de transporte, el costo de apertura de una instalación, niveles máximos y mínimos de la cola.

1.4.3.2 Modelos aplicados en servicios de transporte

Jess, Boronico y Philip [68] incluyen demanda de servicios en diferentes momentos, costos operativos y de usuarios, requerimientos de calidad y políticas de la fuerza de trabajo. Adicionalmente se identifican modelos aplicados a la planeación de aeropuertos, como el caso de de Miltiadis, y Konstantinos [69] el cual asigna la capacidad del sistema teniendo en cuenta la geometría de la pista de aterrizaje, el sistema de control de tráfico aéreo y la demanda de tráfico.

Wei y Hansen [70] incorporan variables de demanda agregada, servicios aéreos, tamaño de los vuelos, precio de los tiquetes y distancia de los vuelos. Milan [71] por su parte emplea en su modelo la capacidad de las pistas de acuerdo a los requerimientos de las aeronaves, normas de seguridad, ángulos de aproximación y tiempos de ocupación de pistas.

1.4.3.3 Modelos aplicados a otros servicios

En servicios diferentes a logística, las publicaciones se centran en la localización de instalaciones y en la asignación de recursos. Nico, Jully y Gergely [72] analizan a partir de una demanda estocástica y del presupuesto inicial, el costo de trabajadores con contratación temporal y las desviaciones frente al presupuesto definido. Segall [73] desarrolla un modelo de asignación por locación, determinando la afectación sobre la demanda potencial insatisfecha y capacidad ociosa. White y Badinelli [74] analiza el arribo de los clientes y los FTEs (Full Time Equivalent) asignados, contratados y despedidos.

En el caso de modelos de optimización, programación estocástica y entera, Fragnière, Gondzio y Yang [75] involucran la aleatoriedad en el volumen de las transacciones, la capacidad de los trabajadores calificados y no calificados y la asignación de trabajadores de acuerdo con su capacidad. Lei, y Aldouri [76] modelan cambios en la demanda y los tiempos de transporte. Hwang, Gao y Jang [77] analizan la asignación de recursos ante demanda variable y con la afectación sobre la calidad del servicio, a través del costo beneficio. Cheu, Netessine, Dobson y Shumsky [78] consideran la flexibilidad en la asignación de capacidades, frente al comportamiento de la demanda,

En cuanto a modelos a partir de teoría de colas se encuentra el de Whitt [79] que incluye tiempo de respuesta, prioridad del servicio y capacidad necesaria. Jingxiang y Carey [80] considera tasa de arribos, tasa de servicio y fluctuaciones de capacidad. Utilizando simulación discreta para la asignación de recursos, se encuentra el modelo planteado por Becerra y Quiroga [81] el cual contempla políticas de atención, niveles de servicio y tiempos de espera, para calcular la capacidad necesaria. Becerra, Romero y Orjuela [82] analizan el problema de capacidad a través de la asignación de personal empleando simulación para demanda variable Trujillo, Vallejo y Becerra

[83] incluyen en el modelo de asignación de personal, turnos de trabajo, procesos de subcontratación y niveles de servicio.

1.4.4 Modelos de dinámica de sistema aplicados a la planeación colaborativa horizontal en centros de distribución

Dada la necesidad de analizar el sistema basado en su comportamiento variable y de realimentación continua, el modelo propuesto se elabora empleando dinámica de sistemas, considerando el enfoque de diversos autores y de sus propuestas investigativas, las cuales se analizan bajo la perspectiva de planeación de capacidades en la cadena de abastecimiento, diseño de centros de distribución y procesos de colaboración horizontal.

1.4.4.1 Modelos de dinámica de sistemas para la planeación de capacidades

Al consultar en las bases de datos sobre investigaciones empleando dinámica de sistemas, particularmente en planeación de capacidades, los trabajos encontrados se encuentran en las áreas de logística, proyectos, telecomunicaciones, servicios públicos y financieros.

En aplicaciones en logística se destaca el modelo de Senge y Rogelio [84] que incluye la calidad del servicio, la capacidad del sistema, el nivel de satisfacción del cliente y la rotación del personal. Edward [85] analiza la demanda, la fuerza de trabajo y la necesidad de capacidad. Anderson, Morrice y Lundeen [86] también tiene en cuenta la demanda, capacidad y órdenes atrasadas. Becerra, Romero, Herrera y Trujillo [87] consideran políticas de inversión, demanda, capacidad, acuerdos de servicio y aprovechamiento del espacio.

En el caso de los modelos empleando dinámica de sistemas aplicados en manufactura, se encuentra el planteado por Georgantzas [88] que analiza la calidad y percepción del cliente frente al servicio brindado. Homer [89] analiza la fuerza de trabajo requerida, el nivel de servicio alcanzado y el número de puestos de trabajo necesarios.

En el campo de las telecomunicaciones, dentro de los modelos que emplean dinámica de sistemas, se encuentra el modelo de Barnes, Burton, Hawker y Lyons [90] quien contempla la demanda de servicios, la transferencia y tráfico de datos. Lynch, Skelton y Lyons [91] consideran mercado potencial, perfiles del cliente, demanda e ingresos. Barrón, Martinez, y López [92] incluyen demanda, nivel de saturación, política de precios y calidad del servicio. Mojtahedzadeh y Andersen [93] tienen en cuenta el volumen de llamadas (demanda), infraestructura y número de operadores necesarios. Matthews y Osborne [94] analizan el resultado financiero de la red. Rowland [95] analizan demanda, tipos de servicios y proveedores. Osborne [96] presenta en su modelo competencia, insumos, estructura del mercado, publicidad, costos y calidad del servicio. Finalmente Jackson [97] estudia mercado, diseño y procesos.

Para el caso del área de proyectos, Honggang, Mashayekhi y Saeed [98] involucra el comportamiento del proyecto en el tiempo y la asignación necesaria de recursos. Adicionalmente Kunc [99] trabaja bajo una demanda a atender, el estado del proyecto y el recurso humano necesario.

En servicios públicos, médicos, de contratación de personal y financieros se destaca el modelo de Barton [100] que considera políticas a nivel institucional y gubernamental. Morgan y Ammentorp [101] involucran demanda de servicios, requerimiento de instalaciones y políticas de servicio. Wolstenholme [102] estudia la capacidad hospitalaria, tiempos de espera y las medidas de desempeño. Ackere y Smith [103] tienen en cuenta demanda, recursos necesarios y tiempos de espera. Calvo [104] analiza el personal disponible, la demanda recursos y los salarios asociados. Becerra y Orjuela [35], desarrollan un modelo de asignación de personal e instalaciones, maximizando el uso de los recursos ante demandas variables en empresas de servicios financieros.

1.4.4.2 Diseño de centros de distribución empleando dinámica de sistemas

Al realizar la revisión de modelos empleando dinámica de sistemas relacionados con el diseño de centros de distribución, no se evidencian trabajos que aborden la infraestructura de este tipo de

locaciones asociadas a la variable altura, que es de principal interés en esta investigación, sin embargo, como un aporte con cierto grado de relación, por su enfoque al tipo de almacenamiento, se encuentra el modelo de Morecroft [105] el cual analiza como los sistemas automáticos de almacenamiento al incrementar la capacidad del sistema, junto con la reputación de las compañías y su esfuerzo en marketing, interactúan para producir ciclos de crecimiento en la industria.

1.4.4.1 Colaboración horizontal en la cadena de abastecimiento empleando dinámica de sistemas

La consulta sobre modelos o investigaciones que empleen dinámica sobre colaboración horizontal en cadenas de abastecimiento y específicamente en centros de distribución, no permite detectar estudios con este enfoque específico, sin embargo, sí se evidencian algunos trabajos con cierto grado de relación en procesos colaborativos, los cuales, para facilitar su análisis, se agrupan en colaboración vertical y la colaboración para la toma de decisiones.

En cuanto a colaboración vertical, Sterman [106] a través de un experimento, analiza como la toma de decisiones de los diferentes actores afecta el comportamiento de la cadena de abastecimiento. Hirsch [107] analiza la integración de proveedores de la industria de la salud estadunidense, con el fin de incluir la mejora y prevención de la enfermedad en lugar de un enfoque centrado en el tratamiento de la enfermedad. Anderson, Morrice y Lundeen [108] estudian el comportamiento dinámico de las cadenas de suministro de servicios ante la presencia de demanda variable y el intercambio de información. Homer, Hirsch, Minniti y Pierson [109] analizan como los modelos de colaboración en el sistema de salud aportan a la comunidad con costos y calidad adecuada del servicio. Gonçalves, Hines y Sterman [110] investigan la retroalimentación entre el rendimiento de la cadena de suministro y la variabilidad de la demanda en un modelo fundamentado en el sistema de producción híbrido push-pull utilizado por un importante fabricante de semiconductores. Saeed [111] analiza el uso de las tendencias de la predicción para la definición de las políticas de atención en las cadenas de suministro mediante la comparación y el control. Bayer y Gann, abordan la gestión de los recursos a través de una carga de trabajo fluctuante para la atención de proyectos,

con procesos de colaboración al interior de la organización. Oliva, Sterman y Giese [112] exploran estrategias de crecimiento para las empresas de comercio electrónico y su sostenibilidad en diferentes escenarios: para los clientes, la competencia, y el comportamiento del mercado de capitales.

Sobre trabajos de colaboración para la toma de decisiones, Kampmann y Sterman [113] analizan como la sincronización y la participación de diferentes instituciones mejora la toma de decisiones para la definición de precios, indicando que los mercados moderan pero no eliminan errores de percepción. Luna, Martinez, Pardo y Cresswell [114], abordan el desarrollo de técnicas para crear modelos dinámicos a través de grupos de gerentes, donde se obtiene el conocimiento de los expertos sobre la base de pequeños grupos de investigación y prácticas bien establecidas. Luna, Black, Pardo y Cresswell [115], se basan en el trabajo empírico de una institución de tecnología gubernamental que actúa como facilitador de grupos interinstitucionales y que al emplear dinámica del sistema permite generar un modelo sencillo para el intercambio de conocimientos y la construcción de la confianza en la fase de análisis de requisitos para un complejo proyecto de sistemas de información; el análisis del modelo sugiere que la medida de colaboración depende de la confianza lograda a partir del ritmo de intercambio de conocimientos entre los participantes. Ackermann, Anderse, Eden, Richardson [116], estudian como el uso de grupo interdisciplinarios, facilitan la discusión, negociación y decisión durante las primeras fases de un proyecto y para el desarrollo de un modelo, como por ejemplo en la estructuración del problema. Black [117], se basa en las teorías de la construcción social, la cognición distribuida y objetos de contorno para construir el argumento de que las representaciones visuales proporcionan el pivote fundamental entre el método y el significado social del modelado a través de dinámica de sistemas. Vennix, Akkermans y Rouwette [118], abordan el desarrollo de modelos a través de la definición de un grupo de expertos. Scott, Cavana y Cameron [119], desarrollan un estudio de caso que involucra a cuatro grupos evaluados inmediatamente antes, inmediatamente después y 12 meses después de un taller de 3 horas, para determinar el grado de alineación mental en la planificación e implementación de iniciativas estratégicas. Stave [120] analiza como el uso de dinámica de sistemas mejora la participación pública en decisiones medio ambientales. Huz, Andersen, Richardson y Boothroyd

[121], modelan la calidad del servicio ofrecido a los pacientes de una institución, ante los cambios en las estructuras de meta, estrategias del equipo directivo , los cambios del equipo de gestión, el éxito percibido de la intervención y los cambios en los sistemas y procedimientos. Akkermans y Vennix [122], realizan un estudio exploratorio sobre las bondades de grupos expertos para la toma de decisiones estratégicas. Borštnar, Kljajić, Škraba, Kofjač [123], hablan sobre la relevancia de los grupos de decisión colaborativos para el desarrollo de modelos de simulación. Hovmand y O´Sullivan [124] desarrollan un modelo en dinámica de sistemas que conjuga el trabajo social y la ingeniería eléctrica y de sistemas, haciendo hincapié en cómo desarrollar y trabajar en equipos interdisciplinarios para abordar los problemas sociales.

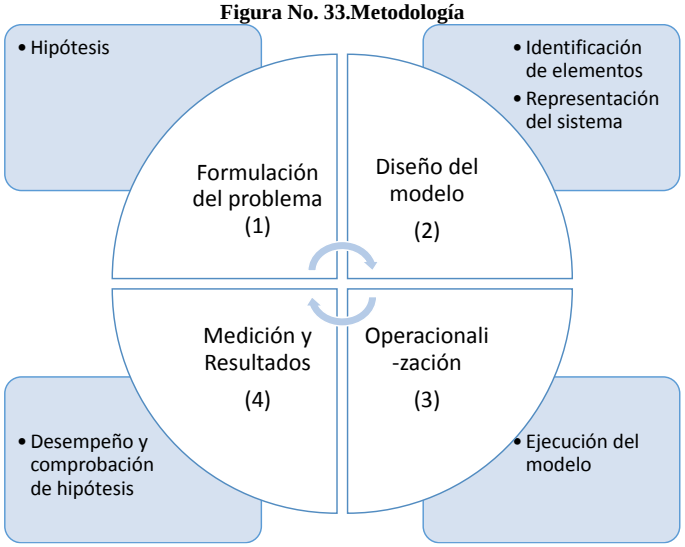
1.4.4.1 Modelos de planeación colaborativa horizontal y diseño en centros de distribución empleando dinámica de sistemas

Tras la revisión de la literatura, no se detectan modelos desde la dinámica de sistemas que analicen el problema de planeación de capacidad bajo una perspectiva de colaboración horizontal en centros de distribución, que permita tomar decisiones en temas asociados al diseño de las instalaciones, como es la altura del almacén y que mida el desempeño considerando el crecimiento del negocio, la utilización de los recursos y el resultado financiero..

2. METODOLOGÍA

La metodología implementada, parte de la formulación del problema de investigación, de manera que se pueda establecer la hipótesis objeto de estudio y posteriormente el diseño del modelo que represente de manera adecuada el sistema, identificando los elementos necesarios para su operacionalización y posterior medición.

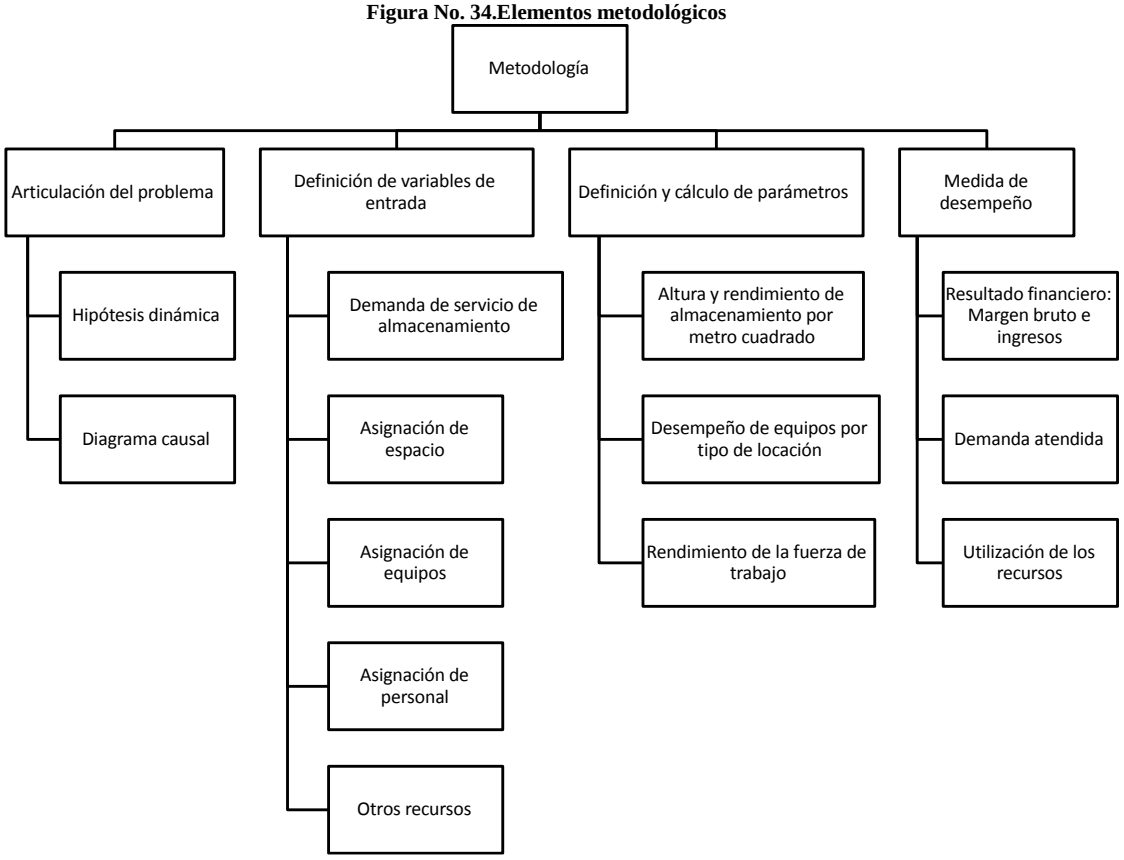
Figura No. 33.Metodología



Fuente: Esta investigación

El modelo desarrollado en esta investigación se realizó empleando el software de simulación iThink, soportado por otros softwares tales como SPSS, Microsoft Excel y StatFit, a partir de la información suministrada por un operador logístico colombiano representativo en el mercado.

Figura No. 34.Elementos metodológicos



Fuente: Ésta investigación.

2.1 ARTICULACIÓN DEL PROBLEMA

El Gobierno Nacional ha definido la logística como uno de los factores fundamentales para alcanzar la meta propuesta por Colombia de ser uno de los tres países más competitivos de Latinoamérica en el año 2032 [125]. Esta meta fue definida en el marco del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación, basado en alcanzar una economía exportadora de bienes y servicios de alto valor agregado e innovación.

A pesar de lo anterior, de acuerdo con el Foro Económico Mundial y el Reporte Global de Competitividad (2014-2015) [1], Colombia ocupa el puesto 66 a nivel mundial, superado en Latinoamérica por Chile (33), Panamá (48), Costa Rica (51), Brasil (57), México (61) y Perú (65), evidenciando que unos de los factores más atrasados es la inadecuada infraestructura y redes logísticas. Así mismo, el índice de desempeño logístico realizado por el Banco Mundial [11],

posiciona a Colombia en el puesto 97 de 160 países evaluados, mostrando las deficiencias en la competencia logística, reflejada en en el comportamiento de los costos logísticos, donde Colombia alcanza un 18% [4], superando todas las regiones, incluso el promedio general de Latinoamérica.

Tabla Nº6. Comparativo costos logísticos

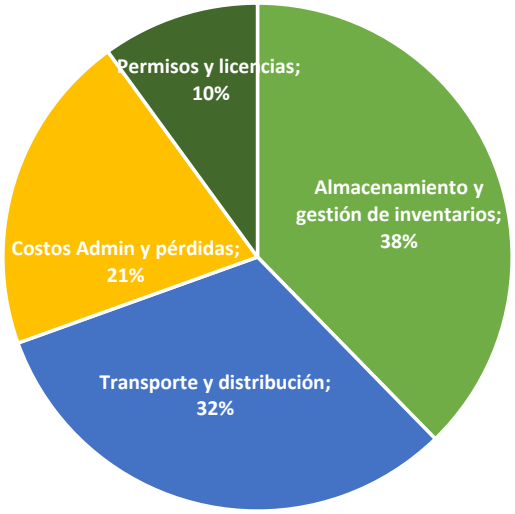
Costos Logísticos	
Todas las regiones	12%
Norte América	11%
Europa	11%
Asia Pacífico	11%
Latinoamérica	14%
Colombia	**18%**

En invierno los costos logísticos en Colombia pueden llegar hasta el 22%

Fuente: 16th Estudio de 3PL, Georgia Tech, 2012 [4]

De acuerdo con Guash [126], la distribución de los costos logísticos de América Latina y el Caribe se concentra en procesos de almacenamiento y gestión de inventarios (38%), convirtiendo los centros de distribución en nodos estratégicos para incentivar estrategias hacia una logística más eficiente.

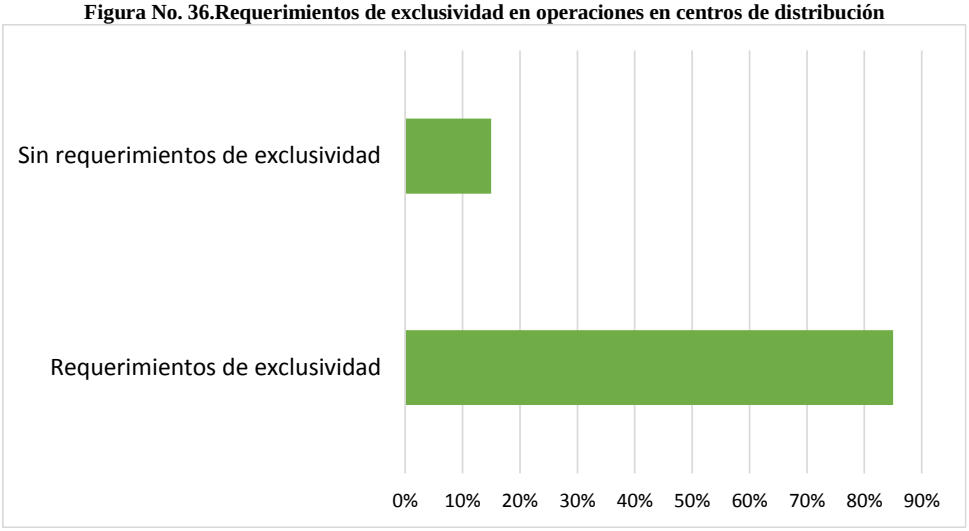
Figura No. 35.Estructura media de costos logísticos



Fuente: Guash [126], Banco Interamericano de Desarrollo

Adicionalmente, tras evaluar la aplicación de procesos colaborativos en centros de distribución, principalmente en operadores logístico, se evidencia como los generadores de carga, siguen acotando los requerimientos a su propia necesidad, bajo modelos de exclusividad, siendo esta una práctica común en el momento de tercerizar la operación logística de almacenamiento y gestión de inventarios. [5]

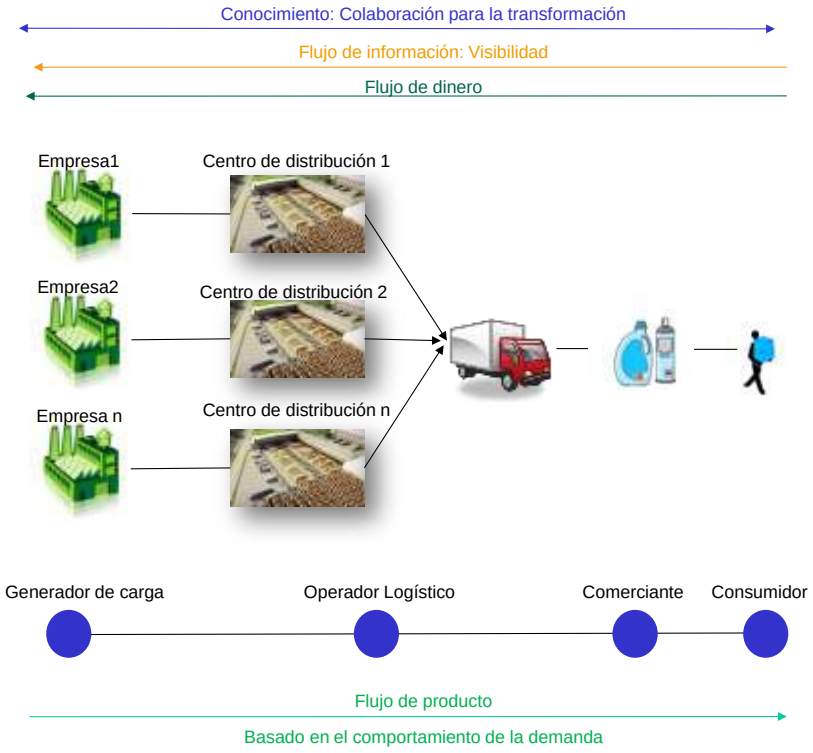
Figura No. 36.Requerimientos de exclusividad en operaciones en centros de distribución



Fuente: Suppla S.A. Informe de exclusividad de operaciones en centros de distribución. [5]

Lo anterior revela la necesidad de desarrollar estrategias que permitan incrementar la productividad y competitividad hacia una logística más eficiente, siendo responsabilidad del operador logístico, ofrecer una solución capaz de integrar las diversas necesidades de compañías que tienen la capacidad de aglomerarse y generar procesos colaborativos estrechos para mejorar sus resultados, de allí la importancia de la aplicación del estudio de capacidades para centros de distribución colaborativos, específicamente para operadores logísticos en el contexto colombiano, teniendo en cuenta la complejidad en la gestión de cadenas de abastecimiento, la asignación de capacidades ante fluctuaciones de la demanda, la incertidumbre en la disponibilidad de recursos y la obtención de resultados financieros satisfactorios para todas las partes interesadas, siendo necesario abordar el problema desde una perspectiva dinámica.

Figura No. 37.Comportamiento de la red logística



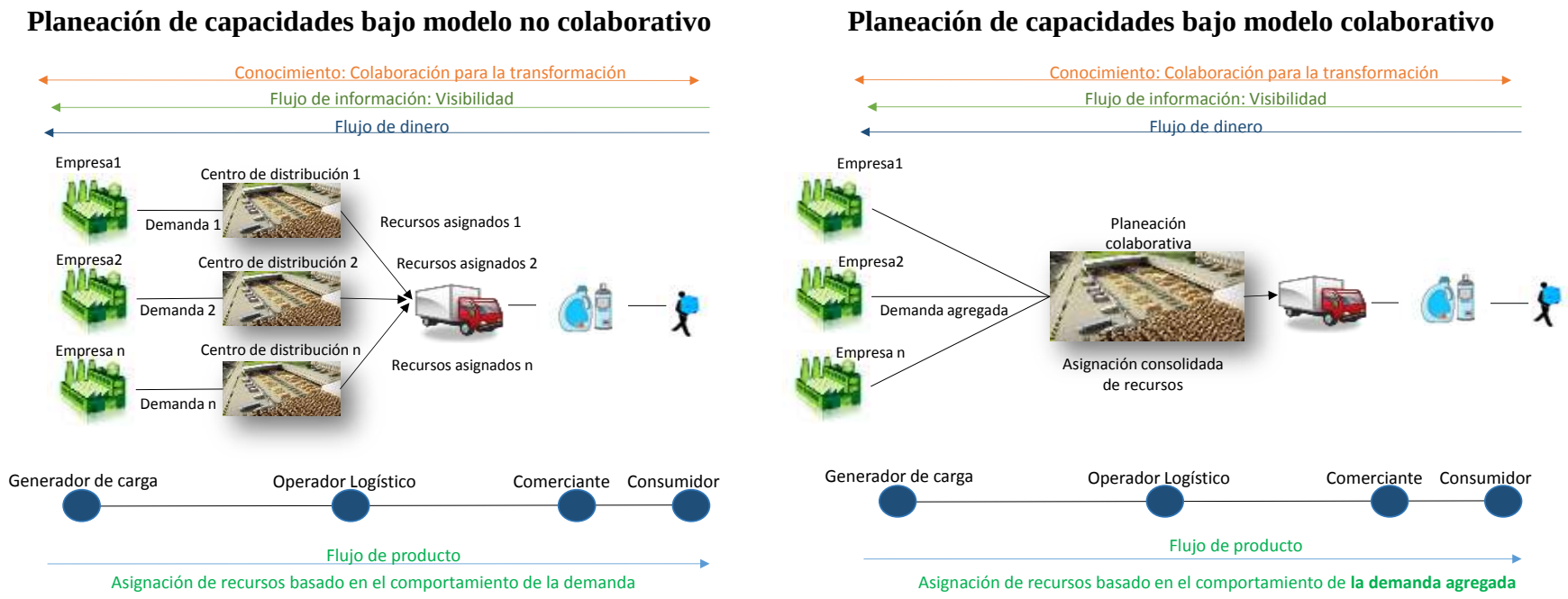
Fuente: Esta investigación, basado en Logyca, Informe de Gestión de la Demanda [127]

De acuerdo con la revisión del estado del arte, es posible observar que la logística colaborativa se ha abordado como la integración vertical de los diferentes eslabones de la cadena de suministro, desarrollando estrategias como la planeación de la demanda o las sinergias a lo largo de la red logística, más no con una perspectiva colaborativa entre compañías de un mismo sector que pueden hacer sinergia gracias a la similitud de sus características y la homogeneidad de mercados objetivos, integrados a través de un actor fundamental como lo es el operador logístico, especialista en la generación de eficiencias, con una amplia oportunidad ante la planeación colaborativa de capacidades, resultante de la integración sectorial, lo cual puede impactar su eficiencia vista como un mejor resultado financiero y del crecimiento del negocio, reflejo de la motivación generada en el mercado y cuyos beneficios pueden ser compartidos a sus clientes, en función de la calidad de los procesos y costos logísticos competitivos.

2.1.1 Hipótesis dinámica

Con el desarrollo del modelo de logística colaborativa en centros de distribución, se busca contrastar la hipótesis dinámica, la cual considera que un operador logístico al planear los recursos de manera colaborativa a partir de la demanda agregada de sus clientes en centros de distribución con determinadas alturas y tiempos de contrato de arrendamiento, se mejoran las medidas de desempeño logístico, a nivel financiero, de crecimiento de la demanda y de la utilización de los recursos

Figura No. 38.Conceptualización del modelo

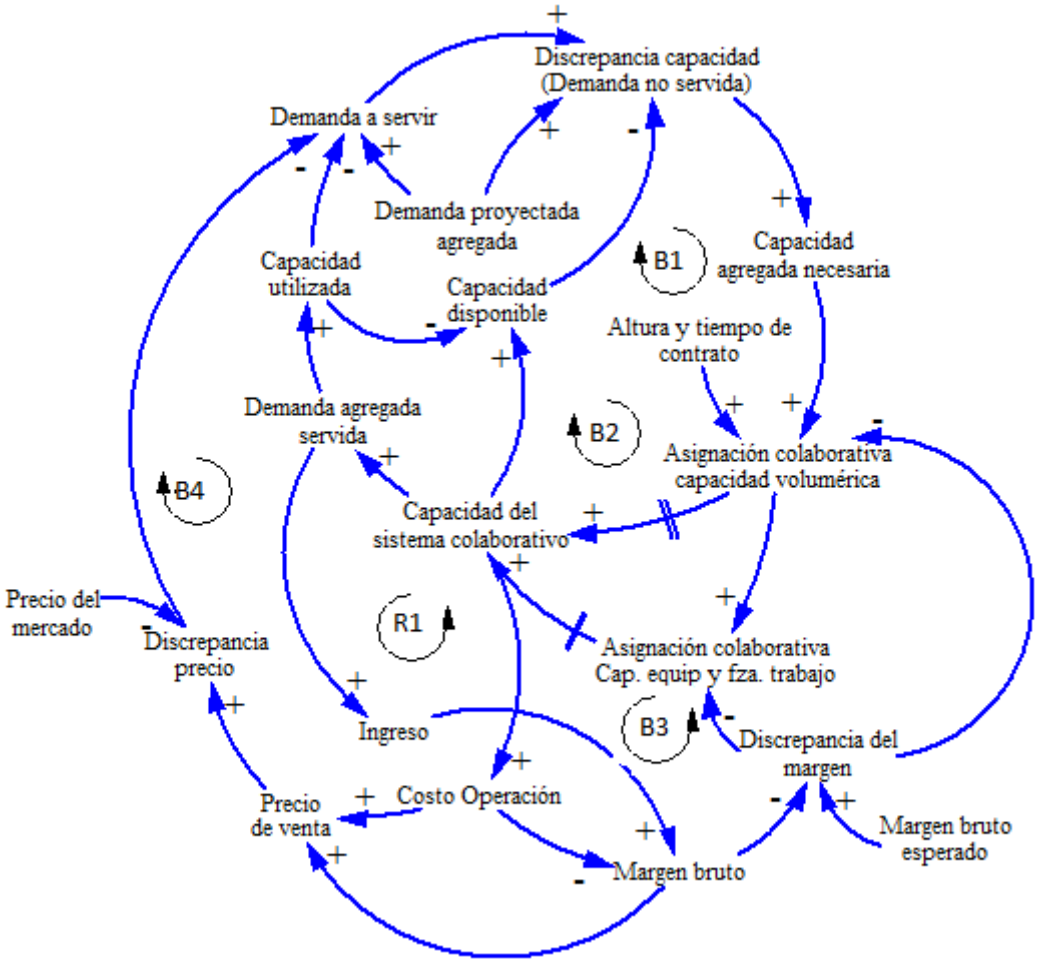


Fuente: Ésta investigación.

2.1.2 Diagrama causal

Las relaciones entre los componentes del modelo se pueden observar mediante el diagrama causal, el cual representa la relación del comportamiento de la demanda asociado a la capacidad y su efecto sobre el comportamiento financiero, tal y como se muestra en la figura siguiente:

Figura No. 39.Diagrama causal del modelo

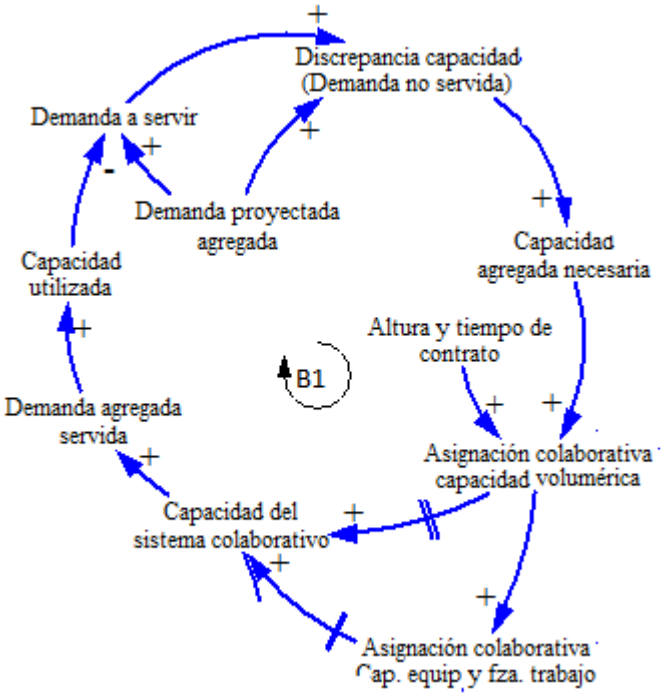


Fuente: Ésta investigación.

El comportamiento dinámico del sistema y sus efectos, se analiza a través de los bucles de realimentación como se expone a continuación:

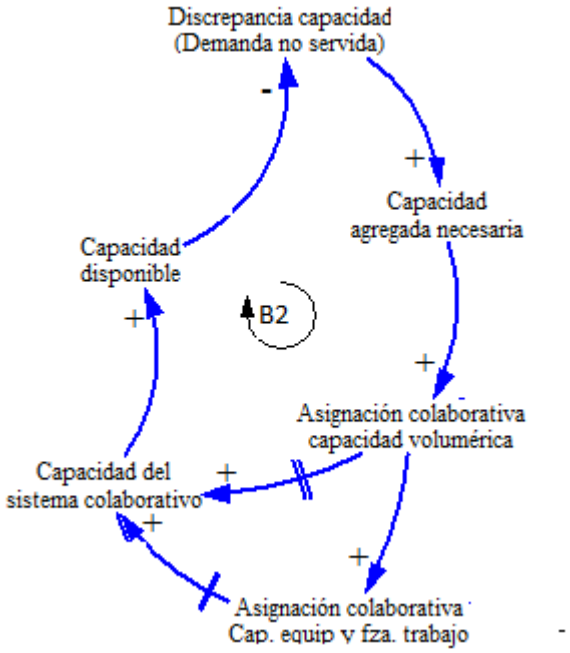
a. **Efecto sobre la demanda y capacidad del sistema:** La demanda de posiciones logísticas del almacén se afecta por la capacidad del sistema colaborativo, determinado por la asignación de los recursos, espacio, fuerza de trabajo y equipos de movilización, que al partir de una planeación agregada de la demanda, permite un mayor aprovechamiento de los recursos. El flujo de realimentación de la demanda se evidencia en el bucle B1 de balance, actuando como una búsqueda de objetivo para atender la demanda proyectada y el bucle B2 de balance busca la estabilización en el uso de los recursos disponibles, generando un efecto de oscilación por la demora en la asignación de recursos.

Figura No. 40.Bucle de realimentación de la demanda y capacidad del sistema.



Fuente: Esta investigación

Figura No. 41.Bucle de realimentación de aprovechamiento de la capacidad

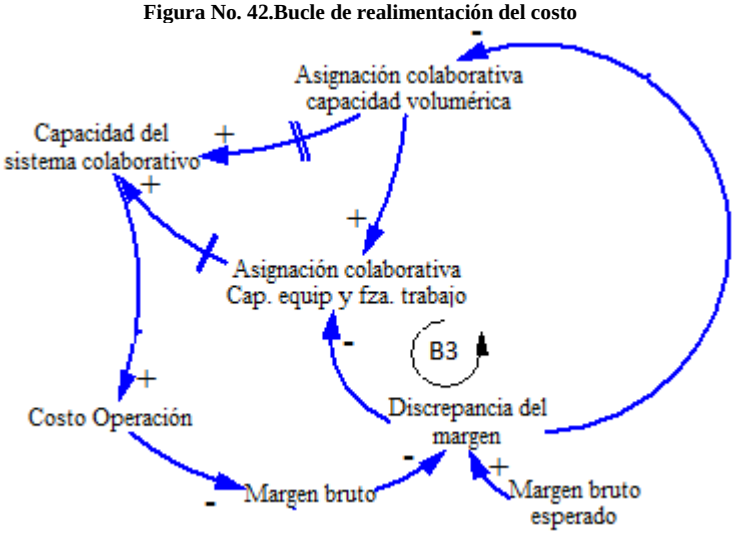


Fuente: Esta investigación

b. **Efecto financiero:** La demanda servida agregada y la capacidad asignada para atenderla, genera efecto a nivel de costo, precio e ingreso total percibido, resultando el margen bruto de la operación logística. Los efectos se ven reflejados en los bucles que se describen a continuación:

- **Costo:** La capacidad colaborativa del sistema depende de la disponibilidad de recursos monetarios, es decir incide sobre la asignación de recursos por el cumplimiento de políticas de rentabilidad de la operación. Esta asignación de recursos, genera costos operativos que a su vez afectan el margen bruto. El flujo de realimentación se evidencia en el bucle B3 de balance, buscando la estabilización del costo logístico, con efecto de oscilación.

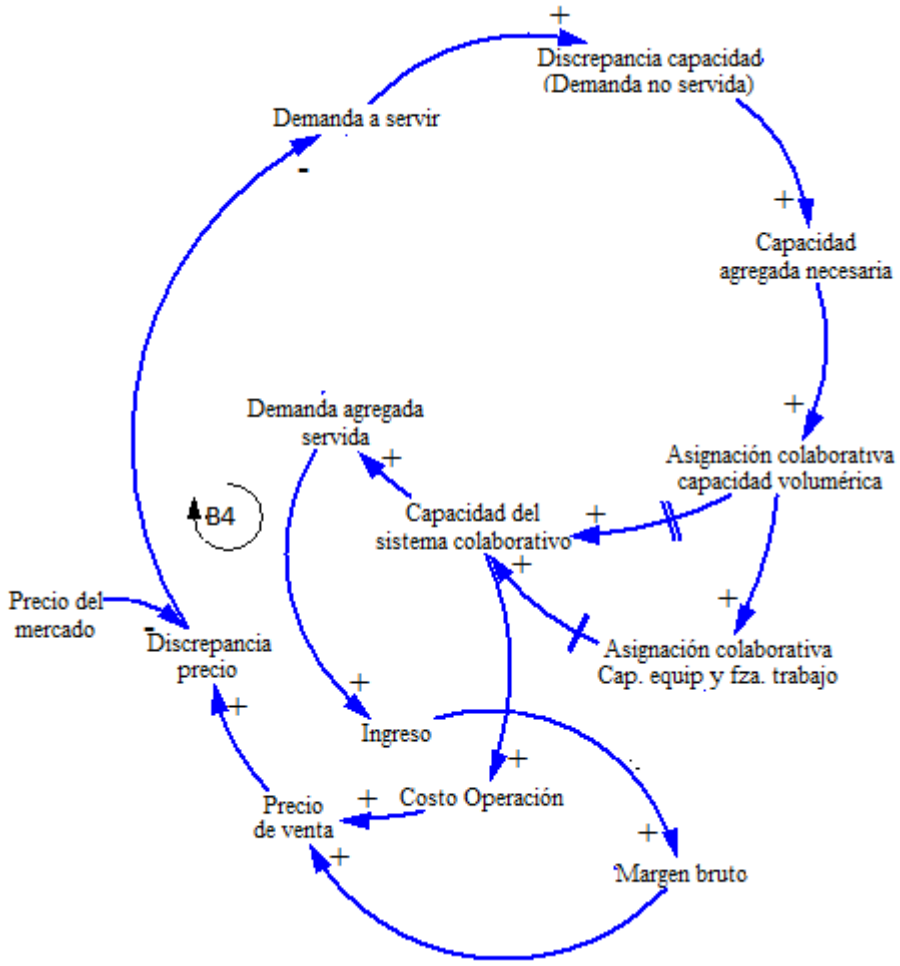
Figura No. 42.Bucle de realimentación del costo



Fuente: Esta investigación

- **Precio:** El resultado del ejercicio logístico, genera un precio por posición de almacenamiento en el centro de distribución, que al ser contrastado con el precio del mercado, calcula una discrepancia que incentiva positiva o negativamente la demanda a servir, afectando los costos por la asignación de los recursos y el ingreso obtenido, incidiendo sobre el margen bruto. El flujo de realimentación se evidencia en el bucle B4 de balance, buscando la estabilización del precio logístico y con efecto de oscilación.

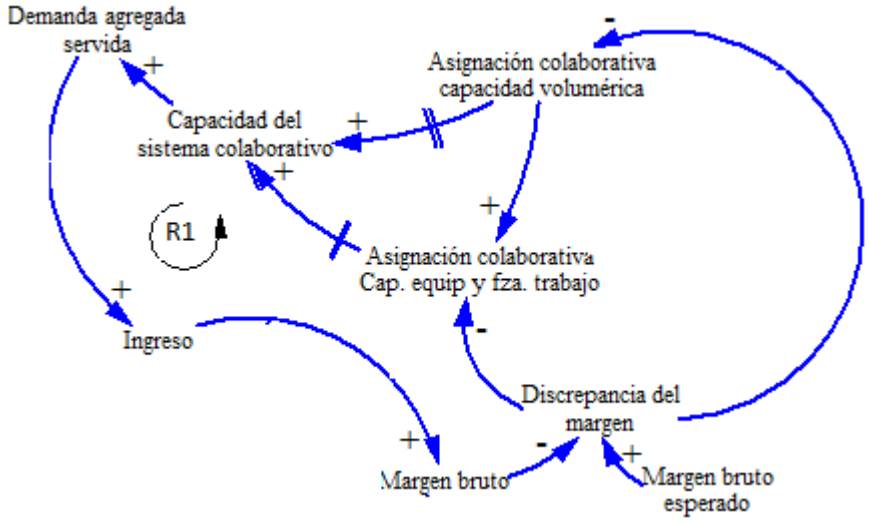
Figura No. 43.Bucle de realimentación del precio



Fuente: Esta investigación

- **Ingreso:** La demanda agregada servida, permite obtener un ingreso por efecto de la venta ejecutada, lo cual incide sobre el margen bruto obtenido que al cumplir las políticas de margen esperado, activa la asignación de los recursos necesarios para la atención de la demanda. El flujo de realimentación positivo se evidencia en el bucle R1, buscando el crecimiento pero con efecto de oscilación por la demora en la asignación de capacidad.

Figura No. 44.Bucle de realimentación del ingreso



Fuente: Esta investigación

2.2 ANÁLISIS DE VARIABLES DE ENTRADA DEL MODELO

Basados en la necesidad de realizar la planeación de capacidades en centros de distribución, se considera como variable de entrada principal, la demanda de posiciones logísticas, que al considerar los demás elementos del modelo y su retroalimentación, determinan la necesidad de otros recursos, actuando como variables dependientes del sistema.

2.2.1 Demanda de posiciones logísticas de almacenamiento

Para el análisis de la demanda de almacenamiento en el centro de distribución se tomaron registros históricos de la ocupación de los diferentes clientes que conforman uno de los sectores de valor del operador logístico, generando una base de datos con información de 24 meses(años 2013 y 2014), obteniendo los siguientes campos:

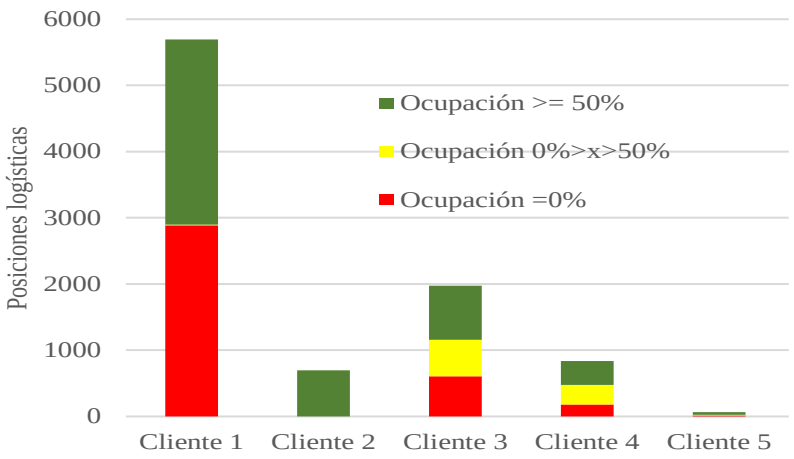
- Cliente: identificación del cliente
- Fecha: mes en el cual se generó la ocupación

- Capacidad disponible: capacidad en metros cuadrados asignada a cada cliente
- Capacidad utilizada: capacidad en metros cuadrados ocupada por cada cliente.
- Capacidad ociosa: capacidad no utilizada

Los resultados obtenidos de esta información, se muestran como capacidad ociosa por cliente y capacidad ociosa por plataforma logística, permitiendo analizar la capacidad ocupada en diferentes niveles:

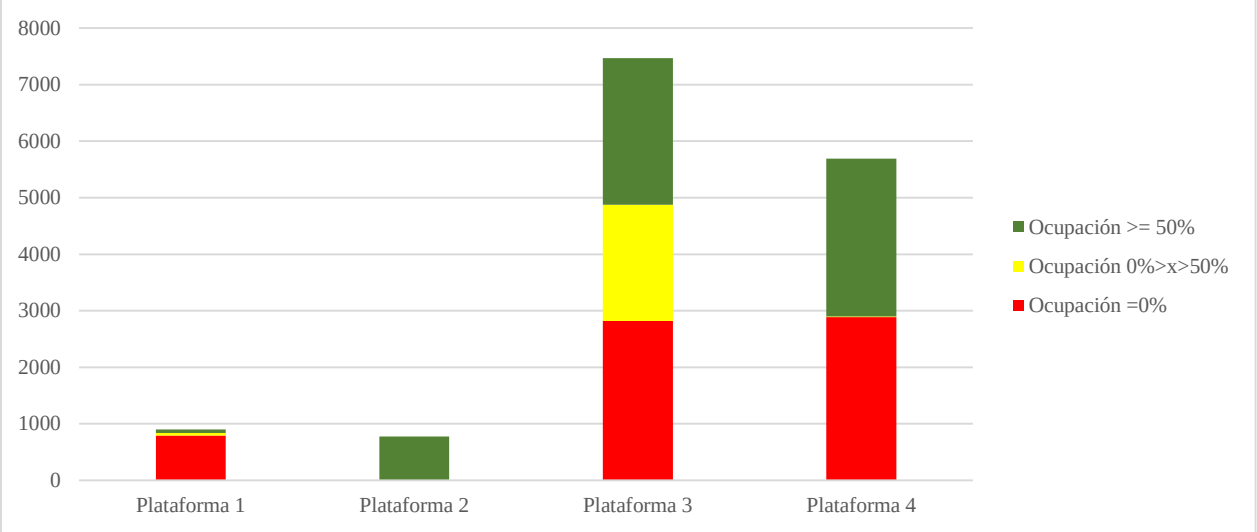
- Ocupación al 0%: capacidad medida en posiciones logísticas con una utilización nula.
- Ocupación 0%>x>50%: capacidad medida en posiciones logística con una utilización mayor a 0% hasta un 50%, es decir con una utilización parcial del volumen disponible.
- Ocupación >=50%: capacidad medida en posiciones logísticas, con una mayor utilización del volumen disponible.

Figura No. 45.Capacidad ociosa por niveles de utilización por cliente



Fuente: Ésta investigación.

Figura No. 46.Capacidad ociosa por instalación



Fuente: Ésta investigación.

Para verificar la independencia de los datos se empleó el software estadístico StatFit, con el fin de garantizar que los datos no tienen correlación entre sí y son aptos para usarse en la simulación

- *H_0:* La demanda histórica SI proviene de una distribución independiente.
- *H_1:* La demanda histórica NO proviene de una distribución independiente.

Como resultado se obtuvo que no se puede rechazar la hipótesis nula de que los datos provienen de una distribución independiente, ya que empleando un nivel de significancia de α 0.05 para la prueba de corridas arriba y abajo de la media (above/below median) y la prueba de puntos cambiantes (turning points) se obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro siguiente.

Tabla Nº7. Estadísticos para las pruebas de independencia de la variable demanda

Runs Test (Above/Below Median)	
Data Points	24
Points Above Median	12
Points Below Median	12
Total Runs	17

Mean Runs	13
Standard Deviation Runs	2.39565
Runs Statistic	1.66969
Level Of Significance	5.00E-02
Runs Statistic(2.5E-002)	1.95996
P-Value	9.50E-02
Result	DO NOT REJECT

Runs Test (Turning Points)	
Data Points	24
Turning Points	18
Mean Turnings	15.6667
Standard Deviation Turnings	1.98606
Turnings Statistic	1.17485
Level Of Significance	5.00E-02
Turnings Statistic(2.5E-002)	1.95996
P-Value	0.240053
Result	DO NOT REJECT

Fuente: Ésta investigación.

De acuerdo con lo anterior, se utilizaron los datos recolectados para determinar las funciones de densidad de la demanda, que van a actuar como generadores de la variable aleatoria (Ver anexo 3)

Tabla Nº8. Funciones de densidad para la proyección de la demanda

Modelo	Cliente	Función de densidad
Colaborativo	Demanda agregada	Johnson SB(1.8e+004, 7.39e+003, -0.238, 0.704)
No Colaborativo	Cliente 1	Beta(3.6e+003, 6.44e+003, 2.54, 2.29)
	Cliente 2	Beta(2.91e+003, 5.19e+003, 2.5, 3.82)
	Cliente 3	Beta(5.93e+003, 8.45e+003, 0.865, 0.893)
	Cliente 4	Pearson 6(2.16e+003, 1.42e+003, 4.38, 9.21)
	Cliente 5	Rayleigh(1.41e+003, 1.37e+003)

Fuente: Esta investigación

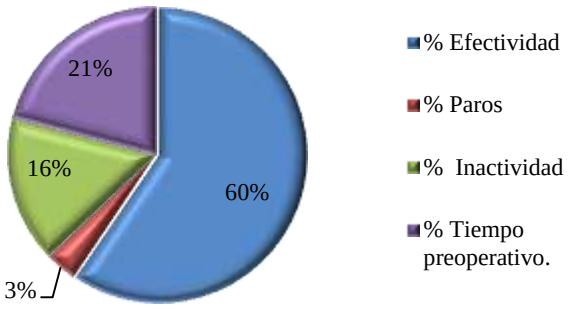
2.2.1 Demanda de equipos de movilización

Para el análisis de la necesidad de equipos de movilización se recolectó información histórica de los equipos utilizados y su relación con la demanda atendida, generando un archivo con información de 24 meses (años 2013 y 2014), y cuyos campos son:

- Área
- Posiciones
- Volumen de almacenamiento
- Utilización cúbica de almacenamiento
- Altura del Cedi
- Tipo de almacenamiento
- Horas de utilización efectiva de los equipos
- Tiempos improductivos
- % de uso efectivo

Posteriormente se determinó la efectividad en el uso de equipos, a través del análisis de efectividad, paros, inactividad y tiempos preoperativos.

Figura No. 47.Distribución en el uso de equipos de movilización



Fuente: Ésta investigación.

Con esta información se procedió al análisis de la correlación de la asignación de equipos de movilización con la demanda de posiciones logísticas, utilizando el software estadístico SPSS, tal y como se muestra a continuación

Tabla Nº9. Análisis de correlación de los equipos de movilización y la demanda

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Demanda	17142.04	1742.193	24
Equipos	8.68	.802	24

Correlaciones

		Demanda	Equipos
Demanda	Correlación de Pearson	1	0,913
	Sig. (unilateral)		.000
	N	24	24
Equipos	Correlación de Pearson	0,913	1
	Sig. (unilateral)	.000	
	N	24	24

Fuente: Esta investigación

Los datos obtenidos a través del software SPSS, muestran una alta correlación positiva de la asignación equipos de movilización y la demanda de posiciones logísticas, equivalente a 0.913, lo que permite considerar la asignación de los equipos de movilización como una variable dependiente en el sistema.

2.2.2 Demanda de fuerza de trabajo

Para el análisis de mano de obra se tomaron datos históricos de 24 meses (años 2013 y 2014),, obteniendo los siguientes campos:

- Cantidad de personas
- Costo mensual de la mano de obra
- Área atendida
- Altura del centro de distribución

Una vez recolectada la información se analizó la correlación de la asignación de la fuerza de trabajo con la demanda de posiciones logísticos, utilizando el software estadístico SPSS, tal y como se muestra a continuación

Tabla Nº10. Análisis de correlación de la fuerza de trabajo y la demanda

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación estándar	N
Demanda	17142.04	1742.193	24
FuerzaTrabajo	62.08	8.431	24

Correlaciones

		Demanda	FuerzaTrabajo
Demanda	Correlación de Pearson	1	0,966
	Sig. (unilateral)		.000
	N	24	24
FuerzaTrabajo	Correlación de Pearson	0.966	1
	Sig. (unilateral)	.000	
	N	24	24

Fuente: Esta investigación

Lo anterior denota una alta correlación positiva de la asignación de la fuerza de trabajo y la demanda de posiciones logísticas, equivalente a 0.966, lo que permite considerar la fuerza de trabajo como una variable dependiente en el sistema y que como se verá más adelante, actúa en el modelo como una variable de nivel dependiente de la demanda proyectada.

2.2.3 Otros recursos

De acuerdo con la información del estado de resultados del operador logístico, se determinaron otros recursos necesarios para la operación del centro de distribución y que a su vez, al ser asignados influyen sobre el costo de la operación logística.

- Mantenimiento

- Servicios públicos
- Vigilancia
- Inversiones requeridas, traducidas posteriormente en depreciaciones

Estos recursos se analizaron para determinar su relación con la capacidad del centro de distribución, asociado con el área, personal y equipos.

Tabla Nº11. Análisis de correlación

		Área	Altura	Vigilancia	Mantenimiento	Nómina	Servicios Públicos
Área	Pearson Correlation	1.000	-0.856	0.968	0.985	0.985	0.988
	Sig. (2-tailed)		0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	N	24	24	24	24	24	24
Nómina	Pearson Correlation	0.985	-0.878	0.986	1.000	1.000	0.999
	Sig. (2-tailed)	0.0	0.1	0.0	0.0		0.0
	N	24	24	24	24	24	24
Servicios Públicos	Pearson Correlation	0.988	-0.855	0.992	0.997	0.999	1.000
	Sig. (2-tailed)	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	
	N	24	24	24	24	24	24

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Fuente: Esta investigación

Tabla Nº12. Relación vigilancia con capacidad del CEDI (metros cuadrados)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
			Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-5488699,762	4899796,62		-1,1201893	0,37909142
	M2	2598,330379	476,005367	0,96803924	5,45861572	0,03196076
a. Dependent Variable: Vigilancia						

Fuente: Esa investigación

Tabla Nº13. Interpretación de la variable costo de vigilancia

Parámetro	Interpretación
$\hat{B}_0 = -5488699,762$	El valor de la vigilancia cuando las demás variables son cero.
$\hat{B}_1 = 2598,33$	Por cada m2 que incremente el área, el valor de la vigilancia aumentará en $2598,33

Ecuación de regresión múltiple que relaciona las variables:	
$\hat{Y}_i = \hat{B}_0 + \hat{B}_1 X_{1i}$	$\hat{Y}_i = -5488699.762 + 1598.33 X_{1i5i}$

Fuente: Esta investigación

Tabla Nº14. Relación mantenimiento con capacidad del CEDI (metros cuadrados)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
			Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-8195191,203	2879904,44		-2,84564692	0,10449164
	M2	2255,187375	279,776913	0,98495573	8,06066288	0,01504427

a. Dependent Variable: Maintance

Fuente: Esta investigación

Tabla Nº15. Interpretación de la variable costo de mantenimiento

Parámetro	Interpretación
$\hat{B}_0 = -819519{,}2$	El valor de mantenimiento cuando las demás variables son cero.
$\hat{B}_1 = 2255{,}18$	Por cada metro cuadrado que incremente el área, el valor de la vigilancia aumentará en $2255,18
Ecuación de regresión múltiple que relaciona las variables:	
$\hat{Y}_i = \hat{B}_0 + \hat{B}_1 X_{1i}$	$\hat{Y}_i = -819519.2 + 2255.18 X_{1i5i}$

Fuente: Esta investigación

Tabla Nº16. Relación del costo de servicios públicos con la fuerza de trabajo

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
			Std. Error	Beta		
1	(Constant)	412109,7872	1083046,61		0,38050974	0,74017937
	nomina	0,213408773	0,00738584	0,99880437	28,8942993	0,00119563
a. Dependent Variable: servicios						

Fuente: Esta investigación

Tabla Nº17. Interpretación de la variable costo de mantenimiento

Parámetro	Interpretación
$\hat{B}_0 = 412109{,}78$	El valor de servicios públicos cuando las demás variables son cero.
$\hat{B}_1 = 0{,}213$	Por cada peso incrementando en nómina, el valor de los servicios públicos aumentará en $0,213
Ecuación de regresión múltiple que relaciona las variables:	

$\hat{Y}_i = \hat{B}_0 + \hat{B}_1 X_{1i}$	$\hat{Y}_i = 412109.78 + 0.213 X_{1i5i}$

Fuente: Esta investigación

Los datos anteriores, muestran la dependencia de otros recursos necesarios para el desarrollo de la operación logística, como servicios públicos, aseo y vigilancia, mantenimiento y depreciaciones (como resultado de las inversiones necesarias) con las variables de fuerza de trabajo, equipos y metros cuadrados asignados y que al ser integrados en el modelo, permiten planear en conjunto los diferentes recursos necesarios para la prestación del servicio en el centro de distribución.

Los coeficientes obtenidos de las ecuaciones de regresión múltiple, son utilizados posteriormente en el modelo de dinámica de sistemas como variables auxiliares.

2.3 CÁLCULO DE PARÁMETROS DEL MODELO

Para la definición de los parámetros de entrada se emplearon datos suministrados por el operador logístico, resultantes de sus estudios de tiempos y movimiento, considerando posiciones de almacenamiento por metro cuadrado de acuerdo con la altura del centro de distribución (ver Tabla No, 18), desempeño de los equipos empleados (ver Tabla Nº19) y de la fuerza operativa requerida asociada a las condiciones del centro de distribución. (ver Tabla Nº20).

Tabla Nº18. Posiciones por metro cuadrado

Altura	Posiciones por metro cuadrado
8 metros	1,2
12 metros	1,6
18 metros	2

Fuente: Ésta investigación.

Tabla Nº19. Desempeño del equipo de acuerdo con la altura del CEDI

Altura	Posiciones por equipo
8 metros	1430
12 metros	2150
18 metros	2650

Fuente: Ésta investigación.

Tabla Nº20. Desempeño fuerza de trabajo por metro cuadrado y altura

Altura	Posiciones por persona
8 metros	131
12 metros	301
18 metros	368

En el modelo se consideran las demoras por mes que se presenta en la asignación y desasignación de los recursos, como son equipos y personal, analizado con respecto a la altura del centro de distribución (ver Tabla Nº21).

Tabla Nº21. Demoras en meses definidas para el modelo

Recurso	Altura	Asignación	Desasignación
Personal		1	0,5
Equipos	8	1	1
	12	1,5	2
	18	2	6

Fuente: Ésta investigación.

2.4 CÁLCULO DE CAPACIDADES

El modelo se centra en el análisis del comportamiento de las capacidades para la atención de servicios logísticos en centros de distribución, de manera que se determine el crecimiento necesario, siguiendo las políticas financieras y técnicas:

- *Demanda agregada de posiciones logísticas* (D_{ilk})*:* definida como la cantidad de posiciones logísticas proyectadas en el mes *i* de acuerdo con la altura *l* y el tiempo de contrato de arrendamiento *k*
- *Capacidad necesaria de posiciones* (Cn_{ilk})*:* definida como la cantidad de posiciones logísticas requeridas en función de la discrepancia de la demanda a servir y la capacidad existente en el sistema en el mes *i* de acuerdo con la altura *l* y el tiempo de contrato de arrendamiento *k*
- *Capacidad instalada de posiciones* (CI_{ilk})*:* definida como el número posiciones logísticas totales utilizables en el espacio disponible en el mes *i* de acuerdo con la altura *l* y el tiempo de contrato de arrendamiento *k*

- *Capacidad utilizada de posiciones* (CU_{ilk})*:* número posiciones logísticas totales utilizadas de acuerdo con la demanda a atender y la capacidad del sistema en el mes *i* de acuerdo con la altura *l* y el tiempo de contrato de arrendamiento *k*
- *Capacidad necesaria de equipos* (CEi_{lk})*:* definida como la cantidad de equipos de movilización en el mes *i* de acuerdo con la altura *l* y el tiempo de contrato de arrendamiento *k*
- *Capacidad instalada por equipos de movilización* (CIE_{ilk})*:* definida como la cantidad de posiciones a atender de acuerdo con los equipos de movilización asignados en el mes *i* de acuerdo con la altura *l* y el tiempo de contrato de arrendamiento *k*
- *Capacidad utilizada de equipos* (CUE_{ilk}*:* posiciones utilizadas equivalentes a los equipos asignados de acuerdo con la demanda a atender y la capacidad del sistema en el mes *i* de acuerdo con la altura *l* y el tiempo de contrato de arrendamiento *k*
- *Capacidad necesaria de fuerza de trabajo* (CFi_{lk})*:* definida como la fuerza de trabajo necesaria requeridos en el mes *i* de acuerdo con la altura *l* y el tiempo de contrato de arrendamiento *k*
- *Capacidad instalada por la fuerza de trabajo* (CIF_{ilk})*:* definida como la cantidad de posiciones a atender de acuerdo con la fuerza de trabajo disponible *k* en el mes *l*
- *Capacidad utilizada de equipos* (CUF_{ilk})*:* posiciones utilizadas equivalentes a la fuerza de trabajo asignada de acuerdo con la demanda a atender y la capacidad del sistema en el mes *i* de acuerdo con la altura *l* y el tiempo de contrato de arrendamiento *k*
- *Capacidad del sistema* (CS_{ilk})*:* número posiciones logísticas que es posible atender e en el mes *i* de acuerdo con la altura *l* y el tiempo de contrato de arrendamiento *k*

$$CS_{ilk} = Min\{CdE_{ilk}\,; CdF_{ilk}\,; CI_{ilk}\}$$

- *Discrepancia de capacidad* (DS_{ilk})*:*definida como la diferencia entre la capacidad del sistema (CS_{ilk}) y la demanda mensual proyectada y la Demanda agregada de posiciones logísticas (D_{ilk})
- *Discrepancia del margen* (DSF_i)*:*definida como la diferencia entre el margen alcanzado y el margen esperado en el mes *i*
- *Discrepancia del precio* (DSP_i)*:*definida como la diferencia entre el precio por posición logística ofrecida y el precio por posición logística del mercado

- *Capacidad ociosa (Co_{ilk}):* definida como la diferencia de la capacidad instalada menos la utilizada,

$$Co_{ilk} = CI_{ilk} - CU_{ilk}$$

- *Asignación de capacidad*: la asignación de capacidad tanto de espacio volumétrico, equipos y fuerza de trabajo está sujeto a la discrepancia del margen deseado contra el logrado.
    - Asignación de capacidad volumétrica: se debe cumplir con una discrepancia máxima permitida del margen esperado y una necesidad constante durante los últimos 6 meses de mayor o igual a 3500 m^2 para almacenes de 8 y 12 metros de altura y de 2500 m^2 para almacenes de 16 metros de altura

$$Almacenes\ de\ 8\ y\ 12\ metros\ de\ altura: DSF_{ilk} < 0{,}5\ \wedge \frac{\sum_{i=1}^{6} DS_{ilk}}{6} \geq 3500$$

$$Almacenes\ de\ 18\ metros\ de\ altura: DSF_{ilk} < 0{,}5\ \wedge \frac{\sum_{i=1}^{6} DS_{ilk}}{6} \geq 2500$$

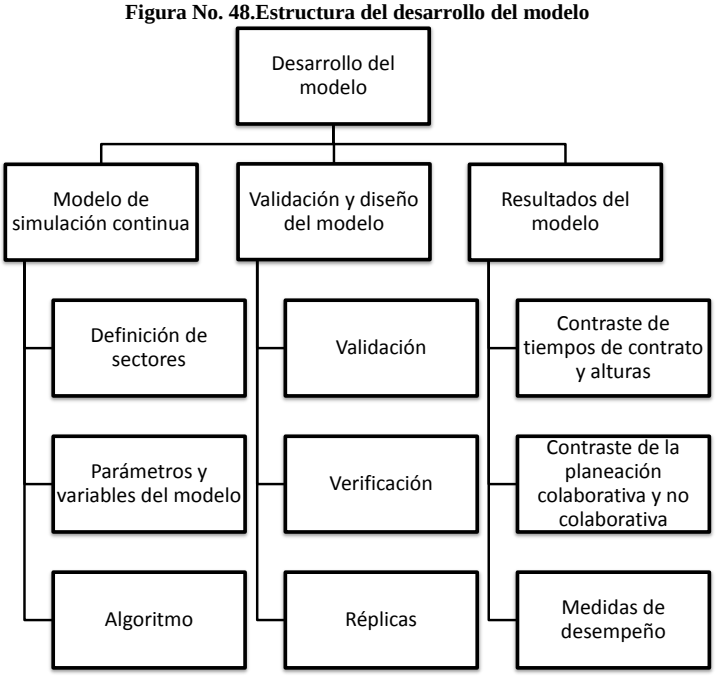
    - Asignación de capacidad en equipos y fuerza de trabajo: se debe cumplir con una discrepancia máxima permitida del margen esperado

$$DSF_{ilk} < 0{,}5$$

3. DESARROLLO DEL MODELO

El desarrollo del modelo se fundamentó en el objeto de estudio y en las etapas propuestas por Sterman [49] para los modelos dinámicos (ver Figura No. 48).

Figura No. 48.Estructura del desarrollo del modelo



Fuente: Ésta investigación.

3.1 MODELO DE SIMULACIÓN CONTINUA

3.1.1 Definición de Sectores

El servicio logístico de almacenamiento en centro de distribución requiere de diversos componentes los cuales se estructuran para dar origen a la prestación o producción del servicio y que son representados a través de los sectores que caracterizan el sistema:

a. Demanda y capacidad volumétrica del sistema: generador de la demanda a atender y la capacidad almacenamiento en posiciones logísticas.

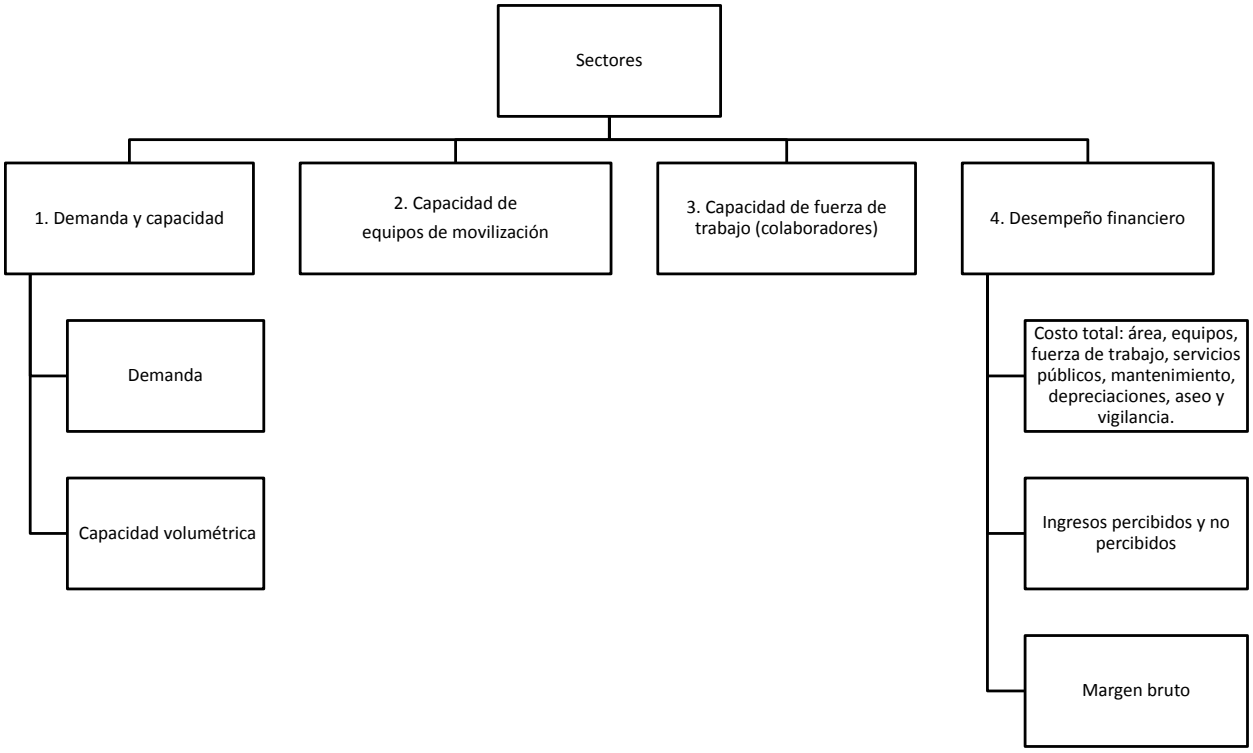
b. Equipos de movilización: recurso cuya asignación hace parte de la capacidad total del sistema.

c. Fuerza de trabajo (colaboradores): recurso cuya asignación hace parte de la capacidad total del sistema.

d. Desempeño financiero: asociado al comportamiento de los costos por la asignación de los recursos, ingresos y precio ofertado al mercado, que determina la viabilidad y continuidad del negocio.

Los sectores definidos se presentan en la figura siguiente:

Figura No. 49.Sectores del modelo

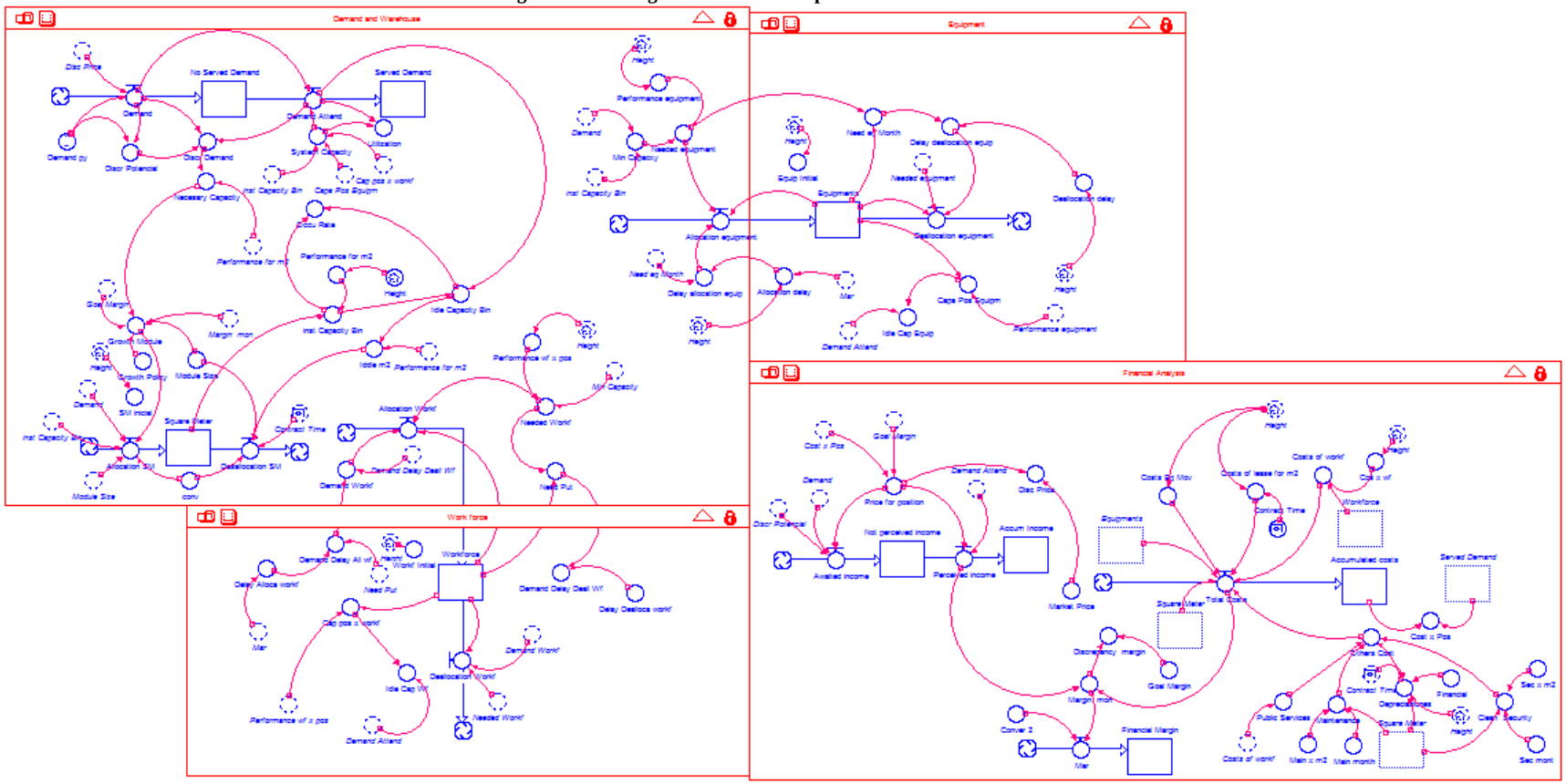


Fuente: Esta investigación.

3.1.2 Diagrama de Forrester

El diagrama de Forrester para los sectores empleados en la validación del comportamiento del modelo, se muestran en la Figura No. 50.

Figura No. 50.Diagrama de Forrester para los sectores de validación

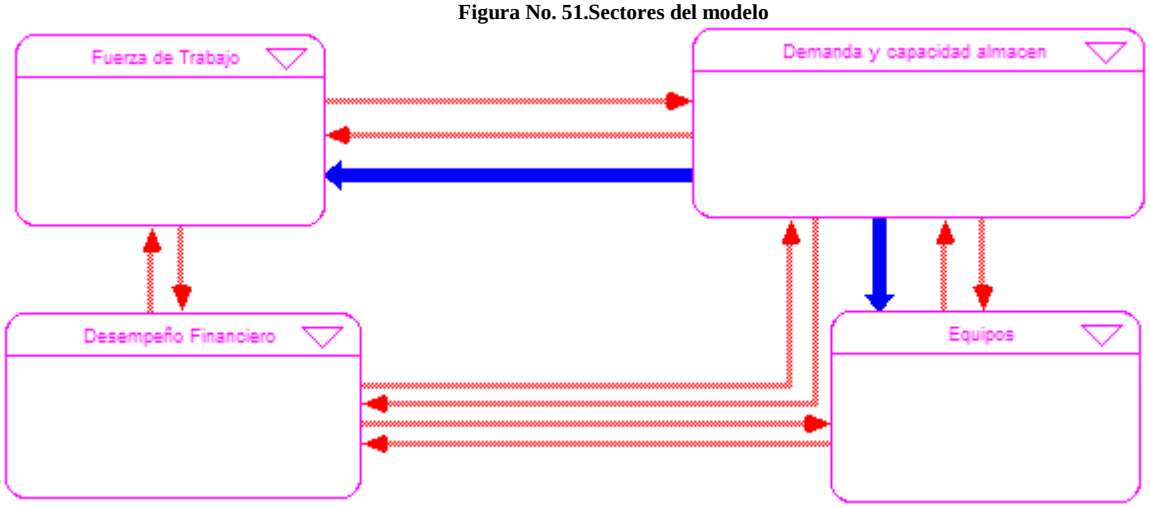


Fuente: Ésta investigación.

3.1.2.1 Descripción de los sectores del modelo

Con el objetivo de analizar el modelo, se desarrollaron cuatro sectores que recogieran el comportamiento del mismo y que permiten la generación de las medidas de desempeño.

Figura No. 51.Sectores del modelo



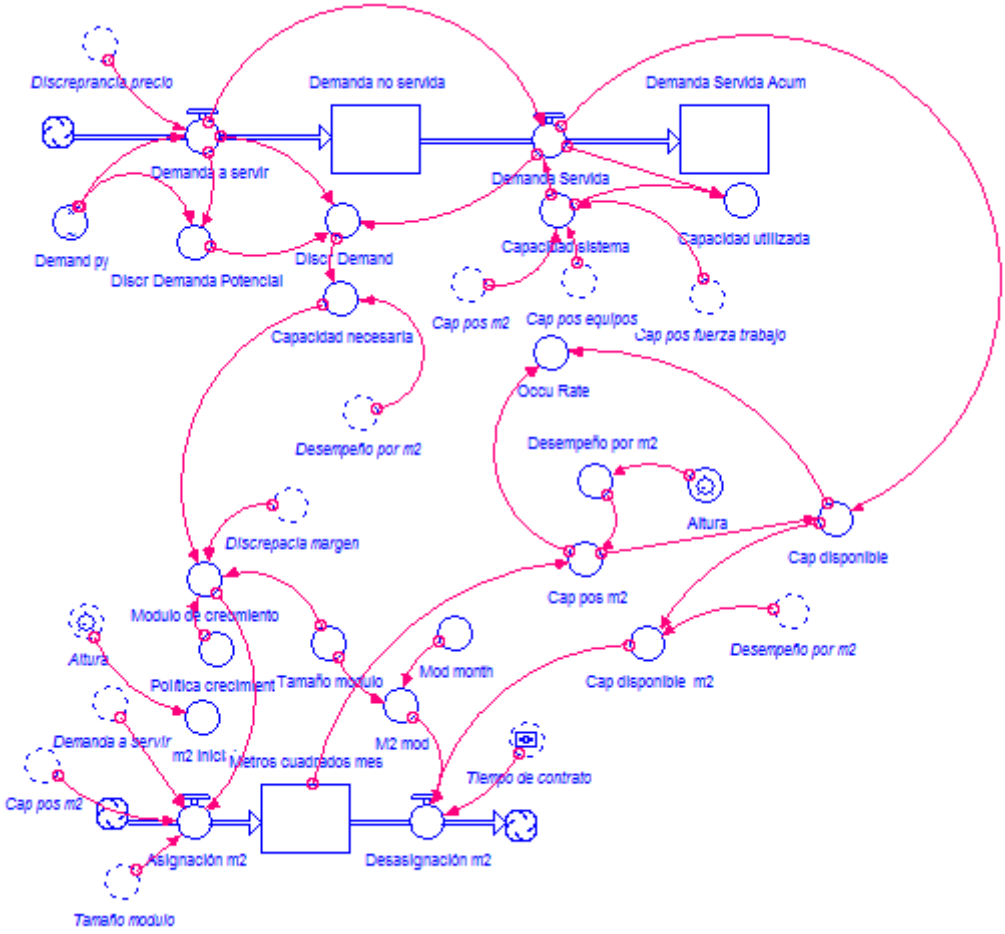
Fuente: Esta investigación

3.1.2.2 Sector de Demanda y capacidad de posiciones

Para la proyección de la demanda agregada y de la capacidad volumétrica colaborativa requerida que permita atender las posiciones logísticas necesarias, se usaron medidas de desempeño como la demanda agregada servida[1], la capacidad utilizada, capacidad necesaria e índice de ocupación, los cuales están sujetos a la altura del centro de distribución y tiempo de contrato de arrendamiento de la instalación, lo que genera unos costos logísticos que hacen parte del margen bruto del ejercicio y que condicionan el crecimiento del almacén colaborativo a nivel de metros cuadrados asignados.

[1] Demanda agregada servida: demanda total atendida, a partir de la agrupación de las necesidades de 2 o más clientes del proveedor logístico.

Figura No. 52. Demanda y capacidad de almacenamiento

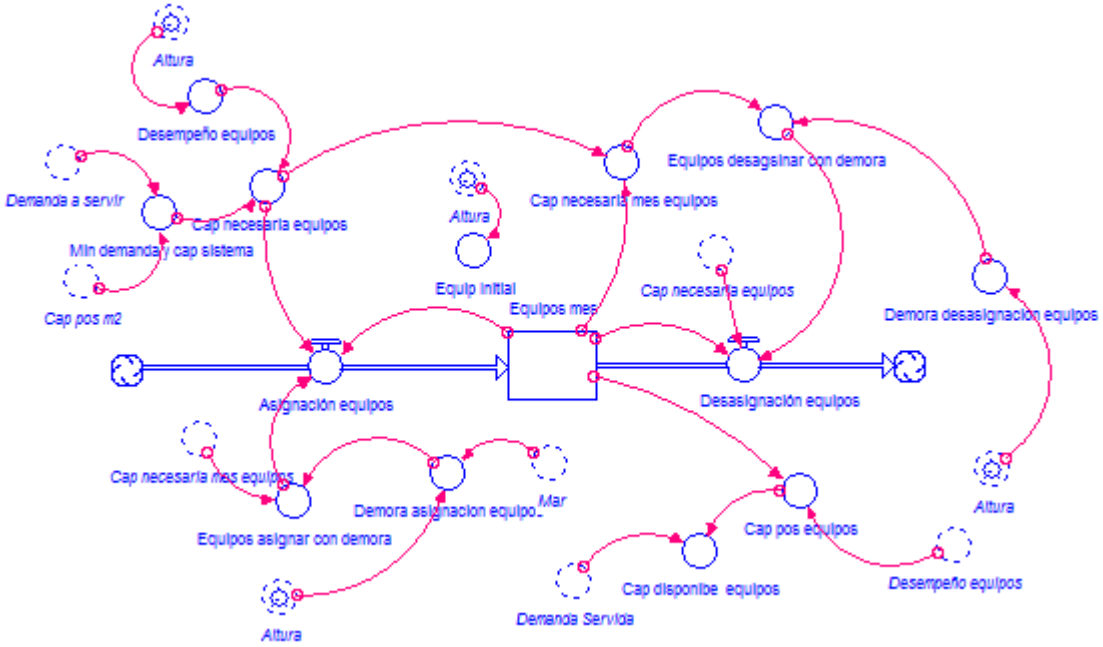


Fuente: Esta investigación

3.1.2.3 Sector de equipos de movilización

En la asignación de equipos de movilización, a partir de la altura analizada, se determina el desempeño del equipo de acuerdo con la productividad alcanzada según sus características, lo que permite calcular la necesidad de asignar o desasignar equipos, lo anterior asociado a la capacidad instalada en posiciones por efecto de la demanda agregada proyectada.

Figura No. 53.Diagrama de Forrester: Sector Equipos de Movilización

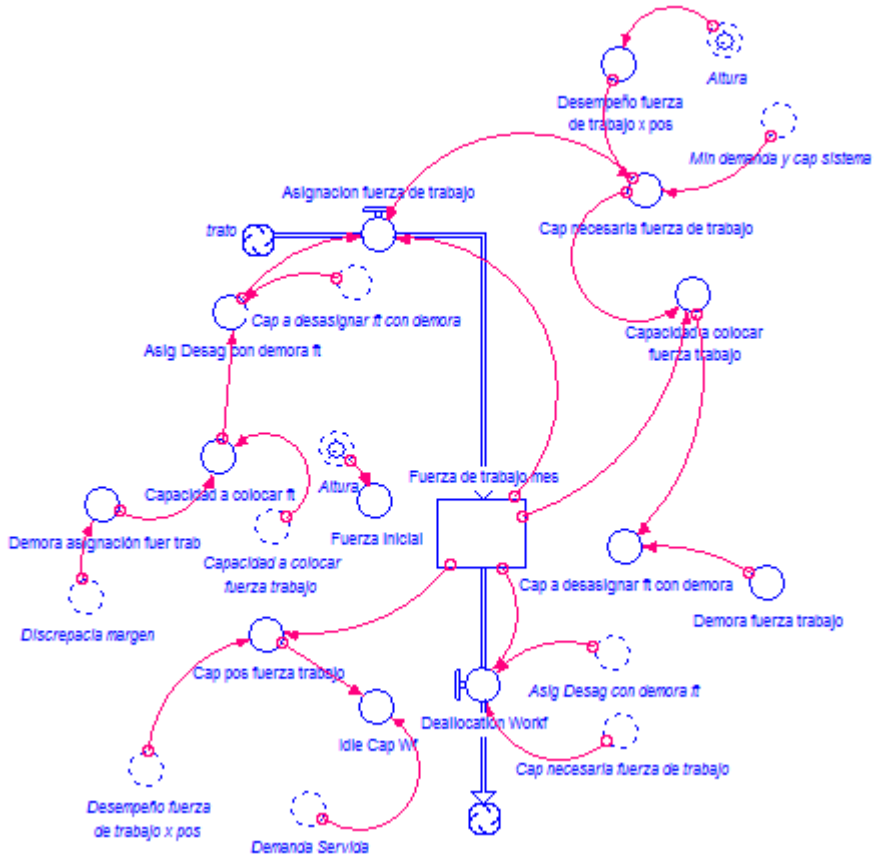


Fuente: Esta investigación

3.1.2.4 Sector de fuerza de trabajo

Para el sector de la asignación de fuerza de trabajo, la altura del centro de distribución y la capacidad consolidada a atender definida por la proyección de la demanda agregada, define la asignación o desasignación colaborativa del personal, dependiente de un cumplimiento la política del margen bruto meta, afectado por los costos logísticos, que entre otros elementos está sujeto al tiempo de contrato de la instalación, incidiendo sobre la demanda total del sistema.

Figura No. 54.Diagrama de Forrester: Sector Fuerza de Trabajo

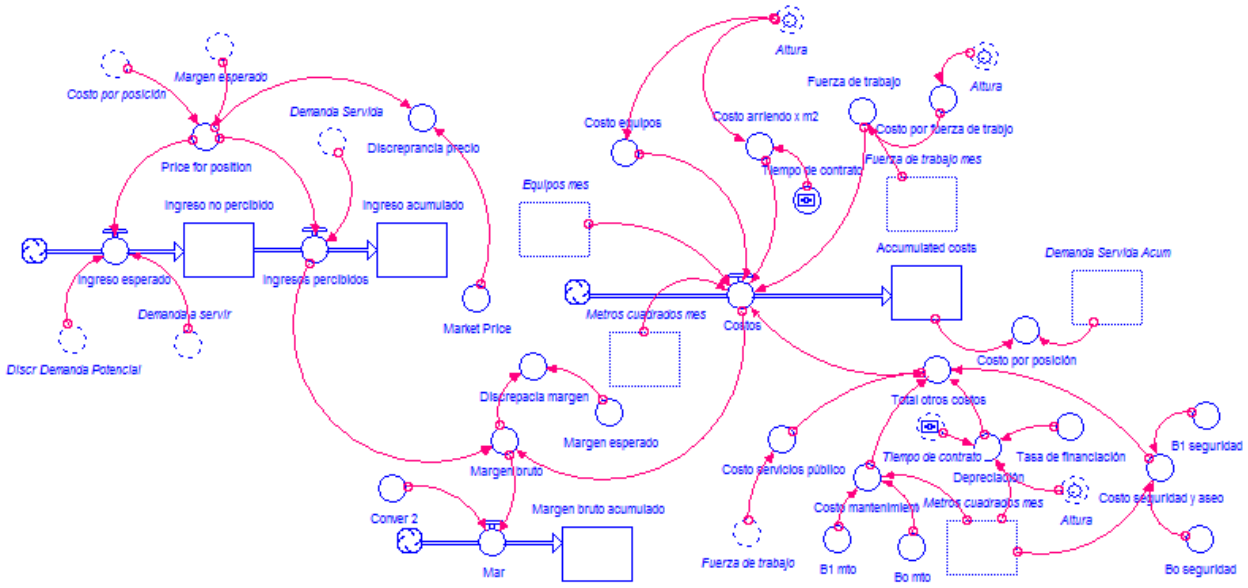


Fuente: Esta investigación

3.1.2.5 Sector de desempeño financiero

Con el cálculo de la capacidad del sistema, dependiente de los tres sectores: espacio volumétrico, equipos de movilización y fuerza de trabajo, se determina la demanda a atender como resultado de los recursos colaborativos disponibles, lo cual genera costos asociados a otros recursos, como son vigilancia, servicios públicos, mantenimiento y depreciaciones. La sumatoria de los costos asociados a todos los recursos, determina el costo del servicio y como consecuencia de ello, el precio de venta. Con estos elementos es posible calcular el desempeño de cada escenario, donde el objetivo es incrementar el margen bruto y la demanda servida como resultado de la operación logística.

Figura No. 55.Diagrama de Forrester: Sector Análisis Financiero



Fuente: Esta investigación

3.1.3 Parámetros y variables del modelo

De acuerdo a lo anterior se definieron los subíndices para los recursos, como se muestra en el Tabla Nº22.

Tabla Nº22. Subíndices del modelo

N°	Subíndice	Descripción	Iteración
1	i	Mes	(1, 2, 3,…, 60)
2	l	Altura	(1=8, 2=12, 3=18)
3	k	Tiempo de contrato	(1=60; 2=120)

Fuente: Ésta investigación.

Los parámetros, su descripción y unidad de media se muestran Cuadro 8.

Cuadro 8.Parámetros del modelo

N°	Nombre	Descripción	Unidad de medida
1	Desempeño de fuerza de trabajo	Cantidad de posiciones que atiende cada colaborador de acuerdo con el tipo de infraestructura del almacén	Posiciones/persona
2	Desempeño del equipo	Cantidad de posiciones que atiende el equipo de acuerdo con la altura	Posiciones/equipo
3	Desempeño de posiciones por m2	Cantidad de posiciones por metro cuadrado de acuerdo con la altura	Posiciones/m2
4	Política de crecimiento	Política que indica cuando es aceptado el crecimiento de capacidad	Metros cuadrado
5	Demora en la asignación de equipos	Tiempo que transcurre para la colocación de un equipo	Meses

6	Demora en la desasignación de equipos	Tiempo que transcurre para el retiro de un equipo	Meses
7	Tasa de financiación	Tasa para la financiación de inversiones	Tasa
8	Margen bruto meta	Política de la compañía sobre el margen meta	Tasa
9	Precio del mercado	Precio ofertado en el mercado por posición	Pesos/posición
10	Tiempo de contrato	Tiempo pactado para tener en figura de arrendamiento la locación	Mes
11	Demora en la asignación de fuerza de trabajo	Tiempo transcurrido desde la solicitud hasta la colocación de la fuerza de trabajo	Mes
12	Demora en la desasignación de fuerza de trabajo	Tiempo transcurrido desde la solicitud hasta el retiro de la fuerza de trabajo	Mes

Fuente: Ésta investigación.

Las variables de nivel empleadas en el modelo se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9.Variables de nivel del modelo

N°	Nombre	Descripción	Unidad de medida
1	Demanda servida	Demanda atendida acumulada de acuerdo con la capacidad disponible	Posiciones/mes
	Demanda no servida	Demanda no atendida de acuerdo con la capacidad disponible	Posiciones/mes
2	Metros cuadrados	Metros cuadrados asignados en el sistema	m^2/mes
3	Equipos en el sistema	Equipos asignados para atender la demanda	Equipos/mes
4	Fuerza de trabajo	Fuerza de trabajo (personas) asignadas para atender la demanda	Persona/smes
5	Costos acumulados	Costos totales por la operación en el mes l	Pesos
6	Ingresos acumulados	Ingresos totales por la operación en el mes l	Pesos
7	Ingreso no percibido	Ingresos totales no percibidos por falta de capacidad	Pesos
8	Margen bruto acumulado	Indicador acumulado del ejercicio de la utilidad bruta sobre los ingresos	Tasa

Fuente: Ésta investigación.

Las variables de flujo empleadas en el modelo se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10.Variables de flujo del modelo

N°	Nombre	Descripción	Unidad de medida
1	Demanda esperada	Demanda basada en la proyección y el contraste contrate con la discrepancia de precio	Posiciones/ mes
2	Demanda servida	Demanda servida mes de acuerdo con la capacidad	Posiciones/mes
3	Metros cuadrados asignados	Metros cuadros asignados de acuerdo con el crecimiento requerido y el cumplimiento de políticas constructivas y financieras	m^2/mes
4	Metros cuadrados desasignados	Metros cuadros entregados de acuerdo con el crecimiento requerido y el cumplimiento de políticas constructivas y financieras	m^2/mes
5	Equipos asignados	Equipos colocados de acuerdo con la necesidad y la demora	Equipos/mes
6	Equipos desasignados	Equipos retirados de acuerdo con la necesidad y la demora	Equipos/mes
7	Fuerza de trabajo asignada	Fuerza de trabajo colocada de acuerdo con la necesidad y la demora	Personas/mes
8	Fuerza de trabajo desasignada	Fuerza de trabajo retirada de acuerdo con la necesidad y la demora	Personas/mes
9	Ingreso percibido	Ingreso total de la posición logística de almacenamiento en el mes l	Pesos/mes
10	Ingreso no percibido	Ingreso no percibido resultante de la demanda no atendida en el mes l.	Pesos/mes
11	Costo total	Costo total mensual de la posición logística de almacenamiento	Pesos/mes
12	Margen bruto	Margen bruto mensual	Tasa
1	Capacidad utilizada	Capacidad utilizada en posiciones en el mes l	Posiciones/ mes

Fuente: Ésta investigación.

Las variables auxiliares empleadas en el modelo se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 11.Variables auxiliares del modelo

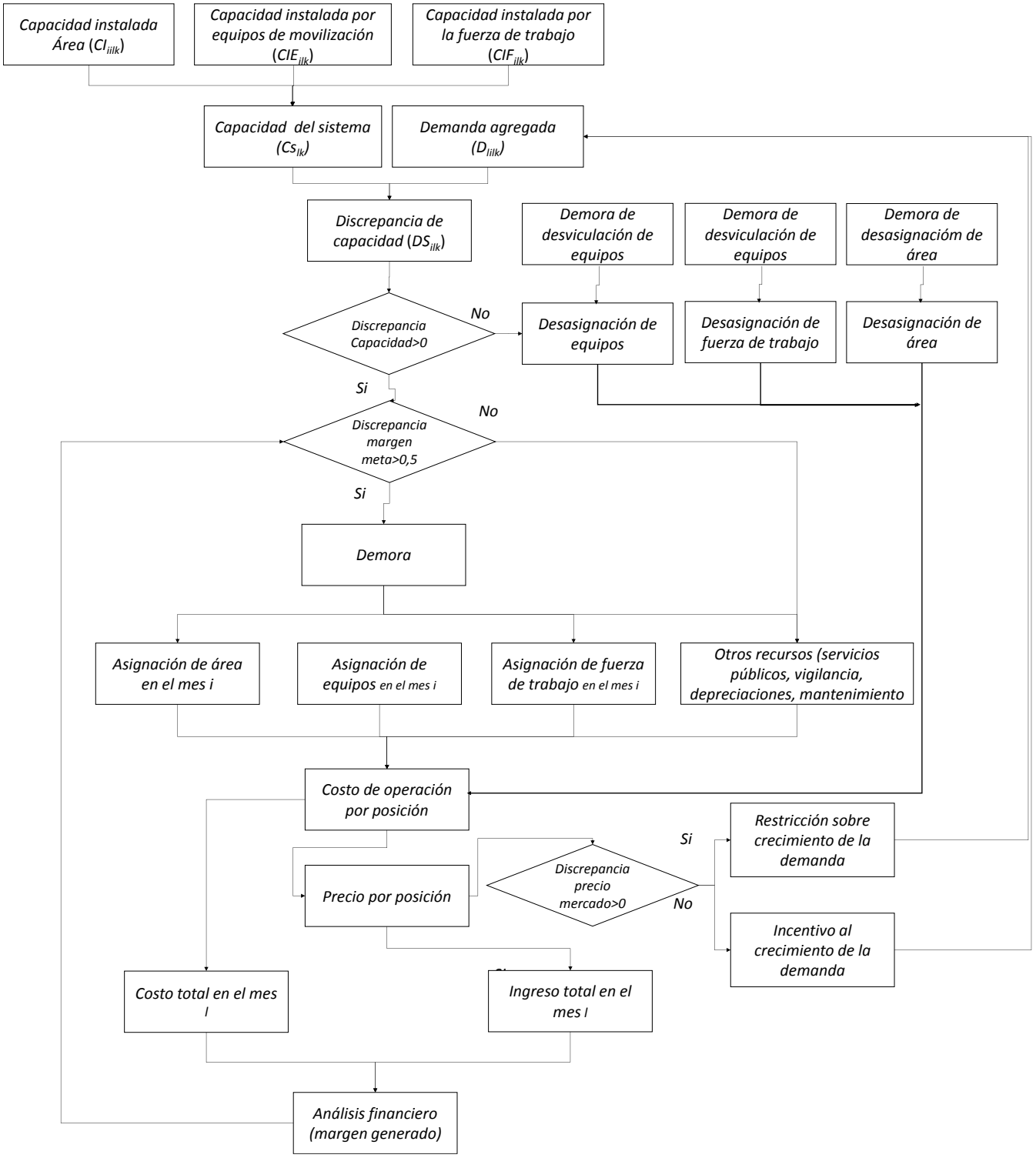
N°	Nombre	Descripción	Unidad de medida
1	Capacidad disponible de posiciones	Capacidad en posiciones no utilizada en el mes	Posiciones/mes
2	Capacidad disponible de equipos	Capacidad de equipos equivalentes a en posiciones no utilizada en el mes i	Posiciones/mes
3	Capacidad disponible de fuerza de trabajo	Capacidad de personas equivalentes a en posiciones no utilizada en el mes i	Posiciones/mes
4	Capacidad por asignación de equipo	Capacidad en posiciones de acuerdo con los equipos asignados en el mes i	Posiciones/mes
5	Capacidad por asignación de personas	Capacidad en posiciones de acuerdo con las personas asignadas en el mes i	Posiciones/mes
6	Capacidad por asignación de metros cuadrados	Capacidad en posiciones de acuerdo con los metros cuadrados asignadas en el mes i	Posiciones/mes
7	Capacidad del sistema	Capacidad máxima del sistema de acuerdo con los recursos asignados al mes i	Posiciones/ mes
8	Demanda proyectada	Demanda pronosticada en el mes i	Posiciones/mes
9	Discrepancia de la demanda	Demanda no atendida frente a la demanda esperada en el mes i	Posiciones/ mes
10	Índice de ocupación de las posiciones instaladas	Relación entre la capacidad ociosa de posiciones y la instalada en el mes i	Tasa
11	Índice de ocupación de las capacidad del sistema	Relación entre la capacidad ociosa del sistema y la instalada en el mes i	Tasa
12	Módulo de crecimiento	Cantidad de módulos a crecer de acuerdo con la demanda, la política financiera y de infraestructura	Módulos/mes
13	Capacidad necesaria	Metros cuadrados requeridos de acuerdo con la discrepancia de la demanda	m^2/mes
14	Equipos necesarios	Equipos requeridos de acuerdo con la capacidad instalada y la demanda esperada en el mes i	Equipos/mes
15	Fuerza de trabajo necesaria	Fuerza de trabajo requerida de acuerdo con la capacidad instalada y la demanda esperada en el mes i	Personas/mes
16	Costo de seguridad	Costo de seguridad de acuerdo con la capacidad instalada en el mes i	Pesos/mes
17	Costo de servicios públicos	Costo de servicios ´públicos de acuerdo con la infraestructura y personas asignadas	Pesos/mes
18	Depreciaciones	Costo equivalente a las inversiones depreciadas de acuerdo con el altura del almacén	Pesos/mes
19	Costo de mantenimiento	Costo del mantenimiento de acuerdo con el espacio volumétrico disponible	Pesos/mes
20	Otros costos	Sumatoria de los costos de servicios públicos, vigilancia, depreciaciones y mantenimiento en el mes i	Pesos/mes
21	Costo por metro cuadrado	Costo por metro cuadrado de acuerdo con el tiempo de contrato y altura del centro de distribución	Pesos/m^2
22	Costo por equipo de movilización	Costo por equipo de movilización de acuerdo la altura del centro de distribución	Pesos/equipo
23	Costo por persona	Costo por persona de acuerdo la altura del centro de distribución	Pesos/persona
24	Costo de arrendamiento	Costo equivalente a los metros cuadrado instalados en el mes i.	Pesos/mes
25	Costo de equipos de movilización	Costo equivalente a los equipos de movilización usados en el mes l.	Pesos/mes
26	Costo de fuerza de trabajo	Costo equivalente a la fuerza de trabajo empleada en el mes l.	Pesos/mes
27	Costo por posición	Costo total por posición en el mes l	Pesos/mes
28	Discrepancia del margen	Diferencia entre el margen bruto obtenido y el margen bruto objetivo	Tasa
29	Discrepancia del precio	Diferencia entre el precio ofertado y el precio del mercado en el mes i	Pesos
30	Margen bruto mes	Margen obtenido como resultado de la operación en el mes i	Tasa
31	Precio por posición	Valor de la posición a partir de todo los costos en el mes l	Pesos/posición

Fuente: Ésta investigación.

3.1.4 Definición del algoritmo

El modelo realiza la asignación de recursos (área, espacio volumétrico, equipos de movilización y personal) necesarios para atender la demanda generada en el centro de distribución, siguiendo restricciones dadas por el resultado financiero, condiciones de temporalidad para la asignación de recursos y políticas de crecimiento.

Figura No. 56.Algoritmo para la asignación de recursos colaborativos, comportamiento de la demanda y análisis financiero



Fuente: Ésta investigación.

3.2 VALIDACIÓN Y DISEÑO DEL MODELO

3.2.1 Verificación del modelo

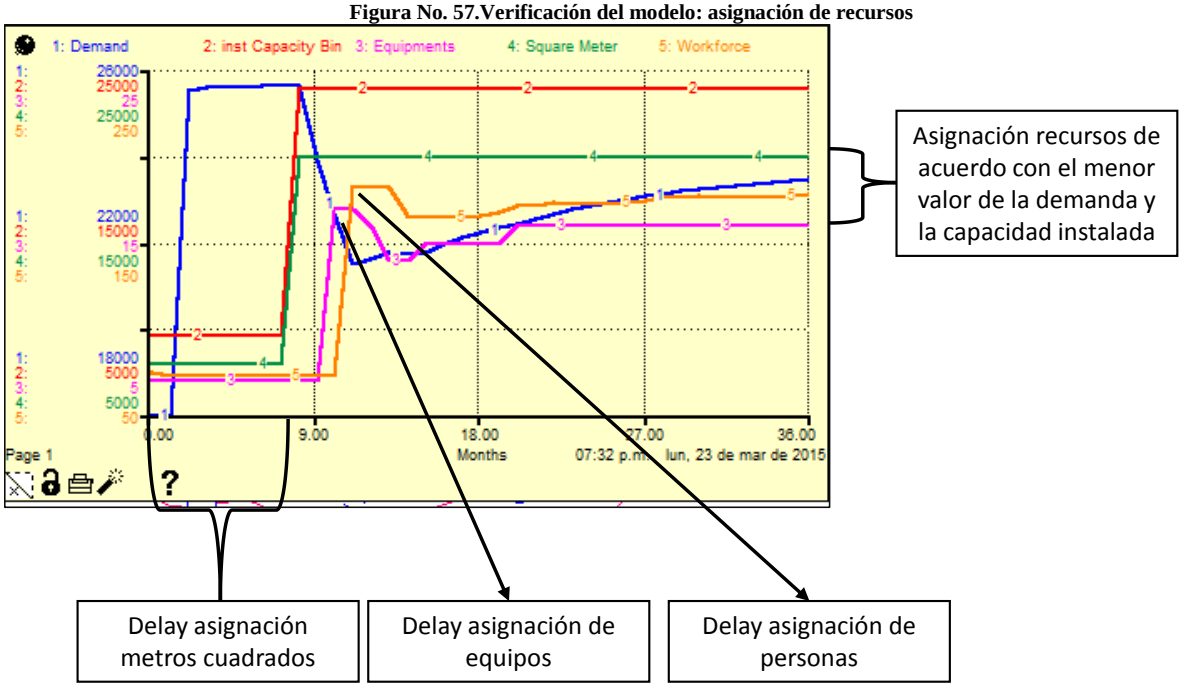
A través del proceso de verificación se determina si la lógica operacional del modelo corresponde con la lógica del diseño, es decir sí la lógica del modelo ha sido bien implementada, para ello se verificó la asignación de recursos, la discrepancia del precio, la demanda, el comportamiento del margen y la capacidad ociosa.

3.2.1.1 Asignación de recursos

La asignación de recursos, está sujeta al menor valor entre la demanda estimada y la capacidad instalada en el centro de distribución y su comportamiento se resume en:

- Sí la capacidad instalada en el centro de distribución y/o la demanda estimada, es mayor que la capacidad disponible se debe aumentar la necesidad de recursos para cumplir con dicha demanda.
- Sí la capacidad instalada en el centro de distribución y/o la demanda estimada, es menor que la capacidad disponible, se debe disminuir la necesidad de recursos para evitar capacidad ociosa.
- Sí la capacidad instalada en el centro de distribución y/o la demanda estimada, es igual que la capacidad disponible, se debe mantener el nivel de recursos asignados.

Figura No. 57.Verificación del modelo: asignación de recursos



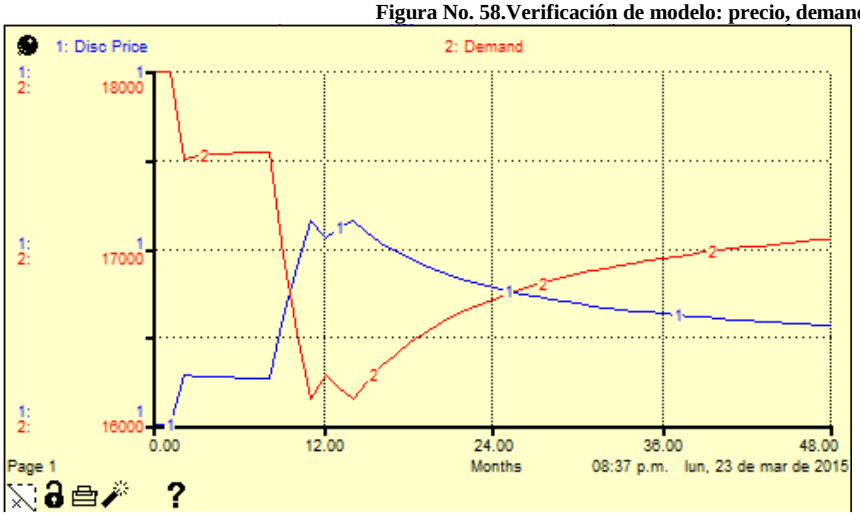
Fuente: Ésta investigación.

- Como se observa la asignación de recursos está sujeto a los *"delays"* definidos para cada caso, por tanto la respuesta del sistema se retarda en búsqueda de la estabilización.

3.2.1.2 Discrepancia del precio, demanda y comportamiento del margen

- Sí hay discrepancias del precio obtenido por la comercialización de la posición logística con respecto al precio del mercado, se impacta la demanda estimada.

Figura No. 58.Verificación de modelo: precio, demanda.

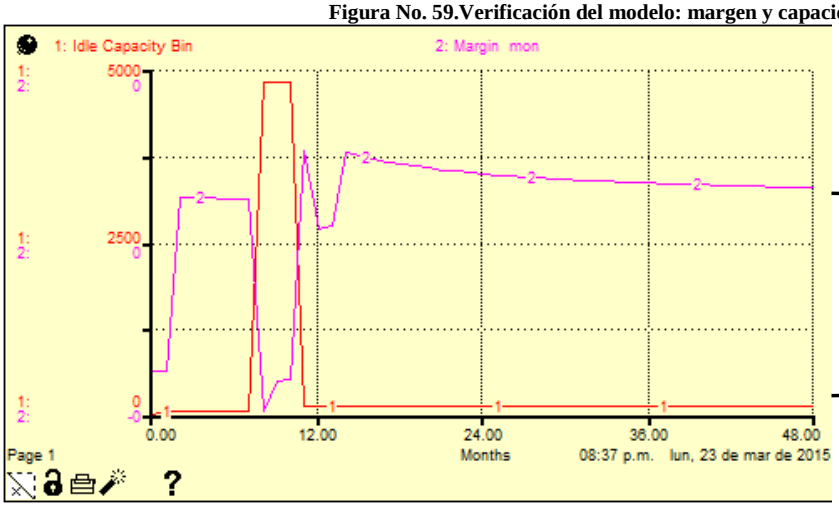


A menor discrepancia con el precio del mercado, la demanda se incrementa y viceversa

Fuente: Ésta investigación.

- En la medida que decrece la capacidad ociosa del sistema, incrementa el margen operacional.

Figura No. 59.Verificación del modelo: margen y capacidad ociosa

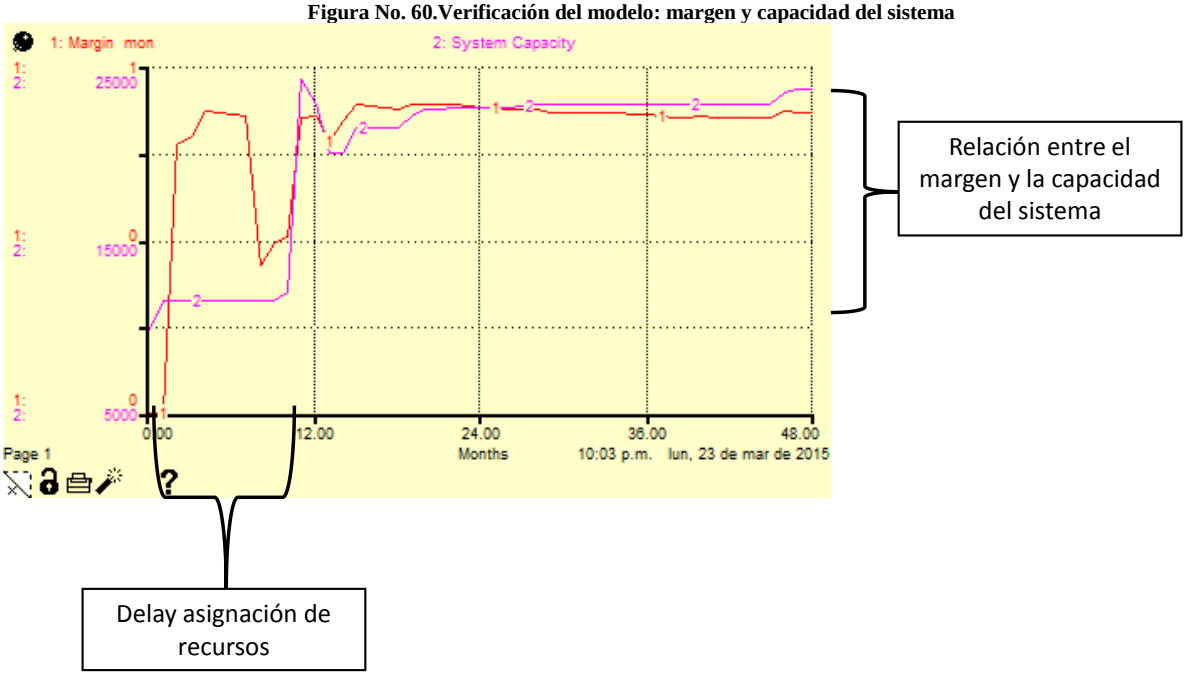


Relación inversa entre la capacidad ociosa y el margen operativo

Fuente: Ésta investigación.

- El crecimiento de la capacidad, está sujeta a mantener una meta a nivel de margen operacional. Sí la meta no se cumple, se frena el crecimiento y por tanto la capacidad del sistema.

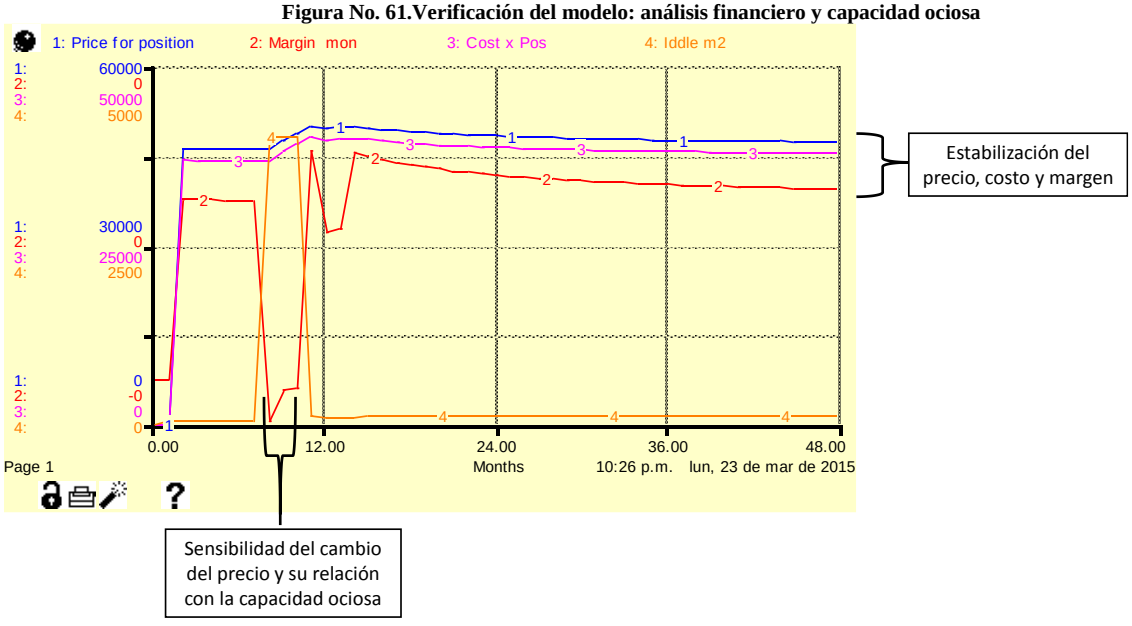
Figura No. 60.Verificación del modelo: margen y capacidad del sistema



Fuente: Ésta investigación.

- El precio ofertado por el servicio, está sujeto al comportamiento del costo, generando un margen operativo, sensible a la capacidad ociosa.

Figura No. 61.Verificación del modelo: análisis financiero y capacidad ociosa



Fuente: Ésta investigación.

3.2.2 Validación del modelo

Para la validación del comportamiento del modelo se realizó el análisis de entrada de la variable independiente, analizando el error cuadrático medio entre la demanda histórica por cliente y la demanda proyectada a través de las funciones de densidad, teniendo en cuenta los siguientes elementos:

Cuadro 12.Aspectos a evaluar en la validación del modelo

Error del pronóstico
$E_t = D_t - P_t$
MAD: *Mean Absolute Error* (Media del Error Absoluto) mide el promedio de los errores en unidades.
MSE: Error cuadratico medio $\mathrm{MSE}_t = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{N} E^2$
Desviación estandar del error $\sigma = \sqrt{MSE}$
MAPE: *Mean Absolute Percent Error* (Media del Error Absoluto en Porcentaje) mide el promedio del error en porcentaje.

Fuente: Esta investigación basado en Bowerman, B. Pronósticos, Series de tiempo y regresión [128]

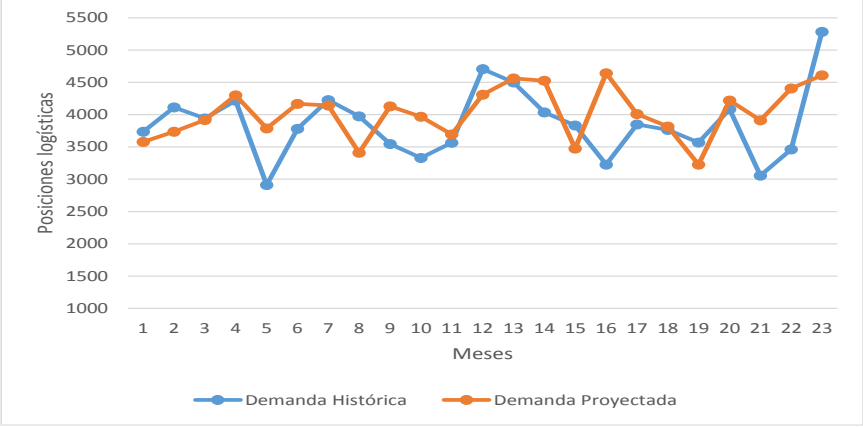
Los datos obtenidos fueron:

Tabla Nº23. Validación de la demanda proyectada

Descripción	Error Absoluto	Error Cuadrático
Sumatoria	9812	6978629
MAD	427	
MSE		303419
Desviación estándar del error		551
MAPE	12%	

Fuente: Esta investigación

Figura No. 62.Contraste de la demanda histórica con la demanda proyectada



Fuente: Esta investigación

Estos datos indican que el error medio en porcentaje de la demanda proyectada es del 12%, es decir que hay una baja desviación entre la demanda real del sistema y la demanda proyectada por el modelo.

Así mismo se realizó la validación del modelo, con las variables precio y costo, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla Nº24. Validación de la variable precio

Descripción	Error Absoluto	Error Cuadrático
Sumatoria	66192	204767752
MAD	2878	
MSE		8902946
Desviación estándar del error		2984
MAPE	9%	

Fuente: Esta investigación

Tabla Nº25. Validación de la variable costo

Descripción	Error Absoluto	Error Cuadrático
Sumatoria	31509	48714661
MAD	1370	
MSE		2118029
Desviación estándar del error		1455
MAPE	5%	

Fuente: Esta investigación

Para la variable precio se obtuvo un error cuadrático medio en porcentaje del 9% y en el caso del costo del 5%, indicando la alta confiabilidad del modelo, como una buena representación del sistema real.

3.2.3 Réplicas del modelo

Para determinar el número de réplicas se utilizó el procedimiento de Welch, siguiendo los siguientes pasos [129]:

a. Se realizó una corrida de prueba de tamaño n=7

b. Se calculó la media y varianza de la muestra
c. Se definió un nivel de significancia de 0.05
d. Se calculó el número de réplicas utilizando:

$$t_{\alpha,n-1} = \sqrt{\frac{(\bar{x}-C)^2}{\frac{\sigma^2}{n}}} \qquad n' = \frac{\sigma^2 * (t_{\alpha,n-1})^2}{(\bar{x}-C)^2}$$

Fuente: Mendez, German. Notas de clase simulación. Bogotá. [129]

Donde:

$\bar{x} = media\ de\ las\ corridas\ piloto$

$C = medida\ de\ desempeño\ histórica$

$\delta^2 = varianza\ de\ las\ corridas\ piloto$

$n = número\ de\ corridas\ piloto$

$n' = número\ de\ réplicas$

Luego de realizados los cálculos, la cantidad de réplicas necesarias son 7, tal y como se muestra a continuación:

Tabla Nº26. Cálculo de réplicas necesarias

Media de las corridas	22186
Varianza de las corridas	3656002
Media histórica	22000
n prueba	7
Nivel de significancia	0.05
Grados de libertad	6
tα, n-1	0.257
Número de réplicas (n´)	7

Fuente: Esta investigación

A través del software StatFit se generaron 7 réplicas de la variable de entrada, demanda proyectada, con tamaño 60 (representando los meses) y se procedió a realizar las corridas del modelo, obteniendo los resultados medios presentados en el numeral 3.3 Resultados del modelo.

3.3 RESULTADOS DEL MODELO

Los resultados del modelo se analizaron a través de las diferentes estrategias que permiten determinar la asignación de recursos (área, personal, equipos) para obtener el mejor margen financiero e ingresos del periodo analizado. Como medidas de desempeño se calcula la utilización de la capacidad, la demanda servida y el margen bruto como resultado de la operación. Finalmente se analiza la convergencia de la utilización de la capacidad y el margen de la operación con el fin de realizar el contraste con la hipótesis dinámica planteada.

El análisis de resultados se realiza a partir de los siguientes contrastes:

- Contraste 1: Evaluación de 6 estrategias para determinar la mejor combinación de altura del centro de distribución y tiempo de contrato de arrendamiento de la instalación.
- Contraste 2:Evaluación y análisis de dos estrategias, modelo de planeación de capacidades colaborativo y no colaborativo

3.3.1 Contraste 1: alturas en el centro de distribución y tiempos de contrato

Las estrategias del modelo para el desarrollo de la infraestructura, se generan a partir de las combinaciones posibles de los siguientes parámetros:

Tabla Nº27. Variaciones en el modelo para el análisis de estrategias

Variaciones del Modelo			
Altura (metros)	8	12	18
Tiempo de contrato (meses)	60	120	

Fuente: Esta investigación

Tabla Nº28. Variaciones en el modelo para el análisis de estrategias

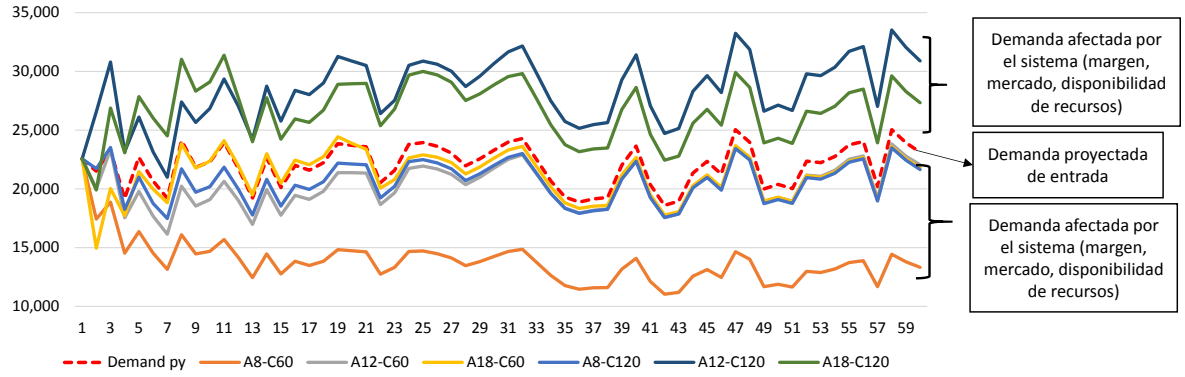
Estrategia	Altura del almacén	Tiempo de contrato
Estrategia 1	8	60
Estrategia 2	8	120
Estrategia 3	12	60
Estrategia 4	12	120
Estrategia 5	18	60
Estrategia 6	18	120

Fuente: Esta investigación

3.3.1.1 Comportamiento de los datos de entrada del modelo

En el análisis de las variables de entrada del modelo, se empleó la variable de demanda de posiciones logísticas agregadas para el total de clientes seleccionados. Como se observa en la figura siguiente, la demanda proyectada se ve afectada por las variaciones del sistema a nivel de altura del almacén y tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones, lo cual incide sobre el comportamiento financiero con impacto en el mercado, incentivando positiva o negativamente la demanda.

Figura No. 63.Comportamiento de la demanda



A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Fuente: Ésta investigación.

La demanda proyectada se ve disminuida en la medida que la altura del almacén es menor, obteniendo las demandas más altas para los casos en que la altura del almacén es de 18 metros y 12 metros con tiempos de contrato de 120 meses.

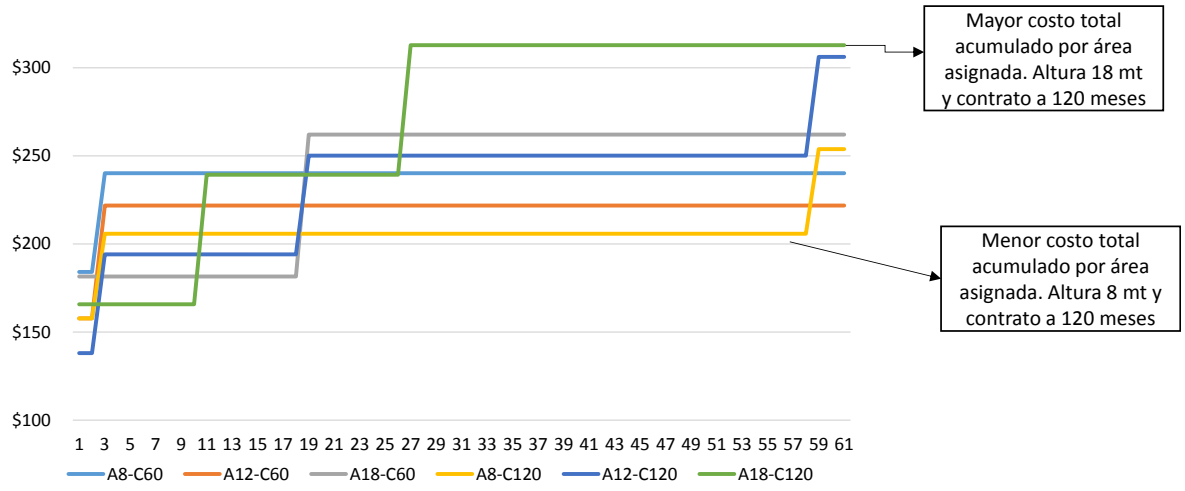
3.3.1.2 Capacidad por asignación de área.

Las variaciones en la demanda, pueden requerir la asignación o desasignación de área asociada a la altura de construcción, lo que permite un mayor aprovechamiento del espacio volumétrico. El espacio disponible en el centro de distribución, determina la capacidad de almacenamiento de mercancía, por tanto la asignación de recursos como el personal y los equipos está sujeta al mínimo valor resultante del contraste entre la demanda y la capacidad de almacenamiento.

La asignación de espacio, está sujeta a una función "Pulso", la cual ocurre tras evaluar la demanda desatendida y el margen alcanzado, con intervalos de 8 meses, tiempo requerido para adecuar la infraestructura necesaria.

Los principales resultados a analizar:

Figura No. 64.Asignación de metros cuadrados y costo asociado



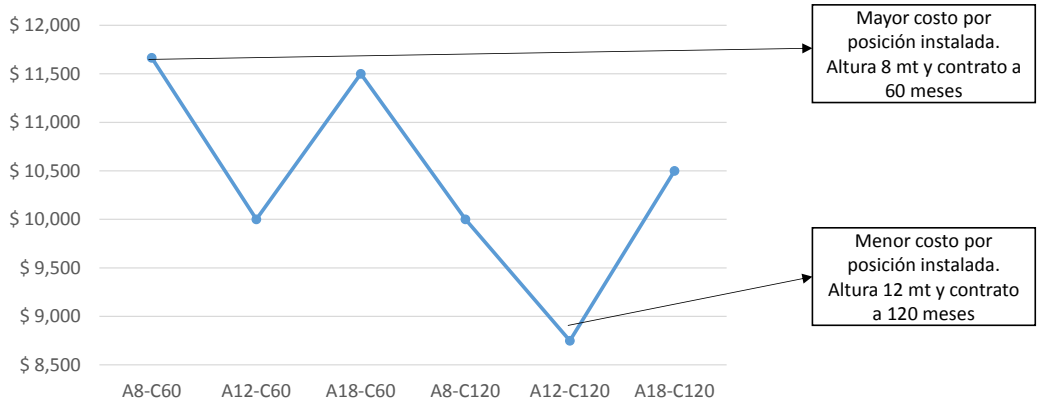
A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Valores en millones de pesos

Fuente: Ésta investigación.

De acuerdo con los valores anteriores, el menor costo total acumulado por concepto de arrendamiento se obtiene en el almacén con infraestructura de 8 mt de altura y 120 meses de contrato, sin embargo el menor valor pagado se debe analizar con respecto al costo por posición de demanda atendida.

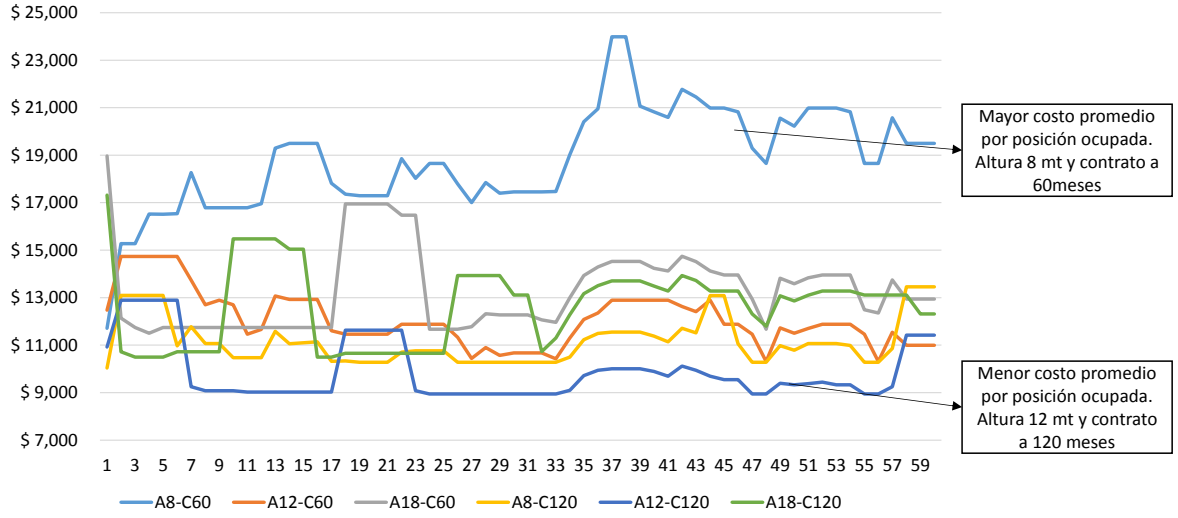
Figura No. 65.Costo de arrendamiento de instalación por posición instalada



A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Fuente: Ésta investigación.

Figura No. 66.Costo de arrendamiento de instalación por posición ocupada



A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Fuente: Ésta investigación.

El menor costo de arrendamiento del almacén por posición instalada se obtiene en centros de distribución con 12 metros de altura y contrato a 120 meses, al igual que la relación de costo de posición ocupada, el cual muestra que la estrategia más adecuada es el correspondiente al centro

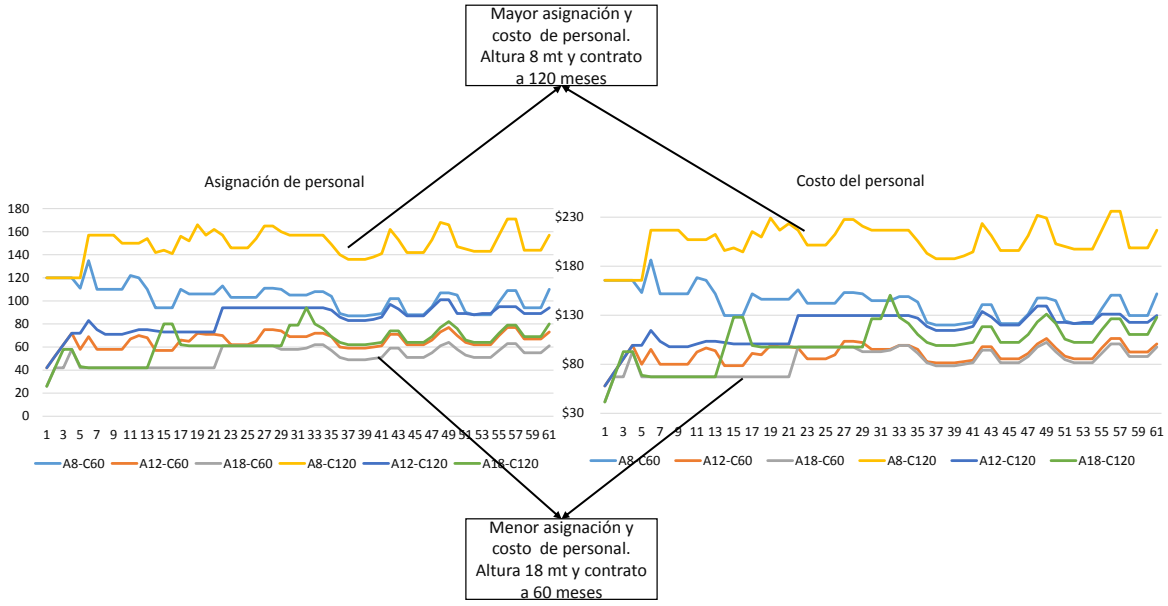
de distribución con 12 metros de almacenamiento libre y contrato a 120 meses, con un costo promedio de $9908 por posición.

3.3.1.3 Capacidad de fuerza laboral

Como principales resultados del desarrollo del modelo relacionados con la asignación de personal se encuentran los siguientes:

- Número de funcionarios asignados por mes para atender la demanda, asociado al costo mensual de dicho recurso.

Figura No. 67.Asignación de personal y costo asociado



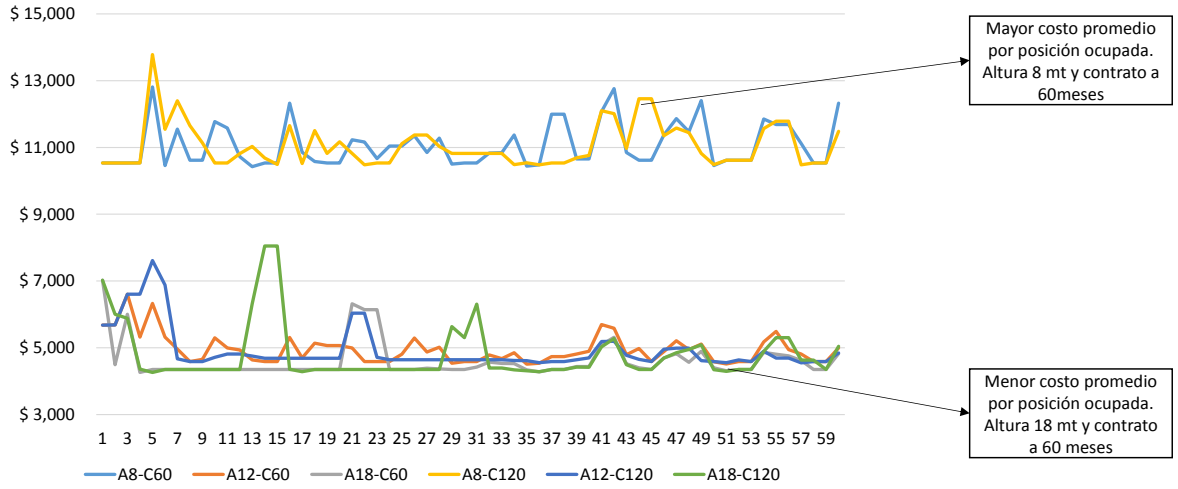
A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Valores en millones de pesos en costo de personal

Fuente: Ésta investigación.

El menor costo total acumulado por concepto de personal se obtiene en el almacén con infraestructura de 18 metros de altura y 60 meses de contrato, sin embargo el menor valor pagado por personal se debe analizar con respecto al costo por posición de demanda atendida.

Figura No. 68.Costo de personal por posición ocupada



A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Fuente: Ésta investigación.

La relación de costo de posición ocupada muestra que la estrategia más adecuada es la correspondiente al centro de distribución con 18 metros de almacenamiento libre y contrato a 60 meses, conservando el comportamiento del costo total de personal. El costo promedio de personal por posición atendida en este caso es de $4805.

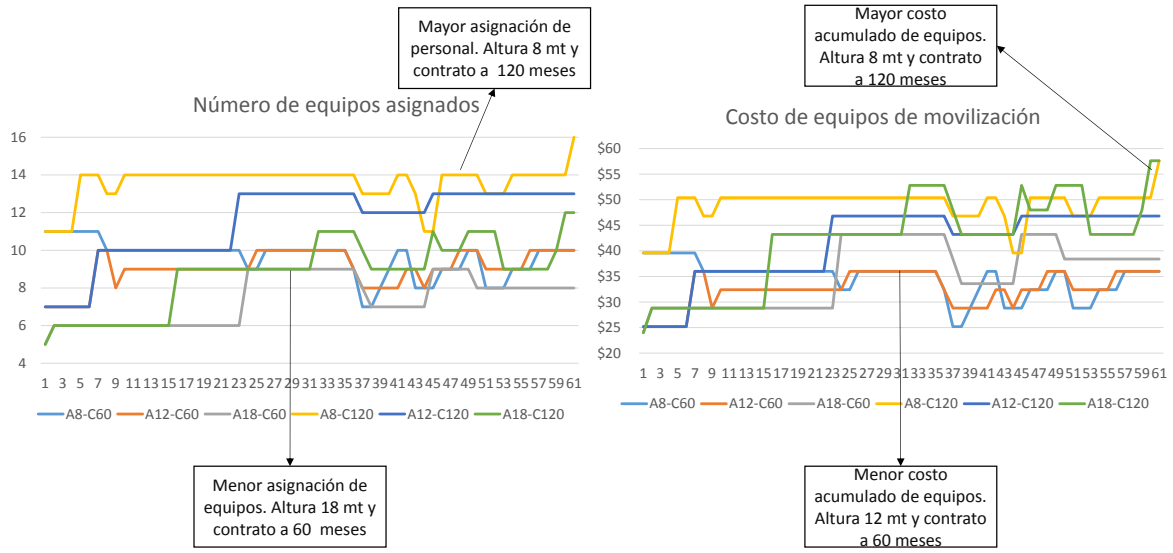
3.3.1.4 Capacidad de equipos de movilización

La asignación de equipos de movilización depende de la demanda y de la capacidad de almacenamiento instalada, acorde al tipo de infraestructura implementada, ya que los equipos deben contratarse según la altura del almacén, lo que genera unos tiempos de contratación distintos por el grado de especialización de la máquina. Adicionalmente, se presentan demoras en la asignación, en la medida que no se alcance el margen financiero objetivo.

Como principales resultados del desarrollo del modelo relacionados con la asignación de equipos se encuentran los siguientes:

- Número de equipos asignados por mes para atender la demanda, asociado al costo mensual de dicho recurso.

Figura No. 69.Asignación de equipos de movilización y costo asociado



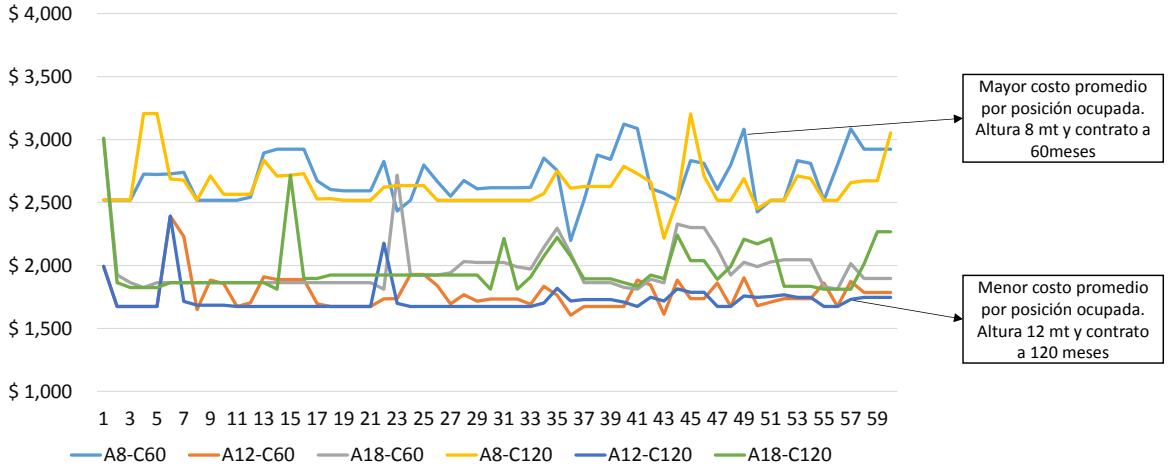
A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Valores en millones de pesos en costo de equipos de movilización

Fuente: Ésta investigación.

El menor costo total acumulado por concepto de equipos de movilización se obtiene en el almacén con infraestructura de 12 metros de altura y 60 meses de contrato, sin embargo el menor valor pagado por equipos de movilización se debe analizar con respecto al costo por posición de demanda atendida.

Figura No. 70.Costo de equipos por posición ocupada



A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Fuente: Ésta investigación.

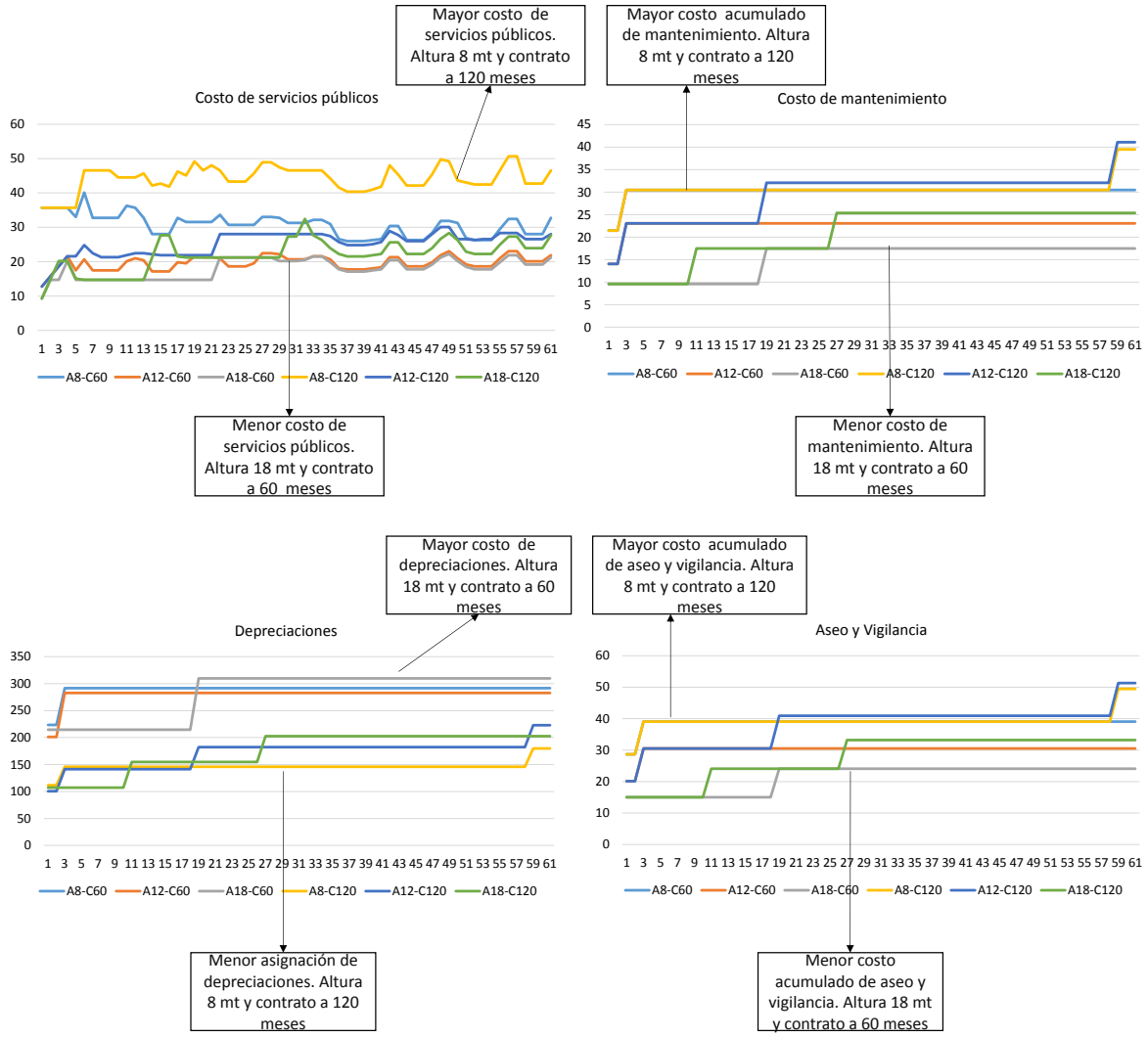
A pesar que el menor costo total de equipos de movilización se obtiene en centros de distribución con 12 metros de altura y contrato a 60 meses, la relación de costo de posición ocupada muestra que la estrategia más adecuada es la correspondiente al centro de distribución con 12 metros de almacenamiento libre y contrato a 120 meses, con un costo promedio de $1729 por posición.

3.3.1.5 Análisis de otros costos

El servicio logístico en centros de distribución, requiere otros recursos asociados como servicios públicos, mantenimientos, inversiones para adecuaciones que se difieren a través de la depreciación de los activos y servicios de vigilancia y aseo.

El comportamiento de estos costos se ve afectado por los recursos principales, como son personal, área y equipos. A continuación el comportamiento en las diferentes estrategias:

Figura No. 71.Comportamiento de costos de servicios públicos, mantenimiento, depreciaciones y servicio de aseo y vigilancia



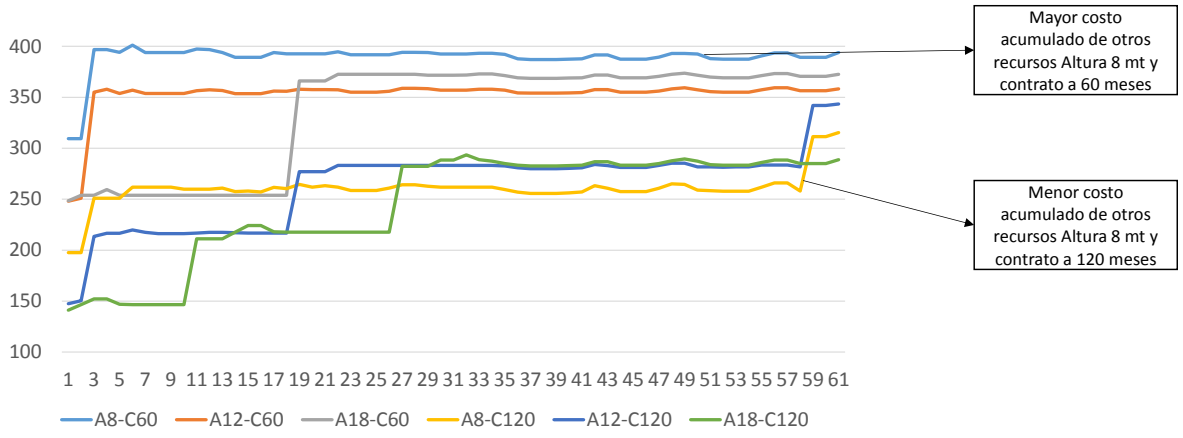
A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Valores en millones de pesos

Fuente: Ésta investigación.

En el caso de los servicios públicos, mantenimiento y aseo y vigilancia, el menor costo se encuentra en la estrategia del centro de distribución de 18 metros y 60 meses de contrato de arrendamiento, caso contrario en las depreciaciones por las inversiones que requiere adecuar un almacén de dicha altura y con un tiempo de depreciación corto.

Figura No. 72.Comportamiento acumulado de otros costos (servicios públicos, mantenimiento, depreciaciones y servicio de aseo y vigilancia)

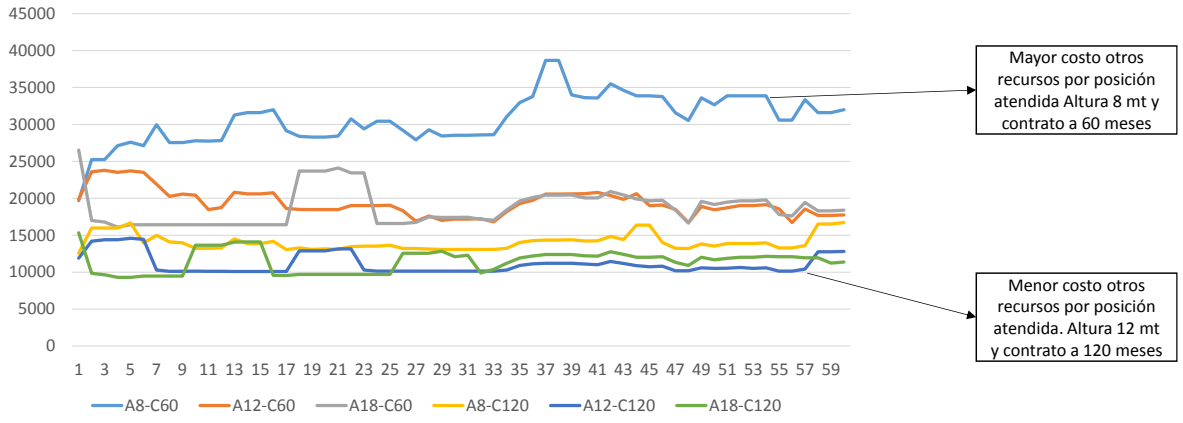


A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Valores en millones de pesos

Fuente: Ésta investigación.

Figura No. 73.Costo por posición ocupada de otros recursos (servicios públicos, mantenimiento, depreciaciones y servicio de aseo y vigilancia)



A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Fuente: Ésta investigación.

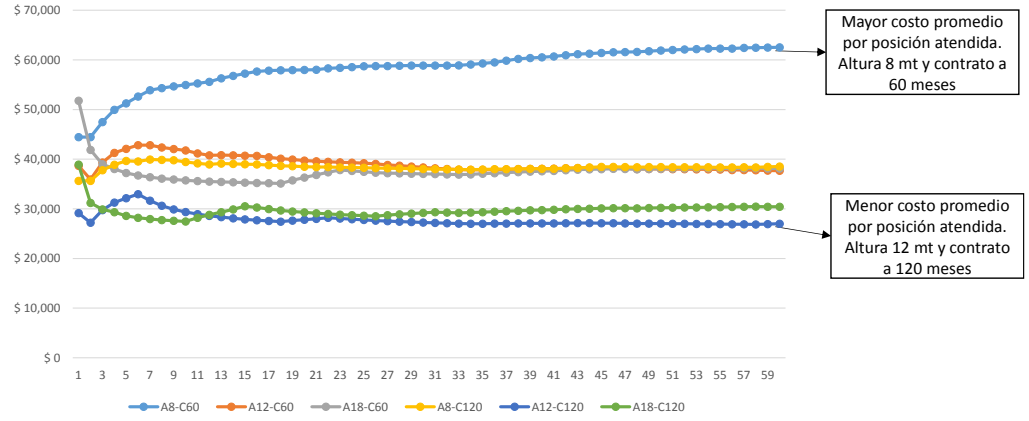
Sí bien el menor costo acumulado de otros recursos, se obtiene en la estrategia de centro de distribución con 8 metros de altura y 120 meses de contrato de arrendamiento, la eficiencia de ese costo se puede determinar al analizar con respecto a las posiciones atendidas, siendo la estrategia más conveniente un centro de distribución con 12 metros de altura y 120 meses de contrato.

3.3.1.6 Comportamiento total de los costos

Los costos del sistema como resultado de la asignación de los recursos (área, fuerza de trabajo, equipos y otros recursos), permiten determinar el costo por posición ocupada, asociado a la demanda servida.

El comportamiento de estos costos se ve reflejada en la figura siguiente, con el mejor costo promedio en el almacén de 12 metros y tiempo de contrato de 120 meses, comparado con el de menor desempeño en el almacén de 8 metros y tiempo de contrato de 60 meses.

Figura No. 74. Comportamiento total de los costos por posición ocupada



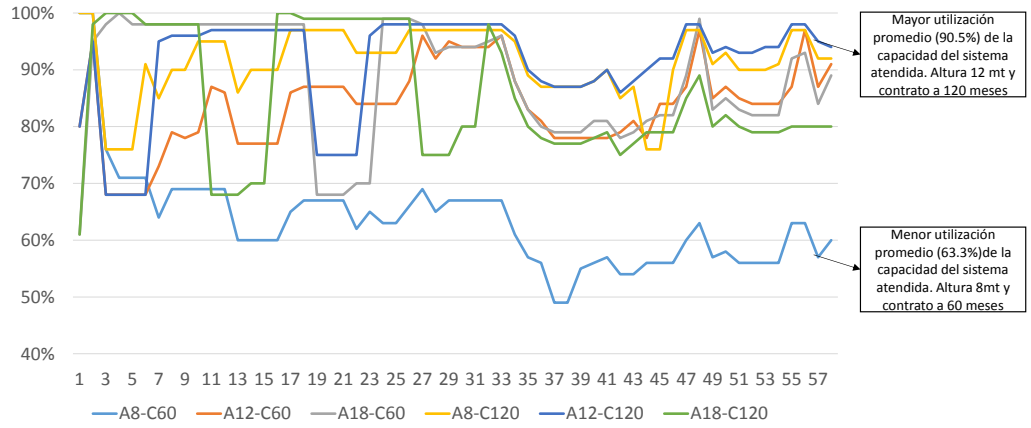
A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Fuente: Ésta investigación.

3.3.1.7 Utilización de la capacidad del sistema

La mayor tasa de ocupación de la capacidad del sistema, se obtiene en el almacén de 12 metros de altura y 120 meses de contrato, con una ocupación promedio de 90.5% versus el almacén de 8 metros y 60 meses de contrato con una ocupación promedio de 63.3%

Figura No. 75.Tasa de ocupación de la capacidad del sistema



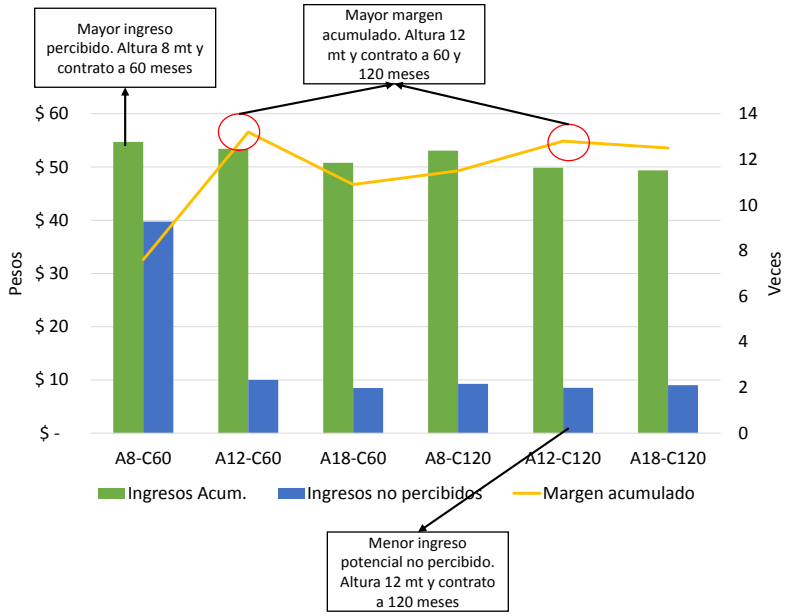
A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Fuente: Ésta investigación.

3.3.1.8 Resultado financiero

El desempeño del sistema se analiza a través del resultado del margen operativo acumulado en el periodo simulado, los ingresos percibidos y los ingresos no percibidos como resultado de no atender la demanda.

Figura No. 76.Relación del margen financiero, ingresos e ingresos no percibidos



A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones
Valores de los ingresos percibidos y no percibidos en miles de millones de pesos
Valores del margen financiero en veces
Fuente: Ésta investigación.

El mayor margen financiero acumulado se obtiene en un centro de distribución con 12 metros de altura con 60 y 120 meses de contrato de arrendamiento, equivalentes a 13,2 veces y 12,8 veces, correspondientemente. Alejándose de manera significativa del desempeño financiero en centros de distribución de baja altura.

Con respecto a los ingresos percibidos la estrategia con mejor desempeño es la equivalente a un centro de distribución a 8 metros de altura y contrato a 60 meses, sin embargo su margen financiero es de 7,6 veces, lo que implica que a nivel de resultado no es el más atractivo para la compañía.

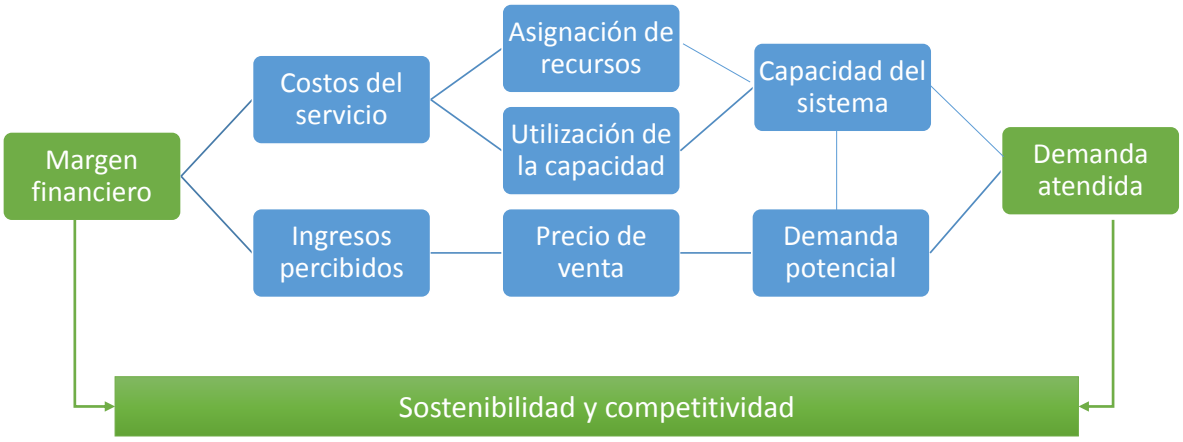
En cuanto a ingresos potenciales no percibidos, es decir, la venta perdida por la incapacidad del sistema para atender la demanda, se concentra en su mayoría en un almacén de 8 metros y 60 meses de contrato, en contraste con el almacén de 12 metros de altura y 120 meses de contrato, donde se obtiene la menor venta perdida.

3.3.1.9 Análisis de resultados de la altura y tiempo de contrato del centro de distribución

El modelo permite determinar la asignación de recursos ante la planeación agregada de la demanda, de acuerdo con las condiciones físicas y contractuales del centro distribución, sin embargo la toma decisiones puede variar de acuerdo con las políticas corporativas, bien sea por una estrategia de penetración y presencia en el mercado, optimización de costos, manejo de inversiones, innovación, incremento de ventas, etc.

Para el caso de estudio, las medidas de desempeño y comportamiento de las variables del sistema, se puede evaluar a través del margen financiero obtenido y la demanda atendida, como aspectos fundamentales que determinan la sostenibilidad del negocio y posicionamiento en el mercado, visto como la mayor captura de la demanda a un margen adecuado, mejorando la asignación de recursos asociados a la prestación del servicio.

Figura No. 77.Elementos para la evaluación de las estrategias



Fuente: Esta investigación

De acuerdo con lo anterior, se realiza una ponderación de los resultados obtenidos a nivel de margen financiero y demanda servida de las diferentes estrategias, considerando que los accionistas del negocio tienen mayor interés por el resultado a nivel de margen, pero con una participación relevante en el mercado que permita posicionamiento, de acuerdo con ello, se pondera el margen financiero con un peso de 0,6 y la demanda atendida en 0,4.

Tabla Nº29. Margen y demanda atendida acumulada para cada estrategia

Estrategia	Margen acumulado	Demanda atendida
A8-C60	7.6	77.1
A12-C60	13.2	110.6
A18-C60	11.1	108.7
A8-C120	11.5	112.0
A12-C120	12.8	145.0
A18-C120	10.7	129.2

A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Valores de la demanda atendida en diez miles de posiciones de almacenamiento

Valores del margen financiero en veces

Fuente: Esta investigación

Tabla Nº30. Ponderación de resultados

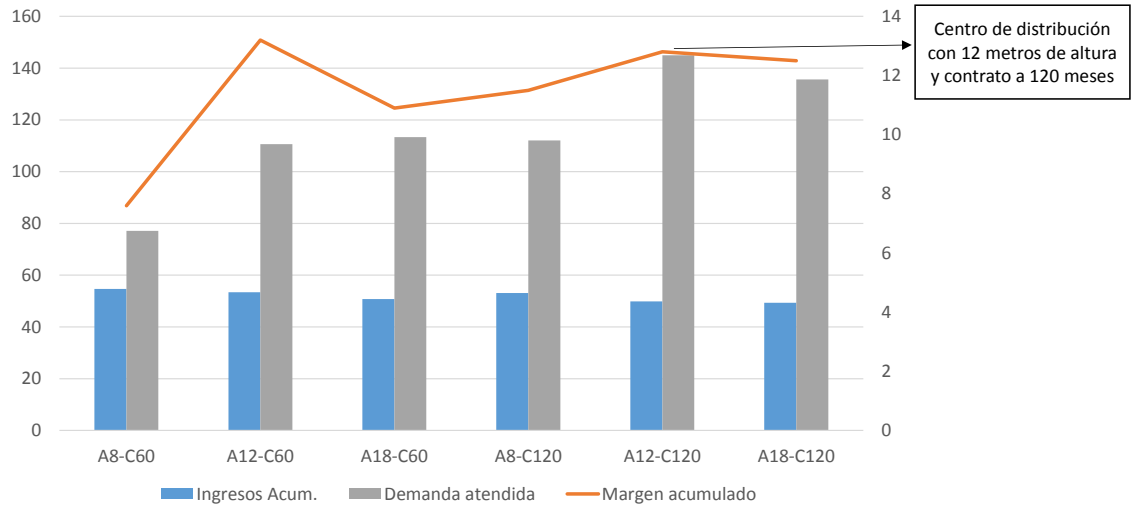
Estrategia	Margen acumulado (0,6)	Demanda atendida (0,4)	Total Ponderado
A8-C60	35%	21%	56%
A12-C60	60%	31%	91%
A18-C60	50%	30%	80%
A8-C120	52%	31%	83%
A12-C120	58%	40%	98%
A18-C120	49%	36%	84%

A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Fuente: Esta investigación

De acuerdo con los datos obtenidos la estrategia que permite obtener la mejor combinación entre el margen financiero y demanda atendida es a través del centro de distribución de 12 metros de altura con contrato a 120 meses.

Figura No. 78.Contraste de resultados del margen vs. demanda atendida e ingresos percibidos



A: Altura C: Tiempo de contrato de arrendamiento de las instalaciones

Valores de ingresos acumulados en miles de millones de pesos

Valores de la demanda atendida en diez miles posiciones

Fuente: Esta investigación

Sí bien los ingresos acumulados no son los más altos, la demanda se ve incrementada como resultado de la asignación y aprovechamiento de los recursos, que repercute en costos y precios del servicio más competitivo, generando un margen financiero atractivo para el negocio.

3.3.1.10Contraste de hipótesis

Es de interés comprobar que factores como la altura y el tiempo de contrato de arrendamiento afectan el margen financiero y la demanda servida en el modelo propuesto, para ello se utilizó el software estadístico SPSS, obteniendo los siguientes datos:

Tabla Nº31. Prueba de efector intersujetos: altura y tiempo de contrato

Factores inter-sujetos

		N
Altura	8	118
	12	118
	18	118
Tiempo	60	177
	120	177

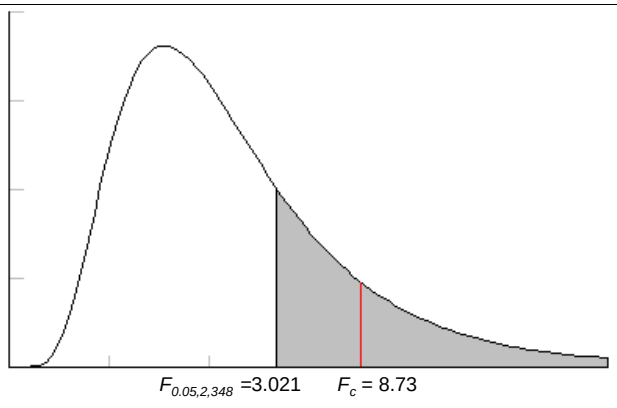
Pruebas de efectos inter-sujetos

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo	Margen	126021849[a]	6	21003641,53	181,454	,000
	Demanda	1,378E+11[b]	6	2,297E+10	3002,608	,000
Altura	Margen	2023093,785	2	1011546,893	8,739	,000
	Demanda	2332976540	2	1166488270	152,504	,000
Tiempo	Margen	684816,102	1	684816,102	5,916	,016
	Demanda	2368300274	1	2368300274	309,627	,000
Altura * Tiempo	Margen	781755,932	2	390877,966	3,377	,035
	Demanda	85736547,07	2	42868273,53	5,605	,004
Error	Margen	40281650,85	348	115751,870		
	Demanda	2661811092	348	7648882,449		
Total	Margen	166303500,0	354			
	Demanda	1,405E+11	354			

Fuente: Esta investigación

Cuadro 13.Contraste de hipótesis: altura del centro de distribución y margen financiero

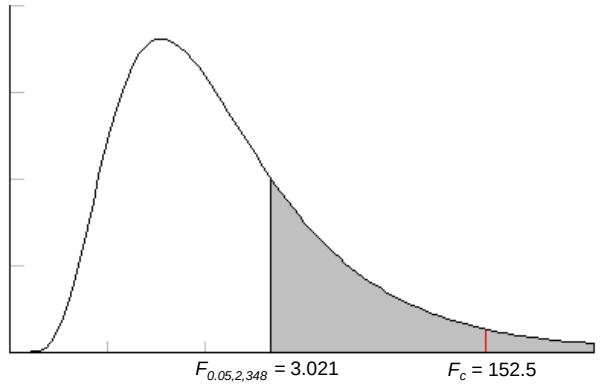
- H_0 = La altura del centro de distribución no influye sobre el margen financiero
- H_1 = La altura del centro de distribución si influye sobre el margen financiero
- Con un nivel de significancia α de 0.05 $F \sim F_{0,05;2;348}$ = 3,021 < F_c = 8,739
- **Decisión:** Rechazar la hipótesis nula.



• **Conclusiones:** Los datos muéstrales, permiten determinar que la altura del centro de distribución influye en el margen financiero.	

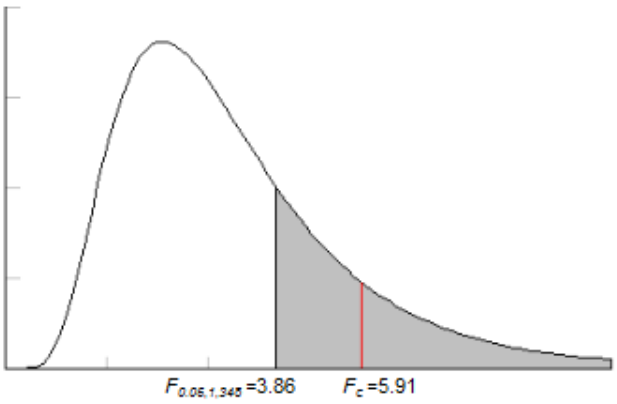
Fuente: Esta investigación

Cuadro 14.Contraste de hipótesis: altura del centro de distribución y demanda atendida

• H_0 = La altura del centro de distribución no influye sobre la demanda atendida	
• H_1 = La altura del centro de distribución si influye sobre la demanda atendida	
• Con un nivel de significancia α de 0.05 $F \sim F_{0,05;2;348}$ = 3,021 < F_c = 152,504	
• **Decisión:** Rechazar la hipótesis nula.	
• **Conclusiones:** Los datos muéstrales, permiten determinar que la altura del centro de distribución influye en la demanda atendida	

Fuente: Esta investigación

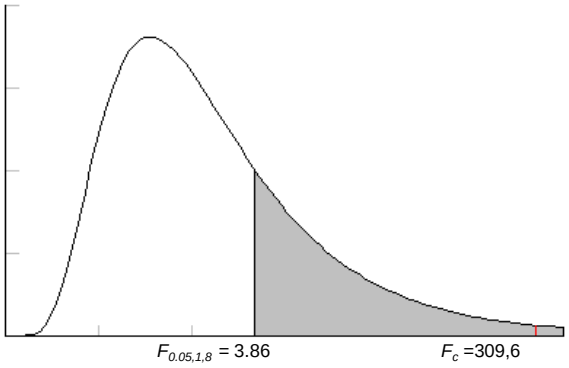
Cuadro 15.Contraste de hipótesis: tiempo de contrato del centro de distribución y margen financiero

• H_0 = El tiempo de contrato de arrendamiento del centro de distribución no influye sobre el margen financiero	
• H_1 = El tiempo de contrato de arrendamiento del centro de distribución si influye sobre el margen financiero	
• Con un nivel de significancia α de 0.05 $F \sim F_{0,05;1;348}$ = 3,86 < F_c = 5,916	
• **Decisión:** Rechazar la hipótesis nula.	

• **Conclusiones:** Los datos muéstrales, permiten determinar que el tiempo del contrato de arrendamiento del centro de distribución influye en el margen financiero	

Fuente: Esta investigación

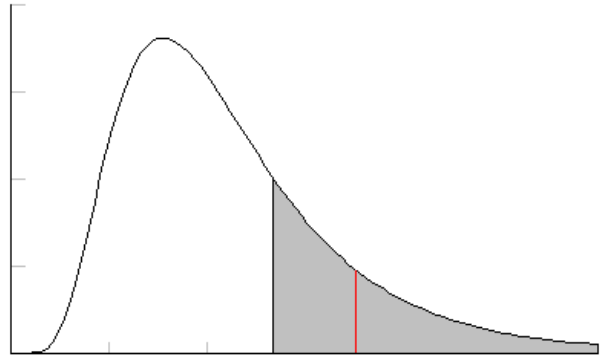
Cuadro 16.Contraste de hipótesis: tiempo de contrato del centro de distribución y demanda atendida

• H_0 = El tiempo de contrato de arrendamiento del centro de distribución no influye sobre la demanda atendida	
• H_1 = El tiempo de contrato de arrendamiento del centro de distribución si influye sobre la demanda atendida	
• Con un nivel de significancia α de 0.05 $F \sim F_{0,05;1;348}$ = 3,86 < F_c = 309,627	
• **Decisión:** Rechazar la hipótesis nula.	
• **Conclusiones:** Los datos muéstrales, permiten determinar que el tiempo del contrato de arrendamiento del centro de distribución influye en la demanda atendida	

Fuente: Esta investigación

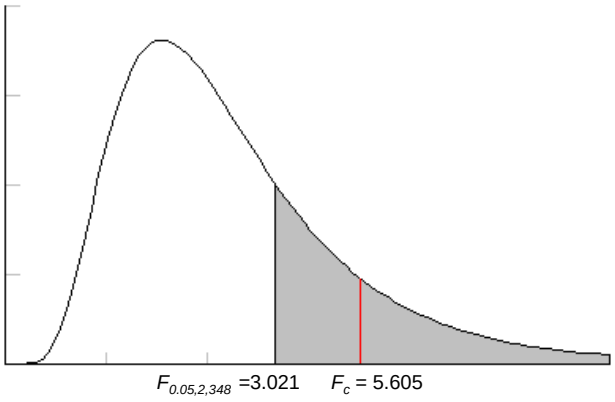
Cuadro 17.Contraste de hipótesis: altura - tiempo de contrato del centro de distribución y margen financiero

• H_0 = La altura y el tiempo de contrato de arrendamiento del centro de distribución no influyen sobre el margen financiero	
• H_1 = La altura y el tiempo de contrato de arrendamiento del centro de distribución si influye sobre el margen financiero	

• Con un nivel de significancia α de 0.05 $F \sim F_{0,05;2;348} = 3{,}021 < F_c = 3{,}377$ • **Decisión:** Rechazar la hipótesis nula. • **Conclusiones:** Los datos muéstrales, permiten determinar que la altura y el tiempo del contrato de arrendamiento del centro de distribución influyen en el margen financiero	

Fuente: Esta investigación

Cuadro 18.Contraste de hipótesis: altura - tiempo de contrato del centro de distribución y demanda atendida

• H_0 = La altura y el tiempo de contrato de arrendamiento del centro de distribución no influyen sobre la demanda atendida • H_1 = La altura y el tiempo de contrato de arrendamiento del centro de distribución si influyen sobre la demanda atendida • Con un nivel de significancia α de 0.05 $F \sim F_{0,05;2;348} = 3{,}021 < F_c = 5{,}605$ • **Decisión:** Rechazar la hipótesis nula. • **Conclusiones:** Los datos muéstrales, permiten determinar que la altura y el tiempo del contrato de arrendamiento del centro de distribución, influyen en la demanda atendida.	

Fuente: Esta investigación

3.3.2 Contraste 2: planeación de recursos a través del modelo colaborativo y no colaborativo

Tras la selección del centro de distribución con altura de 12 metros y contrato de arrendamiento de 120 meses, se realiza un contraste de dos nuevos estrategias:

- Estrategia 1: modelo no colaborativo, basado en el desempeño de la planeación de capacidades de manera independiente por cada cliente
- Estrategia 2: modelo colaborativo, basado en el desempeño de la planeación de recursos, a través de la planeación agregada de la demanda

Tabla Nº32. Estrategias del contraste entre el modelo colaborativo y no colaborativo

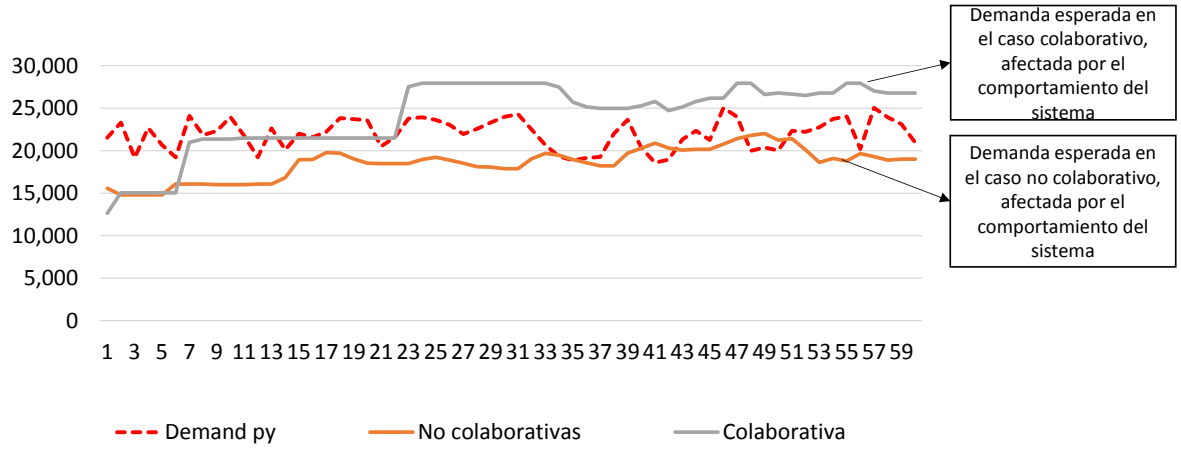
Estrategia	Modelo	Altura del almacén	Tiempo de contrato
Estrategia 1	Colaborativo	12	120
Estrategia 2	No colaborativo	12	120

Fuente: Esta investigación

3.3.2.1 Comportamiento de la demanda

La demanda esperada es el resultado de la afectación de las proyecciones por el comportamiento del sistema.

Figura No. 79.Contraste de la demanda estimada: colaborativo y no colaborativo



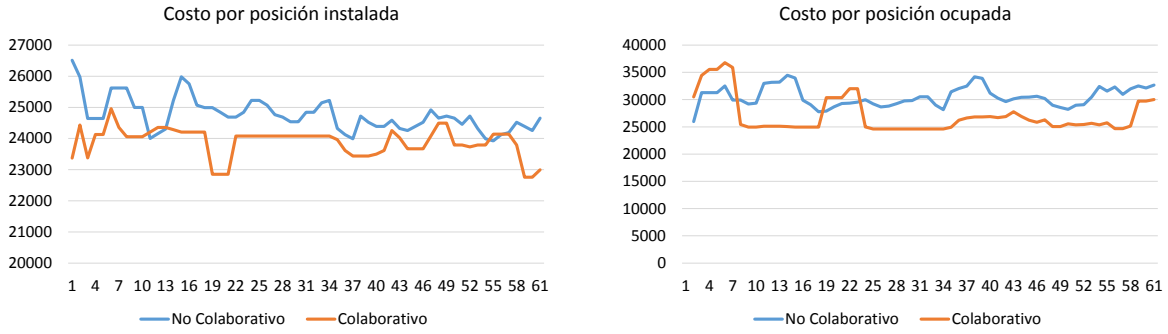
Fuente: Esta investigación

La demanda en el caso colaborativo se ve incrementada con respecto a la proyección inicial, contrario al comportamiento de la demanda esperada en el caso no colaborativo.

3.3.2.2 Costos de los recursos asignados

Los costos de los recursos asignados se analizan por posición instalada y por posición ocupada:

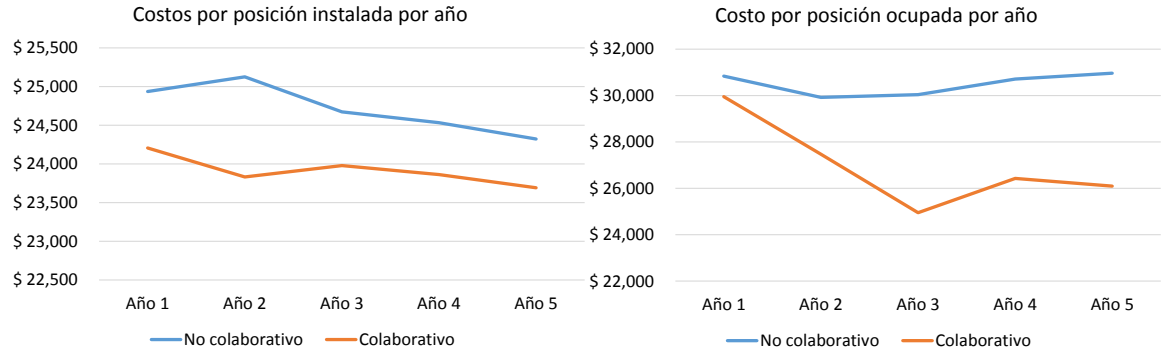
Figura No. 80.Costos por posición instalada y ocupada



Fuente: Esta investigación

De acuerdo con los datos obtenidos, el menor costo tanto por posición instalada como ocupada, se obtiene en la estrategia de planeación de recursos colaborativos, alcanzando una disminución hasta del 16.9%

Figura No. 81.Comportamiento del costo promedio anual



Fuente: Esta investigación

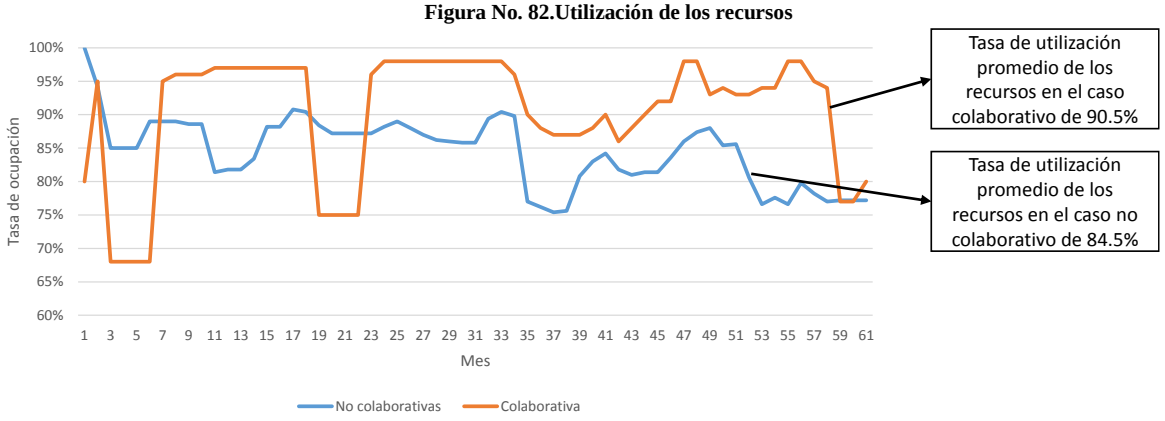
Al evaluar el comportamiento del costo por año, se observa como los costos por posición instalada siempre son menores en la estrategia colaborativa, dada la optimización en la asignación de recursos.

En el caso del costo por posición ocupada, la mejora en el costos logístico es creciente en la estrategia colaborativa con respecto a la no colaborativa, iniciando en el año 1 con una disminución del 2,8%, y llegando en el año 5 al 15.7%.

3.3.2.3 Utilización de los recursos

La tasa de utilización de los recursos repercute en el costo del servicio y por ende en resultado financiero obtenido, es decir determinar la eficiencia operativa para incentivar el crecimiento del negocio.

Figura No. 82.Utilización de los recursos



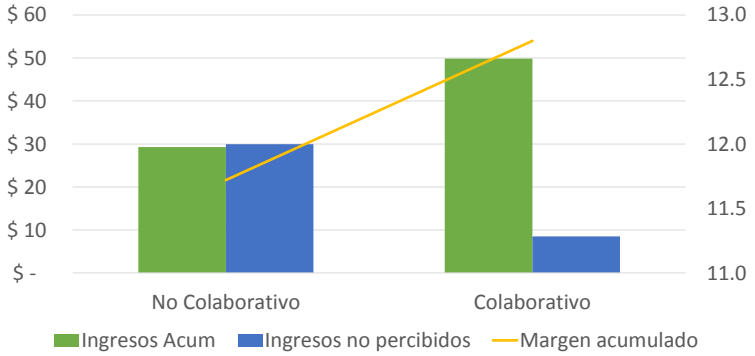
Fuente: Esta investigación

Tras analizar las dos estrategias y el comportamiento en la utilización de los recursos en el sistema, se obtiene para el caso colaborativo una tasa de utilización media de 90,5% frente a un 84.5% en la estrategia no colaborativa mostrando la sinergia que se desarrolla al realizar una planeación colaborativa de las capacidades ante una demanda fluctuante.

3.3.2.4 Análisis financiero

El desempeño financiero del sistema se analiza a través del resultado del margen operativo acumulado en el periodo simulado, los ingresos percibidos y los ingresos no percibidos como resultado de no atender la demanda.

Figura No. 83.Relación del margen financiero, ingresos e ingresos no percibidos



Valores de los ingresos percibidos y no percibidos en miles de millones de pesos

Valores del margen financiero en veces

Fuente: Ésta investigación.

El mayor margen financiero acumulado se obtiene en la estrategia colaborativa, así como el incremento de los ingresos y la disminución de los ingresos potenciales nos percibidos. La utilidad bruta es superada por la estrategia colaborativa frente a la no colaborativa en un 69%.

3.3.2.5 Ponderación de resultados

La ponderación de los resultados se realiza a través de las medidas de desempeño de margen financiero y demanda servida, con un peso de 0,6 y 0,4 respectivamente.

Tabla Nº33. Margen y demanda atendida para las estrategias colaborativos y no colaborativos

Estrategia	Ingresos Acum	Ingresos no percibidos	Margen acumulado	Demanda atendida
No Colaborativo	$ 29	$ 30	11.7	89
Colaborativo	$ 50	$9	12.8	145

Valores de ingresos acumulados e ingresos no percibidos en miles de millones de pesos

Valores de demanda atendida en diez miles

Fuente: Esta investigación

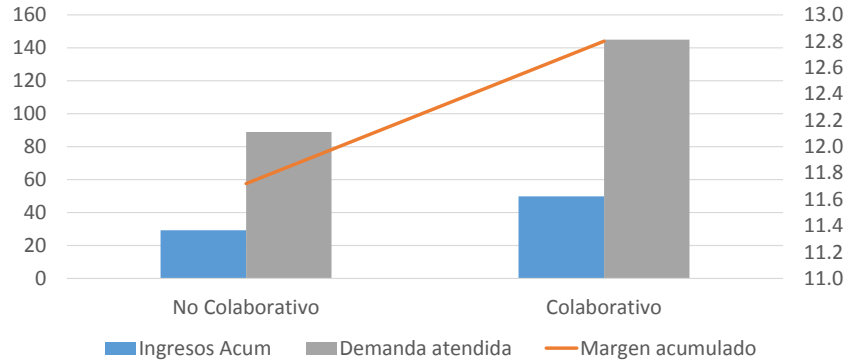
Tabla Nº34. Ponderación de resultados

Estrategia	Margen acumulado (0,6)	Demanda atendida (0,4)	Total Ponderado
No Colaborativo	55%	25%	79%
Colaborativo	60%	40%	100%

Fuente: Esta investigación

A través de la estrategia colaborativa, se incrementa la demanda atendida, incrementando el margen financiero, generando mayor competitividad y sostenibilidad para la organización.

Figura No. 84.Contraste de resultados del margen vs. demanda atendida e ingresos percibidos



Valores de ingresos acumulados en miles de millones de pesos

Valores de la demanda atendida en diez miles de posiciones

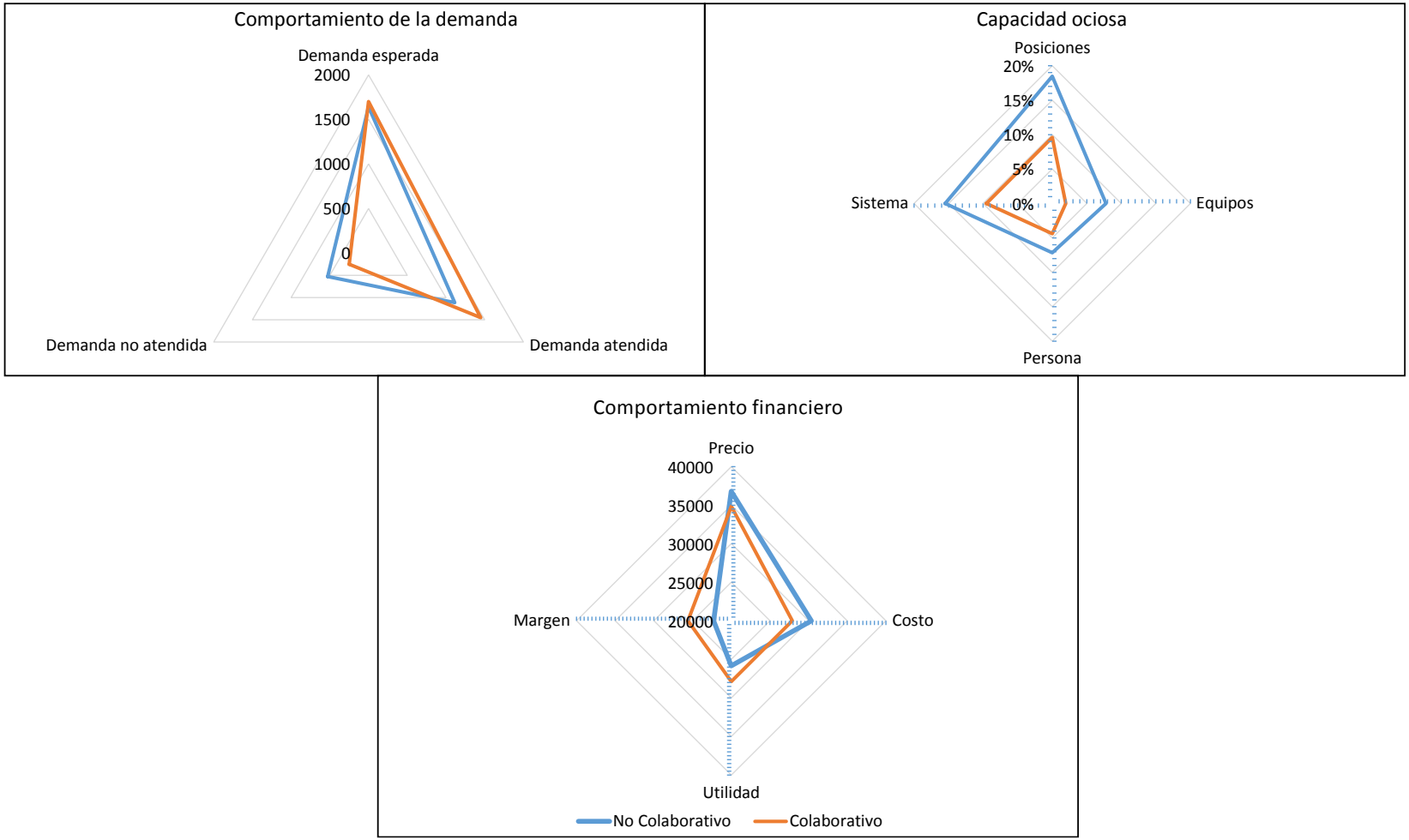
Valores del margen financiero en veces

Fuente: Esta investigación

3.3.2.6 Desempeño del sistema

Tras el análisis y contraste de las estrategias (planeación colaborativa y planeación no colaborativa), las medidas de desempeño muestran como la estrategia bajo planeación colaborativa permite obtener mayores eficiencias a nivel de crecimiento del negocio, comportamiento financiero y utilización de los recursos, aspectos que inciden sobre la competitividad de las redes logísticas.

Figura No. 85.Desempeño del sistema a nivel colaborativo y no colaborativo



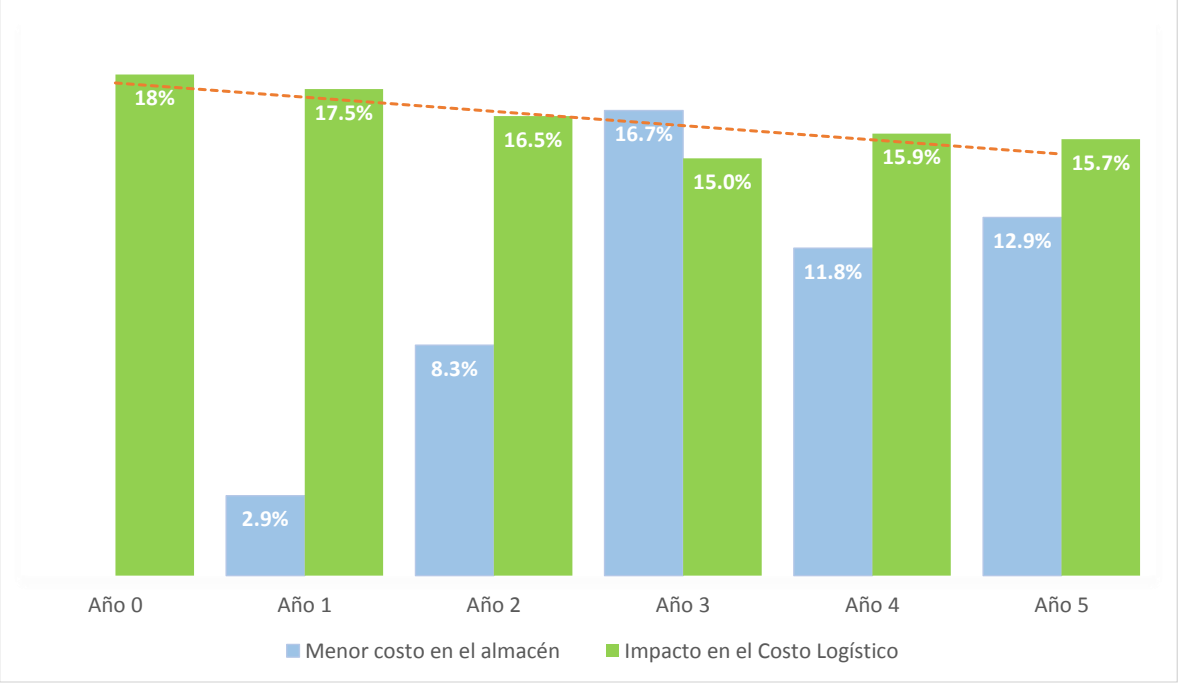
Fuente: Esta investigación.

3.3.2.7 Impacto sobre el costo logístico

Como se observó, de acuerdo con los costos logísticos en Colombia alcanzan hasta un 18%, con una brecha importante al compararlo con los costos logísticos de Norte América (11%), Europa (11%), Asia (11%) e incluso el comportamiento medio de Lationamérica (14%) [4] y donde los costos asociados al almacenamiento y gestión de inventarios, según Guash [126], tienen una participación del 38%.

Considerando que al contrastar la gestión colaborativa de almacenes frente a la no colaborativa, se obtienen mayores eficiencias como resultado del mayor aprovechamiento de los recursos, es posible inferir el impacto sobre los costos logísticos, alcanzado una disminución hasta de 3 puntos porcentuales.

Figura No. 86.Impacto sobre el costo logístico



Fuente: Esta investigación

Lo anterior, denota la importancia de desarrollar estrategias a nivel colaborativo de manera que se incremente la eficiencia logística y por tanto se genera una incidencia directa sobre la competitividad del país.

3.3.2.8 Prueba de hipótesis

Para realizar el contraste de la hipótesis planteada en el numeral 2.1.1 (hipótesis dinámica), se empleó el software estadístico SPSS, analizando los resultados de margen financiero y demanda atendida, de acuerdo con el modelo aplicado para la planeación de recursos: colaborativo y no colaborativo. Dicho análisis se realizó empleando un modelo lineal general multivariante: La hipótesis nula y la hipótesis alterna se muestran a continuación:

Tabla Nº35. Prueba de efector intersujetos: altura y tiempo de contrato

Factores inter-sujetos

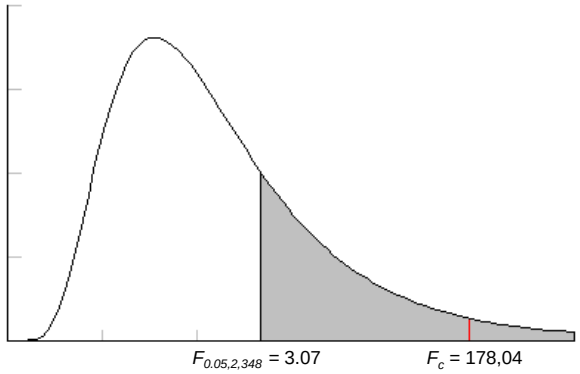
		Etiqueta de valor	N
Modelo	1	Colaborativo	59
	2	No Colaborativo	59

Pruebas de efectos inter-sujetos

Origen	Variable dependiente	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo	Margen	47080426,847[a]	2	23540213,424	178,047	,000
	Demanda	47916174313,288[b]	2	23958087156,644	3294,589	,000
	Utilizacion	90,704[c]	2	45,352	9091,982	,000
Modelo	Margen	47080426,847	2	23540213,424	178,047	,000
	Demanda	47916174313,288	2	23958087156,644	3294,589	,000
	Utilizacion	90,704	2	45,352	9091,982	,000
Error	Margen	15336773,153	116	132213,562		
	Demanda	843546234,712	116	7271950,299		
	Utilizacion	,579	116	,005		
Total	Margen	62417200,000	118			
	Demanda	48759720548,000	118			
	Utilizacion	91,283	118			

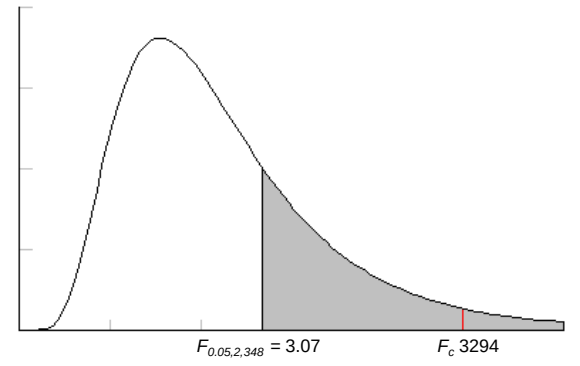
Fuente: Esta investigación

Cuadro 19.Contraste de hipótesis: modelo de planeación (colaborativo y no colaborativo) y afectación sobre el margen financiero

• H_0 = El modelo de planeación (colaborativo o no colaborativo) no influye sobre el margen financiero	
• H_1 = El modelo de planeación (colaborativo o no colaborativo) si influye sobre el margen financiero	
• Con un nivel de significancia α de 0.05 $F \sim F_{0,05;2;116}$ = 3,07 < F_c = 178,047	
• **Decisión:** Rechazar la hipótesis nula.	
• **Conclusiones:** No hay evidencia suficiente para afirmar que el modelo utilizado para la planeación de los recursos (bien sea colaborativo o no colaborativo) no influye en el margen financiero resultante por la operación logística en el centro de distribución	

Fuente: Esta investigación

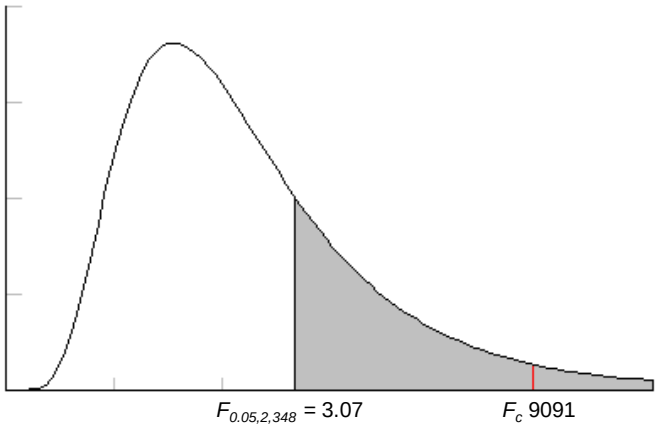
Cuadro 20.Contraste de hipótesis: modelo de planeación (colaborativo y no colaborativo) y afectación sobre la demanda servida

• H_0 = El modelo de planeación (colaborativo o no colaborativo) no influye sobre la demanda atendida.	
• H_1 = El modelo de planeación (colaborativo o no colaborativo) si influye sobre la demanda atendida.	
• Con un nivel de significancia α de 0.05 $F \sim F_{0,05;2;116}$ = 3,07 < F_c = 3294	
• **Decisión:** Rechazar la hipótesis nula.	

• **Conclusiones:** No hay evidencia suficiente para afirmar que el modelo utilizado para la planeación de los recursos (bien sea colaborativo o no colaborativo) no influye en la demanda servida resultante por la operación logística en el centro de distribución	

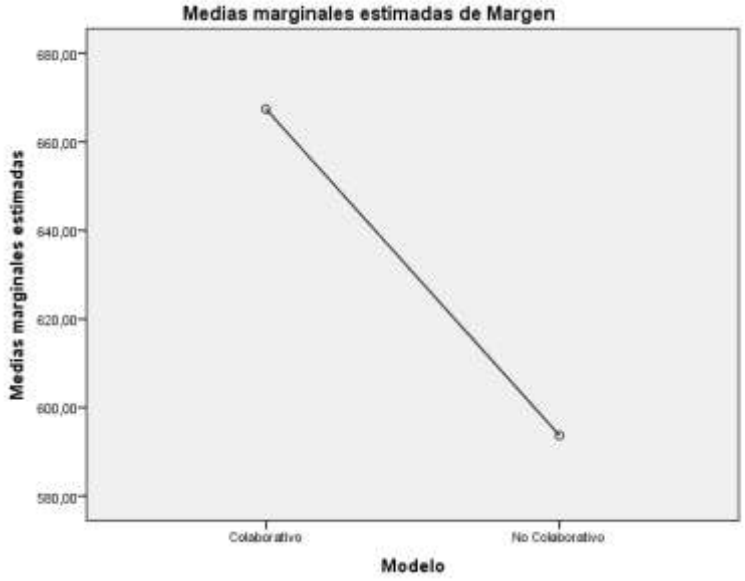
Fuente: Esta investigación

Cuadro 21.Contraste de hipótesis: modelo de planeación (colaborativo y no colaborativo) y afectación la utilización de los recursos

• H_0 = El modelo de planeación (colaborativo o no colaborativo) no influye sobre la utilización de los recursos.	
• H_1 = El modelo de planeación (colaborativo o no colaborativo) si influye sobre sobre la utilización de los recursos.	
• Con un nivel de significancia α de 0.05 $F \sim F_{0,05;2;116} = 3{,}07 < F_c = 9091$	
• **Decisión:** Rechazar la hipótesis nula.	
• **Conclusiones:** No hay evidencia suficiente para afirmar que el modelo utilizado para la planeación de los recursos (bien sea colaborativo o no colaborativo) no influye sobre la utilización de los recursos.	

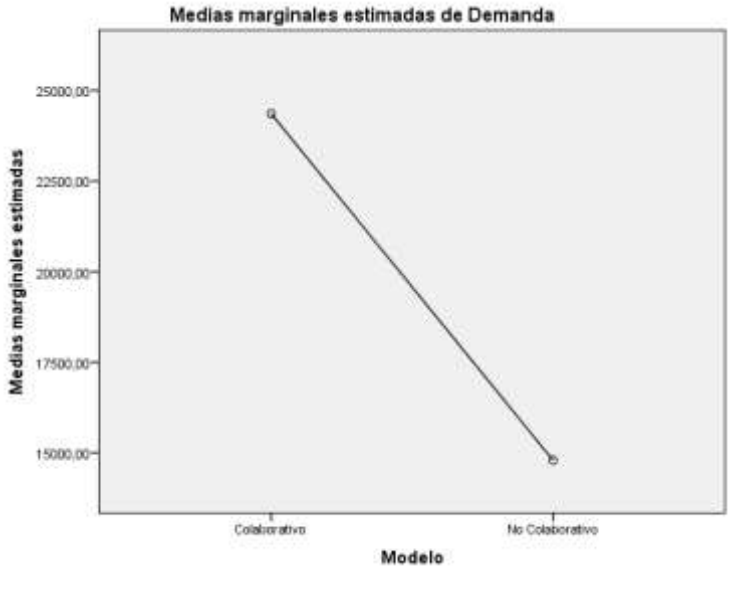
Fuente: Esta investigación

Cuadro 22.Contraste de hipótesis: modelo colaborativo vs. no colaborativo (margen)

	De acuerdo con esta gráfica se observa como el modelo de planeación colaborativo si incide sobre el incremento del margen financiero en el centro de distribución.

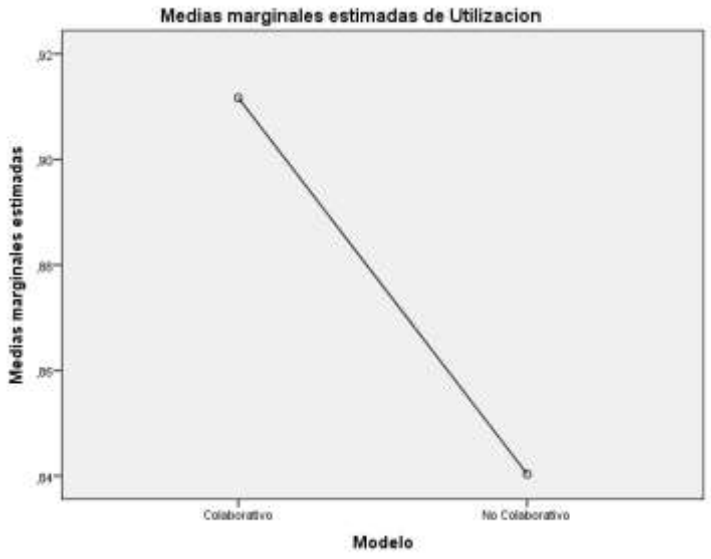
Fuente: Esta investigación

Cuadro 23.Contraste de hipótesis: modelo colaborativo vs. no colaborativo (Demanda servida)

	De acuerdo con esta gráfica se observa como el modelo de planeación colaborativo si puede incrementar la demanda servida en el centro de distribución.

Fuente: Esta investigación

Cuadro 24.Contraste de hipótesis: modelo colaborativo vs. no colaborativo (Utilización de los recursos)



De acuerdo con esta gráfica se observa como el modelo de planeación colaborativo si puede incrementar la utilización de los recursos

Fuente: Esta investigación

CONCLUSIONES

Mediante el análisis del sector logístico tanto en el contexto nacional e internacional, se resalta su importancia, ante una alta correlación (0.9) entre la competitividad y el desempeño logístico de las naciones, según datos obtenidos del Foro Económico Mundial y el Banco Mundial, siendo fundamental desarrollar estrategias que permitan elevar los índices de competitividad, a través de procesos más eficientes en las redes logísticas y que beneficien a los diferentes actores de la cadena. Es allí, donde las alianzas y los procesos de cooperación, toman mayor importancia, por el efecto de los beneficios potenciales al generar sinergias entre ellos, que para este caso de estudio se denota en los centros de distribución como infraestructuras de generación de valor para clientes y consumidores.

A pesar de lo anterior, generar los procesos de colaboración, es una tarea ardua que requiere, cumplir con varias condiciones para la sincronización y coordinación simultanea de requerimientos, como son, entre otras, características de los productos, mercados objetivos, información, intención real de cooperación entre compañías, pero sobre todo un actor central con la habilidad integradora para gestionar las diversas necesidades de las cadenas de abastecimiento, como lo es el operador logístico.

Al abordar esta situación desde la perspectiva de la dinámica de sistemas, es posible analizar los vínculos causales entre los elementos del sistema y su realimentación, identificando el efecto de situaciones típicas en los sistemas reales, pero no siempre consideradas en la toma de decisiones, como las demoras en la asignación de recursos o el incumplimiento de políticas corporativas, que afectan el desempeño del negocio.

En esta investigación, a través del desarrollo y uso del modelo de dinámica de sistemas, es posible planear las capacidades en centros de distribución, considerando la variabilidad de la demanda de

un operador logístico, ante un sistema que depende de condiciones del entorno, como la disponibilidad de recursos, los precios del mercado o el desarrollo de las infraestructuras de centros de distribución con diferentes alturas y tiempos de contrato, entre otros elementos, que al ser modelados bajo estrategias de planeación de recursos de manera colaborativa y no colaborativa, facilita la toma de decisiones, ante las medidas de desempeño resultantes de la simulación y que procuran incrementar la competitividad de las redes logísticas, condicionando su crecimiento y facilitando la evaluación de estrategias, para alcanzar los objetivos de las partes interesadas.

La estrategia de planeación colaborativa en centros de distribución, abordada como la planeación agregada de recursos entre compañías competidoras a través del operador logístico, genera un impacto directo sobre el desempeño logístico y resultado de ello es la mejora sostenida de los costos, cuya práctica permitiría eficiencias hasta de 3 puntos porcentuales en los costos logísticos, haciendo extensiva esta mejora, no solo al operador logístico, sino también a los generadores de carga, productores, distribuidores y por tanto al consumidor. Estos resultados, deben incentivar la colaboración horizontal en la red logística, rompiendo los esquemas tradicionales de exclusividad, que abordan la atención de demandas desde una perspectiva limitada, al no explorar el potencial de la resolución integral y consolidada de necesidades.

Así mismo, el desarrollo de este modelo, facilita la toma de decisiones del operador logístico objeto del caso de estudio, para la implementación de proyectos para múltiples clientes, involucrando la asignación de inversiones asociadas al tipo de infraestructura, condiciones contractuales y visión holística dirigida a clientes con características similares, incidiendo sobre su decisión para ser partícipe de los proyectos colaborativos. Para el caso de estudio, el modelo dinámico permite evaluar la infraestructura del centro de distribución, que a pesar de que intuitivamente puede indicar que se debe lograr un mayor aprovechamiento del espacio volumétrico, por ejemplo, con almacenes superiores a 18 metros de altura, pero que bajo las condiciones estudiadas, a nivel de inversión, tiempos de contrato, costos de los recursos necesarios y costos de arrendamiento, permite escoger la opción que mejor representa los intereses del operador logístico, incentivando el crecimiento de

la demanda, mayor uso de los recursos y mejora del costo logístico, que en este caso es el desarrollo de un centro de distribución de 12.2 metros de altura libre de almacenamiento.

Dado lo anterior, este trabajo se presenta como una contribución a los operadores logísticos que consideren la integración e implementación de la colaboración en la red logística, desde los elementos de planeación táctica en torno a la asignación de capacidades, hasta la planeación estratégica para el desarrollo de cadenas de valor especializadas. El modelo de dinámica de sistemas, permite contrastar métodos convencionales de exclusividad en la asignación de recursos exigidos por los clientes en la administración de las operaciones de centro de distribución, frente a estrategias de planeación colaborativa que impacten de manera positiva el resultado de todos los actores de la cadena, componente fundamental para incrementar su competitividad de cara a los cambiantes retos de los mercados globales.

Es así, como este trabajo se considera como un aporte innovador, ya que a través de la revisión de la literatura, no se detectan trabajos previos que analicen las relaciones de causalidad y realimentación del sistema tal y como se presenta en este trabajo, considerando aspectos como el modelado para la adecuada selección de alturas de centros de distribución, la planeación agregada de la demanda de diversos clientes de un operador logístico y la asignación colaborativa de capacidades en centros de distribución, para incrementar el desempeño no solo del operador logístico, sino de las cadenas de valor.

Como próximos pasos, el modelo dinámico de planeación colaborativa en centros de distribución, puede extenderse para determinar la viabilidad financiera y técnica de desarrollar capacidades con mayor grado de mecanización y automatización en los procesos logísticos, disminuyendo el riesgo de realizar altas inversiones ante una demanda incierta y con alto de grado de variabilidad. Así mismo, abre la puerta para estudiar el aporte de la colaboración en aspectos ambientales, extendiendo su desempeño al desarrollo de políticas para la protección y preservación del medio ambiente.

De acuerdo con lo anterior, los resultados del caso de estudio aplicado obtenidos a través del modelo de dinámica de sistemas, resaltan la relevancia de explotar el potencial integrador del operador logístico, analizando el sistema no solo desde el punto de vista táctico a nivel de planeación de capacidad, sino el impacto estratégico que permite la evolución sobre la red logística, para garantizar su sostenibilidad y competitividad.

REFERENCIAS

[1] Word Economic Forum, «The Global Competitiveness Report 2014-2015,» World Economic Forum, 2014.

[2] J. Langley y Capgemini, «http://www.capgemini.com/,» 2014. [En línea]. Available: http://www.capgemini.com/resource-file-access/resource/pdf/3pl_study_report_web_version.pdf. [Último acceso: Agosto 2014].

[3] Armstrong & Associates, «Armstrong & Associates,» Agosto 2014. [En línea]. Available: http://www.3plogistics.com/3PLmarketGlobal.htm. [Último acceso: Agosto 2014].

[4] Georgia Tech, «16th Estudio de 3PL,» 2012.

[5] Suppla S.A., «Exclusividad en operaciones de centros de distribución,» Bogotá, 2014.

[6] D. A. Collier y J. R. Evans, de *The Service/Quality Solution: Using service management to gain competitive advantage*, Burr Ridge. Illinois, Thompson Ediciones, 1994, pp. 11, 16.

[7] R. B. Chase, F. R. Jacobs y N. J. Aquílano, de *Administración de la producción y operaciones para una ventaja competitiva*, México, McGraw-Hill, 2005, pp. 243, 275, 276, 279, 432, 444.

[8] L. J. Krajewski y L. J. Ritzman, de *Administración de operaciones, estrategia y análisis. Pearson education*, México, Pearson, 2000, pp. 9, 300.

[9] Departamento Administrativo Nacional de Estadistica (DANE), «Encuesta Anual de Servicios (2010),» 22 Mayo 2012. [En línea]. Available: http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=888&Itemid=28. [Último acceso: 02 Septiembre 2012].

[10] «Organización Mundial del Comercio (OMC),» [En línea]. Available: http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx?Language=E. [Último acceso: 02 Febrero 2014].

[11] B. Mundial, «http://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ?page=2,» Banco Mundial. [En línea]. Available: http://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ?page=2. [Último acceso: Agosto 2014].

[12] Z. MOSAD, «The organization of the Future,» *Co-opetion*, vol. 22, nº 6, p. 780, 2004.

[13] W. P. BURGERS, C. HILL y W. C. KIM, «A Theory of Global Strategic Alliances,» vol. 6, p. 419, 1993.

[14] Á. Nariño, Alianzas Estratégicas: Opciones para el Crecimiento de la Empresa, 2007.

[15] J. Orjuela, Ó. Castro y E. Suspes, «Operadores y plataformas logísticas,» *Tecnura*, nº 16, pp. 115-127, 2005.

[16] D. Power, M. Sharafalli y V. Bhakoo, «Adding Value trhought outsourcing contribution of 3PL services to customer performance,» vol. 30, nº 3, p. 228, 2007.

[17] B. Mark, «Understanding the meaning of collaboration in the supply chain,» vol. 9, nº 1, p. 30, 2004.

[18] T. Skjoett - Larsen , C. Thernoe y C. Andresen, «Supply chain collaboration: Theorical perspective and empirical evidence,» vol. 33, nº 6, p. 535, 2003.

[19] T. L. Esper y L. Williams, «The value of collaborative transportation managemente: It´s relationship with CPFR and information technology,» vol. 42, nº 4, p. 55, 2003.

[20] C. Corsten y J. Felde, «Exploring the performance effects of key-supplier collaboration,» *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, pp. 35--40, 2005.

[21] T. M. Simatupang, «Applying the theory of constraints to supply chain collaboration,» *Supply Chain Management: An International Journal*, 2004.

[22] T. Kodama, «Technological innovations and the cluster formation of TAMA firms-based on a survey results,» *RIETI Discussion Paper Series*, pp. 3-4, 2003.

[23] D. Power y M. Sharafali, «Management and Marketing,» Faculty of Economics and Commerce, Victoria, Australia, 2007.

[24] J. G. Lawrence , Principios de Administración Financiera, México: Pearson, 2003.

[25] J. Dyer, «Effective Interfirm Collaboration,» *Strategic Management Journal*, p. 551, 2007.

[26] D. Bowersox y R. Calantone, «Executive Insights Global Logistics,» vol. 6, nº 4, p. 83, 2008.

[27] P. Evangelista y E. Sweeney, «Technology usage in the supply chain: the cases of small 3PL´s,» vol. 17, nº 1, p. 55, 2006.

[28] L. Mora, Gestión logistica en centros de distribución, Bogotá: Ecoe, 2011.

[29] R. Ballou, Logística administración de la cadena de suministro, México: Prentice Hall, 2004.

[30] Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), «Supply Chain Management Terms and Glossary,» Febrero 2010. [En línea]. Available: www.cscmp.org. [Último acceso: Agosto 2014].

[31] Banco Interamericano de Desarrollo, «http://www.iadb.org/,» Febrero 2013. [En línea]. Available: http://www.iadb.org/wmsfiles/products/publications/documents/37507441.pdf. [Último acceso: Septiembre 2014].

[32] J. Banks, J. S. Carson y B. L. Nelson, Discrete-Event System Simulation. Second Edition, USA: Prentice-Hall International Series, 1996.

[33] L. Preziosi y L. N. Bellomo , Modelling, Mathematical Methods and Scientific Computation, CRC Press, 1995.

[34] E. A. Bender, de *An introduction to mathematical modeling*, USA, John Wiley & Sons, Inc, 1978, pp. 6, 7.

[35] M. Becerra y J. Orjuela, *Modelo para el cálculo de capacidades operativas en empresas prestadoras de servicios empleando dinámica de sistemas,* Bogotá, 2012.

[36] J. Heizer y B. Render, Principios de adminsitración de operaciones, Méxio: Prentice Hall, 2009.

[37] W. J. Hopp y M. L. Spearman, «Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management,» New York, McGraw-Hill, 2001, p. 216.

[38] D. Sipper y R. L. Bulfin Jr., «Planeación y Control de la Producción. Primera edición,» México 1998, McGraw-Hill, p. 177.

[39] D. A. Collier y J. R. Evans, de *The Service/Quality Solution: Using service management to gain competitive advantage*, Burr Ridge. Illinois, Thompson Ediciones, 1994, pp. 11, 16.

[40] D. Kalenatic, Modelo Integral y Dinámico para el Análisis, Planeación, Programación y Control de las Capacidades Productivas en Empresas de Manufactura, Bogotá: Instituto de Estudios e Investigaciones Educativas, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2001.

[41] D. A. Collier y J. R. Evans, de *The Service/Quality Solution: Using service management to gain competitive advantage*, Burr Ridge. Illinois, Thompson Ediciones, 1994, p. 16.

[42] S. Chopra y P. Meindl, Administración de la cadena de suministro, México: Prentice Hall, 2008.

[43] Mecalux, Manuel Técnico de Almacenaje, Barcelona: Mecalux, 2011.

[44] J. Tompkins , J. White, T. Bozer y J. M. Tanchoco, Planeación de instalaciones, México: Cengage Learning, 2006.

[45] H. A. Taha, «Investigación de Operaciones,» México, Pearson Educatión, 2004, p. 196.

[46] . F. S. Hillier y G. J. Liberman, Introducción a la Investigación de Operaciones, México: McGraw-Hill, 2002.

[47] Burkard, Dell'Amico y Martello, «Assignment Problems,» USA, Society for Industrial and Applied Mathematics, 2009, p. 2.

[48] J. Aracil y R. Gordillo, Dinámica de sistemas, Madrid: Alianza editorial S.A., 1997.

[49] J. D. Sterman, Business Dynamics Systems Thinking and Modeling for a Complex World, United States of America: McGraw-Hill, 2000.

[50] M. Schaffernicht, «Indagación de situaciones dinámicas mediante dinámica de sistemas,» universidad de Talca, Talca, 2009.

[51] G. Stefansson, «Collaborative logistics management and the role of third-party service providers,» *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management,* vol. 36, nº 2, pp. 76-92, 2006.

[52] J. Mentzer y M. Kenneth, «Demand collaboration: effects on knowledge creation, relationships, and supply chain performance,» *Journal of Business Logistics* , vol. 27, nº 2, pp. 191-221, 2011.

[53] M. Senkel, B. Durand y T. L. Hoa, «La Mutualisation logistique: entre théories et pratiques,» *Logistique and Management,* vol. 21, nº 1, pp. 19-30, 2013.

[54] J. Gu, M. Goetschalckx y L. McGinnis, «Research on warehouse design and performance evaluation: A,» *European Journal of Operational Research,* pp. 539-549, 2010.

[55] R. Buil y M. Piera, « Warehouse redesign to satisfy tight supply chain management constraints,» *WSEAS Transactions on Information Science and Applications,* pp. 286-291, 2008.

[56] I. Zevgolis, « Building underground: Special techniques for a storage facility,» *Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives* , pp. 1079-1088, 2005.

[57] A. Gray, U. Karmakar y A. Seidmann, «Design and operation of an order-consolidation warehouse: Models and application,» *European Journal of Operational Research,* vol. 58, nº 1, pp. 14-36, 1992.

[58] H. Suk y G. Sung, «A performance evaluation model for order picking warehouse design,» *Computers & Industrial Engineering,* vol. 51, nº 2, pp. 335-342, 2006.

[59] J. Men y H. Zhou, «Modeling and simulation for warehouse design based on Witness,» *Journal of System Simulation,* pp. 420-424, 2011.

[60] A. Rao y M. Rao, «Solution procedures for sizing of warehouses,» *European Journal of Operational Research,* vol. 108, nº 1, pp. 16-25|, 1998.

[61] H. Xu y L. An, «Warehousing planning and design of specialty resources in Shangzhi logistics park,» *Logistics Engineering and Intelligent Transportation Systems,* 2010.

[62] J. V. D. Berg y W. Zijm, «Models for warehouse management: Classification and examples,» *International Journal of Production Economics,* vol. 59, nº 1, pp. 519-528, 1999.

[63] J. Geng, Y. Lu, H. Yang y D. Chen, «The design of stereoscopic warehouse stacker' motion and control system,» *Lecture Notes in Electrical Engineering,* pp. 135-139, 2011.

[64] Q. Sun, H. Liu, W. Yan y Q. Yang, «On the design for AGVs: Modeling, path planning and localization,» *International Conference on Mechatronics and Automation,* pp. 1515-1520, 2011.

[65] F. R. B. Cruz, S. J. MacGregor y R. O. Medeiros, «An M/G/C/C state-dependent network simulation model,» *Computers and Operations Research,* 2005.

[66] F. R. B. Cruz, J. M. Smith y D. C. Queiroz, «Service and capacity allocation in M/G/c/c state-dependent queueing networks,» *Computers and Operations Research,* 2005.

[67] M. Mehrdad, J. Fariborz y R. Hamideh, «An M/M/c queue model for hub covering location problem,» *Mathematical and Computer Modelling,* 2011.

[68] S. B. Jess y H. S. Philip, «Capacity planning for toll roadways incorporating consumer wait time costs,» *Transportation Research,* 1998.

[69] A. S. Miltiadis y G. Z. Konstantinos, «A decision support system for airport strategic planning,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies,* 2004.

[70] W. Wei y M. Hansen, «An aggregate demand model for air passenger traffic in the hub-and-spoke network,» *Transportation Research Part A: Policy and Practice,* 2006.

[71] J. Milan, «Modelling the capacity of closely-spaced parallel runways using innovative approach procedures,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies,* 2008.

[72] D. Nico, J. Jully y M. Gergely, «Budget allocation for permanent and contingent capacity under stochastic demand,» *International Journal of Production Economics,* 2011.

[73] R. S. Segall, «Some quantitative methods for determining capacities and locations of military emergency medical facilities,» *Applied Mathematical Modelling,* 2000.

[74] S. W. White y R. D. Badinelli, «A model for efficiency-based resource integration in services,» *European Journal of Operational Research,* 2012.

[75] E. Fragnière, J. Gondzio y X. Yang, «Operations risk management by optimally planning the qualified workforce capacity,» *European Journal of Operational Research,* 2009.

[76] R. L. Cheu, H. Lei y R. Aldouri, «Optimal assignment of emergency response service units with time-dependent service demand and travel time,» *Journal of Intelligent Transportation Systems: Technology, Planning, and Operations,* 2010.

[77] J. Hwang, L. Gao y W. Jang, «Joint demand and capacity management in a restaurant system,» *European Journal of Operational Research,* 2010.

[78] S. Netessine, G. Dobson y R. Shumsky, «Flexible service capacity optimal investment and the impact of demand correlation,» *INFORMS,* 2000.

[79] W. Whitt, «Using different response-time requirements to smooth time-varying demand for service,» *Operations Research Letters,* 1999.

[80] L. Jingxiang y W. Carey, «Performance implications of fluctuating server capacity,» *Computer Communications,* 2008.

[81] M. Becerra Fernández y O. R. Romero Quiroga, «Evaluation in the sale point implementation using discrete simulation,» de *VIII Congreso Chileno de Investigación Operativa*, Concepción, 2009.

[82] M. Becerra Fernández, O. R. Romero Quiroga y J. A. Orjuela Castro, «Allocating Staff to Working Groups Using Simulation Tools and Worksheets,» de *ALIO/INFORMS International Meeting*, Buenos Aires, 2010.

[83] J. Trujillo Díaz, J. D. Vallejo Cubillos y M. Becerra Fernández, «Metodología para la simulación de calls centers,» *Studiositas,* vol. 5, nº 3, pp. 117-138, 2011.

[84] P. M. Senge y O. Rogelio, «Developing a Theory of Service Quality/Service Capacity Interaction,» de *The 11th International Conference of the System Dynamics Society*, Cancun, 1993.

[85] A. J. Edward G, «Managing Software Implementers in the Information Services Industry: An Example of the Impact of Market Growth on Knowledge Worker Productivity and Quality,» de *The 16th International Conference of the System Dynamics Society*, Québec City, 1998.

[86] E. G. Anderson, D. Morrice y G. Lundeen, «The physics of capacity and backlog management in service and custom manufacturing supply chains,» *System Dynamics Review*, vol. 21, nº 3, p. 217–247, 2005.

[87] M. Becerra Fernández, O. R. Romero Quiroga, M. M. Herrera Ramírez y J. Trujillo Díaz, «Modelamiento de la demanda de servicios logísticos de almacenamiento a través de dinámica de sistemas,» de *IX Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas y II Congreso Brasileño de Dinámica de Sistemas*, Brasilia, 2011.

[88] N. C. Georgantzas, «Perceptual Dynamics of "good" and "poor" service quality,» de *The 11th International Conference of the System Dynamics Society*, Cancun, 1993.

[89] J. Homer, «Macro- and Micro-Modeling of Field Service Dynamics,» de *The 16th International Conference of the System Dynamics Society*, Québec City, 1998.

[90] J. Barnes, F. Burton, I. Hawker y M. H. Lyons, «Scenario Modelling of Demand for Future Telecomunicationa Services,» de *The 12th International Conference of the System Dynamics Society*, Stirling, 1994.

[91] T. Lynch, S. Skelton y M. H. Lyons, «Strategic Analysis of Global Telecoms Services Provision,» de *The 12th International Conference of the System Dynamics Society*, Stirling, 1994.

[92] A. Barrón, S. Martinez y J. M. López, «A simulation model for telecommunications services partially substituting,» de *The 14th International Conference of the System Dynamics Society*, Cambridge, 1996.

[93] M. Mojtahedzadeh y D. Andersen, «Assesing the system-wide impacts of automated voice customer service technologies,» de *The 14th International Conference of the System Dynamics Society*, Cambridge, 1996.

[94] A. Matthews y J. Osborne, «Development Of A Management Flight Simulator To Enable The Strategic Planning And Targeting Of telecommunications networks resources and services to the most profitable customers,» de *The 17th International Conference of the System Dynamics Society*, Wellington, 1999.

[95] C. J. Rowland, «The role of Change Agents in an IT services corporation: A systems approach to developing a strategy for improvement,» de *The 17th International Conference of the System Dynamics Society*, Wellington, 1999.

[96] J. Osborne, «Dynamic Modelling to assist in the understanding of consumer Take-up and the Diffusion of new Telecommunications Services,» de *The 17th International Conference of the System Dynamics Society*, Wellington, 1999.

[97] F. Jackson, «"Systems thinking for the next millennium: The future of the IT services industry",» de *The 17th International Conference of the System Dynamics Society*, Wellington, 1999.

[98] X. Honggang, A. Mashayekhi y K. Saeed, «Effectiveness of infrastructure service delivery through earmarking: the case of highway construction in China,» *System Dynamics Review,* vol. 14, nº 2-3, pp. 221-255, 1998.

[99] M. Kunc, «Achieving a balanced organizational structure in professional services firms: some lessons from a modeling project,» *System Dynamics Review*, vol. 24, nº 2, p. 119–143, 2008.

[100] J. Barton, «The Management of Urban Water Services- A study in Long-Term Institutional Dynamics,» de *The 12th International Conference of the System Dynamics Society*, Stirling, 1994.

[101] T. Morgan y B. Ammentorp, «Human Service Systems: A Theoretical Perspective,» de *The 13th International Conference of the System Dynamics Society*, Tokyo, 1995.

[102] E. F. Wolstenholme, «A patient flow perspective of U.K. health services: exploring the case for new "intermediate care" initiatives,» *System Dynamics Review,* vol. 15, nº 3, pp. 253-271, 1999.

[103] A. Ackere y P. Smith, «Towards a macro model of National Health service waiting lists,» *System Dynamics Review*, vol. 15, nº 3, pp. 225-252, 199.

[104] B. N. Calvo, «Is the contraction of demand an excuse for the laissez-faire human resource practices at professional service companies?,» *System Dynamics Review,* vol. 27, nº 3, p. 294–312, 2011.

[105] J. D. Morecroft, «The dynamics of a fledgling high-technology growth market: Understanding and managing growth cycles,» *System Dynamics Review,* vol. 2, pp. 36-61, 1986.

[106] J. D. Sterman, «Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment,» *Management science*, pp. 321-339, 1989.

[107] G. Hirsch, «Microworlds and generic structures as resources for integrating care and improving health,» *System Dynamics Review,* vol. 15, 1999.

[108] E. G. Anderson, D. Morrice y G. Lundeen , «The "physics" of capacity and backlog management in service and custom manufacturing supply chains,» *System Dynamics Review*, vol. 21, pp. 217-247, 2005.

[109] J. Homer, G. Hirsch, M. Minniti y M. Pierson, «Models for collaboration: how system dynamics helped a community organize cost-effective care for chronic illness,» *System Dynamics Review,* pp. 199-222, 2004.

[110] P. Gonçalves, J. Hines y J. Sterman, «The impact of endogenous demand on push–pull production systems,» *System Dynamics Review,* pp. 187-216, 2007.

[111] K. Saeed, «Can trend forecasting improve stability in supply chains? A response to Forrester's challenge in Appendix L of Industrial Dynamics,» *System Dynamics Review,* pp. 63-78, 2009.

[112] R. Oliva, J. Sterman y M. Giese, «Limits to growth in the new economy: exploring the 'get big fast' strategy in e-commerce,» *System Dynamics Review*, p. 2003, 83-117.

[113] C. E. Kampmann y J. Sterman, «Do markets mitigate mispercep,» *System Dynamics Review*, vol. 30, pp. 123-160, 2014.

[114] L. F. Luna, M. I. Martinez, T. Pardo y A. Cresswell, «Anatomy of a group model-building intervention: building dynamic theory from case study research,» *System Dynamics Review*, vol. 22, pp. 291-320, 2006.

[115] L. Luna, L. Black, A. Cresswell y T. Pardo, «Knowledge sharing and trust in collaborative requirements analysis,» *System Dynamics Rview*, vol. 24, pp. 265-297, 2008.

[116] F. Ackermann, D. Andersen, C. Eden y G. Richardson, «Using a group decision support system to add value to group model building,» *System Dynamics Review*, vol. 26, pp. 335-346, 2010.

[117] L. Black, «When visuals are boundary objects in system dynamics work,» *System Dynamics Review*, vol. 29, pp. 70-86, 2013.

[118] J. Vennix, H. Akkermans y E. Rouwette, «Group model-building to facilitate organizational change: an exploratory study,» *System Dynamics Review*, vol. 12, pp. 39-58, 1996.

[119] R. Scott, R. Cavana y D. Cameron, «Evaluating immediate and long-term impacts of qualitative group model building workshops on participants' mental models,» *Systems Dynamics Review*, vol. 29, pp. 216-236, 2013.

[120] K. Stave, «Using system dynamics to improve public participation in environmental decisions,» *System Dynamics Review*, vol. 18, pp. 139-167, 2002.

[121] S. Huz, D. Andersen, G. Richardson y R. Boothroyd, «A framework for evaluating systems thinking interventions: an experimental approach to mental health system change,» *System Dynamics Review*, vol. 13, pp. 149-169, 1997.

[122] H. Akkermans y J. Vennix, «Clients' opinions on group model-building: an exploratory study,» *System Dynamics Review*, vol. 13, pp. 3-31, 1997.

[123] M. K. Borštnar, M. Kljajić, A. Škraba y D. Kofjač , «The relevance of facilitation in group decision making supported by a simulation model,» *System Dynamics Review*, 2011.

[124] P. Hovmand y J. O'Sullivan, «Lessons from an interdisciplinary system dynamics course,» *System Dynamics Review*, vol. 24, pp. 479-488, 2008.

[125] Departamento Nacional de Planeación, «Conpes 3439: Sistema Nacional de Competitividad,» 2006.

[126] J. L. Guasch, «Banco Interamericano de Desarrollo,» 2011. [En línea]. Available: http://www.iadb.org/wmsfiles/products/publications/documents/36610117.pdf. [Último acceso: Diciembre 2014].

[127] Logyca, «Gestión de la demanda,» Bogotá, 2011.

[128] B. Bowerman y R. Conell, Pronosticos, series de tiempo y regresión., México: Thomson, 2007.

[129] G. Mendez, «Notas de clase de simulación,» Bogotá, 2010.

ANEXOS

ANEXO 1: PUBLICACIONES RELEVANTES SOBRE DISEÑO DE INSTALACIONES

Base	Autor	Año	Fuente	Título	Tema Principal
Scopus	Geng, J., Lu, Y., Yang, H., Chen, D.	2011	Lecture Notes in Electrical Engineering 123 LNEE , pp. 135-139	The design of stereoscopic warehouse stacker' motion and control system	Equipos
Scopus	Sun, Q., Liu, H., Yang, Q., Yan, W.	2011	2011 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, ICMA 2011 , art. no. 5985974 , pp. 1515-1520	On the design for AGVs: Modeling, path planning and localization	Equipos
Scopus	Dong, M., Li, Q., Zhou, Z.	2011	CCIE 2011 - Proceedings: 2011 IEEE 2nd International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering 2 , art. no. 6008151 , pp. 410-413	Simulation and optimization about sorting system of distribution center	Simulación y optimización de un sistema de clasificación
Scopus-ScienceDirect	Wu, J.-Q., Zhang, L., Zhu, G.-Q.	2011	Procedia Engineering 11 , pp. 522-528	Performance-based evaluation on the logistics warehouse	diseño de la red de seguridad industrial para prevenir incendios en almacenes
Scopus	Chen, C.-S., Tsai, C.-S., Chun, H.-K., Lin, W.-J., Huang, W.-M.	2011	Communications in Computer and Information Science 217 CCIS (PART 4) , pp. 367-370	The process design and system implementation of applying RFID in allocation and picking up process support system-the use case of a medical center	Diseño e implementación d RFID
Scopus	Bouzembrak, Y., Allaoui, H., Goncalves, G., Bouchriha, H.	2011	2011 4th International Conference on Logistics, LOGISTIQUA'2011 , art. no. 5939315 , pp. 357-361	A multi-objective green supply chain network design	Diseño de la red logística verde
Scopus	Pacciarelli, D., D'Ariano, A., Scotto, M.	2011	NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking , pp. 1-14	Applying RFID in warehouse operations of an Italian courier express company	Diseño de un almacén aplicando RFID

Base	Autor	Año	Fuente	Título	Tema Principal
Scopus	de Marco, A., Mangano, G.	2011	Facilities 29 (9) , pp. 411-421	Relationship between logistic service and maintenance costs of warehouses	Relación del mantneimiento del almacén y la generación de ventaja competitiva
Scopus	Men, J., Zhou, H.	2011	Xitong Fangzhen Xuebao / Journal of System Simulation 23 (2) , pp. 420-424	Modeling and simulation for warehouse design based on Witness	Diseño de almacenes
Scopus-ScienceDirect	Baker, P. , Canessa, M.	2009	European Journal of Operational Research Volume 193, Issue 2, 1 March 2009, Pages 425-436	Warehouse design: A structured approach	Revisión de metodologías existentes para el diseño de almacenes
Scopus	Xu, H., An, L.	2010	2010 International Conference on Logistics Engineering and Intelligent Transportation Systems, LEITS2010 - Proceedings 2010, Article number 5664943, Pages 412-418	Warehousing planning and design of specialty resources in Shangzhi logistics park	Estudio de caso, planificaciónde recursos para el diseño del almacén
Scopus	Yang, D.	2010	2010 International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management, ICLSIM 2010 2 , art. no. 5461125 , pp. 1090-1092	Optimizing design scheme of energy saving in warehouse building based on grey relational analysis	Diseño del añlmacén para horro de energía
ScienceDirect	Mao, Y., Xu, X.	2008	Proceedings of the 8th International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals - Logistics: The Emerging Frontiers of Transportation and Development in China , pp. 2367-2373	The application of Bassan model in the warehouse interior space layout and its development of decision support system	Maximización del uso del espacio a través del diseño del layout
ScienceDirect	Geraldes, C.A.S., Carvalho, M.S.F.B.S., Pereira, G.A.B.	2008	IEMC-Europe 2008 - 2008 IEEE International Engineering Management Conference, Europe: Managing Engineering, Technology and Innovation for Growth , art. no. 4618004	A warehouse design decision model - Case study	Análisis de las áreas del almacén para mejorar la operatividad
ScienceDirect	Buil, R., Piera, M.A.	2008	WSEAS Transactions on Information Science and Applications 5 (3) , pp. 286-291	Warehouse redesign to satisfy tight supply chain management constraints	Rediseño del almacén, para mejorar la operación

Base	Autor	Año	Fuente	Título	Tema Principal
Scopus	De Koster, R.B.M., Le-Duc, T., Yugang, Y.	2008	International Journal of Production Research 46 (6) , pp. 1495-1514	Optimal storage rack design for a 3-dimensional compact AS/RS	Mejoramientod e la operación por rediseño del almacén
ScienceDirect	Ho, Y.-C., Wee, H.M., Chen, H.C.	2007	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) 4707 LNCS (PART 3) , pp. 625-636	A geometric design of zone-picking in a distribution warehouse	Experimientación para la ubicación de zona de picking
ScienceDirect	Nikaido, M., Ota, J., Kobayashi, T., Ito, T., Higashi, T., Tamura, H.	2006	2006 SICE-ICASE International Joint Conference , art. no. 4108103 , pp. 2702-2707	Warehouse-design support considering seasonal products	Diseño de un almacén automatizado para productos de temporada
ScienceDirect	Wang, Z., Mei, B., Cheng, G.	2006	Zhongguo Jixie Gongcheng/China Mechanical Engineering 17 (15) , pp. 1583-1585+1640	Industrial Rack Design and Analysis System Based on Wholly Parametrized Model	Diseño de estante´ria
ScienceDirect	Zevgolis, I.E.	2005	Construction Research Congress 2005: Broadening Perspectives - Proceedings of the Congress , pp. 1079-1088	Building underground: Special techniques for a storage facility	Construcción subterranea de un almacén
ScienceDirect	Jinxiang Gu, Marc Goetschalckx, Leon F. McGinnis	2010	European Journal of Operational Research, Volume 203, Issue 3, 16 June 2010, Pages 539-549	Research on warehouse design and performance evaluation: A comprehensive review	Review
ScienceDirect	So Young Sohn, Hong Kyu Han, Hye Jin Jeon	2007	European Journal of Operational Research, Volume 183, Issue 1, 16 November 2007, Pages 148-161	Development of an Air Force Warehouse Logistics Index to continuously improve logistics capabilities	Optimización de la capacidad del almacén
ScienceDirect	Letitia M. Pohl, Russell D. Meller, Kevin R. Gue	2009	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Volume 45, Issue 3, May 2009, Pages 367-379	An analysis of dual-command operations in common warehouse designs	Diseño de layout

Base	Autor	Año	Fuente	Título	Tema Principal
ScienceDirect	J.P.van den Berg, W.H.M. Zijm	1999	International Journal of Production Economics, Volume 59, Issues 1–3, March 1999, Pages 519-528	Models for warehouse management: Classification and examples	Sistemas de almacenamiento
ScienceDirect	Gilles Cormier, Eldon A. Gunn	1992	European Journal of Operational Research, Volume 58, Issue 1, 10 April 1992, Pages 3-13	A review of warehouse models	Review
ScienceDirect	B. Rouwenhorst, B. Reuter, V. Stockrahm, G.J. van Houtum, R.J. Mantel, W.H.M. Zijm	2000	European Journal of Operational Research, Volume 122, Issue 3, 1 May 2000, Pages 515-533	Warehouse design and control Framework and literature review	Review
ScienceDirect	A.M. Perlmann, M. Bailey	1988	Engineering Costs and Production Economics, Volume 13, Issue 3, March 1988, Pages 229-237	Warehouse logistic systems — A CAD model	Diseño validado por CAD
ScienceDirect	A.K. Rao, M.R. Rao	1998	European Journal of Operational Research, Volume 108, Issue 1, 1 July 1998, Pages 16-25	Solution procedures for sizing of warehouses	Tamaño del almacén
ScienceDirect	Semih Önüt, Umut R. Tuzkaya, Bilgehan Doğaç	2008	Computers & Industrial Engineering, Volume 54, Issue 4, May 2008, Pages 783-799	A particle swarm optimization algorithm for the multiple-level warehouse layout design problem	Diseño del layout
Scopus	Ann E. Gray, Uday S. Karmarkar, Abraham Seidmann	1992	European Journal of Operational Research, Volume 58, Issue 1, 10 April 1992, Pages 14-36	Design and operation of an order-consolidation warehouse: Models and application	Diseño del almacén
Scopus	Felix T.S. Chan, H.K. Chan	2011	Expert Systems with Applications, Volume 38, Issue 3, March 2011, Pages 2686-2700	Improving the productivity of order picking of a manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage	Estudio de caso, diseño del almacén

Base	Autor	Año	Fuente	Título	Tema Principal
Scopus	Heung Suk Hwang, Gyu Sung Cho	2006	Computers & Industrial Engineering, Volume 51, Issue 2, October 2006, Pages 335-342	A performance evaluation model for order picking warehouse design	Diseño del almacén para recogida de productos
Scopus	Tone Lerher, Iztok Potrč, Matjaž Šraml, Tomaž Tollazzi	2010	European Journal of Operational Research, Volume 205, Issue 3, 16 September 2010, Pages 571-583	Travel time models for automated warehouses with aisle transferring storage and retrieval machine	Optimización de tiempos de recorrido. Almacenamiento automático
Scopus	Amer Hamdan, K.J. (Jamie) Rogers	2008	International Journal of Production Economics, Volume 113, Issue 1, May 2008, Pages 235-244	Evaluating the efficiency of 3PL logistics operations	Desempeño de acuerdo con la evaluación de factores

ANEXO 2: PUBLICACIONES RELEVANTES SOBRE LOGÍSTICA COLABORATIVA

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Supply Chain Management: An International Journal	2004	Togar M. Simatupang	Applying the theory of constraints to supply chain collaboration	Replenisment, Relationship Management, Constraints.	SCM
Supply Chain Management: An International Journal	1993	Burgers, Willem P; Hill, Charles W L; Kim, W Chan	A theory of global strategic alliances: The case of the global auto industry	Relationship managment	Alliances and Relationship Management,
Benchmarking: An international Journal	2004	Togar M Simatupang; Ramaswami Sridharan	Benchmarking supply chain collaboration: An empirical study	SCM	SCM
Academy of Management. The Academy of Management Review;	1998	T K Das; Bing-Sheng Teng	Between Trust and Control Developing confidence in partner cooperation in alliances	Relationship management	Alliances and Relationship Management,
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	2006	Gunnar Stefansson	Collaborative logistics management and the role of third-party service providers	Transportation, distribution third party vendors, distribution management.	Transport
Marketing Intelligence & Planning;	2004	Mosad Zineldin	Co-opetition: the organisation of the future	Collaboration, Information Sharing,	Information Sharing
Journal of Business Logistics;	1999	Douglas M Lambert; Margaret A Emmelhainz; John T Gardner	Building successful logistics partnerships	Relationship managment	Alliances and Relationship Management,

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Academy of Management. The Academy of Management Review;	1994	Ring, Peter Smith; Van de Ven, Andrew H	Developmental processes of cooperative interorganizational relationships	Collaboration, Information Sharing, Benchmarking	Information Sharing
Strategic Management Journal	1997	JEFFREY H DYER	Effective interfirm collaboration: how firms minimize transaction costs and maximize transaction value	Collaboration, Information Sharing, Benchmarking	Information Sharing
Journal of Business Logistics;	1987	Bowersox, Donald J.; Daugherty, Patricia J.	Emerging Patterns Of Logistical Organization		SCM
Internet Research;	2004	Dimitris Folinas; Vicky Manthou; Marianna Sigala; Maro Vlachopoulou	E-volution of a supply chain: cases and best practices		SCM
Journal of Business Logistics	2005	Susan L Golicic; John T Mentzer	EXPLORING THE DRIVERS OF INTERORGANIZATIONAL RELATIONSHIP MAGNITUDE	Relationship magnitude, Relationship structure, Relationship type	Alliances and Relationship Management,
The Rand Journal of Economics;	1993	Spiegel, Yossef	Horizontal subcontracting		Alliances and Relationship Management,
Production and Inventory Management Journal	1998	Jan Holmstrom	Implementing vendor-managed inventory the efficient way: A case study of partnership in the supply chain	Inventory and warehousing,	SCM
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	2002	Teresa M McCarthy; Susan L Golicic	Implementing collaborative forecasting to improve supply chain performance	Planning, forecasting, Replenishment performance	Planning, forecasting, Replenishment

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Journal of Cases on Information Technology	2006	Yu Chung William Wang; Shun Chuan Ho	Information Systems Dispatching in the Global Environment, Acer, A Case of Horizontal inegration	Driving foces(External factors) Driving foces(Internal factors) Content Outcome	IT manageent
Journal of Business Logistics;	1998	Joseph C Andraski	Leadership and the realization of supply chain collaboration	Leadership	Alliances and Relationship Management,
Transportation Journal	2006	Michael J Maloni; Craig R Carter	Opportunities for Research in Third-Party Logistics	SCM	SCM
Transportation Journal;	2001	Theodore P Stank; Scott B Keller; David J Closs	Performance benefits of supply chain logistical integration	SCM Asses	SCM
Journal of Business Logistics	2003	Susan L Golicic; James H Foggin; John T Mentzer	Relationship magnitude and its role in interorganizational relationship structure	Relationships management	Alliances and Relationship Management,
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	2003	Mosad Zineldin; Torbjorn Bredenlow	Strategic alliance: Synergies and challenges: A case of strategic outsourcing relationship "SOUR"	Relationships management, Strategic alliances, outsourcing, standards, Ethics.	Alliances and Relationship Management,
Journal of Supply Chain Management	2000	Judith M Whipple; Robert Frankel	Strategic alliance success factors	Relationships management	Alliances and Relationship Management,
Management Decision;	2005	Emanuela Todeva; David Knoke	Strategic alliances and models of collaboration	Relationships management	Alliances and Relationship Management,

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Strategic Management Journal;	1992	Ring, Peter Smith; Van De Ven, Andrew H.	Structuring Cooperative Relationships Between Organizations	Transactions Governance.	IT manageent
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	2003	Tage Skjoett-Larsen; Christian Thernoe; Claus Andresen	Supply chain collaboration: Theoretical perspectives and empirical evidence	SCM Management, Forecasting, Planning, replenisment.	Planning, forecasting, Replenishment
Supply Chain Management;	2005	Suhaiza Zailani; Premkumar Rajagopal	Supply chain integration and performance: US versus East Asian companies	SCM Management	SCM
Supply Chain Management;	2005	Damien Power	Supply chain management integration and implementation: a literature review	Integration, Supply chain management, management strategy.	SCM
Transportation Journal	2001	Edward A Morash	Supply chain strategies, capabilities, and performance	SCM	SCM
MIS Quarterly;	1996	Kumar, Kuldeep; van Dissel, Han G	Sustainable collaboration: Managing conflict and cooperation in interorganizational systems	Interorganizational systems, sustainability, organizational strategies, collaborative use of IT/IS	Alliances and Relationship Management,
The International Journal of Logistics Management	2006	Pietro Evangelista, Edward Sweeney	Technology usage in the supply chain: the case of small 3PLs	Supply chain management, Italy, Competitive advantage, Communication technologies	IT manageent
The International Journal of Logistics Management	2006	Samar K. Mukhopadhyay, Robert Setaputra	The role of 4PL as the reverse logistics integrator Optimal pricing and return policies		SCM

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	2005	Togar M Simatupang; Ramaswami Sridharan	The collaboration index: a measure for supply chain collaboration	Suppply Chain Management, Measurement, Information strategy, Incentive schemes, Surveys	SCM
The Journal of Business & Industrial Marketing	2005	Amjad Hadjikhani; Peter Thilenius	The impact of horizontal and vertical connections on relationships' commitment and trust	Channel relationship, Organizational structures, Horizontal marketing, Vertical marketing, trust.	Alliances and Relationship Management,
Business Process Management Journal;	2002	Togar M Simatupang; Alan C Wright; Ramaswami Sridharan	The knowledge of coordination for supply chain integration	Coordination, supply chain management, logistics, information exchange.	SCM
Transportation Journal;	2001	Paul D Larson; Britta Gammelgaard	The logistics triad: Survey and case study results	Coordination, supply chain management, logistics, information exchange.	Information Sharing
Academy of Management. The Academy of Management Review;	1998	Jeffrey H Dyer; Harbir Singh	The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage	Relationships management	Alliances and Relationship Management,
Transportation Journal;	2003	Terry L Esper; Lisa R Williams	The value of Collaborative Transportation Management (CTM): Its relationship to CPFR and information technology.	Transport, benefist, SCM, collaboration	Transport
Supply Chain Management;	2004	Mark Barratt	Understanding the meaning of collaboration in the supply chain	Supply chain management, Channel relationships.	SCM
Transportation Journal;	2005	Chad W Autry; Stanley E Griffis	A Social Anthropology of Logistics Research: Exploring Productivity and Collaboration in an emerging science	SCM, Collaboration, Research	SCM

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Strategic Management Journal;	1993	Burgers, Willem P; Hill, Charles W L; Kim, W Chan	A theory of global strategic alliances: The case of the global auto industry	Alliances, Collaboration.	Alliances and Relationship Management,
Supply Chain Management;	2004	Togar M Simatupang; Alan C Wright; Ramaswami Sridharan	Applying the theory of constraints to supply chain collaboration	Supply chain management, Constraint handling, Performance measurement, Channel relationsihps.	SCM
Benchmarking	2004	Togar M Simatupang; Ramaswami Sridharan	Benchmarking supply chain collaboration: An empirical study	Information exchange, Benchmarking, Supply chain management.	Alliances and Relationship Management,
The Journal of Business & Industrial Marketing	1999	Maria Bengtsson, Soren Kock	Cooperation and competition in relationships between competitors in business networks		Alliances and Relationship Management,
The Journal of Business and Economic Studies	1998	Robert J Hartwig	Cooperation and Competition: A Comparative Review	Collaboration, supply chain evolution	SCM
International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	2000	Hans-Christian Pfohl and Hans Peter Buse.	Inter-organizational logistics systems in flexible production networks An organizational capabilities perspective	Horizontal.colaborative	Alliances and Relationship Management,
Marketing Letters	2000	Aric Rindfleisch	Organizational Trust and Interfirm Cooperation: An Examination of Horizontal Versus Vertical Alliances	Interorganizational Relationships, trust, cooperation, alliances.	Alliances and Relationship Management,
Intereconomics	2002	Floris Vogelaar	Modernization of EC competition law, economy and horizontal cooperation between Undertakings	Logistic Coopration	Alliances and Relationship Management,

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Science Direct	1993	Arvind parkhe	strategic alliance structuring: a game theoretic and transaction cost examination of interfirm cooperation	Dimensiones estructurales,el rendimiento	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2003	Mosad zineldin and torbjorn bredenlow	strategic alliance: synergies and challenges a case of strategic outsourcing relationship "sour"	Logistic alliance	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2005	emanuela todeva, david knoke	strategic alliances and models of collaboration	Structural dimensions, the performance	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	1992	peter smith ring andrew h. van de ven	structuring cooperative relationships between organizations	Strategic alliances	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2003	tage skjoett-larsen, christian thernoe and claus andresen	supply chain collaboration theoretical perspectives and empirical evidence	Outsourcing	SCM
Science Direct	2005	suhaiza zai,ani and premkumar rajagopal	supply chain integration and performance:us versus east asian companies	Strategic alliances, corporate strategy, the organizational structures	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2005	damien power	supply chain management integration and implementation: a literature review	Alternatives of cooperation	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2001	douglas m lambert, terrace l.	supply chain metrics	Planeacion, resupply, chain of supply	SCM

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Science Direct	2004	douglas m. lambert a. michael knemeyer and john t. gardner	supply chain partnerships: model validation and implementation	Chain of supply, strategies of the chain, connection between the supplier and the integration of the client.	SCM
Science Direct	1998	jeffrey hdyer, harbir singh	the relational view: cooperative strategy and sours of interorganizacional.	Planning, alliances, chain of supply, borders organizacionales.	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2003	terry l esper, lisa r williams	the evalue of collaborative transportation management(ctm): its relationship to cpfr and information technology	Chain of supply, management of interface between the supplier and the integration of the client.	SCM
Science Direct	-	zulkifli mohamed udin	a collaborative supply chain management part 2 – the hybrid kb/gap analysis system for planning stage	Chain of supply, model	SCM
Science Direct	-	luc cassivi	collaboration planning in a supply chain	Capacities, competitive advantag	Planning, forecasting, Replenishment
Science Direct	2006	gunnar stefansson	collaborative logistics management and the role of third-party service providers	Tranporte, logistics, supply chain, CTM, CPFR.	SCM
Science Direct	2002	jan holmstrom, kary friimling, riikka kaipia and juha saranen	research paper collaborative planning forecasting and replenishment: new solutions needed for mass collaboration	Chain of management of supply	Planning, forecasting, Replenishment
Science Direct	2005	susan l. golicic	exploring the drivers of interorganizational relationship magnitude	Chain of supply, planning	Alliances and Relationship Management,

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Science Direct	2002	teresa m. mccarthy and susan l. golicic	implementing collaborative forecasting to improve supply chain performance	Model of management, logistics, suppliers	Planning, forecasting, Replenishment
Science Direct	2006	yuchung william wang	information systems dispatching in the global environment, acer, a case of horizontal integration	Supplier, chain of distribution, planning	IT manageent
Science Direct	1998	joseph c. andraski	leadership and the realization of supply chain collaboration	Structure of relation, chain of supply	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2003	susan l. golicie	relationship magnitude and its role in interorganizational relationship structure	Chain of supply, inventory	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2007	frans cruijssen wout dullaert hein fleuren	horizontal cooperation in transport and logistics: a literature review	Information systems, restructuring, supply chain	Transport
Science Direct	2002	togar m. simatupang and r. sridharan	the collaborative supply chain	Logistics, supply chains, systems	SCM
Science Direct	1993	arvind parkhe	strategic alliance structuring: a game theoretic and transaction cost examination of interfirm cooperation	Chain of supply	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2000	judith m. whipple, robert frankel	strategic alliance success factors	Transport and logistics	Alliances and Relationship Management,

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Science Direct	2003	mosad zineldin and torbjorn bredenlow	strategic alliance: synergies and challenges a case of strategic outsourcing relationship "sour"	Manufacturers, retailers, chain of supply.	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2005	emanuela todeva, david knoke	strategic alliances and models of collaboration	Structural dimensions, the performance	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	1992	peter smith ring andrew h. van de ven	structuring cooperative relationships between organizations	Strategic alliances	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2003	tage skjoett-larsen, christian thernoe and claus andresen	supply chain collaboration theoretical perspectives and empirical evidence	outsourcing	SCM
Science Direct	2005	suhaiza zai,ani and premkumar rajagopal	supply chain integration and performance:us versus east asian companies	Strategic alliances, corporate strategy, the organizational structures	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2005	damien power	supply chain management integration and implementation: a literature review	Alternatives of cooperation	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2001	douglas m lambert, terrace l.	supply chain metrics	Planeacion, resupply, chain of supply	SCM
Science Direct	2004	douglas m. lambert a. michael knemeyer and john t. gardner	supply chain partnerships: model validation and implementation	Chain of supply, strategies of the chain, connection between the supplier and the integration of the client.	Alliances and Relationship Management,

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Science Direct	1998	jeffrey hdyer, harbir singh	the relational view: cooperative strategy and sours of interorganizacional.	Planning, alliances, chain of supply, borders organizacionales.	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	2003	terry l esper, lisa r williams	the evalue of collaborative transportation management(ctm): its relationship to cpfr and information technology	Chain of supply, management of interface between the supplier and the integration of the client.	Transport
Science Direct	2006	s.g. deshmukh,nitin seth,prem vrat	a conceptual model for quality of service in the supply chain	Tranporte, logistics, supply chain, CTM, CPFR.	Transport
Science Direct	2006	pilar arroyo,juan gaytan,luitzen de boer	a survey of third party logistics in mexico and a comparison with reports on europe and usa	3PL Market	3PL
Science Direct	2007	damien power and moosa sharafali,vikram bhakoo	adding value through outsourcing contribution of 3pl services to customer performance	customers of logistics service providers	3PL
Science Direct	2006	jeff hoi yan yeung,willem selen,chee-chuong sum, baofeng huo	linking financial performance to strategic orientation and operational priorities an empirical study of third-party logistics providers	combined strategy of cost and differentiation	Finnancial management
Science Direct	2006	yen-chun jim wu	assessment of technological innovations in patenting for 3rd party logistics providers	logistics,statistics	3PL
Science Direct	2006	hokey min and seong jong joo	benchmarking the operational efficiency of third party logistics providers using data envelopment analysis	financial resources	Finnancial management

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Science Direct	-	james r. stock	journal of business logistics style sheets	Supply chain, logistics	SCM
Science Direct	1997	robert c. lieb hugh l. randall	1997 ceo perspectives on the current status and future prospects of the third party logistics industry in the united states	3PL Market	3PL
Science Direct	2007	damien power and moosa sharafali vikram bhakoo	adding value through outsourcing contribution of 3pl services to customer performance	Service delivery, Outsourcing, Regression analysis,	3PL
Science Direct	2006	hokey min and seong jong joo	benchmarking the operational efficiency of third party logistics providers using data envelopment analysis	3PL Market	3PL
Science Direct	2006	john d. hansen scott b. keller alexander e. ellinger	bridging the divide between logistics and marketing: facilitating collaborative behavior	logistics, service	Alliances and Relationship Management,
Science Direct	1999	paul r. murphy james m. daley a. michael knemeyer	comparing logistics management in small and large firms: an exploratory study	logistics, transportation	Transport
Science Direct	1993	david j. closs stanley e. fawcett	coordinated global manufacturing, the logistics/manufacturing interaction, and firm performance	manufacturing	SCM
Science Direct	2002	anonymous	creating and managing the e-supply chain at ups worldwide logistics	Quality	IT manageent

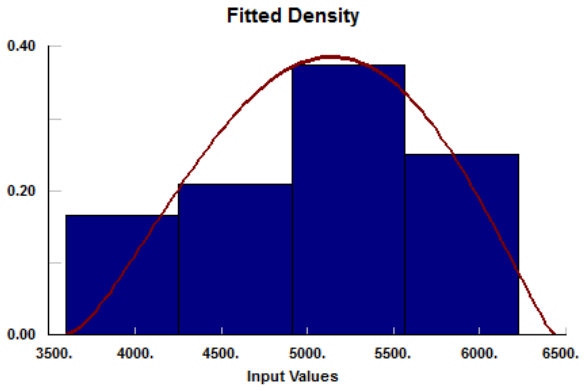
Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Science Direct	2007	robert plant leslie willcocks	critical success factors in international erp implementations: a case research approach	Planning Systems,Critical Success Factors, International MIS Implementations	IT manageent
Journal of Business Logistics	2011	john t. mentzer, elliot n. maltz, kenneth b. kahn	demand collaboration: effects on knowledge creation, relationships, and supply chain performance	supply chain	SCM
Science Direct	2007	qi ying and hong van	diy or 3pl: study on the third party logistics of petroleum producing industry of china	logistics, suppy chain	3PL
Scopus	2002	yeungkurn park & chang wan kim	effects of third-party logistics choice on the performance of cyberlogistics	3PL Market	3PL
Scopus	1987	patricia j. daugherty donald j. bowersox	emerging patterns of logistical organization	logistical organizations	SCM
Scopus	2007	carolin fuß; ralf gmeiner; dirk schiereck; susanne strahringer	erp usage in banking: an exploratory survey of the world's largest banks	ERP systems	Planning, forecasting, Replenishment
Scopus	2005	roger j. calantone, donald j. bowersox, alexandre m. rodrigues	estimation of global and national logistics expenditures: 2002 data update	Logistics	SCM
Scopus	2003	donald j. bowersox roger j. calantone alexandre m. rodrigues	estimation of global logistics expenditures using neural networks	artificial intelligence methodology	IT manageent

Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Scopus	2004	dimitris folinas vicky manthau marianna sigala and mara vlachopoulou	e-volution of a supply chain: cases and best practices	Supply chain management, Case studies, Electronic commerce	SCM
Scopus	1998	donald j bowersox; roger j calantone	executive insights: global logistics	Logistics	IT manageent
Scopus	2001	brian]. gibson, robert lorin cook	hiring practices in us third-party logistics firms	3PL Market	3PL
Scopus	2006	chieh-yu lin	influencing factors on the innovation in logistics technologies for logistics service providers in taiwan	Logistics	IT manageent
Scopus	2003	denis r. towill ramzi hermiz rachel mason-jones andrew popp paul childerhouse	information flow in automotive supply chains - present industrial practice	supply chain	SCM
Scopus	2006	michael a. haughton	information technology projects by inter national logistics services providers: the case of canada's small customs brokers	ICT, supply chain	IT manageent
Scopus	-	james r. stock	journal of business logistics style sheets	logistics	SCM
Scopus	1995	patricia j. daugherty, donald j. bowersox	logistics paradigms: the impact of information technology	logistics	IT manageent

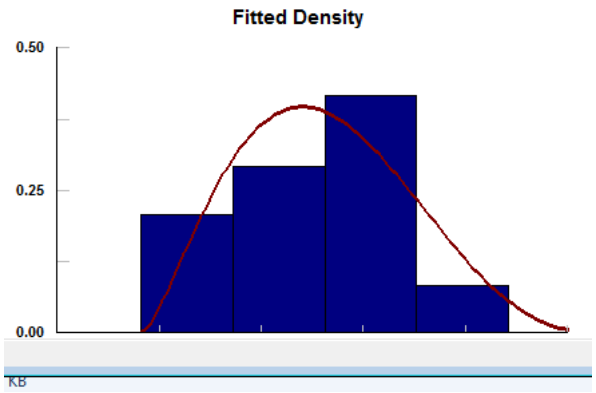
Base	Año	Autor	Título	Tema Principal	Sub-Division
Scopus	1997	steven r. clinton, david j. closs	logistics strategy: does it exist?	Logisitcs	SCM
Scopus	1996	steven r. clinton and roger j. calantone	logistics strategy: does it travel well?	logistics	SCM
Scopus	2006	michael j. maloni craig r. carter	opportunities for research in third-party logistics	Logisitcs	3PL
Scopus	2001	rebecca angeles, ravinath	partner congruence in electronic datainterchange (edi)-enabled relationships	supply chain	SCM
Scopus	2001	Theodore p. stank scott b. keller david j. closs	performance benefits of supply chain logistical integration	supply chain	SCM
Scopus	1972	Donald j. bowersox	planning physical distribution operations with dynamic simulation	dynamic simulation model	Planning, forecasting, Replenishment
Scopus	-	Jiang-liang hou and chih-hao huang	Quantitative performance evaluation of rfid applications in the supply chain of the printing industry	Supply chain	SCM

ANEXO 3: PRUEBA DE BONDAD Y AJUSTE DEMANDA POR CADA CLIENTE

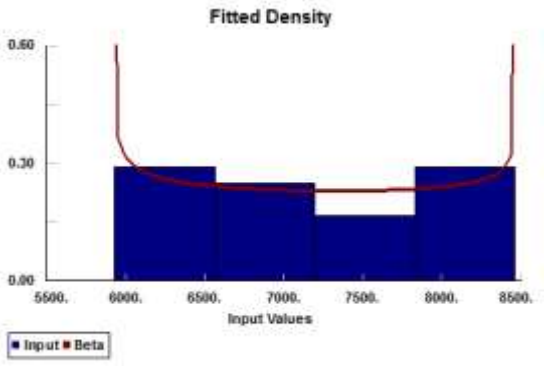
Cliente 1



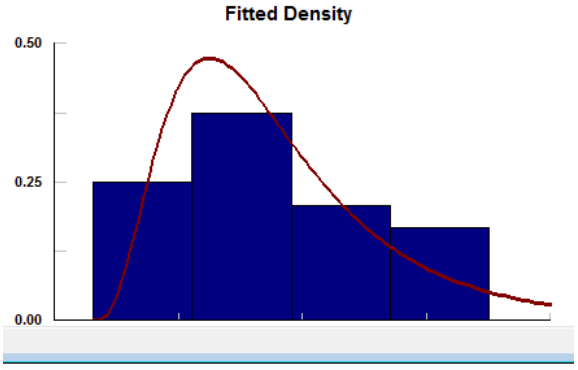
Cliente 2



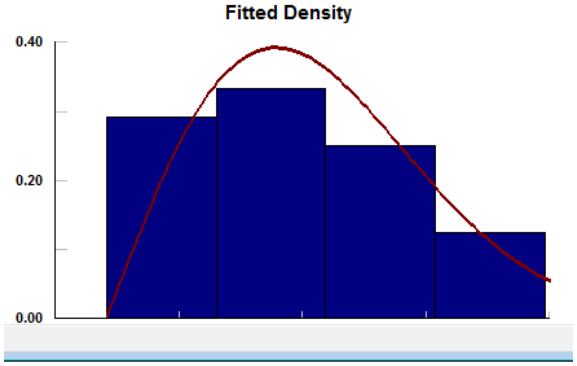
Cliente 3



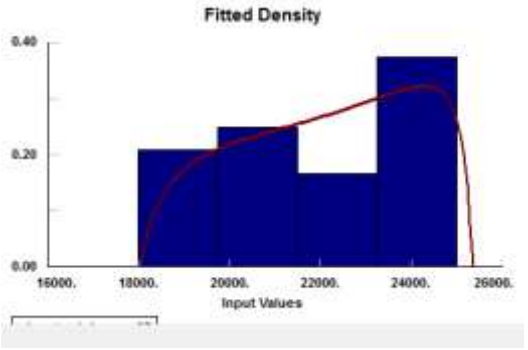
Cliente 4



Cliente 5



Demanda consolida: total clientes



ANEXO 4: ECUACIONES DEL MODELO DINÁMICO

Demand and Warehouse

No_Served_Demand(t) = No_Served_Demand(t - dt) + (Demand - Demand_Attend) * dtINIT No_Served_Demand = 0

INFLOWS:

Demand = if(Disc_Price=0) then Demand_py else Demand_py/Disc_Price

OUTFLOWS:

Demand_Attend = if(Demand>System_Capacity) then System_Capacity else Demand

Served_Demand(t) = Served_Demand(t - dt) + (Demand_Attend) * dtINIT Served_Demand = 0

INFLOWS:

Demand_Attend = if(Demand>System_Capacity) then System_Capacity else Demand

Square_Meter(t) = Square_Meter(t - dt) + (Allocation_SM - Desallocation_SM) * dtINIT Square_Meter = SM_inicial

INFLOWS:

Allocation_SM = if(inst_Capacity_Bin>Demand) then 0 else (int((PULSE(mean(Growth_Module),1,8)))*(Module_Size))*conv

OUTFLOWS:

Desallocation_SM = IF(Contract_Time=TIME) THEN IF(MEAN(Iddle_m2)<Module_Size) THEN 0 ELSE MEAN(Iddle_m2)/Module_Size*Module_Size/conv ELSE 0

Allocation_equipment = IF(Delay_allocation_equip>0) THEN IF (Equipments>=Needed_equipment) THEN 0 ELSE int(Delay_allocation_equip) ELSE 0

INFLOW TO: Equipments(IN SECTOR: Equipment)

Allocation_Workf = IF(Demand_Workf>0) THEN IF(Workforce>=Needed_Workf) THEN 0 ELSE INT(Demand_Workf) ELSE 0

INFLOW TO: Workforce(IN SECTOR: Work force)

conv = 1

Delay_allocation_equip = Delay(Need_eq_Month,Allocation_delay)

Demand_Workf = if(Demand_Delay_All_wf>0 AND(Demand_Delay_Deall_Wf<0)) then Demand_Delay_All_wf+Demand_Delay_Deall_Wf else if(Demand_Delay_All_wf<0 AND(Demand_Delay_Deall_Wf<0)) then Demand_Delay_Deall_Wf else if(Demand_Delay_All_wf>0 AND(Demand_Delay_Deall_Wf>0)) then Demand_Delay_All_wf else 0

Discr_Demand = Demand-Demand_Attend+Discr_Potencial

Discr_Potencial = if(Demand>Demand_py) then 0 else abs(Demand-Demand_py)

Growth_Module = if((Margin__mon)<(Goal_Margin-0.05)) then 0 else if(Necesary_Capacity)>Growth_Policy then (Necesary_Capacity)/Module_Size else 0

Growth_Policy = 3000

Height = 8

Iddle_m2 = Idle_Capacity_Bin/Performance_for_m2

Idle_Capacity_Bin = if(inst_Capacity_Bin>Demand_Attend) then inst_Capacity_Bin-Demand_Attend else 0

inst_Capacity_Bin = Square_Meter*Performance_for_m2

Min_Capacity = MIN(Demand,inst_Capacity_Bin)

Module_Size = 4000

Necesary_Capacity = Discr_Demand/Performance_for_m2

Needed_equipment = ROUND(Min_Capacity/Performance_equipment)

Needed_Workf = Min_Capacity/Performance_wf_x_pos

Need_Put = Needed_Workf-Workforce

Occu_Rate = 1-(Idle_Capacity_Bin/inst_Capacity_Bin)

Equipments

Performance_equipment = if(Height=8) then 1430 else if(Height=12) then 2150 else if(Height=18) then 2650 else 0

Performance_for_m2 = if(Height=8) then 1.2 else if(Height=12) then 1.6 else if(Height=18) then 2 else 0

Performance_wf_x_pos = if(Height=8) then 131 else if(Height=12) then 301 else if(Height=18) then 368 else if(Height=30) then 604 else 0

SM_inicial = if(Height=8) then 13150 else if(Height=12) then 9860 else 7890

System_Capacity = MIN(Capa_Pos_Equipm, inst_Capacity_Bin, Cap_pos_x_workf)

Utilization = Demand_Attend/System_Capacity

Demand_py = GRAPH(TIME)

(0.00, 22552), (1.02, 21499), (2.03, 23363), (3.05, 18946), (4.07, 22956), (5.08, 20471), (6.10, 19070), (7.12, 24755), (8.14, 21384), (9.15, 22472), (10.2, 24241), (11.2, 21188), (12.2, 18730), (13.2, 23698), (14.2, 19027), (15.3, 22995), (16.3, 21070), (17.3, 22681), (18.3, 24334), (19.3, 23423), (20.3, 23653), (21.4, 18842), (22.4, 23163), (23.4, 24177), (24.4, 23789), (25.4, 23504), (26.4, 22701), (27.5, 21358), (28.5, 23602), (29.5, 23017), (30.5, 24948), (31.5, 23579), (32.5, 21231), (33.6, 19955), (34.6, 18453), (35.6, 19480), (36.6, 18625), (37.6, 20316), (38.6, 24960), (39.7, 21172), (40.7, 18761), (41.7, 18235), (42.7, 20613), (43.7, 23193), (44.7, 20001), (45.8, 25021), (46.8, 25111), (47.8, 19850), (48.8, 20562), (49.8, 19550), (50.8, 22389), (51.9, 22164), (52.9, 22638), (53.9, 23670), (54.9, 24406), (55.9, 19846), (56.9, 25094), (58.0, 23952), (59.0, 23152), (60.0, 20961)

Equipments(t) = Equipments(t - dt) + (Allocation_equipment - Deallocation_equipment) * dtINIT Equipments = Equip_Initial

INFLOWS:

Allocation_equipment(IN SECTOR: Demand and Warehouse)

OUTFLOWS:

Deallocation_equipment = IF(Delay_deallocation_equip<0) THEN IF (Equipments<=Needed_equipment) THEN 0 ELSE abs(INT(Delay_deallocation_equip)) ELSE 0

Allocation_delay = if(Mar>0.2) then if((Height=8)) then 1 else if(Height=12) then 2 else if(Height=18) then 3 else 0 else if((Height=8)) then 1 else if(Height=12) then 3 else if(Height=18) then 4 else 0

Capa_Pos_Equipm = Equipments*Performance_equipment

Deallocation_delay = if(Height=8) then 1 else if(Height=12) then 1 else if(Height=18) then 3 else 0

Delay_deallocation_equip = Delay(Need_eq_Month,Deallocation_delay)

Equip_Initial = if(Height=8) then 11 else if(Height=12) then 7 else 5

Idle_Cap_Equip = if(Capa_Pos_Equipm>Demand_Attend) then Capa_Pos_Equipm-Demand_Attend else 0

Need_eq_Month = Needed_equipment-Equipments

Financial Analysis

Accumulated_costs(t) = Accumulated_costs(t - dt) + (Total_Costs) * dtINIT Accumulated_costs = 0

INFLOWS:

Total_Costs = (Square_Meter*Costs_of_lease_for_m2)+(Costs_of_workf)+(Costs_Eq_Mov*Equipments)+(Others_Cost)

Accum_Income(t) = Accum_Income(t - dt) + (Perceived_income) * dtINIT Accum_Income = 0

INFLOWS:

Perceived_income = Price_for_position*Demand_Attend

Financial_Margin(t) = Financial_Margin(t - dt) + (Mar) * dtINIT Financial_Margin = 0

INFLOWS:

Mar = Margin__mon*Conver_2

Not_perceived_income(t) = Not_perceived_income(t - dt) + (Awaited_income - Perceived_income) * dtINIT Not_perceived_income = 0

INFLOWS:

Awaited_income = Price_for_position*(Demand+Discr_Potencial)

OUTFLOWS:

Perceived_income = Price_for_position*Demand_Attend

Clean__Security = Sec_mont+(Square_Meter*Sec_x_m2)

Contract_Time = 60

Conver_2 = 1

Costs_Eq_Mov = if(Height=8) then 3600000 else if(Height=12) then 3600000 else if(Height=18) then 4800000 else 0

Costs_of_lease_for_m2 = if((Height=8) and (Contract_Time=60)) then 14000 else if((Height=12) and (Contract_Time=60)) then 16000 else if((Height=18) and (Contract_Time=60)) then 18000 else if((Height=8) and (Contract_Time=120)) then 12000 else if((Height=12) and (Contract_Time=120)) then 14000 else if((Height=18) and (Contract_Time=120)) then 16000 else 0

Costs_of_workf = Workforce*Cos_x_wf

Cost_x_Pos = if (Served_Demand=0) then 0 else Accumulated_costs/Served_Demand

Cos_x_wf = if(Height=8) then 1380000 else if(Height=12) then 1380000 else 1600000

Depreciasiones = if(Contract_Time=60) then (If(Height=8) then (Square_Meter*1000000*Financial)/60 else if(Height=12) then (Square_Meter*1200000*Financial)/60 else if(Height=18) then (Square_Meter*1600000*Financial)/60 else 0) else (If(Height=8) then (Square_Meter*1000000*Financial)/120 else if(Height=12) then (Square_Meter*1200000*Financial)/120 else if(Height=18) then (Square_Meter*1600000*Financial)/120 else 0)

Discrepancy__margin = Margin__mon-Goal_Margin

Disc_Price = If(Price_for_position=0) then 1 else if(Market_Price/Price_for_position=1) then 1 else (Price_for_position/Market_Price)

Financial = 1.02

Goal_Margin = 0.2

Maintenance = (Square_Meter*Main_x_m2)+(Main_month)

Main_month = -8195191

Main_x_m2 = 2255

Margin__mon = if(Perceived_income=0) then 0 else ((Perceived_income-Total_Costs)/Perceived_income)

Market_Price = 45000

Others_Cost = Clean__Security+Depreciasiones+Maintenance+Public_Services

Price_for_position = Cost_x_Pos/(1-Goal_Margin)

Public_Services = 412109+(0.213*Costs_of_workf)

Sec_mont = -5488699

Sec_x_m2 = 2598

Work force

Workforce(t) = Workforce(t - dt) + (Allocation_Workf - Deallocation_Workf) * dtINIT Workforce = Workf_Initial

INFLOWS:

Allocation_Workf(IN SECTOR: Demand and Warehouse)

OUTFLOWS:

Deallocation_Workf = IF(Demand_Workf<0) THEN IF(Workforce<=Needed_Workf) THEN 0 ELSE (ABS(INT(Demand_Workf))) ELSE 0

Cap_pos_x_workf = Workforce*Performance_wf_x_pos

Delay_Alloca_workf = if(Mar>0.2) then 1 else 2

Delay_Dealloca_workf = 0

Demand_Delay_All_wf = delay(Need_Put,Delay_Alloca_workf)

Demand_Delay_Deall_Wf = delay(Need_Put,Delay_Dealloca_workf)

Idle_Cap_Wf = if(Cap_pos_x_workf>Demand_Attend) then Cap_pos_x_workf-Demand_Attend else 0

Workf_Initial = if(Height=8) then 120 else if(Height=12) then 42 else 26

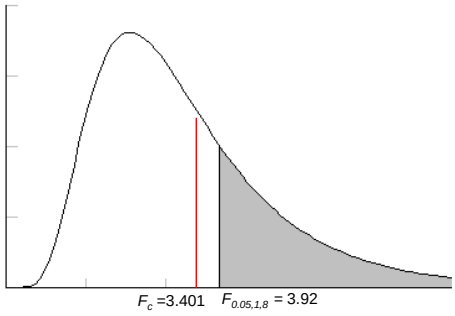
ANEXO 5: COMPROBACIÓN DE SUPUESTOS SOBRE LOS RESIDUOS

A través del software SPSS se realizó el análisis de homocesdasticidad, normalidad y aleatoriedad de los residuos, tal y como se muestra a continuación

Análisis de residuos del margen bruto

Prueba de homocedasticidad

$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$	No existe variación en los residuales de la variable margen en los diferentes modelos (colaborativo y no colaborativo)
$H_1 = \sigma_i^2 \neq \sigma_2^2$	Si existe variación en los residuales de la variable margen en los diferentes modelos (colaborativo y no colaborativo)



Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error[a]

Variable dependiente: Residuo estandarizado para Margen

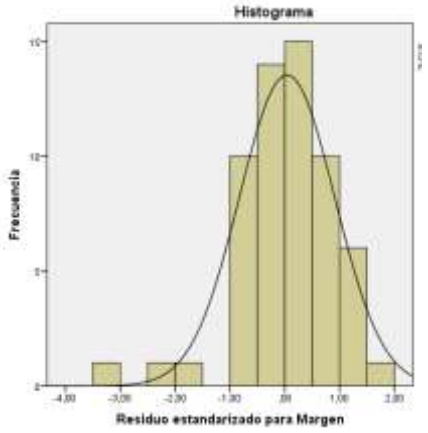
F	df1	df2	Sig.
3,401	1	116	,068

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

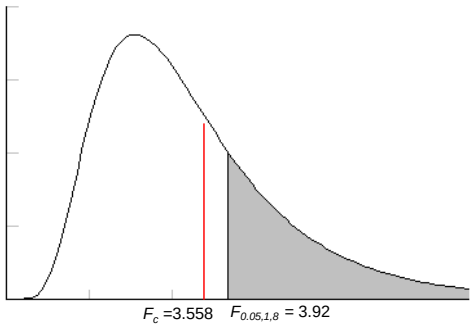
a. Diseño : Modelo

$F_{0,05;1;116}$ =3.92>3.401

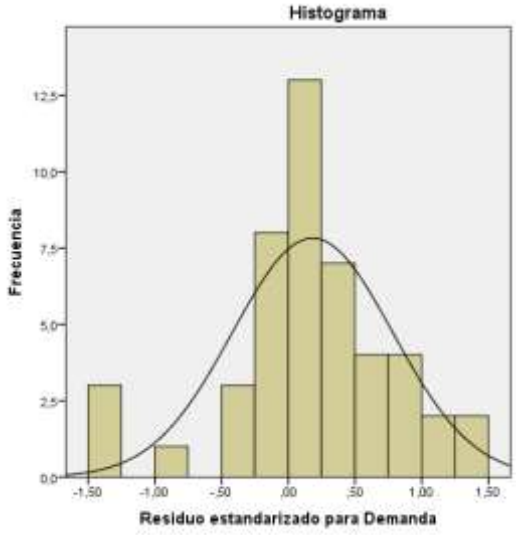
- **Decisión:** No Rechazar la hipótesis nula.
- **Conclusión:** A un nivel de significancia de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula de que haya homogeneidad en las varianzas.

Prueba de normalidad	
	A través de la visualización del histograma de frecuencias de los residuos de la variable margen, podemos aceptar el supuesto de normalidad de los datos

Análisis de residuos de la demanda servida

Prueba de homocedasticidad	
$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$	No existe variación en los residuales de la variable demanda servida en los diferentes modelos (colaborativo y no colaborativo)
$H_1 = \sigma_i^2 \neq \sigma_2^2$	Si existe variación en los residuales de la variable demanda servida en los diferentes modelos (colaborativo y no colaborativo)
	**Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error[a]** Variable dependiente: Demanda F: 3,558 | df1: 1 | df2: 116 | Sig.: ,064 Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos. a. Diseño : Modelo

	$F_{0,05;1;116}$ =3.92>3.558
• **Decisión:** No Rechazar la hipótesis nula.	
• **Conclusión:** A un nivel de significancia de 0.05, no se puede rechazar la hipótesis nula de que haya homogeneidad en las varianzas del residual de la variable demanda	

Prueba de normalidad	
	A través de la visualización del histograma de frecuencias de los residuos de la variable demanda servida, podemos aceptar el supuesto de normalidad de los datos

5