

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE INCUMPLIMIENTO DE LA  
ENTREGA DE PEDIDOS DENTRO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE UN  
3PL EN LA CIUDAD DE CALI**

**CHRISTIAN JULIÁN CHINCHILLA TORRES  
LUISA FERNANDA OSORIO BECERRA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2017**

**PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE INCUMPLIMIENTO DE LA  
ENTREGA DE PEDIDOS DENTRO DE UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN 3PL EN  
LA CIUDAD DE CALI**

**Trabajo de Grado para Optar por el Título de:  
Ingeniero Industrial**

**CHRISTIAN JULIÁN CHINCHILLA TORRES  
LUISA FERNANDA OSORIO BECERRA**

**DIRECTOR:  
PhD. LEONARDO RIVERA CADAVID**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI  
2017**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Santiago de Cali, Junio de 2017.**

### **Declaratoria de originalidad:**

“La presente propuesta de trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial de la Universidad del Valle, no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de calificación alguna, ni de título, o grado diferente o adicional al actual. La propuesta de tesis es resultado de las investigaciones del autor (es), excepto donde se indican las fuentes de Información consultadas”.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
3. OBJETIVOS.....	5
3.1. Objetivo general.....	5
3.2. Objetivos específicos.....	5
4. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1. Antecedentes .....	5
4.2. Glosario de términos .....	8
5. DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN .....	11
5.1. Recepción y almacenamiento.....	14
5.2. Pedidos .....	14
5.3. Facturación.....	15
5.4. Picking.....	15
5.5. Packing.....	17
5.6. Alistamiento y despacho .....	18
5.7. Reabastecimiento .....	20
5.8. Devoluciones.....	20
5.9. Manejo especial.....	21
5.10. Inventario .....	21
5.11. Medición de indicadores operativos.....	22
6. BÚSQUEDA DE CAUSAS RAÍCES.....	23
6.1. Análisis de productividad.....	35
7. SELECCIÓN DE METODOLOGÍA .....	40
7.1. Alternativas de mejoramiento .....	41
7.2. Evaluación de alternativas mediante análisis de decisión multicriterio AHP.....	47
7.3. Selección de herramienta tecnológica .....	53
8. NUEVA METODOLOGÍA PROPUESTA .....	57
8.1. Modelo para implementación de la metodología seleccionada.....	57
8.1.1. Análisis de sitio .....	57

8.1.2. Diseño de solución .....	57
8.1.3. Análisis económico de la solución .....	57
8.1.4. Prueba piloto .....	58
8.1.5. Desarrollo de aplicaciones de software y middleware .....	58
8.1.6. Implementación .....	58
8.2. Modelo aplicado a implementación de la metodología seleccionada .....	58
8.2.1. Análisis de sitio .....	58
8.2.2. Diseño de solución .....	58
8.2.3. Análisis económico de la solución .....	69
9. ANÁLISIS FINANCIERO .....	69
9.1. Verificación de variables.....	70
9.2. Evaluación del proyecto .....	72
10. CONCLUSIONES.....	76
11. REFERENCIAS .....	77

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de flujo procesos de recepción y almacenamiento. ....	12
Ilustración 2. Diagrama de flujo procesos de facturación, alistamiento, picking y despacho. .....	13
Ilustración 3. Proceso de picking primer nivel .....	15
Ilustración 4. Colocación de sticker mercancía cross dockinge .....	19
Ilustración 5. Análisis de causas factor 1: Problemas en el vehículo de transporte .....	29
Ilustración 6. Análisis de causas factor 2. Demoras en el alistamiento.....	30
Ilustración 7. Análisis de causas factor 3. Se presentan novedades en entregas previas en la ruta.....	31
Ilustración 8. Análisis de causas factor 4. La infraestructura vial es ineficiente.....	31
Ilustración 9. Análisis de causas factor 5. El centro de distribución no tiene la capacidad operativa .....	32
Ilustración 10. Análisis de causas factor 6. Los pedidos de los clientes ingresan fuera del horario establecido.....	32
Ilustración 11. Análisis de causas factor 7. El personal no está capacitado .....	32
Ilustración 12. Diagrama de Pareto: Categorías síntoma No. 1.....	35
Ilustración 13. Tendencia de utilización de TICs en Colombia .....	44
Ilustración 14. Árbol de decisión.....	52
Ilustración 15. Metodologías para mejoramiento de las operaciones del centro de distribución .....	56
Ilustración 16. Modelo implementación tecnología .....	57
Ilustración 17. Imagen referencia software RFID .....	59
Ilustración 18. Imagen referencia etiquetas RFID.....	59
Ilustración 19. Imagen referencia lectores móviles código de barras.....	60
Ilustración 20. Imagen referencia lector fijo RFID .....	60
Ilustración 21. Imagen referencia antenas RFID .....	60
Ilustración 22. Imagen referencia impresora RFID .....	61

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Toma de tiempos: Ubicaciones y cajas por auxiliar de bodega.....	16
Tabla 2. Diagnóstico de la zona de picking códigos activos .....	17
Tabla 3. Diagnóstico de la zona de picking códigos inactivos.....	17
Tabla 4. Tiempo promedio de cargue para cross docking – Viaje directo .....	19
Tabla 5. Tiempo promedio de cargue para clientes regulares – operación en plataforma de cada ciudad .....	19
Tabla 6. Novedades 2016 .....	24
Tabla 7. Segundos ofrecimientos 2016 .....	24
Tabla 8. Descripción de factores .....	25
Tabla 9. Frecuencia categorías síntoma No. 1 .....	33
Tabla 10. Frecuencia categorías síntoma No. 1 – Diagrama de Pareto .....	34
Tabla 11. Tiempos de operación por estiba de 1 auxiliar.....	35
Tabla 12. Data disponible para cálculo de la capacidad operativa.....	36
Tabla 13. Capacidad de operaciones por día para cada actividad escenario actual.....	37
Tabla 14. Escenario 1 (Reasignar 2 auxiliares de revisión) .....	38
Tabla 15. Escenario 2 (Reasignar 4 auxiliares de revisión) .....	38
Tabla 16. Escenario 3 (Reasignar 6 auxiliares de revisión) .....	39
Tabla 17. Escenario 4 (Reasignar los 8 auxiliares de revisión).....	39
Tabla 18. Resumen escenarios de reasignación de personal .....	40
Tabla 19. Tabla estandarizada de preferencias .....	47
Tabla 20. Características expertos entrevistados .....	47
Tabla 21. Alternativas de mejoramiento.....	48
Tabla 22. Matriz de comparación de criterios .....	48
Tabla 23. Matriz normalizada y vector prioridad de criterios .....	49
Tabla 24. Matriz de comparación para criterio de Calidad .....	49
Tabla 25. Matriz de comparación para criterio de Costo .....	49
Tabla 26. Matriz de comparación para criterio de Cobertura de procesos .....	49
Tabla 27. Matriz de comparación para criterio de Precisión.....	50
Tabla 28. Matriz de comparación para criterio de Relación con el cliente .....	50
Tabla 29. Matriz de comparación para criterio de Productividad .....	50
Tabla 30. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Calidad .....	50
Tabla 31. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Costo .....	51
Tabla 32. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Eficiencia.....	51
Tabla 33. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Precisión.....	51
Tabla 34. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Relación con el cliente ..	51
Tabla 35. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Productividad .....	51
Tabla 36. Selección de alternativas .....	53
Tabla 37. Comparativo TICs .....	53



Tabla 38. Calificación tecnologías .....	56
Tabla 39. Precio ítems para implementación.....	62
Tabla 40. Escenario 1 (Reasignar los 8 auxiliares de revisión).....	69
Tabla 41. Comparativo de costos con y sin tecnología .....	70
Tabla 42. Parámetros de evaluación de alternativas.....	73
Tabla 43. Estructura de capital de deuda.....	73
Tabla 44. Evaluación alternativas - CUNE .....	73
Tabla 45. Evaluación alternativas - Costo por Unidad de Beneficio .....	74
Tabla 46. Ahorro incremental.....	75

## **INTRODUCCIÓN**

Las empresas de manufactura están en constante incertidumbre respecto al tamaño de los lotes, y las especificaciones requeridas en una bodega de almacenaje de producto terminado, donde no todas las unidades deben tratarse de la misma manera (sistemas recolección específicos), interrogantes como tamaño, forma, distribución y métodos deben ser solucionadas de acuerdo a los pronósticos de demanda y las limitantes existentes. Además de procurar establecer dichos requerimientos para contar con una rápida capacidad de respuesta y un alto nivel de servicio.

Este trabajo se desarrolla en el centro de distribución de una empresa que realiza sus actividades de distribución y almacenamiento a través de un operador logístico; se busca mejorar las medidas de desempeño mediante la aplicación de una estrategia con alcance a procesos, producto y tiempos de despacho, mitigando así las entregas fuera del tiempo acordado y quejas del cliente.

El problema del incumplimiento de la entrega de pedidos genera pérdidas de dinero por multas acordadas con los clientes al no cumplir con horarios de entrega pactados, además de ingresos que deja de percibir como consecuencia de la no rotación del producto en punto de venta al perder días en espera de ingreso al inventario y por deterioro de la imagen de la empresa. A continuación, se presenta un resumen de la estructura del documento desarrollado:

En los capítulos 1, 2 y 3 se plantean los objetivos abordados del presente proyecto y el planteamiento del problema. En el capítulo 4 son revisados los antecedentes de los proyectos de mejora en centros de distribución y el glosario de términos usados en el documento.

En el capítulo 5 es descrita la operación del centro de distribución de la empresa caso de estudio administrado por el operador logístico e indicadores operativos. En los capítulos 6 y 7 se describen los síntomas y causas raíces asociadas para posterior evaluación y selección de alternativas que se adecúen a las necesidades encontradas. En el capítulo 8 se detalla el funcionamiento, ventajas y estimación de mejoras en los indicadores operativos de la nueva metodología para realizar las operaciones dentro del centro de distribución.

En el capítulo 9 es descrita la evaluación del proyecto bajo la técnica de Costo Uniforme Neto Equivalente, ahorro incremental y es hallado el periodo de pago, concluyendo la factibilidad del proyecto. Finalmente, en el capítulo 10 se realizan las conclusiones del proyecto de investigación.

## **1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La cadena de suministro es una red que tiene como objetivo llevar los productos al consumo de los clientes, la cual se divide en Suministro, Producción y Distribución; la distribución es uno de los factores de peso al momento de definir el precio del artículo, aspectos como el almacenamiento y las operaciones realizadas dentro de las bodegas o centros de distribución definen la velocidad y efectividad en la entrega de los productos a los clientes.

Actualmente en Colombia la metodología o forma de operar de los centros de distribución se ve afectada por procesos manuales, invirtiendo menos en tecnología y más en supervisión. La operación justifica sus errores en fallas humanas, aunque pueden mitigarse con capacitaciones, entrenamiento y supervisión, no hay certeza de que puedan desaparecer, lo que afecta de forma directa la cadena de suministro, ya que no se puede satisfacer la demanda.

Realizar una propuesta para mitigar los errores que se generan al depender de tantos procesos manuales, es un reto que se ha decidido afrontar, un proyecto que genere mejoras considerables en la operación que impacte en la disposición final de los artículos.

Finalmente, el compromiso se hace mayor, debido a que uno de los integrantes de este proyecto labora en el centro de distribución a utilizar como caso de estudio y presentar este trabajo daría una excelente imagen a su carrera y a la Universidad frente a la empresa.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Debido a la gran competencia del mercado, se tiene la necesidad de implementar estrategias que estén orientadas a optimizar los procesos de control interno con el propósito de que cada área operativa aumente el nivel de servicio para los clientes, generando rotación de los productos, mayores pedidos, y distinción de la marca. La intención de satisfacer al consumidor trae consigo crecimiento para las empresas, aportando al desarrollo social de la comunidad.

Cabe destacar que los procesos logísticos representan entre el 18 y el 35% del costo de un producto, por lo que es uno de los ejes centrales en la comercialización de un artículo, lo que convierte esta temática en algo de sumo interés para las empresas a nivel general. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL] y Banco de Desarrollo de América Latina [CAF], 2013)

La empresa del caso de estudio es una multinacional que se encarga de elaborar y comercializar productos de consumo masivo; cuenta con gran reconocimiento y se ha caracterizado porque sus productos se rigen bajo los más estrictos controles de calidad. Éstos son elaborados en la planta de producción ubicada en la zona de Acopi Yumbo, donde se le

apuesta a la innovación y al cuidado del medio ambiente, para lo cual desarrollan tecnología que les permita cumplir esta exigencia.

El centro de distribución de la empresa es administrado por un operador logístico el cual se encarga del almacenamiento de sus productos y posterior distribución mediante plataformas propias en las ciudades principales (Cali, Bogotá, Medellín, Barranquilla, Bucaramanga, Pasto, Ibagué y Pereira) a sus clientes nacionales.

La bodega cuenta con área aproximada de 9000 m<sup>2</sup> (60mx150m) y una capacidad diaria de procesar aproximadamente 25.000 cajas (valor que varía según la necesidad de operaciones especiales – Cross docking-), donde se manejan los productos de consumo masivo y medicamentos OTC-aquellos que no necesitan fórmula médica para su comercialización-, para los cuales cuenta con 5 canales de venta: Autoservicios, distribuidores, droguerías, TAT (tiendas) y D2D (ventas por catálogo). Se tienen en promedio 500 referencias almacenadas en aproximadamente 8.800 posiciones del centro de distribución. En promedio, se facturan 200 pedidos en un día, que significan entre 20.000 y 50.000 cajas.

Durante el año 2016 la empresa caso de estudio facturó aproximadamente 387.000 cajas al mes, con un coeficiente de variación en un rango entre 33,5% y 47,3%, exigiendo al máximo la capacidad de despacho del centro de distribución en ciertos días; ésta se ve afectada por los procesos especiales que se realizan para cada cliente, procedimientos, imprevistos, entre otros factores que limitan la operación, generando segundos ofrecimientos, montos de devoluciones, rechazos e incumplimientos de compromisos pactados, que afectan directamente la imagen frente al cliente.

La empresa mide el nivel de servicio a los clientes por medio del indicador OTIF, el cual se compone de dos factores:

$$1. In\ full = \frac{Unidades\ atendidas\ (facturadas)}{Unidades\ solicitadas}$$

$$2. On\ time = \frac{Facturas\ entregadas\ dentro\ del\ lead\ time}{Total\ de\ facturas}$$

Las cifras en este momento muestran que el In full se encuentra en un 98% y el On time oscila entre 65% y 72% sin ajustar y un valor ajustado de 98%. Como resultado de estos valores, el OTIF se encuentra en un 67,2% sin ajustar y un 96% ajustado.

$$On\ Time\ In\ Full\ (OTIF) = In\ full * On\ time$$

Para el ajuste del indicador On time, la empresa tiene en cuenta factores logísticos (incumplimiento de citas, cogestión en bodegas por altos volúmenes de facturación, etc.), comerciales (problemas con órdenes de compra, alineación cliente-proveedor) y externos

(aquellos que no están bajo el control y alcance de la empresa)

Se ha planteado una meta de 98% para el indicador descrito anteriormente; este proyecto busca reducir la brecha entre lo real y lo proyectado, lo que repercute en una mejor imagen de la empresa ante sus clientes y el consumidor. Por lo tanto, la problemática del incumplimiento de las entregas, está impactando en gran medida en cuatro aspectos relevantes en la compañía que se describen a continuación.

Se reflejan pérdidas de dinero por multas acordadas con los clientes al no cumplir con horarios de entrega pactados, cargadas directamente a la empresa por los costos en los que incurre el cliente al planificar recursos que no utilizó según lo estimado. Estos costos alcanzan un valor de \$5.000.000 por cada ocurrencia con una frecuencia mensual.

Durante el periodo evaluado se entregaron 63.642 pedidos, de los cuales 14.744 no fueron entregados dentro del lead time establecido. Además, se incurrió en un costo promedio de \$8.300.000 mensuales por segundos ofrecimientos (novedad presentada en una entrega que ocasiona flete por ofrecer la mercancía por segunda vez) obteniendo \$99.232.380 en el año y \$69.357.434 por devoluciones, para un total de \$168.589.814, valor que para el período en cuestión debía ser menor a \$66.000.000, cifra crítica pues supera en un 155% el valor presupuestado.

Adicionalmente, la empresa deja de percibir ingresos como consecuencia de la no rotación del producto en punto de venta al perder días en espera de ingreso al inventario, debido a que algunos clientes cumplen estrictamente los días fijos de entrega, al no llegar a una cita, se pierde toda una semana sin que ingrese el inventario, es decir, se pierden ventas en los puntos al presentarse agotados y no contar con los productos en exhibición, lo que hace que los clientes busquen productos sustitutos o simplemente, dejen de comprar.

Otro aspecto afectado directamente por el incumplimiento en las entregas es el deterioro de la imagen de la empresa, ya que pierde credibilidad ante los consumidores y la fidelidad que generan sus productos desaparece ante la urgencia de suplir sus necesidades inmediatas.

El fruto de este trabajo de investigación beneficia particularmente a la empresa del caso de estudio, ya que, a corto plazo, se reflejará la satisfacción de los clientes y la caída en las quejas y reclamos, debido a aspectos como la precisión y velocidad de los pedidos; a largo plazo se verá el aumento en la rotación de sus productos en los puntos de venta y sus costos de inventario y almacenamiento se reducirán de forma considerable.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

Proponer una solución dentro del centro de distribución de un 3 PL de la ciudad de Cali al problema de incumplimiento de la entrega de los pedidos.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Identificar la causa raíz con mayor impacto negativo en la operación del centro de distribución.
- Determinar la metodología adecuada para atacar la causa raíz.
- Realizar la evaluación financiera de la metodología propuesta.

### **4. MARCO TEÓRICO**

#### **4.1. Antecedentes**

En el año 2010, Serna, Arango y Pemberthy, realizaron una propuesta orientada al mejoramiento de los procesos de distribución y picking en la bodega de una empresa del sector industrial. La finalidad del estudio radica principalmente en la disminución de los tiempos de preparación de pedido para lograr una mejora en el servicio y en la reducción del área destinada al almacenamiento para mitigar los costos de operación. (Serna, Zapata, Pemberthy – 2010).

Posteriormente en el 2011 Manotas y Ramírez desarrollaron una heurística que fue adaptada con los supuestos y criterios de la regla del cube-per-order para la optimización de asignación de espacios unida con algunas de las bases para la optimización de picking, en el que la distancia de la ruta es importante pero no la ruta en sí. El objetivo que se persigue es el de minimizar la distancia total recorrida en un periodo de tiempo evaluado, sujeto a restricciones de espacio y asignación. (Manotas, Ramírez - 2011)

Las políticas centrales de los Centros de Distribución invita a estar a la vanguardia de la nueva cultura logística, por lo que Martínez realizó una propuesta con el principal objetivo de innovar, organizar y entregar herramientas necesarias, por medio del análisis y mejoramiento de los procesos críticos operativos y distribución en planta del Centro de Distribución, que permitan mejorar los resultados de servicio y satisfacer los compromisos contractuales con clientes y usuarios. (Martínez - 2009)

La ejecución de las propuestas de mejora sugeridas por Arrieta, generaron un impacto

positivo en el desarrollo de las actividades logísticas de la empresa, ya que se lograron reducir en promedio los tiempos de operación en un 80%, los traslados de productos en un 43% y los costos de operación en un 91%. A su vez, permitió el ordenamiento de los flujos logísticos, la redefinición de los acuerdos de nivel de servicio con el cliente en función a su capacidad operativa real, la reducción de las diferencias de inventario en un 77%, la optimización de la generación y captura de información mediante radio frecuencia, en la mejoría del desempeño del personal aplicando la filosofía de trabajo 5'S. Todas estas mejoras han logrado que los servicios brindados cuesten 43% menos respecto a los servicios brindados antes de la mejora. (Arrieta - 2012)

Martin Strassner y Mathias Lampe muestran que la tecnología RFID tiene un alto potencial para mejorar la gestión de activos movibles en varias formas basadas en la identificación automática y única, demostrando beneficios como la identificación de los activos correctos, localización de activos, control de la calidad o estado de los activos y mantenimiento del historial de los activos. Aunque son conscientes de los inconvenientes importantes como por ejemplo los que ocurren siempre y cuando se utiliza en entornos metálicos y la falta de normas para el uso del sistema, afirman que la tecnología está mejorando para acoplarse a las necesidades de la metodología RFID, mostrándola como una tecnología prometedora que se alista para ser utilizada en diferentes tipos de ambientes laborales como la logística (Lampe y Strassner, 2003).

### ***Caso Wal-Mart***

Wal-Mart ha crecido hasta convertirse en el minorista más grande del mundo al buscar todas las oportunidades para agilizar su cadena de suministro y reducir los costos para cumplir con su promesa de "precios bajos todos los días". Como consecuencia de esto, los ejecutivos de Wal-Mart reconocieron sus problemas de inventario al evidenciar las pérdidas en ventas debido a la mercancía que faltaba en los stocks. Mientras se abogaba por un cambio en la tecnología y los procesos para mejorar su gestión de inventario, se trabajaba con una combinación de malos procedimientos y muy pocas horas de nómina asignadas a la gestión del espacio; esto hacía que fuera casi imposible encontrar el producto cuando era necesario.

La compañía presentó inicialmente RFID para hacer el tracking de las estibas con la mercancía que viajaba a lo largo de su cadena de suministro incluyendo los movimientos en los centros de distribución. La tecnología demostró, entre otras cosas, la reducción del volumen de exceso de inventario en la cadena de suministro de Wal-Mart y la reducción de ocurrencias de existencias en casi un tercio.

RFID ha transformado la forma en que Wal-Mart opera su tienda minorista. El movimiento de los bienes a lo largo de la cadena de suministro se refleja en los correspondientes movimientos de la información enviada por el lector RFID. Las computadoras se comunican con otras computadoras a través de redes locales, nacionales y, en algunos casos,

internacionales. Sin embargo, sin cadenas de suministro adecuadamente diseñadas con tecnología RFID, esto no tendrá éxito.

La colaboración de Wal-Mart con P&G significó que P&G asumiría más responsabilidad por la gestión de inventarios. Cuando los productos de P&G se agotan en los centros de distribución, el sistema envía una alerta automática a P&G para enviar más productos. En algunos casos, el sistema va hasta el centro de distribución individual de Wal-Mart permitiendo a P&G monitorear las estanterías mediante enlaces de satélite en tiempo real que envían mensajes a la fábrica, siempre que un elemento de P&G atraviese un escáner en el registro. Con este tipo de información minuto a minuto, P&G sabe cuándo hacer, enviar y mostrar más productos en las tiendas de Wal-Mart; ya no necesita mantener los productos apilados en centros de distribución esperando la llamada de Wal-Mart, además la facturación y los pagos también se realizan automáticamente. El sistema ahorra tanto a P&G en tiempo, reduciendo el inventario y costos de procesamiento de orden inferior, que puede permitirse dar a Wal-Mart "bajos precios cotidianos" sin ponerse fuera del negocio. (Rosenblum, 2014)

Wal-Mart utiliza etiquetas de radiofrecuencia para mantener sus estantes abastecidos. Sus cadenas de suministro funcionan sin problemas cuando las ventas están listas, pero a menudo se descomponen cuando se enfrentan a un repentino aumento de la demanda, especialmente cuando Wal-Mart realiza una promoción especial que hace que sus compradores acumulen todos los artículos promocionales. Las etiquetas RFID pueden cambiar eso, proporcionando información en tiempo real sobre lo que está sucediendo en las estanterías de las tiendas. (Rosenblum, 2014)

La ventaja de P&G es contar con una información más avanzada de la demanda del producto, así como una alerta cuando esté llegando su punto de reorden: la ventaja para Wal-Mart o distribuidor es minimizar los costos de inventario. (Rosenblum, 2014)

Tener el artículo correcto cuando el cliente final lo necesita, beneficia a todos los socios. El sistema de administración de inventario de Wal-Mart rastrea y enlaza sus existencias en su centro de distribución lo que provoca una reposición más rápida y proporciona datos precisos en tiempo real. La inexactitud del inventario, el efecto de alzamiento y las políticas de reabastecimiento, son falencias que Wal-Mart pudo mejorar con la tecnología de RFID.

Los sistemas de Wal-Mart están vinculados al sistema de gestión de la cadena de suministro de P&G, los picos de demanda reportados por las etiquetas RFID son inmediatamente visibles en toda la cadena de suministro.

Tras el despliegue de las tecnologías RFID, Procter & Gamble y Wal-Mart redujeron simultáneamente los niveles de inventario en un 70%, mejorando los niveles de servicio del 96% al 99%. También redujeron los costos de administración mediante la reingeniería de sus



cadena de suministro. El software de logística de P&G rastrea sus camiones con localizadores GPS y rastrea su contenido con lectores de etiquetas RFID, esto logra que los gerentes regionales puedan reorientar camiones para cubrir necesidades urgentes. (Rosenblum, 2014)

Los proveedores de P&G también utilizan etiquetas RFID y lectores sobre sus materias primas, dando visibilidad a P&G en varios niveles de la cadena de suministro y a los proveedores la capacidad de predecir con precisión la demanda y la producción.

La competencia ya no existe entre Wal-Mart y P&G, ninguna otra empresa tiene más eficiencia, y ninguna otra compañía ha abrazado la subcontratación a China con más vigor que Wal-Mart. Tal vez hasta el 85% de la mercancía de Wal-Mart se hace en el extranjero. (Rosenblum, 2014)

Los beneficios del RFID en la cadena de suministro al por menor de Wal-Mart son:

- Los proveedores avanzan con implementaciones RFID de código de producto electrónico (EPC) para obtener mejoras operativas.
- La visibilidad del inventario al 100%.
- Reducción importante de pérdidas.
- Seguimiento de lote y fechas de vencimiento, lo que permite que las etiquetas lleven bases de datos en tiempo real de la información del artículo, asignar números de serie únicos a los elementos y compartiendo EPC y otros datos de producto con socios en la cadena de suministro.

A través de este intento innovador, Wal-Mart proporcionó una considerable aceleración a las implementaciones RFID en las cadenas de suministro. (Rosenblum, 2014)

## **4.2. Glosario de términos**

### ***Operadores Logísticos***

“Operador logístico es aquella empresa que – por encargo de su cliente – diseña los procesos de una o varias fases de su cadena de suministro (aprovisionamiento, transporte, almacenaje y distribución e incluso ciertas actividades del proceso productivo) y organiza, gestiona y controla dichas operaciones utilizando para ello infraestructuras físicas, tecnología y sistemas de información propios o ajenos, independientemente de que preste o no los servicios con medios propios o subcontratados. En este sentido el operador logístico responde directamente ante su cliente por los bienes y adicionales acordados en relación con éstos y es su interlocutor directo”. (Zona Logística, 2016).

El operador logístico no sólo se limita a almacenar y distribuir, también se incorpora a la

cadena de producción y ofrece servicios que añaden valor a la carga, tales como control de inventarios, cargues, descargues, indicadores de gestión y embalajes; incluso, podrían intervenir en otros eslabones de la cadena de proveedor-cliente, tales como facturación y recaudo.

Se obtienen los siguientes beneficios al optar por el outsourcing logístico, tales como:

- Reducción de costos: Reflejados en la disminución de los costos de almacenamiento, transporte y distribución.
- Costo logístico variable: Solo se paga por los servicios que se reciben. “Si mueven una caja, se paga por una caja; si mueven mil, se paga por mil”.
- Disminución de pérdidas de productos: Los operarios logísticos hacen que se reduzcan las pérdidas de inventario, gracias a la experiencia y responsabilidad que asumen sobre la mercancía.
- Desarrollo del “core business”: Permite que las empresas se dediquen al desarrollo de su negocio, mientras que las funciones logísticas son asumidas por el operador.
- Acceso a tecnología: un operador logístico tiene acceso a tecnología que puede ser nueva para las empresas ya sea por ser pequeñas o por el desconocimiento de las mismas. (Cámara de Comercio de Cali, 2013)

#### ***FEFO (First Expires-First Out)***

Es una técnica de gestión de la carga que trata de distribuir los productos haciéndolos fluir por la cadena de suministro seleccionando primero los que caduquen antes. (Mecalux, 2016)

#### ***TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación)***

Las tecnologías de la información y de la comunicación son aquellas que se necesitan para la gestión y transformación de la información, y muy en particular el uso de ordenadores y programas que permiten crear, modificar, almacenar, administrar, proteger y recuperar esa información. (González, 2016)

#### ***WMS (Warehouse Management System)***

La TIC Warehouse Management System es un subsistema de información que ayuda en la administración del flujo del producto y el manejo de las instalaciones en la red logística. Además, se considera que controla las operaciones que alimentan de materia prima y componentes al proceso de producción, y atiende las órdenes de pedidos de los clientes. (Correa, Gómez, Cano, 2010)

#### ***LMS (Labor Management System)***

Labor Management System es el sistema de control de actividades del centro de distribución que se enfoca en mejorar la productividad a través de la adecuada programación, seguimiento y control de personal, así como los recursos que participan en sus actividades. La principal

desventaja se debe a la cantidad de modificaciones de la estructura operacional y las altas inversiones que significan su puesta en marcha. (Correa, 2010)

### ***YMS (Yard Management System)***

Yard Management System es un sistema cuya finalidad es administrar los patios que permite controlar los muelles de recepción y despacho, y rastrear y seguir el movimiento de los trailers a través de tecnología de localización en tiempo real. (Correa, 2010)

### ***SCE (Supply Chain Execution)***

Supply Chain Execution es una tecnología que se enfoca a la optimización de movimiento de materiales entre el centro de distribución y los otros agentes de la cadena de suministro, tales como WMS, LMS, entre otros. (Correa, 2010)

### ***RFID***

Identificación por Radiofrecuencia es un término genérico que usa ondas para identificar automáticamente los ítems individuales. El funcionamiento de este sistema consiste en equipar cada uno de los ítems con una pequeña etiqueta que contiene un transpondedor con un chip de memoria digital que permite una única identificación por producto. Ha tenido éxito en diferentes industrias como la logística, la industria textil, seguridad, el sector hospitalario y hotelero entre otros. (Correa, Gómez, Cano, 2010).

### ***Sistema de Código de Barras***

El código de barras UPC (Código Universal de Producto) es un conjunto de barras paralelas verticales de distinto grosor y espaciado que en su conjunto contienen información; las barras y espacios del código representan cadenas de caracteres. El código de barras permite reconocer rápidamente un artículo de forma única y global en un punto de la cadena de abastecimiento y de esta forma por ejemplo poder realizar el inventario o conocer una información determinada; además permiten la automatización de los procesos de negocio y de esta forma reducir costos, errores humanos o mejorar la seguridad y la interoperabilidad de los sistemas. (Boluda, 2013)

### ***EPC Protocolo Gs 1 “Gen 2”***

Define los requisitos físicos y lógicos para un sistema RFID de interrogadores y etiquetas pasivas, que operan en el 860 MHz - gama Ultra High Frequency (UHF) 960 MHz. Durante la última década, EPC Gen2 se ha establecido como el estándar para las implementaciones de UHF a través de múltiples sectores, y está en el corazón de cada vez más implementaciones de RFID. (Global Language of Business GS1)

### ***ISO / IEC 18000-6***

Norma del sistema especializado para estandarización global conformado por La Organización Internacional para Estandarización (ISO) y la Comisión Internacional de

Electrotécnica IEC (International Electrotechnical Commission). Define la interfaz de aire para la identificación por radiofrecuencia (RFID) de dispositivos con un ancho de banda no comercial o ISM (Industrial, Científica y Médica) que operan en un rango entre 860 MHz y 960 MHz. Especifica los requisitos físicos y lógicos para un sistema RFID pasivo, Interrogador Habla Primero (ITF) o Etiqueta Habla Sólo Después de Escuchar (TOTAL). (International Organization for Standardization, 2010)

### ***SKU***

Abreviatura de la palabra Stock Keeping Unit (en español «número de referencia») es un identificador usado en el comercio con el objeto de permitir el seguimiento sistémico de los productos y servicios ofrecidos a los clientes. Cada SKU se asocia con un objeto, producto, marca, servicio, cargo, etc.

### ***Cajas rotas***

El significado de esta expresión en el documento se refiere a una caja que ha sido abierta para retirar algunos artículos debido a que el pedido contiene una cantidad de elementos inferior a la especificada.

### ***Cajas de Saldos***

El significado de esta expresión en el documento se refiere a una caja que contiene una variedad de productos que han sido recolectados de las “cajas rotas” la cual es alistada para el despacho a los clientes.

### ***UD***

Unidad de almacenamiento. Para el caso de estudio, toda la información relacionada al producto almacenada en determinada estiba.

## **5. DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN**

A continuación, se realiza la descripción de operaciones realizadas dentro del centro de distribución y que impactan directamente el cumplimiento de las entregas a los clientes. Para esto, se realizaron visitas al operador logístico, recolectando datos mediante observación y descripción de los involucrados en cada parte del proceso (auxiliares y personal administrativo).

En las ilustraciones 1 y 2 se muestra el flujo de las operaciones a grandes rasgos, que se describirán más a detalle posteriormente.

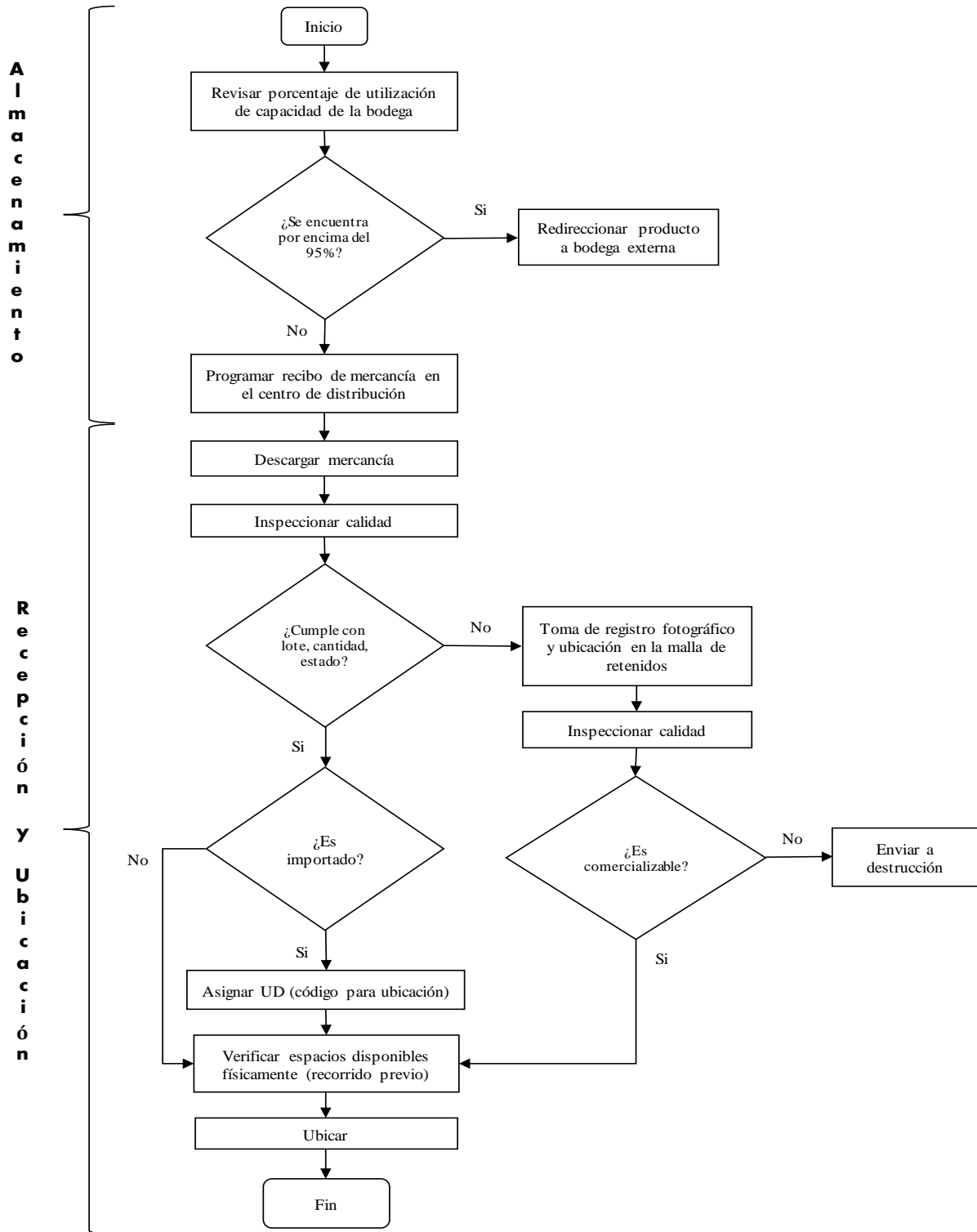


Ilustración 1. Diagrama de flujo procesos de recepción y almacenamiento.  
Fuente: Elaboración propia

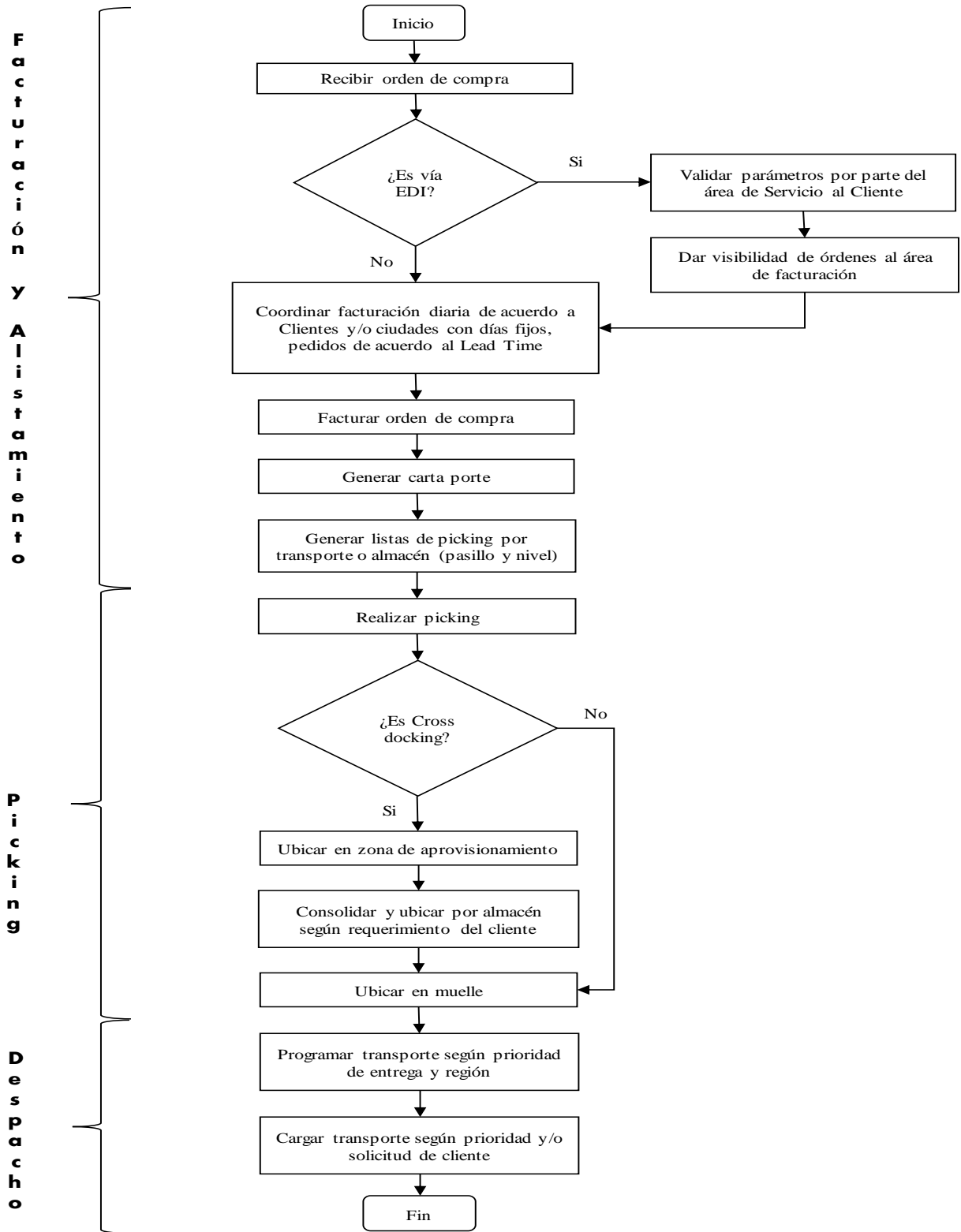


Ilustración 2. Diagrama de flujo procesos de facturación, alistamiento, picking y despacho.  
Fuente: Elaboración propia

## **5.1. Recepción y almacenamiento**

Antes de comenzar la recepción de material, el encargado de almacenamiento debe validar si el porcentaje de ocupación de la bodega se encuentra por encima del 95%, en caso negativo se programa el recibo de la mercancía en el centro de distribución. En caso afirmativo determina que el producto que llega se debe direccionar a la bodega externa, tratando de mantener al mínimo el número de posiciones ocupadas (en promedio 1700).

La mercancía que ingresa al centro de distribución puede provenir de planta, maquilas, importados y bodega externa, la cual se recibe en un tiempo promedio de 20 minutos (descarga de estibas). Se descarga y localiza en una ubicación de tránsito (pueden ser 5 filas de 10 estibas) y una vez allí, el personal de recibo o reaprovisionamiento, verifica la calidad del embalaje y cantidad de cajas (contando cajas por tendidos y multiplicando este número por la cantidad de tendidos), la cual debe concordar con el número registrado en la Carta Porte (documento en el que se registran las unidades que se transportan en el vehículo). En caso de que se presente alguna novedad en cuanto faltantes y averías, se toma registro fotográfico y se reporta. Las cajas averiadas por cuestión de calidad se deben ubicar en una malla en la bodega dispuesta exclusivamente para mercancía de rechazos, la cual una vez se ingresa, no puede volver a salir para comercialización.

Previamente al recibo, los auxiliares han caminado por la bodega realizando la validación de espacios disponibles, listado con el cual se dispone a almacenar la mercancía. Las estibas ingresadas cuentan con códigos de identificación en el embalaje (en el Film Stretch), que son escaneados, momento en el que el producto ingresa al inventario en el sistema y posteriormente se almacena de forma aleatoria.

## **5.2. Pedidos**

Los pedidos llegan al sistema de dos maneras:

### ***5.2.1. Vía EDI***

Son los clientes que suben sus pedidos electrónicamente, donde el área de servicio al cliente valida si el pedido cumple con los parámetros, para después dar visibilidad en SAP al área de facturación. (Parámetros: Código de producto existente y vigente, precios que coincidan en la OC del cliente vs establecidos por la empresa, asignación de ofertas, disponibilidad de inventario).

### ***5.2.2. Pedidos ingresados al sistema manualmente***

Los ejecutivos de venta reciben las órdenes de compra del cliente y graban manualmente en SAP los productos, cantidades, códigos, nombre/código del cliente y la fecha preferente de entrega.

Los pedidos en SAP son validados por el área de CLS (Customer and Logistics Services) donde se coordina qué se factura diariamente de acuerdo a factores como clientes con días fijos, frecuencias fijas de ciudades y pedidos de acuerdo al lead time.

### 5.3. Facturación

Para este proceso se realiza un corte a las 7 pm, que es la hora en que comienza la facturación en bloque de los pedidos del día según parámetros. Este proceso arroja el primer global de pedidos en promedio a la 11 pm, momento en el cual se pueden generar las listas de picking y realizar la operación como se describe en el siguiente numeral.

### 5.4. Picking

El picking se puede realizar de dos formas:

- Picking de primer nivel: ejecutado por un auxiliar con una carretilla manual por cada pasillo; el auxiliar recorre los pasillos con los listados asignados, desubicando mercancía de las ubicaciones de primer nivel como se muestra en la Ilustración 3.



*Ilustración 3. Proceso de picking primer nivel*

*Fuente: Propia*

- Picking de nivel dos hacia arriba: ejecutado por un auxiliar y un operario de máquina con un montacargas; estos se dirigen a las ubicaciones señaladas en los listados asignados, bajan la estiba correspondiente con el montacargas y toman la cantidad de cajas pedidas. Una vez se toma la mercancía, se ubica en la carretilla manual, se sube y posiciona la estiba nuevamente.

Las listas de picking son generadas de acuerdo al pasillo y nivel (si es primer nivel o nivel 2 en adelante), esto con la intención de hacer la recolección de varios pedidos al mismo tiempo, sin tener que dirigirse a la misma ubicación varias veces. Las listas se generan por transporte y los vehículos son cargados agrupando la mercancía por código; no se necesita diferenciar el pedido ya que la separación se realiza en las plataformas del operador logístico en cada ciudad.



El jefe de bodega asigna las listas a los auxiliares según pasillo; si es primer nivel realiza la recolección con una carretilla manual y se dirige a la primera ubicación que le indique la lista de picking, donde verifica que el código solicitado coincide con el existente en la UD y toma la cantidad de cajas indicada, depositándolas en la estiba y finalmente se dirige a la siguiente ubicación en la lista. Cuando termina las ubicaciones correspondientes a un pasillo, se dirige al siguiente hasta que termina el listado asignado. Los auxiliares que realizan la recolección en niveles altos utilizando montacargas, deben desubicar la estiba y una vez se encuentre en el piso se toma la cantidad de producto solicitada, según la lista de picking y nuevamente ubican la estiba en su posición.

Una vez que cada auxiliar termina con su lista de picking, ubican la mercancía recolectada en la zona de aprovisionamiento, donde se vuelve a realizar separación por tipo de centro de distribución sólo para el caso del cross docking. Para el caso de los clientes regulares, se ubica en el muelle y posteriormente cada auxiliar se dirige hacia el jefe de bodega para asignación de una nueva lista de picking.

En la tabla 1 se detalla información brindada por el operador logístico de la productividad en promedio al mes de la actividad de picking de 14 auxiliares. En ésta se registra a cuántas ubicaciones fueron los auxiliares y cuántas cajas desubicaron de la estantería, diferenciando ubicaciones de primer nivel de las de niveles 2 en adelante, dando como resultado un promedio de 163 cajas por hora por auxiliar.

*Tabla 1. Toma de tiempos: Ubicaciones y cajas por auxiliar de bodega*

<b>Auxiliar</b>	<b>Nivel</b>	<b>Ubicaciones</b>	<b>Cajas</b>	<b>Cajas por hora</b>
A1	1	1584	7610	120
A2	1	1301	4643	135
A3	1	919	3548	79
A4	1	711	2897	113
A5	1	334	1332	109
A6	1	230	951	107
A7	1	165	314	108
A8	2	4203	60976	246
A9	2	2531	40200	262
A10	2	2865	31954	227
A11	2	1908	23090	194
A12	2	1249	20237	263
A13	2	1331	14954	133
A14	2	757	8143	181

*Fuente: Elaboración propia*

Adicionalmente, se realizó un diagnóstico de la zona de picking donde se estableció la distribución de los códigos asignados a cada ubicación, determinando cuáles se encontraban

activos (códigos matriculados para venta) y cuáles inactivos (códigos inhabilitados para venta en el momento del diagnóstico, de acuerdo a lo establecido por el área de planeación). Para esto, se utilizó la información brindada por la empresa del inventario existente, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 2. Diagnóstico de la zona de picking códigos activos

<b>Cantidad de Ubicaciones de Picking</b>	<b>Códigos Activos</b>	<b>Total Ubicaciones Ocupadas</b>
0	51	0
1	99	99
2	257	514
2 o más	56	234
<b>Total</b>	<b>463</b>	<b>847</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Diagnóstico de la zona de picking códigos inactivos

<b>Cantidad de Ubicaciones de Picking</b>	<b>Códigos Inactivos</b>	<b>Total Ubicaciones Ocupadas</b>
0	34	0
1	6	6
2	16	32
2 o más	3	9
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>47</b>

Fuente: Elaboración propia

*Ocupación códigos inactivos*

$$= \frac{\text{Total de ubicaciones de códigos inactivos en zona de picking}}{\text{Total de ubicaciones en zona de picking}}$$

*Códigos activos sin matricular en zona de picking*

$$= \frac{\text{Total códigos activos sin ubicación en zona de picking}}{\text{Total de códigos activos}}$$

Teniendo en cuenta un total de 894 ubicaciones en la zona de picking, se evidencia que el 5,3% de estas están siendo desaprovechadas al estar ocupadas por SKUs inactivos, mientras que el 11,0% de los códigos activos no se encuentran matriculados en primer nivel.

## 5.5. Packing

Las órdenes que ingresan por una cantidad de unidades que no completan una caja, se facturan por sub empaques (para los códigos que aplique) y son llevadas a la zona de packing. Al momento de la facturación, se clasifica el picking de cajas completas y el de aquellas que son saldos para realizar proceso de packing. Se asigna este listado de picking al auxiliar, quien recolecta el producto con una carretilla manual dirigiéndose a cada ubicación en el

orden especificado en la lista; el auxiliar debe abrir las cajas en las ubicaciones especificadas y tomar el subempaquete solicitado. Una vez toma la cantidad solicitada, deja la caja con la cantidad restante en la ubicación y debe sellarla sin colocar cinta. Cuando ha terminado el listado, se dirige a la zona de packing y deja la mercancía en la estiba con la respectiva lista finalizada. A esta zona se asignan dos auxiliares, el primero valida el listado e ingresa el producto en las estanterías de rodillos, siendo cada nivel un listado. Este mismo auxiliar arma las cajas en las que se va a empacar el producto de “saldos” y las coloca en una mesa contigua al computador, impresora de stickers y pistola de scan, luego el segundo auxiliar toma la mercancía de la estantería y la deposita en las cajas (para el cross docking según especificación, para clientes regulares se optimiza el espacio).

Cuando las cajas se completan, el segundo auxiliar escanea de cada caja el código de barras del producto y lo confirma en Oracle, se imprime una etiqueta que especifica que ésta es una caja de saldos con los códigos y cantidades que contiene. Finalmente, el primer auxiliar sella las cajas con pegante y cinta, y las deposita en la estiba para que sean llevadas a la zona de aprovisionamiento y se les realice las mismas actividades de las cajas que fueron llevadas del área de picking. Las cajas que fueron “rotas” se quedan en la zona de picking hasta que se facture nuevamente sub empaque.

## **5.6. Alistamiento y despacho**

En el caso del cross docking se generan nuevas listas de separación por punto de venta cuando las estibas se encuentran ubicadas en la zona de aprovisionamiento. Los auxiliares realizan el picking de mercancía por centro de distribución y lo dejan en los muelles según orden requerido, donde el último pedido será el primero en ubicarse en el fondo del vehículo y así sucesivamente (el cliente envía el requerimiento de cómo se debe cargar el transporte).

Una vez la mercancía se encuentra ubicada en el muelle, un despachador chequea con un listado la cantidad de cada código (caja por caja), proceso que dura aproximadamente 10 minutos por estiba. Si las cajas no están en una posición en la que sea visible el código, se debe desarrumar los tendidos para validarla y posicionar nuevamente. Cuando el despachador confirma que la mercancía física coincide con lo facturado, otro despachador coloca los sticker correspondientes a cada número de centro de distribución, como se muestra en la Ilustración 4.



Ilustración 4. Colocación de sticker mercancía cross dockinge  
Fuente: Propia

Posteriormente, utilizan una carretilla manual para ingresar la estiba verificada al vehículo y una vez adentro, se descargan las cajas de la estiba y se arruma según código y por centro de distribución, repitiendo este proceso hasta completar el transporte.

En la tabla 4 se detalla información brindada por el operador logístico del tiempo de cargue en promedio. Para la actividad de cargue se tuvo en cuenta el tipo de vehículo que se despacha (turbo, sencillo o mula), determinando cuánto tiempo tarda esta actividad con 4 auxiliares, teniendo en cuenta que la mercancía facturada de cross docking es enviada directamente a los centros de distribución del cliente.

Tabla 4. Tiempo promedio de cargue para cross docking – Viaje directo

Transporte	Capacidad (Kg)	Capacidad (m3)	Tiempo de cargue (Hr)
Turbo	4000	18	1 ½
Sencillo	8500	37	4
Mula	22000	58	8

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los demás clientes, la mercancía se envía a la plataforma de la transportadora en la ciudad correspondiente, donde se descarga y se consolida con la ruta establecida. En la tabla 5 se muestra el tiempo de cargue de la mercancía facturada a clientes regulares teniendo en cuenta el tipo de vehículo que se despacha.

Tabla 5. Tiempo promedio de cargue para clientes regulares – operación en plataforma de cada ciudad

Transporte	Capacidad (Kg)	Capacidad (m3)	Tiempo de cargue (Hr)
Turbo	4000	18	1
Sencillo	8500	37	2
Mula	22000	58	5

Fuente: Elaboración propia

El vehículo se carga por caja a excepción del cliente Pricemart que solicita que se le despache estibado; en estos casos se utiliza la carretilla hidráulica.

## **5.7. Reabastecimiento**

Un auxiliar verifica físicamente faltantes llevando un registro en papel, para luego validar necesidades en SAP y surtir los códigos desabastecidos según FEFO, teniendo en cuenta que para algunos productos se tienen ubicaciones fijas. Para este proceso se asignan 2 auxiliares por turno.

Posteriormente se asignan las UD's de la zona de almacenamiento (niveles altos); con estos listados los operarios se dirigen con montacargas a las UD's confirmadas y las desubican. Se dirigen finalmente a la ubicación de la zona de picking y la ubican en el pasillo justo frente a la UD desabastecida.

Un auxiliar con una carretilla manual, recorre los pasillos ubicando las estibas depositadas por los operarios, verificando cantidad y código de la mercancía según listado asignado, la ingresa a la ubicación y la confirma en el sistema, escaneando el código de barras de la UD y del producto.

Este proceso cuenta con la restricción de no poder tener más de un lote en una misma ubicación por políticas de calidad de la empresa, lo cual se contrarresta trasladando los saldos de lote a un pasillo donde se cuenta con divisiones más pequeñas con el fin de tener más de una ubicación por estiba. Estos cambios se parametrizan en el sistema con el propósito de que SAP tenga en cuenta primero estas ubicaciones para la facturación.

## **5.8. Devoluciones**

Si el producto estuvo en manos del cliente, por política de calidad debe destruirse; este proceso se gestiona por medio del área de devoluciones a la cual se debe realizar la solicitud de recogida de mercancía en el cliente. Una vez se realiza la solicitud, el operador logístico dentro del lead time establecido, retorna el producto al centro de distribución, el cual debe almacenarse inmediatamente en la malla de destrucción. La mercancía se mantiene intacta hasta que la persona de calidad valida cantidad y contenido, para luego contactar al contratista que lo destruye dependiendo del material (reciclaje o incineración).

Si en el momento de la entrega la mercancía es rechazada, ésta vuelve a la bodega y se almacena en la malla de rechazos, donde se deja hasta que una persona de calidad valide si el producto puede volver a facturación, al fondo de empleados o si debe destruirse.

En el centro de distribución existe un pasillo de retenidos para mercancía que tiene fecha de vencimiento próxima o averías dentro de la bodega, productos que no deben ser comercializados y cuentan con el mismo tratamiento que la mercancía rechazada.

## 5.9. Manejo especial

- Por indicaciones del producto, los medicamentos OTC (aquellos que no necesitan fórmula médica), no deben almacenarse a una temperatura superior a 27°, por lo que se conservan en un cuarto de temperatura controlada (22°) en el que se cuenta con 96 posiciones.
- Por especificaciones, el producto que tendrá un uso de contacto interno con el cuerpo, debe almacenarse en primeros niveles y tener un pasillo dedicado exclusivamente a éstos, sin flujo de otro material.
- Cada SKU tiene un código único de producto, aquellos que están ubicados en el primer nivel tienen una posición fija, para niveles altos es aleatorio. La mercancía es almacenada en cajas o paquete en estibas de 1,2 x 1,2 m y de 1 x 1,2 m.

## 5.10. Inventario

### 5.10.1. Inventario cíclico

Mensualmente el operador logístico realiza inventario para el cual se debe iniciar generando globales (listados con códigos y cantidades) con los que los auxiliares se dirigen a cada ubicación y cuentan caja por caja, para registrar la cantidad de cada código. Cuando terminan el conteo de cada listado, el digitador valida contra las existencias en SAP y en caso de ser necesario, se solicita a la empresa realizar los ajustes que mensualmente son por un valor promedio de \$ 8'000.000.

### 5.10.2. Inventario Wall to Wall

Se genera un corte de documentos donde se especifican los últimos movimientos de salida y entrada de mercancía al centro de distribución. Luego se generan listados de conteo de ubicaciones por cada pasillo para primer nivel y para niveles altos, y se asignan aproximadamente 40 auxiliares para recorrer la bodega. Los auxiliares van a cada ubicación asignada y cuentan de la siguiente forma:

$$\text{No. cajas por estiba} = \text{Cantidad de cajas por tendido} * \text{No. de tendidos por estiba}$$

Al finalizar el listado asignado, se dirigen hacia el digitador, que debe ingresar en excel el conteo de cada ubicación. El digitador descarga la cantidad que se encuentre registrada en SAP para cada ubicación y cruza la información digitada.

En caso de que en alguna ubicación no coincida lo físico con lo registrado, se asigna a un nuevo listado para realizar un segundo conteo, el auxiliar realiza nuevamente el conteo de las ubicaciones a verificar y las entrega al digitador para que éste registre la nueva información. Si se llegara a presentar diferencia nuevamente, un funcionario de la empresa acompaña al auxiliar para realizar un último conteo (cuando se realiza un segundo o tercer conteo, debe

asignarse auxiliar diferente). Al finalizar el conteo y verificaciones, se genera nuevamente el corte de documentos para garantizar que no se haya realizado movimiento de inventario en este tiempo y finalmente, con las diferencias presentadas, se realizan los ajustes necesarios.

### 5.11. Medición de indicadores operativos

Se realizó un diagnóstico de las operaciones y se midió por medio de los siguientes indicadores:

$$\text{Entregas perfectas} = \frac{\text{Número de pedidos estándar perfectos}}{\text{Total de pedidos estándar programados}}$$

Es el porcentaje de pedidos estándar que fueron entregados a tiempo, en las cantidades y con la calidad correcta durante el periodo. Este indicador obtuvo un resultado entre 65% y 72% para el periodo evaluado.

$$\begin{aligned} & \text{Capacidad de almacenamiento utilizada} \\ & = \frac{\text{Capacidad de almacenamiento utilizada}}{\text{Capacidad de almacenamiento disponible}} \end{aligned}$$

Porcentaje de utilización del espacio disponible destinado al almacenamiento. En el periodo evaluado la bodega tiene una capacidad de almacenamiento utilizada del 95%.

$$\text{Inventario no conforme a especificaciones: } \frac{\text{No. cajas averías} + \text{devoluciones}}{\text{No. cajas de producto terminado}}$$

Refleja el porcentaje de inventario no conforme sobre el inventario de producto terminado, permitiendo evaluar y controlar los inventarios de material no conforme por especificaciones que para el periodo evaluado es de 0,16%.

$$\text{Inventario cíclico perfecto} = \frac{\text{No. referencias contadas}}{\text{No. referencias en sistema}}$$

Es el porcentaje de real respecto al referido en el sistema en el conteo cíclico, mide la confiabilidad del inventario respecto al número de referencias. Se obtuvo un valor de 92%.

*Valor ajuste del inventario físico: Valor del ajuste de inventario físico mensual*

Es el costo del ajuste de los artículos que presentaron diferencias que en un promedio son de \$ 8.000.000 mensuales.

*Capacidad operativa diaria (productividad)*

$$= \frac{\text{No. cajas despachadas en promedio al día}}{\text{No. cajas facturadas en promedio al día}}$$

Es el porcentaje promedio de cajas que pueden ser despachadas en un día respecto a las facturadas, que para el periodo evaluado es de 89,5% con 24.847 cajas despachadas al día.

## **6. BÚSQUEDA DE CAUSAS RAÍCES**

Se llevó a cabo la búsqueda de síntomas o problemas con el fin de determinar la causa raíz con mayor impacto negativo a través de observaciones realizadas en el centro de distribución y estadística proporcionada por la empresa, teniendo en cuenta la causal y la frecuencia de las novedades presentadas a lo largo del año 2016 con respecto a las entregas. Adicionalmente, se aplicó una encuesta a las áreas involucradas, tanto operativas (2 auxiliares por operación), como administrativas (4 personas) del operador logístico y la empresa, como se describe a continuación.

Se efectuaron visitas al centro de distribución en los dos turnos asignados, observando los procesos operativos y administrativos de fondo, anotando las falencias percibidas entre las cuales se destacaron los retrasos en las operaciones del centro de distribución y las múltiples quejas por parte de los clientes por el incumplimiento en las entregas.

Posteriormente, se elaboró una lista de las problemáticas detectadas y se realizó la entrevista al personal operativo y administrativo por medio de la siguiente encuesta:

- ¿Cuál cree usted que es el principal problema en las operaciones y servicios del operador logístico?
- ¿Por qué cree que es un problema para la empresa?
- ¿Con qué frecuencia cree usted que sucede esta situación?
- ¿Cuál es la causa de esta situación?

Los resultados de esta encuesta se detallan en el Excel anexo, hoja “*Encuesta Búsq. Causas*”.

Con la información brindada por la empresa de acuerdo a la base de datos del 2016, se identifican las novedades en cuanto a devoluciones y segundos ofrecimientos a lo largo del año (Tabla 6 y 7), con un costo anual de \$ 99.600.000 y \$ 69.357.432 respectivamente, lo que complementa la información recolectada en las visitas realizadas.



Tabla 6. Novedades 2016

<b>Motivo Devoluciones</b>	<b>Recurrencia</b>	<b>Participación</b>
Mercancía no solicitada	594	22,8%
Error en la grabación o toma del pedido	394	15,1%
Fecha de vencimiento no aceptada	318	12,2%
Problemas de calidad	311	11,9%
Faltan unidades de mercancía en caja sellada	258	9,9%
Orden de compra vencida	225	8,6%
Mercancía con embalaje o unidad de empaque diferente	180	6,9%
Código de barras errado / ilegible	96	3,7%
Error en despacho / transportador	94	3,6%
Mercancía no codificada	74	2,8%
Pedido cancelado	34	1,3%
Pedido repetido	26	1,0%
Especificaciones de producto	5	0,2%

Fuente: Base de datos empresa caso de estudio

Tabla 7. Segundos ofrecimientos 2016

<b>Motivo de no recibo</b>	<b>Recurrencia</b>	<b>Participación</b>
Cliente no tiene capacidad de Recibo	226	32,1%
Orden de compra vencida	131	18,6%
Problemas con la orden de compra	102	14,5%
Pedido anticipado	76	10,8%
Cliente tiene problemas con el sistema	43	6,1%
Cliente está en inventario	26	3,7%
No se informa compromiso de entrega al operador	21	3,0%
Cliente no tiene capacidad de almacenamiento	19	2,7%
Pedido recomendado pero el cliente no recibe	18	2,6%
No existe orden de compra en el sistema del cliente	12	1,7%
Establecimiento cerrado	10	1,4%
Cambio de dirección de recibo de mercancía	7	1,0%
No reciben factura con fecha del mes anterior	5	0,7%
Entrega según orden de compra	4	0,6%
Pedido Repetido	1	0,1%
Separación de mercancía	1	0,1%
Error al grabar el pedido (Destinatario incorrecto)	1	0,1%

Fuente: Base de datos empresa caso de estudio

Al compilar y analizar la información de las encuestas y base de datos, se obtienen los siguientes 7 síntomas o problemas:

1. El cliente no recibe la mercancía el día estipulado
2. Diferencia entre lo facturado y lo despachado de los pedidos

3. Se presentan devoluciones al momento de la entrega
4. El nivel de ocupación de la bodega se encuentra por debajo de lo requerido
5. El nivel de ocupación de la bodega se encuentra por encima de lo requerido
6. Espacio insuficiente en el centro de distribución para recepción
7. Alto índice de segundos ofrecimientos

Como resultado de dicho análisis, se encontró que el síntoma No. 1 es el más frecuente (ver Excel anexo, hoja “*Conteo Categ. Síntoma 1*”) y de mayor impacto, al generar desabastecimiento de los productos en los puntos de venta - lo que influye directamente el market share de los mismos y el aumento proporcional de los productos sustitutos de la competencia-, la baja rotación de la mercancía una vez se entregue y por consiguiente la afectación en el próximo pedido de compra al área comercial, generando un impacto negativo al global de la compañía.

### ***Método de los 5 Porqué***

El método de análisis de los 5 Porqué consiste en realizar preguntas para explorar las relaciones de causa-efecto que generan un problema en particular. Se basa en un proceso de trazabilidad, donde se analizan las posibles causas al problema caminando hacia atrás, hasta llegar a la última causa (causa raíz) que originó el problema.

Con base en la encuesta realizada al personal involucrado en las operaciones del centro de distribución y la base de datos proporcionada por la empresa, se encontraron diferentes factores asociados a los síntomas, los que a su vez fueron agrupados en categorías como se describe a continuación (ver Excel anexo, hoja “*5 Porqué*”).

*Tabla 8. Descripción de factores*

<b>No. Categoría</b>	<b>Factor</b>	<b>Descripción</b>
1	Personal	Personal insuficiente en el momento de atender una novedad
2	Capacidad operativa	La capacidad del centro de distribución no es la adecuada para atender los picos de demanda
3	Oferta no asignada	Ingresa pedidos por productos de oferta para los cuales no tienen asignación por parte de la compañía
3	Oferta cumplida	Ingresa pedidos con productos de ofertas de las cuales han superado el tope permitidas
3	Código inexistente o errado	Los pedidos ingresan con códigos de producto que ya no existen (cambio de código o error en digitación)
3	Error al grabar el pedido (Destinatario incorrecto)	Al grabar el pedido en el sistema, se cometen errores al asignar el destinatario de la mercancía o el cliente

<b>No. Categoría</b>	<b>Factor</b>	<b>Descripción</b>
3	Pedido Repetido	Por error el cliente emite dos veces la misma orden de compra o el ejecutivo la graba doble en el sistema.
4	Programación inadecuada	Programación que supera o no supe los requerimientos de capacidad de la bodega
4	Incumplimiento en el horario de la cita para recepción	El vehículo con la mercancía llega al punto después de la cita pactada
4	No se informa compromiso de entrega al operador logístico	No se informa al operador el compromiso de entrega realizado entre el cliente y el ejecutivo de venta
5	Los pedidos de los clientes EDI ingresan fuera del horario establecido	Los clientes EDI transmiten los pedidos fuera de horario (corte diario)
5	Mercancía no solicitada	El cliente argumenta no haber solicitado parte de la mercancía facturada
5	Producto llega con promoción que no aplica para el cliente	Se facturada mercancía de ofertas que no aplican para determinados clientes (venta a consumidor final)
5	Cliente no tiene capacidad de recibo (bodega llena)	El cliente no tiene espacio en su bodega para almacenar la mercancía solicitada / baja rotación de mercancía
5	No existe orden de compra en el sistema del cliente	La orden de compra no ha sido creada por el cliente y no se puede realizar el recibo de la mercancía.
5	Cambio de dirección de recibo de mercancía	El cliente se traslada y no informa antes de que se facture y realice el ofrecimiento de la mercancía.
5	Cliente no recibe los últimos días del mes	Por políticas internas de cierre contable, el cliente no recibe los últimos días del mes
6	Vehículo de Transporte	El vehículo sufre averías en medio del camino
6	Infraestructura vial	Problemas de infraestructura vial, accidentabilidad en la carretera, derrumbes, desvíos, etc.
6	Novedades en entregas previas de la ruta	La ruta que realiza el transporte tuvo contratiempos en entregas anteriores (demoras en recibo)
6	Fecha de vencimiento no aceptada	La mercancía tiene una fecha de vencimiento por debajo del estándar para cada cliente
6	Cliente está en inventario	El cliente se encuentra realizando inventario y no puede tener movimiento de mercancía
6	Establecimiento cerrado	La bodega del cliente o el punto de venta se encuentra cerrado por Semana Santa, fin de año, festividades, etc.
7	Cliente tiene problemas con el sistema	El sistema no funciona para ingresar mercancía al inventario

<b>No. Categoría</b>	<b>Factor</b>	<b>Descripción</b>
8	Alistamiento	El tiempo de alistamiento es mayor al previsto debido a procesos como picking y packing
8	Procesos especiales	El tiempo que lleva los procesos especiales hace que el alistamiento de los otros pedidos se retrase
8	La mercancía llega en mal estado	La mercancía presenta deterioro en el embalaje, abolladuras, aplastamiento, roturas o el contenido del interior de la caja está en mal estado
8	Código de barras errado o ilegible	El código de barras que identifica la mercancía no es legible o no tiene el código correcto.
8	Programación inadecuada de reabastecimiento del picking	Necesidad de reabastecimiento de la zona de picking con mercancía que se encuentra en almacenamiento general (niveles altos), lo que libera el espacio para la recepción de mercancía
9	Error en el despacho	El operador despacha un SKU trocado al solicitado
9	Error en la ruta de transporte	El pedido del cliente fue despachado por una ruta diferente a la negociada con el operador logístico
10	No hay inventario	Los pedidos ingresan con códigos de los cuales no hay inventario disponible
10	Faltante en caja sellada	El contenido del interior de la caja es inferior al que se especifica en el corrugado
11	Diferencias en precios	Se presentan diferencias en los precios registrados en las órdenes de compra de los clientes y el valor facturado
11	Orden de compra vencida	La mercancía llega al punto de recibo tiempo después de lo especificado según vigencias de la orden de compra
11	No reciben factura con fecha del mes anterior	Por política del cliente no puede recibir facturas con fecha del mes anterior por cierre contable
12	Capacitaciones	Las capacitaciones e inducciones no se realizan de manera oportuna
12	Presupuesto	No hay inversión para la expansión de los recursos por parte del operador logístico

*Fuente: Elaboración propia*

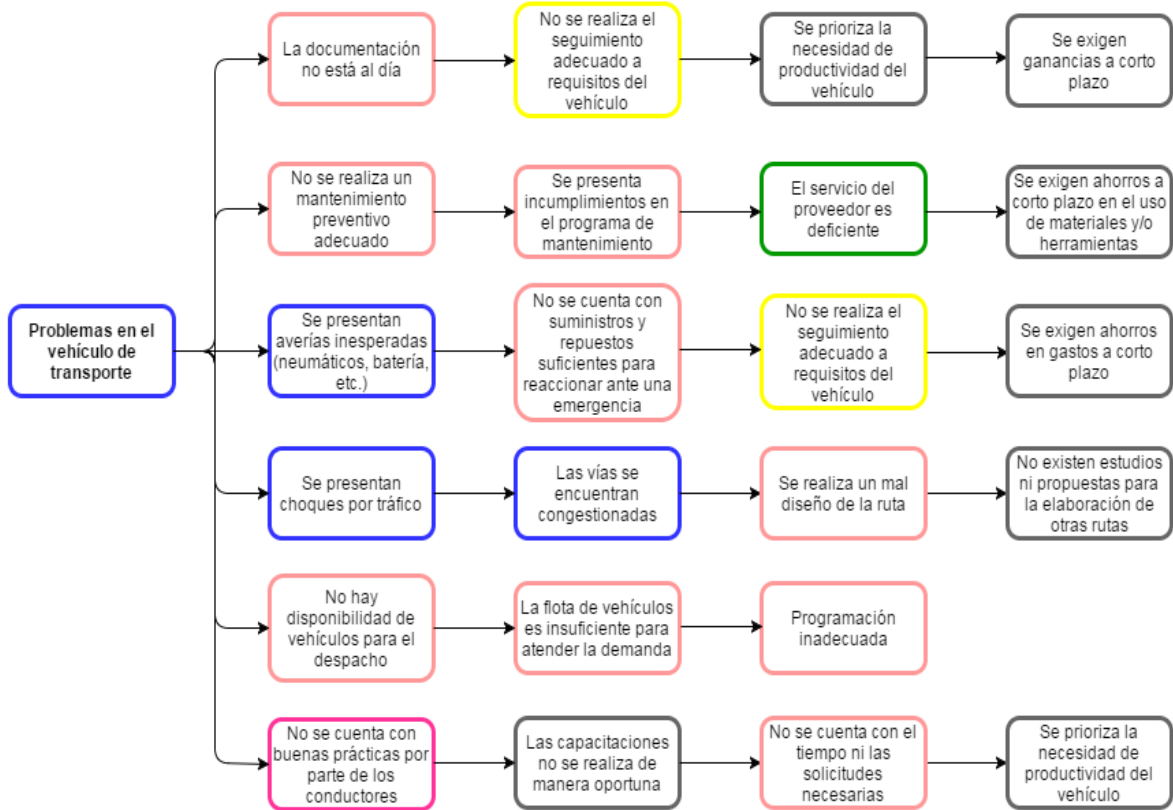
Para facilitar la evaluación el impacto de los factores mencionados, se agruparon en doce categorías:

1. Disponibilidad/Programación de recursos: Se refiere a todos los factores que se relacionen con la planeación y disposición de los recursos
2. Capacidad Operativa: Se refiere a la capacidad que tiene el Centro de Distribución respecto a su personal, maquinaria y herramientas.

3. Comunicación interna: Se refiere a la comunicación entre el Área Comercial de la Empresa, y el Área Logística de Empresa.
4. Comunicación con proveedor: Se refiere a la comunicación entre Proveedores y el Área de Logística la Empresa.
5. Comunicación con cliente: Se refiere a la comunicación entre Clientes y las Áreas Logística y Comercial de la Empresa.
6. Factores externos: Se refiere a toda causa que sea ajena a la responsabilidad de los implicados y donde no se tiene injerencia.
7. Problemas de sistemas (SAP): Se refiere a los problemas que se presentan en SAP por cantidad o pedido no facturado a pesar de que el área de servicio al cliente validó previamente todos los parámetros.
8. Operación dentro del centro de distribución: Se refiere a los métodos, procedimientos, procesos y toda forma de realizar las acciones en el Centro de Distribución.
9. Operación en las plataformas (operario logístico): Se refiere a las operaciones de descargue, consolidación y cargue de vehículos para rutas establecidas en los puntos establecidos en las ciudades principales.
10. Problemas previos a la facturación: Se refiere a las inconsistencias que se presentan cuando el Área Comercial no verifica el inventario, condiciones y permisos al solicitar un requerimiento.
11. Problemas con las órdenes de compra/pedido/factura: Se refiere a los vencimientos de fecha que se presentan en las órdenes de compra, pedidos y facturas.
12. Directrices del 3PL: Se refiere a las directrices y políticas que están dadas por el operario logístico para realizar las operaciones.

Utilizando la metodología de los 5 Porqué y las entrevistas realizadas a las personas de la empresa, se determinaron los factores con mayor recurrencia asociados al síntoma “El cliente no recibe la mercancía el día estipulado” y finalmente se realizaron esquemas gráficos de estos factores para apreciar con mayor nitidez lo encontrado.

**Factor 1. Problemas en el vehículo de transporte**



*Ilustración 5. Análisis de causas factor 1: Problemas en el vehículo de transporte*  
 Fuente: Elaboración propia

**Factor 2. Demoras en el alistamiento: El tiempo de alistamiento es mayor al previsto debido a procesos como picking, packing, cargue de vehículo.**

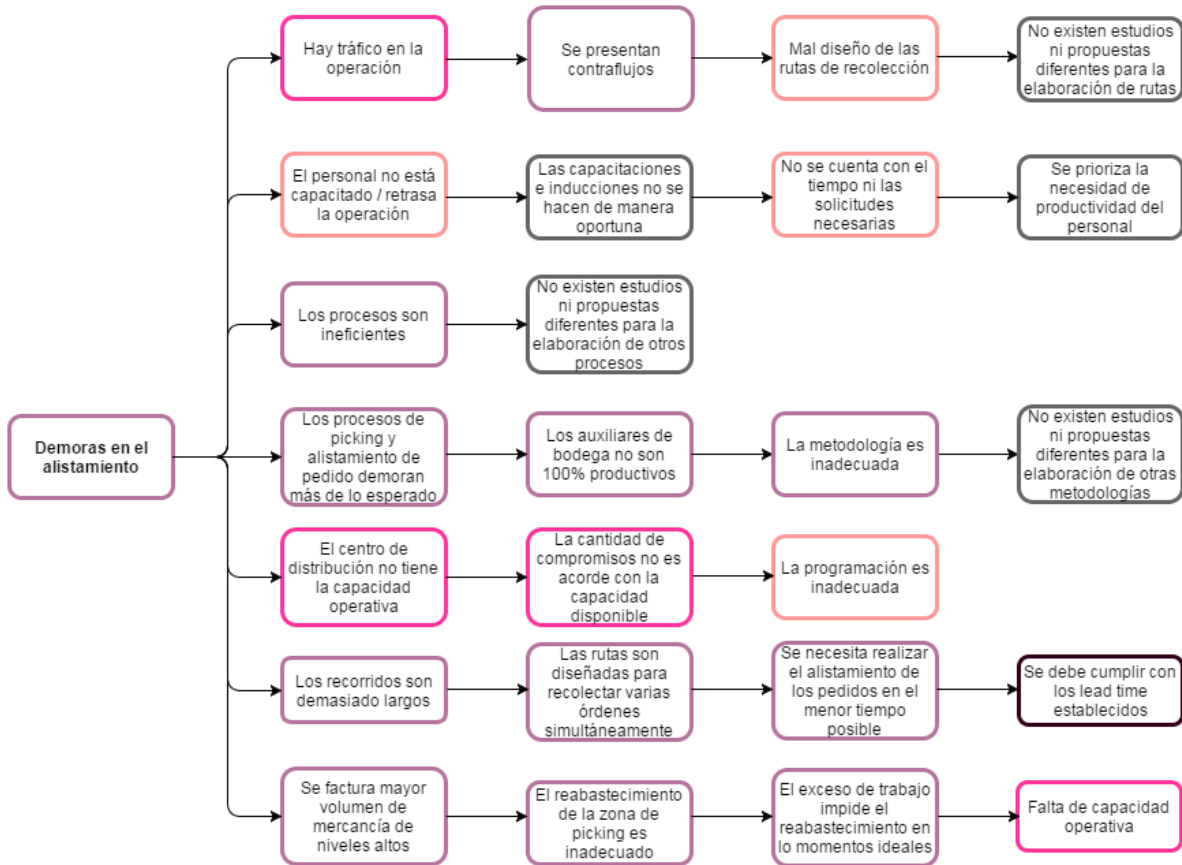


Ilustración 6. Análisis de causas factor 2. Demoras en el alistamiento  
Fuente: Elaboración propia

**Factor 3. Se presentan novedades en entregas previas en la ruta: La ruta que realiza el transporte tuvo contratiempos en entregas anteriores (demoras en recibo).**

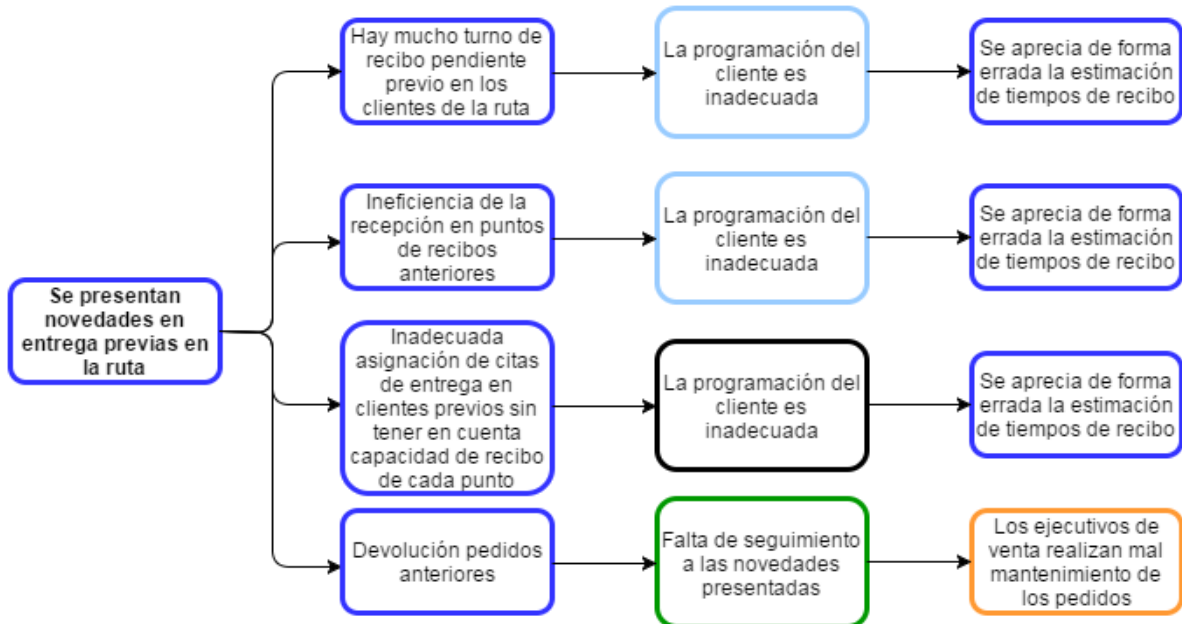


Ilustración 7. Análisis de causas factor 3. Se presentan novedades en entregas previas en la ruta  
Fuente: Elaboración propia

**Factor 4. La infraestructura vial es ineficiente: Problemas de infraestructura vial, accidentabilidad en la carretera, derrumbes, desvíos**

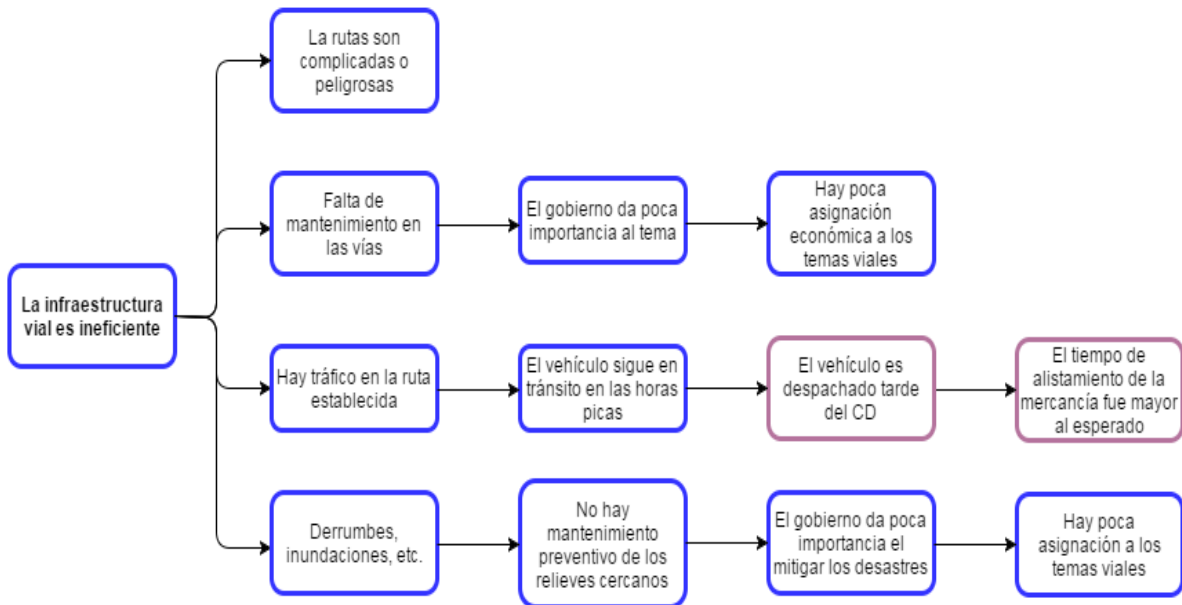


Ilustración 8. Análisis de causas factor 4. La infraestructura vial es ineficiente  
Fuente: Elaboración propia



**Factor 5. El centro de distribución no tiene la capacidad operativa: La capacidad del CD no es la adecuada para atender los picos de demanda**

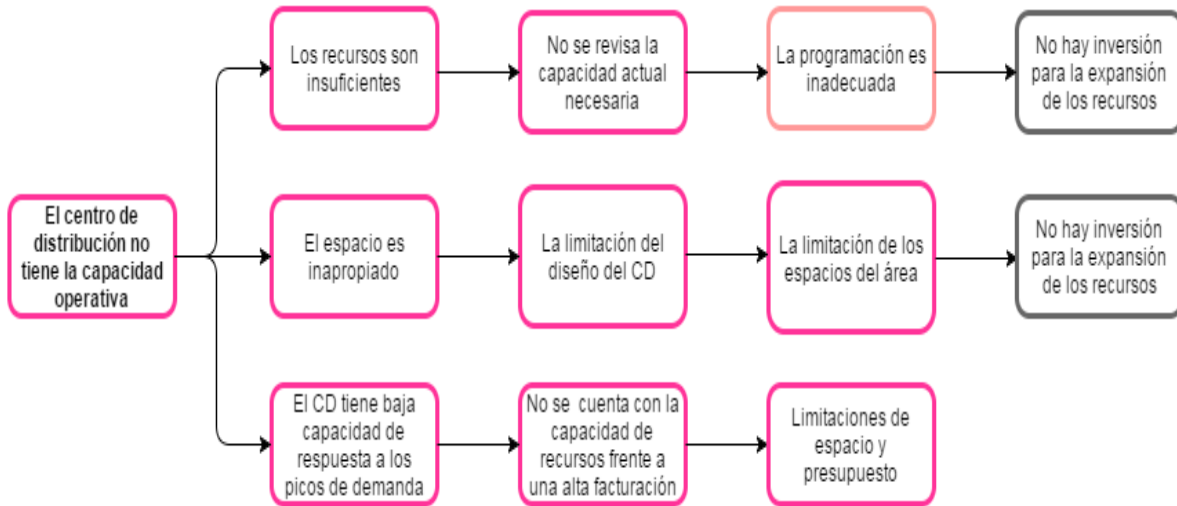


Ilustración 9. Análisis de causas factor 5. El centro de distribución no tiene la capacidad operativa  
Fuente: Elaboración propia

**Factor 6. Los pedidos de los clientes ingresan fuera del horario establecido: Los clientes (EDI) o el área comercial ingresan los pedidos fuera de horario (corte diario)**

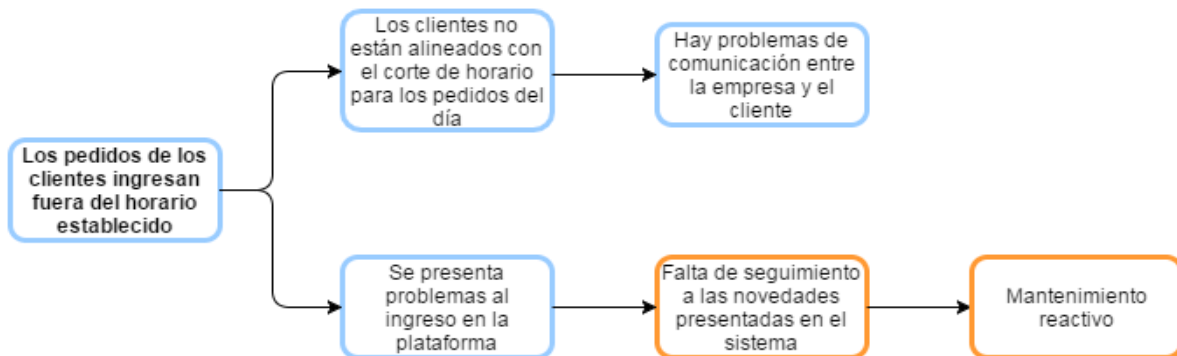


Ilustración 10. Análisis de causas factor 6. Los pedidos de los clientes ingresan fuera del horario establecido  
Fuente: Elaboración propia

**Factor 7. El personal no está capacitado: Los operarios no cuentan con el conocimiento y/o habilidades necesarias para la realización de operaciones.**



Ilustración 11. Análisis de causas factor 7. El personal no está capacitado  
Fuente: Elaboración propia

Se determina como factor de decisión la categoría más repetitiva (frecuencia) en los diferentes factores del síntoma No. 1, como se mencionó anteriormente y se obtuvieron los siguientes resultados (ver Excel anexo, hoja “*Conteo Categ. Síntoma 1*”).

Tabla 9. Frecuencia categorías síntoma No. 1

<b>Categoría</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Color</b>
1. Disponibilidad /Programación de recursos	16	
2. Capacidad Operativa	16	
3. Comunicación Interna	2	
4. Comunicación con Proveedor	2	
5. Comunicación con Cliente	7	
6. Factores Externos	<b>34</b>	
7. Problemas de Sistemas	0	
8. Operación dentro del Centro de Distribución	<b>29</b>	
9. Operación en las plataformas operador logístico	2	
10. Problemas previos a la facturación	3	
11. Problemas con las órdenes de compra/pedido/factura	0	
12. Directrices del 3PL	15	

Fuente: *Elaboración propia*

Para reforzar la información encontrada, se realiza un Diagrama de Pareto como se describe a continuación.

### ***Diagrama de Pareto***

Para la realización del Diagrama de Pareto, se tuvieron en cuenta los resultados encontrados con el Método de los 5 Porqué respecto a las frecuencias o incidencias de las 12 categorías relacionadas al síntoma 1 “El cliente no recibe la mercancía el día estipulado”, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Frecuencia categorías síntoma No. 1 – Diagrama de Pareto

<b>No. Categoría</b>	<b>Categoría</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulado</b>
6	Factores Externos	34	27,0%	27,0%
8	Operación dentro del Centro de Distribución	29	23,0%	50,0%
1	Disponibilidad /Programación de recursos	16	12,7%	62,7%
2	Capacidad Operativa	16	12,7%	75,4%
12	Directrices del 3PL	15	11,9%	87,3%
5	Comunicación con Cliente	7	5,6%	92,9%
10	Problemas previos a la facturación	3	2,4%	95,2%
3	Comunicación Interna	2	1,6%	96,8%
4	Comunicación con Proveedor	2	1,6%	98,4%
9	Operación en las plataformas operador logístico	2	1,6%	100,0%
7	Problemas de Sistemas	0	0,0%	100,0%
11	Problemas con las órdenes de compra/pedido/factura	0	0,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia

Ilustrando los resultados obtenidos en la Tabla 10, se evidencia que el 80% de las incidencias se encuentra en las categorías 6. *Factores Externos*, 8. *Operación dentro del Centro de Distribución*, 1. *Disponibilidad /Programación de recursos* y 2. *Capacidad Operativa*.

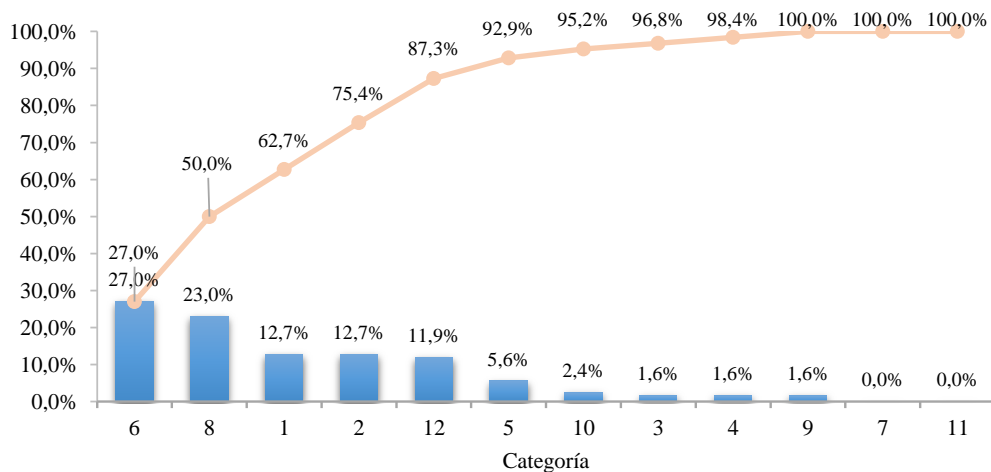


Ilustración 12. Diagrama de Pareto: Categorías síntoma No. 1  
Fuente: Elaboración propia

Las categorías 8. *Operación dentro del Centro de Distribución* y 6. *Factores Externos* son las que según el diagrama tienen mayor incidencia con un 27,0% y 23,0% respectivamente, sin embargo, por su naturaleza, los *Factores Externos* se encuentran fuera del alcance de este trabajo de investigación, por lo que el interés de este proyecto se centrará en mitigar las falencias de la categoría 8. *Operación dentro del Centro de Distribución*. La finalidad de la operación dentro del centro de distribución se reduce a despachar el mayor número de cajas para cumplir con los pedidos de los clientes, por lo que el manejo del tiempo con el que se cuenta es vital para cumplir con esta meta. A continuación, se realiza un análisis de productividad, con la intención de detectar actividades que se encuentren limitando el proceso de despacho, para posteriormente atacarlas mediante una propuesta de mejora.

### 6.1. Análisis de productividad

Para determinar la productividad actual del centro de distribución se tuvieron en cuenta los tiempos por cada actividad para despachar una estiba, como se muestra en las tablas 11 y 12.

Tabla 11. Tiempos de operación por estiba de 1 auxiliar

Actividad	Tiempo de 1 operario (min/estiba)	ID
Picking	59	Tp
Revisión	10	Tr
Cargue	17	Tc

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Data disponible para cálculo de la capacidad operativa

Dato	ID	Cantidad	Observación
Tiempo laboral	Tl	12	hrs/día
Tiempo neto laboral	Tn	11	hrs/día
Turnos laborales		2	6:00 : 18:00 / 18:00 : 6:00
Cantidad promedio de cajas por estiba	Qe	80	cajas/estibas
Cantidad de estibas promedio por vehículo despachado	Qv	12	estibas/vehículo
Cantidad de auxiliares Picking	Ap	40	
Cantidad de auxiliares Revisión	Ar	8	
Cantidad de auxiliares Cargue	Ac	8	

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la actividad de cargue es la que determina la cantidad de cajas que son despachadas, la productividad diaria (Pd) está dada por:

$$Pd = \frac{Tn * Ac * Qe}{Tc}$$

Se plantea un modelo que busque maximizar la productividad diaria del centro de distribución.

Variables:

*Ap: Cantidad de auxiliares de Picking*

*Ar: Cantidad de auxiliares de Revisión*

*Ac: Cantidad de auxiliares de Cargue*

Parámetros:

*Tn: Tiempo neto laboral*

*Qe: Cantidad promedio de cajas por estiba*

*Tp: Tiempo de operación en picking por estiba de 1 auxiliar*

*Tr: Tiempo de operación en revisión por estiba de 1 auxiliar*

*Tc: Tiempo de operación en cargue por estiba de 1 auxiliar*

Función objetivo:

$$\text{Max Pd} = \frac{Tn * Ac * Qe}{Tc}$$

Sujeto a:

(1) *Productividad de cargue debe ser menor o igual a la productividad de picking*

$$\frac{T_n * A_c * Q_e}{T_c} \leq \frac{T_n * A_p * Q_e}{T_p}$$

(2) *Productividad de cargue debe ser menor o igual a la productividad de revisión*

$$\frac{T_n * A_c * Q_e}{T_c} \leq \frac{T_n * A_r * Q_e}{T_r}$$

### *Escenario actual*

La operación actual consta de tres actividades para realizar el despacho de los vehículos, obteniendo como resultado una capacidad operativa diaria de 24.847 cajas, la cual se limita por el proceso cargue.

*Tabla 13. Capacidad de operaciones por día para cada actividad escenario actual*

Actividad	Toma de tiempo promedio por estiba			Productividad (Total de cajas)
	Tiempo de 1 operario (min)	Cantidad de operarios	Operaciones por día	
Picking	59	40	447	35.797
Revisión	10	8	537	42.440
Cargue	17	8	311	<b>24.847</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Se puede ver claramente el tiempo de ocio que experimentan los 8 auxiliares en la actividad de revisión, ya que deben esperar a los operarios de picking, siendo esta el cuello de botella del centro de distribución. Cabe aclarar que la actividad de revisión no agrega valor al proceso realizado para poder despachar una caja, es netamente un control realizado por el operador logístico para evitar inconsistencias en las entregas; por este motivo, se evalúan diferentes escenarios reasignando los auxiliares de esta actividad, con la intención de maximizar la función objetivo del modelo.

### *Escenario 1 (Reasignar 2 auxiliares de revisión)*

Se plantea reasignar 1 auxiliar por turno de la siguiente forma: 1 persona para el área de picking o 1 persona a cargue. Se puede evidenciar en la tabla 14 que en ambas distribuciones, la capacidad diaria de operación está limitada por el cargue, pero sólo la segunda distribución hace que la productividad aumente 25% respecto al estado actual.

Tabla 14. Escenario 1 (Reasignar 2 auxiliares de revisión)

Resumen del escenario			
	ACTUAL	Escenario 1	Escenario 2
<b>Celdas cambiantes:</b>			
Cant. Auxiliares en Picking (Ap)	40	42	40
Cant. Auxiliares en Cargue (Ac)	8	8	10
Cant. Auxiliares en Revisión (Ar)	8	6	6
<b>Celdas de resultado:</b>			
Productividad de Picking al día	35.797	37.586	35.797
Productividad de Cargue al día	24.847	24.847	31.059
Productividad de Revisión al día	42.240	31.680	31.680
Análisis inmediato	Es factible	Es factible	Es factible
Variación porcentual respecto al estado actual	0%	0%	25%

Fuente: Elaboración propia

### Escenario 2 (Reasignar 4 auxiliares de revisión)

Se plantea reasignar 2 auxiliares por turno de la siguiente forma: 2 persona para el área de picking, 2 personas a cargue o 1 auxiliar para cada actividad. Se puede evidenciar en la tabla 15 que en las distribuciones la capacidad diaria de operación está limitada por la revisión, y a pesar de que la distribución 3 genera un aumento del 50% con respecto al escenario actual, no es factible debido a que la productividad del cargue es mayor al picking, generando ocio en los trabajadores; por este motivo, es conveniente la distribución 2 con un aumento del 25% en la productividad.

Tabla 15. Escenario 2 (Reasignar 4 auxiliares de revisión)

Resumen del escenario				
	ACTUAL	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
<b>Celdas cambiantes:</b>				
Cant. Auxiliares en Picking (Ap)	40	44	42	40
Cant. Auxiliares en Cargue (Ac)	8	8	10	12
Cant. Auxiliares en Revisión (Ar)	8	4	4	4
<b>Celdas de resultado:</b>				
Productividad de Picking al día	35.797	39.376	37.586	35.797
Productividad de Cargue al día	24.847	24.847	31.059	37.271
Productividad de Revisión al día	42.240	21.120	21.120	21.120
Análisis inmediato	Es factible	Es factible	Es factible	No es factible
Variación porcentual respecto al estado actual	0%	0%	25%	50%

Fuente: Elaboración propia

### Escenario 3 (Reasignar 6 auxiliares de revisión)

Se plantea reasignar 3 auxiliares por turno de la siguiente forma: 2 personas para el área de picking y 1 al cargue, 1 persona al picking y 2 al cargue, 3 al cargue o 3 al picking. Se puede evidenciar en tabla 16 que en las distribuciones la capacidad diaria de operación está limitada

por la revisión, y a pesar de que la distribución 3 genera un aumento del 75% con respecto al escenario actual, no es factible debido a que la productividad del cargue es mayor al picking, generando ocio en los trabajadores; por este motivo, es conveniente la distribución 2 con un aumento del 50% en la productividad.

Tabla 16. Escenario 3 (Reasignar 6 auxiliares de revisión)

Resumen del escenario					
	ACTUAL	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
<b>Celdas cambiantes:</b>					
Cant. Auxiliares en Picking (Ap)	40	44	42	40	46
Cant. Auxiliares en Cargue (Ac)	8	10	12	14	8
Cant. Auxiliares en Revisión (Ar)	8	2	2	2	2
<b>Celdas de resultado:</b>					
Productividad de Picking al día	35.797	39.376	37.586	35.797	41.166
Productividad de Cargue al día	24.847	31.059	37.271	43.482	24.847
Productividad de Revisión al día	42.240	10.560	10.560	10.560	10.560
Restricciones	Es factible	Es factible	Es factible	No es factible	Es factible
Variación porcentual respecto al estado actual	0%	25%	50%	75%	0%

Fuente: Elaboración propia

#### Escenario 4 (Reasignar los 8 auxiliares de revisión)

Se plantea reasignar 4 auxiliares por turno de la siguiente forma: 1 persona para el área de picking y 3 al cargue, 2 personas al picking y 2 al cargue, 3 personas al picking y 1 al cargue, 4 al picking o 4 al cargue. A pesar de que la distribución 1 y 5 generan un aumento del 75% y 100% respectivamente con respecto al escenario actual, no es factible debido a que la productividad del cargue es mayor al picking, generando ocio en los trabajadores. Se evidencia en la tabla 17 que, en las distribuciones factibles, la capacidad diaria de operación está limitada por la cargue, pero es la número 2 la que genera el mayor aumento en productividad respecto al escenario actual con un 50%.

Tabla 17. Escenario 4 (Reasignar los 8 auxiliares de revisión)

Resumen del escenario						
	ACTUAL	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5
<b>Celdas cambiantes:</b>						
Cant. Auxiliares en Picking (Ap)	40	42	44	46	48	40
Cant. Auxiliares en Cargue (Ac)	8	14	12	10	8	16
Cant. Auxiliares en Revisión (Ar)	8	0	0	0	0	0
<b>Celdas de resultado:</b>						
Productividad de Picking al día	35.797	37.586	39.376	41.166	42.956	35.797
Productividad de Cargue al día	24.847	43.482	37.271	31.059	24.847	49.694
Productividad de Revisión al día	42.240	-	-	-	-	-
Restricciones	Es factible	No es factible	Es factible	Es factible	Es factible	No es factible
Variación porcentual respecto al estado actual	0%	75%	50%	25%	0%	100%

Fuente: Elaboración propia

Se han planteado las diferentes combinaciones para reasignar los auxiliares de la actividad



de revisión, a continuación, se realiza un resumen en la tabla 18 para visualizar mejor el panorama:

Tabla 18. Resumen escenarios de reasignación de personal

Escenario	Distribución seleccionada	Actividad cuello de botella	Mejora respecto al escenario actual
1	2	Cargue	25%
2	2	Revisión	25%
3	2	Revisión	<b>50%</b>
4	2	Cargue	<b>50%</b>

Fuente: Elaboración propia

Aunque las alternativas que se plantean en los escenarios 3 y 4 generan por igual un aumento de la productividad del 50%, se puede evidenciar que es una opción viable eliminar la actividad de revisión ejecutada por los auxiliares (economizando el costo del proceso), sin embargo, aunque es una actividad que no agrega valor en el despacho del producto, se hace necesaria para mantener el control de inventario, la precisión de los pedidos, entre otras, por lo que simplificar esta actividad, es una solución factible, siempre y cuando cumpla con los criterios económicos de todo proyecto de mejoramiento. De acuerdo a lo expuesto, en el próximo capítulo se buscará una metodología que pueda mitigar el impacto de los factores mencionados de la operación dentro del centro de distribución.

## 7. SELECCIÓN DE METODOLOGÍA

Con base en lo expuesto en la sección anterior, a continuación, este trabajo se enfoca en mitigar las falencias de la categoría 8. *Operación dentro del Centro de Distribución*. Ahora, una de las causas por las que se ven afectadas las entregas a tiempo se debe a la demora en la preparación de las órdenes, proceso que consume gran parte de los recursos logísticos; estas actividades requieren de una adecuada estrategia en la que suele invertirse mucho dinero y tiempo, siempre buscando el estado ideal para la empresa: 95% de entregas a tiempo.

Existen diferentes alternativas que buscan optimizar las operaciones del centro de distribución, un abanico de posibilidades que van desde soluciones tecnológicas hasta propuestas metodológicas de bajo costo y alta efectividad. Para determinar cuál es la solución adecuada, se requiere un diagnóstico de la empresa y su entorno. Luego de una detallada descripción, se debe identificar aspectos que sean posibles modificar de acuerdo al alcance de la compañía y cuáles son incontrolables (problemas del cliente, problemas en las carreteras, entre otros), todas las situaciones son de atención, puesto que impactan en la velocidad y efectividad del objetivo final.

Las falencias que ocurren, se asocian con el tiempo del recorrido en las operaciones, la cantidad de pasos planteada por el manual de procedimientos, las ubicaciones de las tareas o artículos que se encuentran en lugares poco habituales, muy retirados de las zonas de mayor concurrencia. Otros aspectos como la ergonomía y el medio ambiente no suelen ser tenidos en cuenta, pero con la mejora de las áreas de recursos humanos y medio ambiente que ocurre en estos tiempos, comienzan a tomar fuerza y son acopladas en las soluciones y metodologías de trabajo.

Para enfrentar estas situaciones, las empresas determinan cuáles soluciones son accesibles de acuerdo a su operación, presupuesto, urgencia, entre otras, buscando moldear a sus necesidades las opciones disponibles; por este motivo, las organizaciones realizan modificaciones en su forma de operar que pueden llegar a generar grandes beneficios a bajo costo, algunas de las cuales se exponen a continuación.

## **7.1. Alternativas de mejoramiento**

### **Mejoras Metodológicas**

#### ***The forward-reserve configuration***

Es una estrategia popular de diseño de centro de distribución que permite la selección eficiente de pedidos y el almacenamiento eficiente. Divide el centro de distribución en una zona delantera y una zona de reserva. El área delantera se utiliza principalmente para la preparación de pedidos y se caracteriza por equipo de almacenamiento y picking costoso que facilita la selección y recuperación de artículos, baja densidad de almacenamiento en términos del volumen neto de almacenamiento por unidad de área de almacenamiento y alta eficiencia de recolección en términos del tiempo promedio de viaje y recuperación de artículos por selección. El área de reserva se utiliza principalmente para el almacenamiento a "granel". También se utiliza para reponer el área delantera y para realizar el picking de SKUs que no están asignadas a ésta. En comparación con el área delantera, tiene métodos de almacenamiento baratos, tales como apilamiento de bloques y bastidores de pallets, alta densidad de almacenamiento y baja eficiencia de recolección. (Gu, 2005)

#### ***Clasificación ABC***

Otro enfoque es sectorizar el centro de distribución por clientes de gran demanda, permitiendo que los artículos de un pedido de éstos se encuentren a una mínima distancia y optimizar la elaboración de la orden. Una estrategia a seguir es reubicar los artículos de acuerdo a su demanda, ya que algunos productos presentan comportamiento estacional. La Clasificación ABC es una metodología de segmentación de productos de acuerdo a criterios preestablecidos (indicadores de importancia, tales como el "costo unitario" y el "volumen anual demandado"); el criterio en el cual se basan la mayoría de expertos en la materia es el valor de los inventarios.

Respecto a los porcentajes de clasificación, la zona "A" corresponde al 80% de la valorización del inventario o valor demandado, y el 20% restante debe dividirse entre las zonas "B" y "C", tomando porcentajes muy cercanos al 15% y el 5% para cada zona respectivamente. (Ingeniería industrial online, 2016)

### ***Punto de reorden***

Adicionalmente, se presentan unos puntos claves a tener en cuenta con las políticas de reabastecimiento, como el nivel de inventario mínimo, contar con los equipos adecuados y almacenar sólo un artículo por posición, ya que la mezcla de estos genera demora en la selección e inspección en el momento de la recogida. (Díaz, Osorio, Lamos, 2014)

El punto de reorden es el nivel de inventario de un artículo que señala la necesidad de realizar una orden de reabastecimiento; es la suma de la demanda de tiempo de entrega y las existencias de seguridad. El cálculo de un punto de reorden optimizado generalmente incluye al tiempo de entrega, el pronóstico de la demanda y el nivel de servicio. (Vermorel, 2012)

### ***Picking***

El alistamiento de las órdenes es uno de los trabajos que impacta con fuerza los rubros de la operación del centro de distribución, haciendo que las empresas se concentren en la automatización para alcanzar una mayor exactitud y eficacia. Las soluciones tecnológicas permiten que las compañías generen ganancias operativas considerables, se incrementa la productividad, competitividad que comprueba lo útil de estas implementaciones. El alistamiento de una orden puede apropiarse de un 65% de los gastos operativos de un centro de distribución. (Díaz, Osorio, Lamos, 2014)

### ***Ergonomía***

Aunque la ergonomía no es un aspecto relevante para muchas empresas, la relación que existe entre el confort de los trabajadores y la productividad es proporcional. A continuación, se describen los factores a tener en cuenta en un centro de distribución:

**Temperatura:** Es un factor muy importante ya que el cuerpo humano de sangre caliente, reacciona cuando se le somete a un ambiente térmico ya sea frío o caliente, afectando directamente la productividad de la persona.

**Ruido:** Sonido compuesto de múltiples frecuencias, no articulado, de cierta intensidad, y que puede molestar o perjudicar a las personas. La medida de la intensidad es el decibelio (dB). En el ambiente industrial, este puede ser continuo o intermitente y presentarse de varias formas como la presión de un troquel, el zumbido de un motor eléctrico. La exposición al ruido puede dar como consecuencia zumbidos de oídos temporal o permanente y disminución de la percepción auditiva.

**Iluminación:** Es un factor que, en condiciones óptimas de confort visual, le permite al hombre realizar su trabajo de manera más segura y productiva, ya que aumenta la visibilidad de los objetos y permite vigilar mejor el espacio utilizado.

**Humedad:** Es una medida del vapor de agua que contiene el aire. En la industria existen procesos y máquinas que desprenden vapor de agua y generan un aumento de la humedad relativa, lo que produce sensación de malestar, al no poder eliminar el sudor por evaporación. La humedad relativa recomendable técnicamente, está entre el 40% y el 50%. (Martínez L., 2009)

### ***Metodologías Tecnológicas***

Es importante recordar que los principales objetivos de cualquier centro de distribución son cumplir con los pedidos de los clientes, teniendo en cuenta:

- El producto adecuado
- La cantidad correcta
- El cliente adecuado
- El momento adecuado
- La condición correcta
- El costo más bajo posible

Aquellos centros de distribución que no utilizan tecnología y basan sus registros y operaciones con soportes impresos en papel suelen cometer los siguientes errores:

- Omitir artículos (45% de los errores): el operario omite el artículo de la orden aunque el artículo esté en la lista de pedido; esto puede ser debido a los procesos por lotes, que hacen que la información de inventario no se actualice al mismo tiempo que ocurre el evento transaccional en el centro de distribución; otra razón de peso es la mala calidad de la información de inventario resultante de errores relacionados con procesos basados en papel; un motivo más puede deberse a la falta de disciplina del operario. (MWPVL, 2013)

- Elegir el elemento incorrecto (30% de los errores): el operario escoge erróneamente el artículo incorrecto; el 90% de estos errores se producen porque el operario se encuentra en el lugar equivocado o porque varios elementos se mezclan en el mismo lugar de recogida (es una de las prácticas operativas de los centros de distribución que continúa teniendo lugar en miles de operaciones hasta el día de hoy). (MWPVL, 2013)

- Elegir la cantidad incorrecta (23% de los errores): esto ocurre cuando el operario lee la cantidad correcta, pero comete un error al contar los productos a recoger; suele ocurrir en operaciones en las que se están extrayendo grandes cantidades de unidades en una línea de

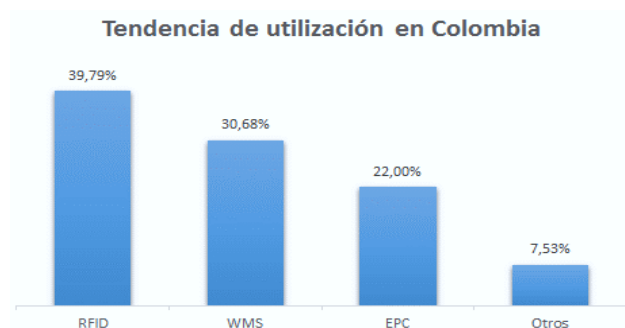
pedido; además se presenta cuando se ordenan grandes cantidades de un producto por una caída de precio o un evento. (MWPVL, 2013)

- Interpretar mal la cantidad (2% de los errores): el operario escoge el artículo correcto en la cantidad incorrecta (generalmente menos) porque la lista de picking se lee erróneamente, resultando en una cantidad incorrecta, muchas veces, el formato contiene poca información en la lista o tiene poca legibilidad, incluso hay casos en los que la mala de iluminación juega en contra de la operación. (MWPVL, 2013)

Una vez analizados todos los aspectos y escenarios, se hace necesario realizar una elección de alternativas que generen la mayor satisfacción, que puede ser desde una mejora en los procedimientos hasta la implementación de herramientas tecnológicas.

### ***Tendencia de utilización de TICs en Colombia***

Un estudio realizado por el SENA en el año 2006 denominado Caracterización de la Logística en Colombia, basado en la recolección de información primaria con una muestra de 88 empresas de diferentes sectores empresariales y tamaños (multinacionales y grandes 30, medianas 34 y pequeñas 24), indica que en Colombia, las Tecnologías de la Información y Comunicación más aplicadas son las referentes a Warehouse Management System (WMS), Electronic Product Code (EPC), Radio Frequency Identification (RFID), tal y como se muestra en la ilustración No. 13.



*Ilustración 13. Tendencia de utilización de TICs en Colombia*  
Fuente: Correa E., A., Gómez M., R. A., Cano A., J. A. (2010)

Otra información relevante presentada en el estudio:

- 44,32% de las empresas tercerizan operaciones de bodega y/o almacenamiento.
- 47,73% de las empresas poseen necesidades de capacitación de alto y mediano impacto en técnicas de almacenamiento
- 51,13% de las empresas poseen necesidades de capacitación de alto y mediano impacto en técnicas en el tema de manipulación de productos

- 27,27% de las empresas poseen necesidades de capacitación de alto y mediano impacto en técnicas en el manejo de equipos de almacenamiento.

Dichos datos muestran el conjunto de necesidades y oportunidades de mejora para una adecuada gestión de centros de distribución, incluyendo la importancia que ha adquirido en los últimos tiempos. (Correa, Gómez, Cano, 2010)

En el artículo publicado por Correa, Gómez y Cano en 2010, los investigadores aplicaron una encuesta basada en una muestra de 21 operadores logísticos del país; las conclusiones fueron que las TIC que más se utilizaban para la gestión de almacén fueron el WMS con un 61,90% y la RFID con 57,10%. Por otra parte, la implementación de sistemas ERP se encuentra por debajo del WMS debido a que los operadores logísticos tienden a ser empresas especializadas en la gestión de almacenes y las funciones de este tipo de TIC suelen ser genéricas e incluir pocas herramientas de planeación y análisis logístico.

Por otra parte, la divulgación y promoción para implementación de TIC, tales como, WMS, LMS, YMS y SCE, ha sido liderada por Tecsys Latin American (2008), uno de los proveedores más importantes de Suramérica y Colombia, incluyendo el desarrollo de proyectos en empresas tales como Almaviva, Alpopular, Colcerámica, El Éxito, Procter & Gamble, Colgate, Nestlé y Unilever. Dentro de los casos más recientes de aplicación de estas tecnologías por parte de Tecsys Latin American se encuentra Centros de distribución Éxito, que implementó un WMS y YMS que le ha permitido gestionar y administrar sus bodegas, mejorando la programación de recursos según órdenes de trabajo, disponibilidad del personal y equipos, y permitiendo la planificación óptima de actividades con capacidad de actualización en tiempo real. Adicionalmente, esta compañía implementó el pick to light y voice picking y la tecnología RFID y EPC como parte del mejoramiento de la gestión de sus centros de distribución (GS1 Colombia, 2006).

A continuación, se describen las tecnologías más utilizadas:

#### ***Dispositivos de escaneo por radiofrecuencia:***

La tecnología de picking de pedidos más ampliamente implementada por un amplio margen. Los dispositivos móviles de radiofrecuencia han sido de uso generalizado en centros de distribución desde principios de 1980, cuando los transmisores de radio y escáneres de código de barras se integraron en unidades portátiles de mano para permitir la recopilación de datos en tiempo real cuando los operarios realizan tareas en el centro de distribución. Hasta el día de hoy, los dispositivos de radiofrecuencia siguen siendo la tecnología más flexible, ya que son capaces de capturar datos específicos del producto o del cliente (por ejemplo, número de lote, número de serie, peso, etc.). En general, los dispositivos de radiofrecuencia son también la tecnología de picking de pedidos de centro de distribución menos costosa para implementar. (MWPVL, 2013)

***Pick to Light:***

Consiste en pantallas de luz que se instalan por cada ubicación establecida de picking en estanterías, bastidores de flujo de cajas y bastidores de almacenamiento. Las tareas de selección de pedidos se descargan en un subsistema que ilumina las unidades de visualización de una en una a medida que los operarios seleccionan cada línea de pedido. La pantalla de luz identifica la ubicación de selección en la que se va a realizar la tarea y la unidad de visualización de cabecera indica la cantidad de picking y el lugar para colocar el producto. El operario normalmente presiona un botón en la unidad de visualización de luz para confirmar la tarea de selección. Los sistemas Pick to Light también se pueden instalar en carritos móviles para la recogida de múltiples pedidos en un solo viaje a través del centro de distribución. Pick to light también se puede utilizar para la recolección inversa del flujo a través de las operaciones donde se reciben los productos y luego se ponen en lugares que representan los pedidos de los clientes. (MWPVL, 2013)

***Voice Picking:***

Los operarios llevan auriculares con micrófonos y se comunican oralmente con un sistema de software en tiempo real para recibir y confirmar la tarea de picking. La voz sintética del ordenador indica al operario que vaya a una ubicación de selección, el cual confirma la ubicación diciendo los dígitos aleatorios de verificación que aparecen en la etiqueta colocada en cada ubicación de selección. A continuación, el sistema instruye al operario seleccionar la cantidad designada junto con cualquier otra instrucción que se requiera para completar la tarea de trabajo. La ventaja fundamental del voice picking es que permite "manos libres", y en cierta medida "ojos libres", lo que significa que el único foco del operario es encontrar la ubicación correcta y seleccionar la cantidad adecuada. El beneficio de ser manos libres es que el operario tiene ambas manos disponibles para levantar productos pesados sin la pérdida de tiempo asociada con tener que manipular y sostener un dispositivo portátil de radiofrecuencia. (MWPVL, 2013)

***RFID:***

Identificación por Radiofrecuencia es un término genérico que usa ondas para identificar automáticamente los ítems individuales. El funcionamiento de este sistema consiste en equipar cada uno de los ítems con una pequeña etiqueta que contiene un transpondedor con un chip de memoria digital que permite una única identificación por producto. El RFID permite aumentar la velocidad, disminuir errores, movimientos y tiempo en las operaciones de recogida de productos, y a lo largo de todas las operaciones realizadas en el centro de distribución. El gran beneficio de esta tecnología es la identificación de productos en tiempo real que facilita la planeación de rutas de preparación de pedidos y el apoyo a la toma de decisiones acerca de la utilización de equipos al mínimo costo, además facilita las operaciones de crossdocking debido que por medio de éste se identifican las cargas a recibir y se agiliza el proceso de despacho. (Correa, Gómez, Cano, 2010).

## 7.2. Evaluación de alternativas mediante análisis de decisión multicriterio AHP

El Proceso de Jerarquía Analítica PJA o AHP es un método cuantitativo que busca ordenar alternativas en un proceso de decisión, de modo que se pueda seleccionar una en particular bajo un panorama de múltiples criterios. AHP es un proceso que obtiene un índice numérico que permite ordenar las alternativas de acuerdo al nivel de satisfacción que cada una de ellas muestra respecto a los criterios exigidos por el decisor.

Para la calificación de los criterios seleccionados se trabaja con una estandarización de preferencias como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Tabla estandarizada de preferencias

Juicio verbal de preferencia	Valor numérico
Preferencia igual	1
Preferencia igual o moderada	2
Preferencia moderada	3
Preferencia moderada o fuerte	4
Preferencia fuerte	5
Preferencia fuerte a muy fuerte	6
Preferencia muy fuerte	7
Preferencia muy fuerte a extrema	8
Preferencia extrema	9

Fuente: Londoño, 2014

La meta general del proceso es escoger la alternativa más acertada para solución dentro del centro de distribución. Para realizar el procedimiento, se entrevistó un grupo de 5 expertos que conocen el problema de estudio y quienes normalmente toman decisiones sobre el proceso a nivel estratégico y táctico; sus características se aprecian en la Tabla 20.

Tabla 20. Características expertos entrevistados

Cargo	Género	Edad	Rol
Coordinador de distribución (empresa)	Femenino	38	Toma decisiones administrativas y de servicio sobre regionales, proveedores y ciudades
Coordinador de almacenamiento (empresa)	Femenino	35	Toma decisiones administrativas, operativas y de servicio sobre regionales y ciudades
Administrador regional operador logístico	Masculino	45	Tiene injerencia nacional sobre el costo de regionales, proveedores y ciudades
Administrador de cuenta (operador logístico)	Femenino	40	Toma decisiones administrativas y operativas sobre la regional
Coordinador de bodega (operador logístico)	Masculino	30	Toma decisiones operativas

Fuente: Elaboración propia

Este grupo de expertos desarrolló las evaluaciones y análisis mediante lluvia de ideas (para



las definiciones de criterios) y mediante consenso (para las comparaciones pareadas de criterios, alternativas y análisis de resultados)

Los criterios de decisión escogidos son:

- Calidad
- Costo
- Cobertura de procesos
- Precisión
- Relación con el cliente
- Productividad

Tabla 21. Alternativas de mejoramiento

<b>Alternativas de mejoramiento</b>	
Metodológica	ME
Tecnológica	TE
Seguir igual	SI

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se realizó una matriz de comparación de criterios con un consenso de los 5 expertos:

Tabla 22. Matriz de comparación de criterios

<b>Matriz de comparación</b>	<b>Calidad</b>	<b>Costos</b>	<b>Cobertura de procesos</b>	<b>Precisión</b>	<b>Relación con el cliente</b>	<b>Productividad</b>
<b>Calidad</b>	1	1/2	1/4	1/5	2	1/6
<b>Costos</b>	2	1	1/3	2	3	1/3
<b>Cobertura de procesos</b>	4	3	1	2	3	1/4
<b>Precisión</b>	5	1/2	1/2	1	4	1/3
<b>Relación con el cliente</b>	1/2	1/3	1/3	1/4	1	1/5
<b>Productividad</b>	6	3	4	3	5	1
<b>Total</b>	<b>18,50</b>	<b>8,33</b>	<b>6,42</b>	<b>8,45</b>	<b>18,00</b>	<b>2,28</b>

Fuente: Elaboración propia

Paso seguido, se normalizó la matriz de comparación, dividiendo cada elemento de una columna entre la suma de todos los elementos en ella y se halló el vector prioridad, calculando el promedio de cada fila de la matriz normalizada como se muestra en la Tabla 23. Dicho vector califica cada criterio.

Tabla 23. Matriz normalizada y vector prioridad de criterios

Matriz normalizada	Calidad	Costos	Cobertura de procesos	Precisión	Relación con el cliente	Productividad	VP
Calidad	0,05	0,06	0,04	0,02	0,11	0,07	<b>0,06</b>
Costos	0,11	0,12	0,05	0,24	0,17	0,15	<b>0,14</b>
Cobertura de procesos	0,22	0,36	0,16	0,24	0,17	0,11	<b>0,21</b>
Precisión	0,27	0,06	0,08	0,12	0,22	0,15	<b>0,15</b>
Relación con el cliente	0,03	0,04	0,05	0,03	0,06	0,09	<b>0,05</b>
Productividad	0,32	0,36	0,62	0,36	0,28	0,44	<b>0,40</b>

Fuente: Elaboración propia

Los valores encontrados en el vector prioridad de la matriz de criterios, se registran en el árbol de decisión (Ilustración 14). Paso seguido, se realizó una matriz de comparación de alternativas para cada criterio considerado (Tablas 24 a 29).

Tabla 24. Matriz de comparación para criterio de Calidad

Matriz de comparación	ME	TE	SI
ME	1	1/5	2
TE	5	1	6
SI	1/2	1/6	1
Total	6,50	1,37	9,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Matriz de comparación para criterio de Costo

Matriz de comparación	ME	TE	SI
ME	1	3	1/4
TE	1/3	1	1/9
SI	4	9	1
Total	5,33	13,00	1,36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Matriz de comparación para criterio de Cobertura de procesos

Matriz de comparación	ME	TE	SI
ME	1	2	2
TE	1/2	1	2
SI	1/2	1/2	1
Total	2,00	3,50	5,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27. Matriz de comparación para criterio de Precisión

<b>Matriz de comparación</b>	<b>ME</b>	<b>TE</b>	<b>SI</b>
<b>ME</b>	1	1/6	3
<b>TE</b>	6	1	9
<b>SI</b>	1/3	1/9	1
<b>Total</b>	7,33	1,28	13,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Matriz de comparación para criterio de Relación con el cliente

<b>Matriz de comparación</b>	<b>ME</b>	<b>TE</b>	<b>SI</b>
<b>ME</b>	1	1/2	1
<b>TE</b>	2	1	3
<b>SI</b>	1	1/3	1
<b>Total</b>	4,00	1,83	5,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Matriz de comparación para criterio de Productividad

<b>Matriz de comparación</b>	<b>ME</b>	<b>TE</b>	<b>SI</b>
<b>ME</b>	1	1/5	3
<b>TE</b>	5	1	8
<b>SI</b>	1/3	1/8	1
<b>Total</b>	6,33	1,33	12,00

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se normalizó la matriz de comparación para cada criterio y se halló el vector prioridad, como se muestra en las Tablas 30 a 35. Dicho vector califica cada alternativa al respecto del criterio con que se esté trabajando.

Tabla 30. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Calidad

<b>Matriz normalizada</b>	<b>ME</b>	<b>TE</b>	<b>SI</b>	<b>Vector prioridad</b>
<b>ME</b>	0,15	0,15	0,22	<b>0,17</b>
<b>TE</b>	0,77	0,73	0,67	<b>0,72</b>
<b>SI</b>	0,08	0,12	0,11	<b>0,10</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Costo

<b>Matriz normalizada</b>	<b>ME</b>	<b>TE</b>	<b>SI</b>	<b>Vector prioridad</b>
<b>ME</b>	0,25	0,23	0,18	<b>0,22</b>
<b>TE</b>	0,06	0,08	0,08	<b>0,07</b>
<b>SI</b>	0,75	0,69	0,73	<b>0,73</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Eficiencia

<b>Matriz normalizada</b>	<b>ME</b>	<b>TE</b>	<b>SI</b>	<b>Vector prioridad</b>
<b>ME</b>	0,16	0,15	0,25	<b>0,19</b>
<b>TE</b>	0,79	0,75	0,67	<b>0,74</b>
<b>SI</b>	0,05	0,09	0,08	<b>0,08</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 33. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Precisión

<b>Matriz normalizada</b>	<b>ME</b>	<b>TE</b>	<b>SI</b>	<b>Vector prioridad</b>
<b>ME</b>	0,14	0,13	0,23	<b>0,17</b>
<b>TE</b>	0,82	0,78	0,69	<b>0,76</b>
<b>SI</b>	0,05	0,09	0,08	<b>0,07</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Relación con el cliente

<b>Matriz normalizada</b>	<b>ME</b>	<b>TE</b>	<b>SI</b>	<b>Vector prioridad</b>
<b>ME</b>	0,25	0,27	0,20	<b>0,24</b>
<b>TE</b>	0,50	0,55	0,60	<b>0,55</b>
<b>SI</b>	0,25	0,18	0,20	<b>0,21</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Matriz normalizada y vector prioridad para criterio de Productividad

<b>Matriz normalizada</b>	<b>ME</b>	<b>TE</b>	<b>SI</b>	<b>Vector prioridad</b>
<b>ME</b>	0,16	0,15	0,25	<b>0,19</b>
<b>TE</b>	0,79	0,75	0,67	<b>0,74</b>
<b>SI</b>	0,05	0,09	0,08	<b>0,08</b>

Fuente: Elaboración propia

Los valores encontrados para cada alternativa en el respectivo criterio, se registran en el árbol

de decisión (Ilustración 14). De este proceso se puede evidenciar que se valoran más los criterios de productividad, cobertura de procesos y precisión.

Posteriormente, se comprueba la consistencia de las opiniones plasmadas en cada matriz mediante la Razón de Consistencia garantizando que ésta sea igual o menor a 0,10, mediante la ecuación:

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Donde:

IC: Índice de consistencia  $IC = \frac{n_{max}-n}{n-1}$

IA: Índice de consistencia aleatoria  $IA = \frac{1,98*(n-2)}{n}$

n: número de criterios o alternativas

nmax: suma de los valores ponderados de cada fila de la matriz de comparación con el vector prioridad

Una vez se verifica la consistencia de las matrices y se registran los resultados obtenidos en el árbol de decisiones, se realiza la selección de alternativa por medio de una suma ponderada como se muestra en la Tabla 36.

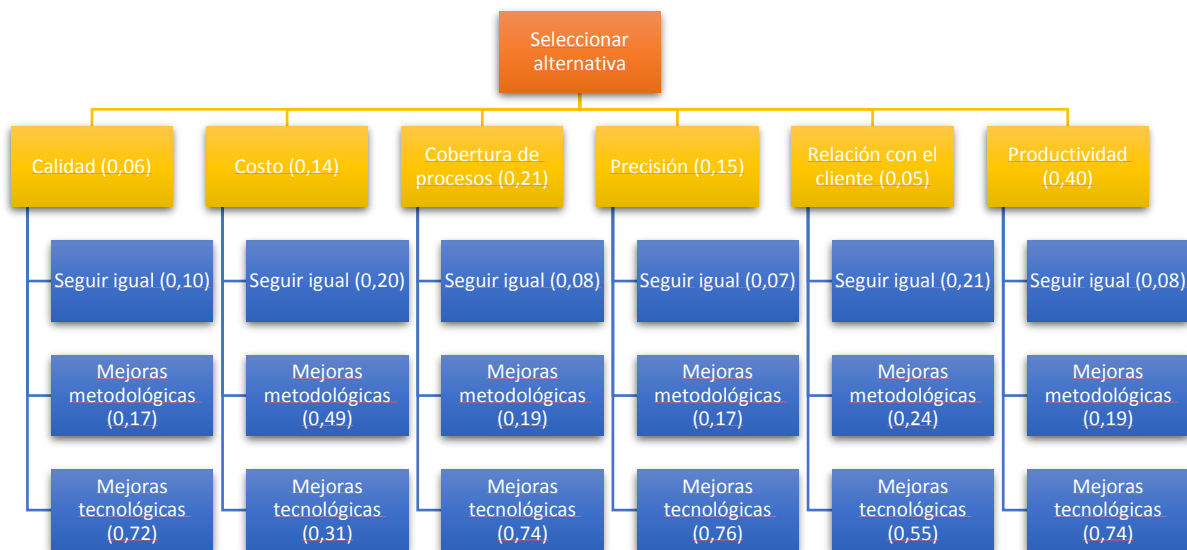


Ilustración 14. Árbol de decisión  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Selección de alternativas

Alternativa	Criterios						Preferencia
	Calidad	Costo	Cobertura de procesos	Precisión	Relación con el cliente	Productividad	
	0,06	0,14	0,21	0,15	0,05	0,40	
Seguir igual	0,10	0,73	0,20	0,07	0,21	0,08	0,2
Metodológicas	0,17	0,22	0,49	0,17	0,24	0,19	0,3
Tecnológicas	0,72	0,07	0,31	0,76	0,55	0,74	0,6

Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que, según el análisis multicriterio para la toma de decisiones AHP, la alternativa seleccionada serán las mejoras tecnológicas, las cuales se detallan en el siguiente apartado para determinar la herramienta a utilizar.

### 7.3. Selección de herramienta tecnológica

Para la selección de la herramienta tecnológica a utilizar, en la Tabla 36 se revisan algunas funcionalidades, software y hardware de las tecnologías mencionadas en el numeral 7.1. *Alternativas de mejoramiento.*

Tabla 37. Comparativo TICs

	Código de barras	RFID	Pick to Light - Voice Picking
<b>Funciones y aplicaciones</b>	Es aplicable a todas las zonas y operaciones del centro de distribución	Es aplicable a todas las zonas y operaciones del centro de distribución, al igual que en la producción	Es aplicable a los procesos de picking y packing
	Incrementa la velocidad de ingreso de datos al sistema	Con la ayuda del RFID, empresas han reportado 35% y 88% de mejoramiento en la productividad de actividades y disminución de errores de papeleo.	El operario del almacén puede recibir y enviar mensajes cortos acerca de la operación de preparación de pedidos que está realizando.
	Agiliza la lectura de datos para la carga o descarga de inventarios (Kardex), y ayuda a la ubicación de la mercancía en el almacén cuanto se tienen codificados los espacios de almacenamiento.	Identificación de productos en tiempo real que facilita la planeación de rutas de preparación de pedidos y el apoyo a la toma de decisiones acerca de la utilización de equipos al mínimo costo.	La mercancía se va tomando al mismo tiempo en que se introducen los datos al sistema. El sistema guía en tiempo real al operario. El operario retroalimenta al sistema con su voz para que se hagan las respectivas descargas de inventario.
	Generalmente el costo de impresión de los códigos de barras es bajo, la tinta se puede aplicar directamente en el embalaje del producto o en una etiqueta.	Se incrementó la velocidad de carga en un 40% aproximadamente y disminuye los errores y costos, debido a la reducción de operaciones en el almacén.	Se elimina el uso de papel, de tarjetas y marcaciones por parte del operario que recolecta el pedido. Las manos y ojos del operario están libres en un 100%, permitiéndose así combinación de tareas, reducción de tiempos de procesos.

	<b>Código de barras</b>	<b>RFID</b>	<b>Pick to Light - Voice Picking</b>
	Permite la identificación de unidades individuales (producto) y almacenamiento como: cajas y palets, lo cual agiliza su registro y trazabilidad.	- El RFID es estandarizado a través del EPC, el cual es un estándar a nivel mundial para aplicaciones en la cadena de suministro. - Permite capturar información para alimentar el WMS.	El sistema utiliza un código o PIN para ubicar la mercancía en el almacén, y se lo comunica en forma auditiva al operario.
	Existen varios tipos de códigos de barras con sus respectivas características, donde las simbologías están diseñadas para resolver problemas específicos de acuerdo al tipo de necesidad de identificación interna del almacén	Facilita las operaciones de cross docking debido que por medio de este se identifican las cargas a recibir y se agiliza el proceso de despacho.	Permite importar y exportar datos del sistema de información de la empresa, garantiza el desarrollo completo del proceso de recogida y devuelve las existencias de producto en tiempo real.
	Permite a través de display o pantallas observar la localización y cantidad de productos que se van a recoger.	Operaciones de prerrecepción de cargas, debido a que el proveedor identifica los pallets antes de despacharlos y cuando los recibe el cliente elimina el proceso de identificación de cargas.	Permite a través de display o pantallas observar la localización y cantidad de productos que se van a recoger.
	Permite aumentar la velocidad, disminuir errores, movimientos y tiempo en las operaciones de recogida de productos.	Permite aumentar la velocidad, disminuir errores, movimientos y tiempo en las operaciones de recogida de productos.	Permite aumentar la velocidad, disminuir errores, movimientos y tiempo en las operaciones de recogida de productos.
	Es compatible con los sistemas de identificación y captura de información.	Es compatible con los sistemas de identificación y captura de información.	Es compatible con los sistemas de identificación y captura de información de radiofrecuencia o código de barras.
	Recolección de 50 a 90 líneas de pedido por hora	Recolección de 100 a líneas de pedido por hora	Pick to Light: Recolección de 110 a 350 líneas de pedido por hora. Voice Picking: 175 a 275 líneas de pedido por hora
	Precisión entre el 99,3 y 99,5%	Precisión entre el 99,3 y 99,5%	Pick to Light: Precisión entre el 99,5 y 99,7% Voice Picking: Precisión entre el 99,7 a 99,97%
<b>Software</b>	Base de datos que soporta la captura de datos e identificación de productos.	En la parte informática se considera los elementos del EPC, los cuales son el estándar del RFID.	Identificación y codificación de las ubicaciones del almacén.
	Prefijo de compañía.	EPC (Electronic Product Code), el cual es un número único con el que se identifican los productos, es un elemento intangible.	
	Codificador y decodificador para la carga y descarga de datos en el sistema.	IMPINJ Itemsense Software: software que actuará como sistema nervioso de la red, encargado de la administración y movimiento de los flujos de datos EPC.	WMS a través de los cuales se programan las operaciones de preparación de pedidos.

	<b>Código de barras</b>	<b>RFID</b>	<b>Pick to Light - Voice Picking</b>
	Integración y sincronización de datos leídos con el código de barras con otras TIC logísticas (ERP, WMS, LMS, entre otros).	ONS (Object name service) servicio de red automático que permite que un computador pueda acceder a un sitio en la WWW, de tal manera que se pueda obtener información de los productos.	
<b>Hardware</b>	Adhesivos en el caso en que el código pertenece a un elemento del almacén al cual no se puede imprimir directamente el código.	Tag: se colocan sobre los productos y están compuestas por un microchip con una antena adosada.	Tags y antenas de RFID o lectores de códigos de barras, los cuales se conectan con el software y activan los displays.
	Lectores de códigos estacionarios (fijo), portátiles (vía radio frecuencia) o automáticos según la necesidad en los procesos del almacén.	Lectores: pequeñas antenas que recogen las señales emitidas por los tags y las retransmiten a una computadora que procesa la información. La distancia entre el lector y el tag depende de la potencia del lector y de la frecuencia de onda.	Terminales portátiles para el operario que consiste en una diadema con micrófono y una terminal portátil receptora de señales.
	Interfaz de código de barra (decodificador electrónico).	Un computador central o servidor, el cual soporta el software.	Display con botón de confirmación.
	Terminal manual, PC o sistema central para recibir y utilizar los datos decodificados.	Un PC dentro del almacén que comanda las operaciones y se comunica a través de terminales que conectan con los operarios para dar las órdenes.	Recargadores de baterías de transmisores.
	Impresora de códigos de barras. Puede ser impresión sobre el producto o sobre adhesivos	Las antenas son de diferentes tamaños y formas, pueden ser móviles o estacionarias.	Accesorios adicionales (como signal lights, Intelligent signal towers, básculas, interfaces variados de scanners, impresoras, etc.).

Fuente: Elaboración propia. Información tomada de MWPVL, 2013 y Correa, 2010

Ilustrando la información expuesta en la Tabla 36, se puede concluir que las herramientas tecnológicas que abarcan todos los procesos dentro del centro de distribución son Código de Barras y RFID (Ilustración 15).



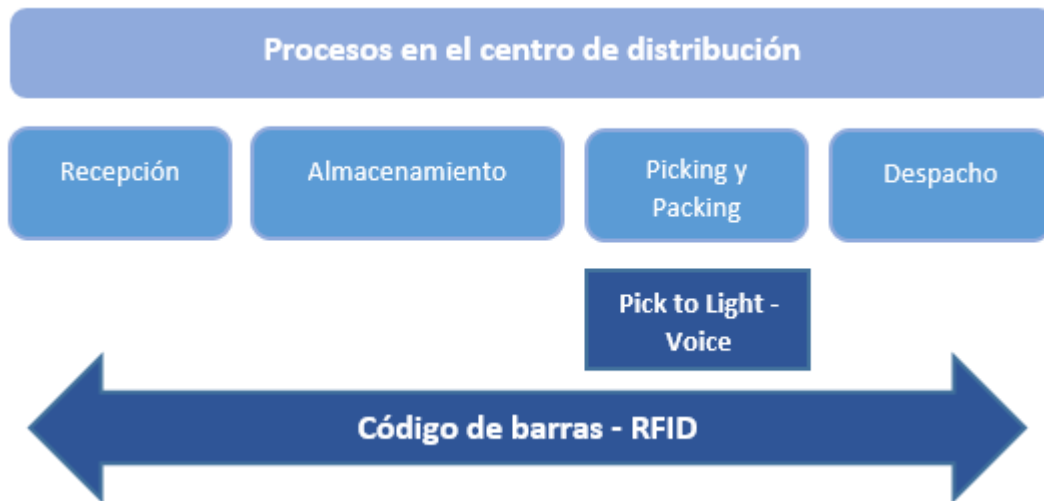


Ilustración 15. Metodologías para mejoramiento de las operaciones del centro de distribución  
Fuente: Correa E., A., Gómez M., R. A., Cano A., J. A. (2010)

Con los resultados obtenidos en la AHP (Tabla 36) donde se eligió realizar una mejora tecnológica y se muestran los pesos de cada uno de los criterios evaluados, se califica a continuación (Tabla 38), las tecnologías estudiadas respecto a cada criterio teniendo en cuenta las funcionalidades y características expuestas en la tabla 37, para la cual, se define una calificación de 1 a 10, teniendo en cuenta que 1 es la puntuación más baja y 10 la más alta.

Tabla 38. Calificación tecnologías

Criterios	Calidad	Costo	Cobertura de procesos	Precisión	Relación con el cliente	Productividad	Calificación ponderada
Peso	0,06	0,14	0,21	0,15	0,05	0,40	
Código de barras	5	7	10	7	8	5	6,76
RFID	8	6	10	7	7	7	7,54
Pick to Light	5	5	2	8	5	9	6,41
Voice Picking	6	6	2	9	5	8	6,36

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 38, las tecnologías con mayor puntaje respecto al peso de cada criterio son RFID y Código de barras. Teniendo en cuenta los beneficios que brinda cada tecnología, las particularidades del centro de distribución caso de estudio descritas en el numeral 5. *Descripción de la operación* y que la empresa actualmente cuenta con identificación por código de barras para las cajas o producto interno, a continuación, se evalúa y propone una “metodología híbrida” entre código de barras y RFID.

## 8. NUEVA METODOLOGÍA PROPUESTA

### 8.1. Modelo para implementación de la metodología seleccionada

Para realizar la implementación de las metodologías tecnológicas seleccionadas, en este caso Código de barras y RFID, se propone realizar los pasos descritos en la Ilustración 16.

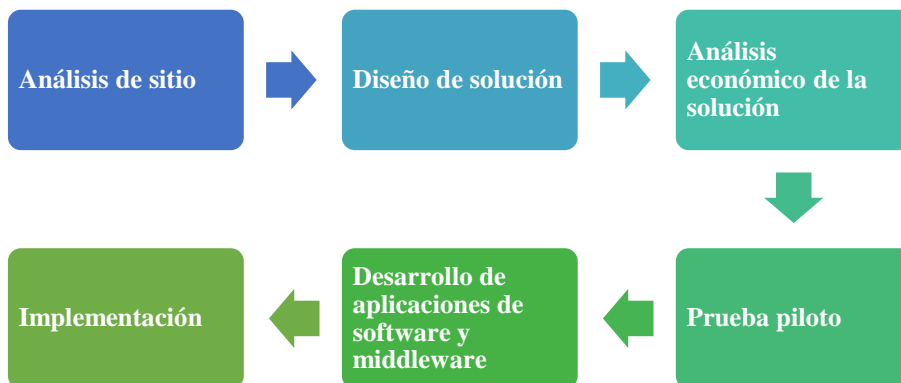


Ilustración 16. Modelo implementación tecnología  
Fuente: Egomexico, 2017

#### 8.1.1. Análisis de sitio

Antes de implementar la mejora tecnológica, se debe realizar el diagnóstico del lugar en donde se llevará a cabo el proyecto, inspeccionando las instalaciones y revisando la manera en la que se ejecutan los procesos, teniendo en cuenta las particularidades propias de la operación con el fin de no dejar por fuera ningún detalle que pueda afectar la implementación; una vez se cuente con este análisis, se podrá determinar si es factible aplicar la tecnología propuesta.

#### 8.1.2. Diseño de solución

En esta etapa se elaboran dos procesos que son la base de la planificación del proyecto:

- Cotización de elementos de acuerdo a la necesidad del caso, donde se listan todos los ítems requeridos para la implementación, esto se logra gracias al detalle descrito en el paso del análisis de sitio, velando por la calidad sin perder de vista la mejor opción económica.
- Estimación de los beneficios a través del impacto a las operaciones y en cada eslabón de la cadena de suministro, variación en los indicadores y análisis de las mejoras en el producto final.

#### 8.1.3. Análisis económico de la solución

Con base en la información disponible y las variables definidas, se realiza la evaluación financiera del proyecto, calculando el VPN, el retorno sobre la inversión y el ahorro

incremental, corroborando la factibilidad del proyecto para posterior visto bueno de las directivas encargadas.

#### **8.1.4. Prueba piloto**

Implementación acotada a escala para evaluar desempeño y beneficios reales de la solución, así como su integración a la arquitectura actual.

#### **8.1.5. Desarrollo de aplicaciones de software y middleware**

Diseño y programación de aplicaciones específicas en función de las necesidades y plataformas existentes.

#### **8.1.6. Implementación**

- Integración de aplicaciones de software y middleware a infraestructura existente de sistemas.
- Aprovisionamiento de hardware, instalación, soporte y capacitación.

### **8.2. Modelo aplicado a implementación de la metodología seleccionada**

A continuación, se presenta la realización del modelo para el caso de estudio, cabe aclarar, que al ser este proyecto una propuesta, se dará detalle hasta el paso número 3 del modelo, debido a que no es posible realizar las pruebas piloto y evidenciar los resultados de la implementación.

#### **8.2.1. Análisis de sitio**

La descripción y diagnóstico del caso de estudio se detalla en capítulo 5. *Descripción de la operación* y 6. *Búsqueda de causas raíces* del documento.

#### **8.2.2. Diseño de solución**

##### **8.2.2.1. Funcionamiento**

En general, el sistema de códigos de barras opera así:

1. El lector se ubica frente al artículo a identificar. Se debe tener una visión directa al código de barras para poder identificarlo.
2. El lector dispara el láser que identifica la información que representa el código, no la imagen como tal.
  3. La información se transmite al sistema de información vía electrónica, wifi, bluetooth entre otras formas. (Scan Source Latin America)

A grandes rasgos, el sistema RFID funciona en cuatro pasos:

1. El lector manda la señal de interrogación hacia la etiqueta.
2. La antena del lector activa las etiquetas por medio de un campo magnético
3. La etiqueta transmite sus datos gracias a la energía que posea o que sea generada por el campo magnético
4. El lector percibe la información y la envía por radiofrecuencia al sistema de información. (RFID Journal Español)

### ***Elementos del Sistema RFID:***

#### ***Software:***

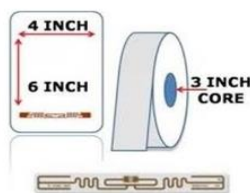


*Ilustración 17. Imagen referencia software RFID  
Fuente: Atlas RFID Store*

El software Impinj ItemSense™ permite a las empresas integrar rápida y fácilmente la inteligencia de artículos, incluida la identidad, la ubicación y la autenticidad de los elementos cotidianos en las aplicaciones empresariales.

Como elemento clave de la plataforma Impinj, el software ItemSense transforma los datos RFID en información dirigida por el negocio y simplifica la gestión y supervisión de los dispositivos de hardware. (Atlas RFID Store)

#### ***Etiquetas:***



*Ilustración 18. Imagen referencia etiquetas RFID  
Fuente: Atlas RFID Store*

Estas etiquetas están diseñadas específicamente para su uso en las impresoras RFID Zebra R110xi4, ZT410 / 420 y RZ400 bajo la suposición de que el cliente hará la impresión y codificación. Las aplicaciones que usan una etiqueta RFID con el Alien Squiggle Higgs-EC incluyen, pero no se limitan a, corrugado de cajas, estibas, etiquetas de ropa, etiquetas de equipaje, etiquetas de envío, gestión de activos y etiquetas de carpeta de archivos. (AliExpress)

### **Lectores móviles código de barras:**



*Ilustración 19. Imagen referencia lectores móviles código de barras*  
Fuente: Atlas RFID Store

El sistema MC3000 de Motorola Technologies es un equipo móvil ligero y resistente, ideal para aplicaciones de trabajo intensivo en las que se necesita una captura de datos de alta calidad en todo el ámbito de la empresa. Su ergonomía superior y la flexibilidad de su configuración agilizan la toma de decisiones y aumentan la satisfacción de los empleados, ya sea en la tienda, en el muelle de carga o en una ruta de reparto.

El Motorola MC 3090 está basado en la serie MC3000, pero con opción de red inalámbrica 802.11 b/g/a, incluye la última versión del sistema operativo CE.Net y la introducción de una nueva forma en la familia - la MC3090G, con trigger y pistola integrado. El MC3090 tiene una resolución de 320x320, lector o scanner laser estándar 1D o 2D, teclado integrado de 28, 38 y 48 teclas y batería smart de 16.2 watt-hora. (MBCESore).

### **Lectores fijos:**



*Ilustración 20. Imagen referencia lector fijo RFID*  
Fuente: Atlas RFID Store

El lector RFID xPortal de Speedway integra tecnología de antena DLPA de alto rendimiento diseñada por Impinj con atributos de conmutación de haz y polarización que son gestionados dinámicamente por el lector, proporcionando una cobertura consistente y amplia de la zona de lectura. Es ideal para supervisar artículos etiquetados, estibas, equipo, archivos, o la gente que pasa a través de puertas, de pasillos u otras áreas de cobertura zonal.

El sistema de lector RFID xPortal resuelve el tamaño y las limitaciones de montaje de los portales tradicionales con una unidad atractiva, ligera y de bajo perfil. Con una medida de aproximadamente 30,5 x 8,75 x 2 pulg (77,5 x 22,2 x 5 cm) y un peso inferior a 10 lbs (4,5 kg), su forma compacta es discreta, aerodinámica y, en última instancia, flexible. (Atlas RFID Store)

### **Antenas RFID:**

Las Antenas RFID son el elemento esencial entre el tag y el lector que transmite la potencia y capta la señal de devolución del tag con su código. Las antenas rfid se utilizan para leer etiquetas rfid en los centros de distribución, líneas de producción,



*Ilustración 21. Imagen referencia antenas RFID*  
Fuente: Atlas RFID Store

tiendas, centros médicos, eventos deportivos, etc.

Una antena crea un campo de acción tridimensional a su alrededor que se llama "haz", "pattern", "patrón de radiación" o "bulbo". Las diferencias entre las distintas antenas RFID existentes se resumen en dos características:

- Para acción corta o larga: en función de la amplitud que deseemos leer
- Para alta o baja densidad de campo: en función de la naturaleza de los productos a leer y de la cantidad a leer al mismo tiempo

La Laird S9025P / S8655PL es la última incorporación a la gama de antenas RFID de alto rendimiento y es la única antena UHF RFID disponible en el mercado que ofrece un rendimiento sin compromiso en un paquete pequeño. Con sólo 5,2 pulgadas cuadradas, la antena ofrece una especificación de ganancia de 5,5 dBic y relación axial mejor que 2 dB. En efecto, la antena está proporcionando el rendimiento que se esperaría de una antena mucho más grande. La antena no sólo es mecánicamente robusta, sino que es menos probable que esté expuesta a daños excesivos en virtud de su reducido tamaño. La antena RFID Laird S9025PR / S8655PL ofrece un rango de lectura excepcional para su tamaño. También tiene una clasificación IP de 67 que lo hace adecuado para ambientes hostiles. (Atlas RFID Store)

### ***Impresora de etiquetas RFID:***

Las impresoras RFID permiten imprimir y codificar un tag a la vez. Llevan añadido un lector en su interior y una antena en el cabezal de la impresora de manera que permite detectar el chip que se pone en la etiqueta.

Las impresoras / codificadores RFID de la serie ZT410 unen las capacidades UHF RFID con durabilidad comprobada para ayudar a mantener sus operaciones críticas funcionando eficientemente.



*Ilustración 22. Imagen referencia impresora RFID  
Fuente: Atlas RFID Store*

Optimizado para imprimir y codificar etiquetas de forma precisa y eficiente para las aplicaciones de rastreo de nivel de artículos actuales, la RFID de la serie ZT410 ofrece capacidades de seguimiento mejoradas y una visibilidad más profunda. La tecnología de codificación adaptativa permite una excelente flexibilidad de los medios y una sencilla calibración RFID, eliminando complejas pautas de colocación. Un menú intuitivo reduce aún más el tiempo de configuración. Zebra ha certificado globalmente su tecnología RFID en seis continentes para apoyar despliegues a través de complejas cadenas de suministro multinacionales.

Un marco completamente metálico fija esta impresora aparte de la impresora de la serie RZ y la hace más robusta y confiable. Fabricada para ambientes extremos, la Serie ZT410 es fácil de usar con múltiples opciones de conectividad estándar como Serial, USB 2.0, Bluetooth y Ethernet 10/100. Esta impresora imprime y codifica etiquetas con un máximo de 4 pulgadas de ancho de impresión y 203 o 300 ppp (puntos por pulgada) o 8 puntos por mm. (Atlas RFID Store)

### **Capacitación:**

Capacitarse es necesario ya que cuando los miembros de un equipo homologan conocimientos a través de la certificación, se eleva el nivel de confianza, generando el ambiente propicio para impulsar la creatividad y desarrollar sinergias. (Compra RFID)

La capacitación cotizada se basa en el siguiente temario:

1. Introducción a la tecnología RFID: Frecuencias RF, polarizaciones, ondulación de Onda, interrogadores de RF, tags y Antenas, ganancia y pérdida de Onda, interferencias, limitantes y obstáculos, legislación local e internacional.
2. Consideraciones y componentes de implementación: Estándares, etiquetas RFID y aplicaciones, lectores e interrogadores fijos, antenas, lectores móviles o Hand Held's; lectores Bluetooth, antenas integradas, túneles y ensambles especiales.
3. Situación actual y tendencias: Casos y aplicaciones nacionales e internacionales (tendencias), mejores prácticas.

En la tabla 39 se presenta el precio de cada uno de los ítems que se requieren para la implementación del proyecto, dando una idea del dinero estimado para realizar la evaluación financiera.

*Tabla 39. Precio ítems para implementación*

<b>Ítem</b>	<b>Cantidad Necesaria</b>	<b>Rango de frecuencia</b>	<b>Medidas</b>	<b>Distancia máxima de lectura</b>	<b>Precio Unitario (USD)</b>	<b>Costo total (USD)</b>
IMPINJ Itemsense Software	1 und	No específico	No aplica	No específica	1.240	1240
Etiquetas RFID	398 rollos de 2000 unds	860 - 960 Mhz	74*23mm	15 m	123,58	49.185
Lector móvil	20 und	No específico	188 x 80,8 x 44,7 mm	0,5 m	1.269	25.388

Ítem	Cantidad Necesaria	Rango de frecuencia	Medidas	Distancia máxima de lectura	Precio Unitario (USD)	Costo total (USD)
Lector fijo portal	12 und	860 - 960 Mhz	30.5" x 8.75" x 2"	No publica	1.195	14.340
Antena RFID	10 und	902 - 928 Mhz	5.2" x 5.2" x 0.71"	15 m	179	1.790
Impresora RFID	1 und	865 - 928 Mhz	10.6" x 12.75" x 19.50 "	No aplica	4.645	4.645
Capacitación	1 programa	No aplica	No aplica	No aplica	348	348

*Fuente: Elaboración propia*

### **8.2.2.2. Estimación de los beneficios**

#### **Mejoras en la operación**

Teniendo en cuenta las ventajas que ofrece la implementación del híbrido propuesto (Código de barras y RFID) según lo expuesto en el capítulo anterior, se describe a continuación la nueva forma de realizar las operaciones y los beneficios que esto conlleva.

La implementación de este sistema requiere que cada caja de productos contenga una etiqueta RFID, la cual es instalada en la planta de producción, para el caso de los artículos que ingresan al inventario y en el centro de distribución sólo se instalan las etiquetas que provienen de productos importados, además de las cajas que se encuentren en existencia de inventario

#### **Recepción y almacenamiento:**

En el diagnóstico inicial de las operaciones del centro de distribución, se lograron identificar las siguientes oportunidades de mejora:

- Problemas en la planificación de la recepción de producto de planta, ya que suelen acumularse productos en los muelles de recibo.
- Falta de alineación con el recibo de producto importado (no se tiene la información sobre la fecha de llegada).
- Demora en el tiempo de almacenamiento del producto recibido por inspección de calidad y cantidad.

Y a continuación, se describe la operación al implementar la nueva tecnología:

Antes de comenzar la recepción de material, el encargado de almacenamiento debe validar por medio de la señal emitida por las antenas dispuestas a lo largo del centro de distribución, si el porcentaje de ocupación de la bodega se encuentra por encima del 95%, en caso negativo



se programa el recibo de la mercancía en el centro de distribución. En caso afirmativo determina que el producto que llega se debe direccionar a la bodega externa, tratando de mantener al mínimo el número de posiciones ocupadas. Con la implementación de las antenas este proceso mejora la precisión y confiabilidad de los datos, ya que se revisa a través de las existencias en tiempo real y no por medio de los datos en la ERP.

Se plantea instalar lectores fijos en los muelles de recibo que registrarán e ingresarán al inventario la mercancía en el momento que pasa por los lectores, verificando la cantidad de cajas. El producto que proviene de planta, maquilas y bodega externa se descarga y el encargado realiza la inspección de calidad, gracias a la información registrada por el lector fijo que ha sido transmitida al software, se envía la señal a las terminales de radiofrecuencia proporcionando la ubicación del material que ingresa.

Por otro lado, la mercancía que ingresa de importación se le debe hacer un proceso de acondicionamiento mediante el cual se le coloca el sticker de transmisión correspondiente a cada corrugado y se re estiban las cajas, para luego continuar con el proceso anteriormente mencionado. La cantidad del producto ingresado debe concordar con el número registrado en la Carta Porte (documento en el que se registran las unidades que se transportan en el vehículo). En caso de que se presente alguna novedad en cuanto faltantes y averías, se toma registro fotográfico y se reporta. Las cajas averiadas, por cuestión de calidad, se deben ubicar en una malla en la bodega dispuesta exclusivamente para mercancía de rechazos, donde no pueden volver a salir para comercialización.

### ***Pedidos:***

La tecnología propuesta en este proyecto no tiene un impacto en la realización de los pedidos, por lo tanto, la estructura de esta operación se conserva igual:

Los pedidos llegan al sistema de dos maneras:

- Vía EDI: son los clientes que suben sus pedidos electrónicamente, donde el área de servicio al cliente valida si el pedido cumple con los parámetros, para después dar visibilidad en SAP al área de facturación.
- Parámetros: Código de producto existente y vigente, precios que coincidan en la OC del cliente vs establecidos por la empresa, asignación de ofertas, disponibilidad de inventario.
- Pedidos ingresados al sistema manualmente: los ejecutivos de venta reciben las órdenes de compra del cliente y graban manualmente en SAP los productos, cantidades, códigos, nombre/código del cliente y la fecha preferente de entrega.

### ***Facturación:***

Nuevamente los lectores fijos son clave en este proceso, la facturación ahora es constante (24 horas/día) y sólo se factura el producto hasta que éste es ubicado en el vehículo (al pasar por los lectores dispuestos en los muelles de despacho). Se debe realizar un documento llamado “reporte de entregas” para planificar y solicitar los vehículos con antelación, realizando un corte en el día. Mediante este reporte de entregas se transmite la información a los lectores móviles para realizar el picking, teniendo auxiliares fijos para cada zona.

### ***Picking:***

En el diagnóstico inicial de las operaciones del centro de distribución, se lograron identificar las siguientes oportunidades de mejora:

- Incremento en los tiempos de la preparación de los pedidos, debido a los procedimientos establecidos.
- Confusión de los auxiliares en la recolección de pedidos de algunos códigos.
- Reprocesos.

Y a continuación, se describe la operación al implementar la nueva tecnología:

El proceso empieza cuando se ha generado el reporte de entregas de acuerdo al corte del día, con el fin de planificar los vehículos necesarios. Paso a seguir, las listas de picking son generadas por almacén (cross docking) o por transporte (clientes regulares) de acuerdo al pasillo. La base fundamental para garantizar el mejoramiento de este proceso es el abastecimiento del 100% de la zona de picking, lo cual minimiza considerablemente el desplazamiento a niveles superiores disminuyendo los tiempos de alistamiento; es ahí donde entra a jugar un papel importante la tecnología, la cual permite optimizar el tiempo de reabastecimiento; esta mejora se explica con mayor detalle en el apartado *Reabastecimiento* del presente capítulo.

Las listas de picking en papel se eliminan debido a que esta información es transmitida directamente a los lectores móviles de código de barra, que son portados por los operarios que realizan el picking; ahora el jefe de bodega envía las instrucciones de recolección directamente a los dispositivos a través del software, donde se ha establecido las cantidades y ruta a seguir. Los auxiliares recorren los pasillos con carretilla manual realizando la recolección de la mercancía solicitada, descontándola de inventario sólo cuando se escanea el código de barras del producto con su respectiva ubicación. Esta información es transmitida en línea a SAP, mediante un software para la impresión de la respectiva factura cuando pasa por los lectores de los muelles.

Cada que un auxiliar termina la ruta asignada por su lista de picking, ubica la mercancía recolectada en la zona de aprovisionamiento, donde se vuelve a realizar separación por almacén para el caso del cross docking o en el caso de los clientes regulares, se ubica en el muelle y posteriormente quedan a disposición para recibir nuevas listas. Como se menciona en el apartado Alistamiento y despacho de este capítulo, este proceso ahora cuenta con un auxiliar más, incrementando la productividad en esta sección, como se describe más adelante en la sección *Análisis de productividad*.

### ***Packing:***

En el diagnóstico inicial de las operaciones del centro de distribución, se lograron identificar las siguientes oportunidades de mejora:

- Incremento en los tiempos de la preparación de los pedidos debido a procedimientos establecidos.
- Se duplica el tiempo por proceso de reempaque – Falta de planificación.

Y a continuación, se describe la operación al implementar la nueva tecnología:

Este proceso es requerido cuando el cliente solicita una cantidad de un producto específico menor a una caja (subempaques), para el cual se generan listados de picking como se describe en el numeral anterior. El auxiliar se dirige a cada ubicación indicada en la terminal de radiofrecuencia, de acuerdo a la ruta asignada, donde adicionalmente deberá abrir la caja y tomar el subempaque solicitado, escaneando el código de barras de la ubicación y del producto, para luego cerrar la caja, sin sellarla con cinta, y finalmente dirigirse a la siguiente ubicación; este proceso asegura que la mercancía sea descontada de inventario sólo cuando es escaneada.

Una vez ha terminado su recorrido, deja los artículos en la zona de packing donde esperan dos auxiliares que se encargan de validar la mercancía según el listado entregado y ubicarla en la estantería de rodillos. Un auxiliar comienza a armar las cajas en las que se pondrán estos productos denominados “saldos”, para que el segundo auxiliar acomode los artículos en éstas; en el caso del cross docking, lo hace según requerimientos enviados por el cliente, para el caso de los otros solicitantes lo realiza optimizando el espacio. Se escanea el código de barras de cada producto y se confirma en Oracle, después se imprime la etiqueta que lleva la información de los productos contenidos en la caja y se adjunta dentro de ésta el listado en físico; finalmente se sella la caja y se ubica en la zona de aprovisionamiento.

### ***Alistamiento y despacho:***

En el diagnóstico inicial de las operaciones del centro de distribución, se lograron identificar las siguientes oportunidades de mejora:

- Se realiza chequeo de forma manual en el muelle de despacho, el cual puede generar inconsistencias y reprocesos.
- Aumenta tiempo de despacho.

Y a continuación, se describe la operación al implementar la nueva tecnología:

En el caso del cross docking se envían las nuevas listas de separación por punto de venta a la terminal de radiofrecuencia cuando las estibas se encuentran ubicadas en la zona de aprovisionamiento y se colocan los stickers que indican el número de centro de distribución correspondiente. Debido a que se han instalado lectores fijos en los muelles de despacho, la verificación antes realizada por 4 auxiliares por turno, quienes contaban y validaban las cajas a enviar, desaparece puesto que esta información se obtiene al pasar la mercancía por el portal RFID, los cuales envían dicha información al software para generación de facturas una vez termine el cargue del vehículo.

Para el cargue del transporte se dispone de carretillas hidráulicas que utilizan los auxiliares para movilizar la estiba dentro de los vehículos y organizar la mercancía por código o por punto de venta, para el caso del cross docking.

Según lo expuesto anteriormente, se logra reasignar un auxiliar al proceso de picking, dos auxiliares al cargue y uno a otras actividades dentro del centro de distribución por turno, como se muestra más adelante en el análisis de productividad.

### ***Reabastecimiento:***

En el diagnóstico inicial de las operaciones del centro de distribución, se lograron identificar las siguientes oportunidades de mejora:

- La inspección de los faltantes se realiza físicamente.
- La inadecuada planificación aumenta los tiempos de recolección de pedidos por tener que dirigirse a niveles altos y al área de reserva.

Y a continuación, se describe la operación al implementar la nueva tecnología:

Utilizando la señal de las antenas, el encargado de inventario programa el sistema para que automáticamente, en determinados intervalos de tiempo, envíen la información del estado de las ubicaciones vacías que se transforma en órdenes de abastecimiento. Estas órdenes detallan el producto desabastecido y la ubicación en la que se encuentra, además de la ubicación precedente de la estiba que va a suplir la necesidad; con esta información el operario de montacarga desubica la estiba y la deja justo frente a la posición de picking a abastecer para que finalmente un auxiliar, con la ayuda de una carretilla hidráulica, la ingrese a la ubicación

y por medio de la terminal de radiofrecuencia confirme el movimiento de inventario al escanear el código de barras del producto y de la posición de destino.

Realizando la operación con ayuda de la tecnología, se deja a un lado la incertidumbre al confiar en el conteo visual de cajas y lectura de las posiciones físicas, los datos de la etiqueta RFID leídos en cada ubicación garantizan que la misma sea conocida en todo momento. Esta información es particularmente importante cuando la ubicación actual difiere de la sugerida por el sistema.

### ***Devoluciones:***

La tecnología en este proyecto permite un mejor control respecto a las cantidades y estados en los que se encuentran la mercancía de este tipo, sin embargo, la estructura de la operación permanece: Si el producto estuvo en manos del cliente, por política de calidad debe destruirse; este proceso se gestiona por medio del área de devoluciones a la cual se debe realizar la solicitud de recogida de mercancía en el cliente. Una vez se realiza la solicitud, el operario logístico dentro del lead time establecido, retorna el producto al centro de distribución el cual debe almacenarse inmediatamente en la malla de destrucción. La mercancía se mantiene intacta hasta que la persona de calidad valida cantidad y contenido, para luego contactar al contratista que lo destruye dependiendo del material (reciclaje o incineración).

Si en el momento de la entrega la mercancía es rechazada, ésta vuelve a la bodega y se almacena en la malla de rechazos, donde se deja hasta que una persona de calidad valide si el producto puede volver a facturación, al fondo de empleados o si debe destruirse.

En el centro de distribución existe un pasillo de retenidos para mercancía que tiene fecha de vencimiento próxima o averías dentro de la bodega, productos que no deben ser comercializados y cuentan con el mismo tratamiento que la mercancía rechazada.

### ***Manejo especial:***

La tecnología en este proyecto permite un mejor control respecto a las cantidades y estados en los que se encuentran la mercancía de este tipo, sin embargo, la estructura de la operación permanece:

- Por indicaciones del producto, los medicamentos OTC (aquellos que no necesitan fórmula médica), no deben almacenarse a una temperatura superior a 27°, por lo que se conservan en un cuarto de temperatura controlada (22°) en el que se cuenta con 96 posiciones.
- Por especificaciones, el producto que tendrá un uso de contacto interno con el cuerpo, debe almacenarse en primeros niveles y tener un pasillo dedicado exclusivamente a éstos, sin flujo de otro material.

- Cada SKU tiene un código único de producto, aquellos que están ubicados en el primer nivel tienen una posición fija, para niveles altos es aleatorio. La mercancía es almacenada en cajas o paquete en estibas de 1,2 x 1,2 m y de 1 x 1,2 m.

### ***Inventario:***

En el diagnóstico inicial de las operaciones del centro de distribución, se logró identificar como oportunidad de mejora la falta de información de caducidad u obsolescencia (códigos de baja rotación).

Y a continuación, se describe la operación al implementar la nueva tecnología:

Se tienen distribuidas en la bodega antenas de lectura con un alcance de 15 m a la redonda para un total de 10 antenas. Se genera un corte de documentos donde se especifican los últimos movimientos de salida y entrada de mercancía al centro de distribución, luego el encargado de inventarios envía la instrucción a las antenas de leer las etiquetas dentro de su alcance. Las antenas transmiten la información leída al servidor y éste lo compara con lo registrado en SAP.

Si se llegara a presentar diferencia en alguna ubicación, se envía la orden a la antena nuevamente para confirmar la cantidad de producto. Al finalizar las verificaciones, se genera otro corte de documentos para garantizar que no se haya realizado movimiento de inventario en este tiempo y finalmente, con las diferencias presentadas, se realizan los ajustes necesarios.

### ***Estimación de indicadores operativos***

Se estimó el impacto de la implementación en las operaciones por medio de los siguientes indicadores:

$$\text{Entregas perfectas} = \frac{\text{Número de pedidos estándar perfectos}}{\text{Total de pedidos estándar programados}}$$

Es el porcentaje de pedidos estándar que fueron entregados a tiempo, en las cantidades y con la calidad correcta durante el periodo. Se estima que el indicador crece al reducirse el impacto negativo de retrasos en las operaciones realizadas dentro del centro de distribución, debido a que se aumenta la productividad, logrando despachar más cajas al día. Adicionalmente, al contar con una mayor exactitud en el inventario y que la mercancía facturada sea exactamente la despachada (Telectrónica, 2006), se logra garantizar la correcta entrega en cuanto a cantidad y calidad. Teniendo en cuenta lo anterior se puede estimar el cumplimiento de la meta establecida del 95%.

$$\begin{aligned} & \textit{Capacidad de almacenamiento utilizada} \\ & = \frac{\textit{Capacidad de almacenamiento utilizada}}{\textit{Capacidad de almacenamiento disponible}} \end{aligned}$$

Porcentaje de utilización del espacio disponible destinado al almacenamiento. Debido a la disponibilidad de la información en tiempo real, el RFID optimiza el espacio total de almacenamiento y se estima que alcanza una ocupación de almacenamiento aproximada del 98%, según lo expuesto por Acevedo, Arias y Ramón (2014), garantizando que la bodega sea operativa.

$$\textit{Inventario no conforme a especificaciones} = \frac{\textit{No. cajas averías} + \textit{devoluciones}}{\textit{No. cajas de producto terminado}}$$

Refleja el porcentaje del inventario no conforme sobre el inventario de producto terminado, permitiendo evaluar y controlar los inventarios de material no conforme por especificaciones. Se determina que, dentro del alcance del proyecto, no se impacta directamente este indicador puesto que es debido a causales externas al centro de distribución, manteniéndose alrededor de 0,16%, pero si se logra tener visibilidad en línea de los productos y cantidades no conforme a especificaciones.

$$\textit{Inventario cíclico perfecto} = \frac{\textit{Costo de referencias contadas}}{\textit{Costo referencias en sistema}}$$

Es el porcentaje real respecto al referido en el sistema en el conteo cíclico, mide la confiabilidad del inventario respecto al número de referencias. Se estima que la precisión del inventario aumenta a un 97% (Sweberg, 2016) al implementar la tecnología y garantizar la información y trazabilidad del producto en línea con las operaciones del centro de distribución.

$$\begin{aligned} & \textit{Valor ajuste del inventario físico} \\ & = \textit{Valor del ajuste de inventario físico mensual} \end{aligned}$$

Es el costo del ajuste de los artículos presentarían diferencias en un promedio de \$ 800.000 mensuales, 10% del diagnóstico actual teniendo en cuenta el aumento del 5% en la confiabilidad del inventario (Sweberg, 2016).

$$\begin{aligned} & \textit{Capacidad operativa diaria (productividad)} \\ & = \frac{\textit{No. cajas despachadas en promedio al día}}{\textit{No. cajas facturadas en promedio al día}} \end{aligned}$$

Es el porcentaje promedio de cajas que pueden ser despachadas en un día respecto a las facturadas. Con la implementación se podrían despachar 37.271 cajas al día para un

incremento de la capacidad operativa aproximadamente del 50%, como se detalla en el análisis de productividad a continuación.

### **Análisis de productividad**

Como se puede observar, la implementación del RFID hace que las inspecciones en el despacho y en el recibo dejen de realizarse por lo que las personas quedan disponibles para realizar otras actividades. Se define que lo mejor es reubicar a estos empleados y gracias a esto generar mayor productividad en el proceso, como se evidencia en el numeral 6.1. *Análisis de productividad.*

Teniendo en cuenta el tiempo neto laboral de 11 horas al día, el mejor escenario según el modelo propuesto logra identificarse gracias a que en el escenario 4 se pudo ver una mejoría en la productividad y concluye que la reasignación sería de 1 auxiliar a la actividad de picking, 2 a la tarea de cargue y 1 reasignado a otras labores dentro del centro de distribución (Tabla No. 40), ya que aunque al reasignar 1 trabajador a otras áreas la capacidad operativa se conserva con un aumento del 50% más respecto al escenario actual, se justifica con la reducción de costos directos en las actividades mencionadas y en los tiempos de ocio.

*Tabla 40. Escenario 1 (Reasignar los 8 auxiliares de revisión)*

Actividad	Toma de tiempo promedio por estiba			Productividad (Total de cajas)
	Tiempo de 1 operario (min)	Cantidad de operarios	Operaciones por día	
Picking	59	42	470	37.586
Cargue	17	12	466	<b>37.271</b>

*Fuente: Elaboración propia*

### **8.2.3. Análisis económico de la solución**

El análisis económico se describe detalladamente en el capítulo 9. *Análisis Financiero.*

## **9. ANÁLISIS FINANCIERO**

Se plantea un análisis respecto a los ahorros que se pueden generar con el tiempo implementando el sistema híbrido de RFID y código de barras, para esto se tomó en cuenta el estado actual de la empresa y se compara con el posible escenario. En la tabla 41, se muestran los costos de cada ítem tenido en cuenta en la evaluación.



Tabla 41. Comparativo de costos con y sin tecnología

Concepto	SIN TECNOLOGÍA			CON TECNOLOGÍA			
	Cantidad	Costos	Costo total (COP)	Cantidad	Costo Unitario	Costo total	Costo total (COP)
Rollos de Etiquetas Implementación (5000 unds/rollo)	0	USD -	COP -	398	USD 124	USD 49,185	COP 142,636,036
Rollo de Etiquetas Mensuales (5000 unds/rollo)	0	USD -	COP -	5	USD 124	USD 618	COP 1,791,910
Software Intense	0	USD -	COP -	1	USD 103	USD 103	COP 299,667
Mantenimiento de Software	0	USD -	COP -	0.1	USD 10	USD 10	COP 29,967
Lector móvil	0	USD -	COP -	20	USD 1,269	USD 25,388	COP 73,624,620
Lector fijo portal	0	USD -	COP -	12	USD 1,195	USD 14,340	COP 41,586,000
Antena RFID	0	USD -	COP -	35	USD 179	USD 6,265	COP 18,168,500
Impresora RFID	0	USD -	COP -	1	USD 4,645	USD 4,645	COP 13,470,500
Capacitación	0	USD -	COP -	1	USD 348	USD 348	COP 1,009,200
Personal	60	COP 2,002,463	COP 120,147,765	57	COP 2,002,463	COP 114,140,377	COP 114,140,377
Personal en Realización de Inventario	60	COP 170,229	COP 10,213,724	2	COP 32,249	COP 64,498	COP 64,498
Segundos ofrecimientos	1	COP 8,300,000	COP 8,300,000	1	COP 830,000	COP 830,000	COP 830,000
Devoluciones	1	COP 5,779,786	COP 5,779,786	1	COP 577,979	COP 577,979	COP 577,979
Ajustes de inventario	1	COP 8,000,000	COP 8,000,000	1	COP 800,000	COP 800,000	COP 800,000
Personal extra	12	COP 2,100,000	COP 25,200,000	0	COP -	COP -	COP -

Fuente: Elaboración propia

## 9.1. Verificación de variables

### *Rollos de etiquetas*

En la actualidad no se incurre en ningún gasto por concepto de etiquetas. Con la implementación de la tecnología, se tiene en cuenta el valor de la inversión inicial (etiquetas para las cajas almacenadas actualmente en el centro de distribución) y el valor mensual de las etiquetas para el reacondicionamiento de las cajas que ingresan de importados; las cajas provenientes de un origen diferente a éste, vendrán con la etiqueta desde el lugar de origen. Se toma como referencia para el precio de las etiquetas, el comportamiento del valor del mercado en los últimos 13 años (2004 a 2017), presentando una disminución del 6,5% anual. (Serna, 2012; Atlas RFID Store, 2017)

### ***Software Intense***

El software necesario para implementar la tecnología, su mantenimiento mensual se estima en el 10% de su valor inicial.

### ***Lector móvil***

Los lectores móviles tendrán la capacidad para leer las etiquetas de los códigos de barra en el proceso de picking y se otorgarán a los operarios de ésta actividad.

### ***Lector fijo***

Los lectores fijos estarán ubicados en los muelles de recepción y despacho, que facilitarán el conteo de los productos al pasar a través de ellos.

### ***Antena RFID***

Las antenas serán distribuidas a lo largo y ancho de todo el centro de distribución, su cantidad fue calculada de acuerdo a su alcance de lectura, emitirán y transmitirán la señal de las etiquetas en el momento de realizar el inventario.

### ***Impresora RFID***

La impresora RFID se ubicará en la planta de producción, a la cual se le solicitará las etiquetas grabadas en el momento en que se tenga visibilidad de que llegan productos importados.

### ***Capacitación***

La capacitación se realiza en el momento de la implementación del sistema RFID de manera masiva a los involucrados.

### ***Segundos Ofrecimientos***

Flete que se genera al momento de incumplir una cita pactada con un cliente y se debe reprogramar la entrega, se estima que el porcentaje de segundos ofrecimientos se reduzca en un 90% debido al aumento de la capacidad operativa.

### ***Devoluciones***

Se generan por errores en el despacho, por mercancía trocada o no solicitada y por averías, se espera mejorar el porcentaje hasta alcanzar el 10% del valor actual gracias a la precisión y confiabilidad que generan los portales RFID en el despacho y la trazabilidad que genera la tecnología.

### ***Ajustes de Inventario***

Los ajustes de inventario se realizan debido a los faltantes que existen cuando se hace la revisión y no pueden ser justificados; se considera que estos valores sean mínimos una vez se implemente la tecnología RFID, reduciéndolos en un 90% respecto al valor actual.

### ***Personal extra***

El personal extra se encuentra disponible para atender los picos de demanda, se espera no necesitar de estos en la implementación del RFID, debido a la mejora de la capacidad operativa.

### ***Costo de personal***

El costo de personal se calcula de acuerdo al costo real para la empresa, en el caso actual se cuenta con 60 personas, las cuales se distribuyen de la siguiente forma:

- 4 personas en las labores de recepción, esta actividad sólo tiene un turno.
- 20 personas por turno en labores de picking, para un total de 40 trabajadores.
- 4 personas por turno en labores de revisión de la mercancía previamente al cargue, para un total de 8 trabajadores.
- 4 personas por turno para labores de cargue de la mercancía para el despacho, para un total de 8 trabajadores.

Con la implementación de la tecnología, se piensa prescindir de 1 trabajador que realiza labores de recepción y 2 más en los trabajos de revisión (1 operario por turno), asignándolos a otras actividades, dejando un total de 57 trabajadores en la operación.

Para realizar el inventario, se convoca a todos los operarios actualmente para laborar un día y medio, cada mes (este es el costo presentado), esto cambia con la implementación, debido a que sólo se usarán 2 personas por 2 horas, lo que no sólo minimiza la necesidad de personal, sino también el tiempo requerido.

Se considera un aumento anual de 7% de los salarios según el histórico de los últimos 2 años.

## **9.2. Evaluación del proyecto**

Teniendo en cuenta los datos suministrados en la Tabla No. 41, se cuenta con dos alternativas: la primera sería aplicar la tecnología RFID y Sistema de Código de barras y la segunda continuar con la forma en que se realiza la operación actualmente.

Debido a que la decisión es basada netamente en los costos financieros de cada alternativa y no hay información de beneficios o ingresos directos, se opta por utilizar el criterio de Costo Uniforme Neto Equivalente (CUNE). Este criterio se inclina a escoger aquella alternativa que represente menor costo en el periodo evaluado (Briceño, 2011)

Se plantea realizar la evaluación en un periodo de 60 meses (5 años), debido a que en este tiempo se deprecia la tecnología adquirida en la inversión inicial (Gerencie.com, 2017).

A continuación, se presentan los parámetros y estructura de capital de deuda bajo los cuales se realizó la evaluación de ambas alternativas:

Tabla 42. Parámetros de evaluación de alternativas

<b>Parámetros de Evaluación</b>		
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Observaciones</b>
Tasa de Cambio Promedio	\$ 2900,0	COP/USD
Tasa de Impuestos	33,0%	
Valor de Mercado Activos Fijos	0,0%	
Periodo de Evaluación	60,0	Meses
Reducción del precio anual de las etiquetas	6,5%	
Incremento de salario mínimo anual	7,0%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Estructura de capital de deuda

<b>Estructura de Capital Deuda</b>		
Capital Deuda	0%	
Capital Propio	100%	
Costo de Capital Deuda (Kd)	18%	E.A
TMR empresa (Ke)	15%	E.A
WACC	15%	E.A
Tasa de Descuento	1,17%	

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el cálculo por medio de la definición del CUNE en las dos opciones (implementar la tecnología o continuar igual) se evidencia que se genera un ahorro de costos de \$1.647.159.303,64 con la implementación de la tecnología para el periodo evaluado:

Tabla 44. Evaluación alternativas - CUNE

<b>Alternativas</b>	<b>Costo alternativa</b>
RFID + Código de barras	COP 6.894.199.373,34
Seguir igual	COP 8.541.358.676,99
<b>Ahorro por mejoramiento</b>	<b>COP 1.647.159.303,64</b>

Fuente: Elaboración propia

No obstante, como se mencionó anteriormente, la implementación de la tecnología trae consigo mejoras en la productividad con respecto al escenario actual, motivo por el cual, se debe evaluar también el impacto de este beneficio, por lo que se incorpora la técnica Costo por Unidad de Beneficio.

Cuando hay beneficios similares, pero las alternativas difieren básicamente en el "volumen de beneficio" que generan, se utiliza como criterio de selección de alternativas el costo por beneficiario, o el costo por "unidad de beneficio" producida. Para esto se dividirá el

CUNE por el "volumen de beneficios" a producir, medidos a través de una variable "proxi" de éstos. (Vera, 2015):

$$C/B = \frac{CUNE}{Productividad}$$

A realizar el cálculo del costo por unidad de beneficio, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 45. Evaluación alternativas - Costo por Unidad de Beneficio

Alternativas	Costo alternativa	Capacidad de Despacho (Cajas)	Costo por Unidad de Beneficio
RFID + Código de barras	COP 6.894.199.373,34	37.271	<b>COP 184.975</b>
Seguir igual	COP 8.541.358.676,99	24.847	COP 343.758

Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia, el costo por unidad de beneficio es menor implementando la tecnología propuesta, por lo que se concluye que el proyecto es factible al representar sólo un 53,8% del costo por unidad de beneficio de continuar con la operación actual.

En la Tabla 46 se puede apreciar el ahorro en costos mes a mes de cada año del periodo evaluado con la implementación de la tecnología. Adicionalmente, se determina el periodo de pago de la inversión inicial para la adquisición de la tecnología; ésta se recuperaría en tan sólo 5 meses, debido a que se refleja un ahorro en costos de \$ 34.206.544 mensuales.

Tabla 46. Ahorro incremental

	Inversión inicial	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17
CPE: Seguir igual	\$ -	\$ 152.441.275	\$ 152.441.275	\$ 152.441.275	\$ 152.441.275	\$ 152.441.275	\$ 152.441.275
CPE: Tecnología	-\$148.158.486,67	\$ 118.234.730	\$ 118.234.730	\$ 118.234.730	\$ 118.234.730	\$ 118.234.730	\$ 118.234.730
<b>Ahorro incremental</b>	<b>-\$148.158.486,67</b>	\$ 34.206.544	\$ 34.206.544	\$ 34.206.544	\$ 34.206.544	\$ 34.206.544	\$ 34.206.544
		<b>jul-17</b>	<b>ago-17</b>	<b>sep-17</b>	<b>oct-17</b>	<b>nov-17</b>	<b>dic-17</b>
CPE: Seguir igual		\$ 152.441.275	\$ 152.441.275	\$ 152.441.275	\$ 152.441.275	\$ 152.441.275	\$ 152.441.275
CPE: Tecnología		\$ 118.234.730	\$ 118.234.730	\$ 118.234.730	\$ 118.234.730	\$ 118.234.730	\$ 118.234.730
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 34.206.544	\$ 34.206.544	\$ 34.206.544	\$ 34.206.544	\$ 34.206.544	\$ 34.206.544
		<b>ene-18</b>	<b>feb-18</b>	<b>mar-18</b>	<b>abr-18</b>	<b>may-18</b>	<b>jun-18</b>
CPE: Seguir igual		\$ 161.566.579	\$ 161.566.579	\$ 161.566.579	\$ 161.566.579	\$ 161.566.579	\$ 161.566.579
CPE: Tecnología		\$ 126.112.598	\$ 126.164.563	\$ 126.164.563	\$ 126.164.563	\$ 126.164.563	\$ 126.164.563
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 35.453.981	\$ 35.402.016	\$ 35.402.016	\$ 35.402.016	\$ 35.402.016	\$ 35.402.016
		<b>jul-18</b>	<b>ago-18</b>	<b>sep-18</b>	<b>oct-18</b>	<b>nov-18</b>	<b>dic-18</b>
CPE: Seguir igual		\$ 161.566.579	\$ 161.566.579	\$ 161.566.579	\$ 161.566.579	\$ 161.566.579	\$ 161.566.579
CPE: Tecnología		\$ 126.164.563	\$ 126.164.563	\$ 126.164.563	\$ 126.164.563	\$ 126.164.563	\$ 126.112.598
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 35.402.016	\$ 35.402.016	\$ 35.402.016	\$ 35.402.016	\$ 35.402.016	\$ 35.453.981
		<b>ene-19</b>	<b>feb-19</b>	<b>mar-19</b>	<b>abr-19</b>	<b>may-19</b>	<b>jun-19</b>
CPE: Seguir igual		\$ 171.330.654	\$ 171.330.654	\$ 171.330.654	\$ 171.330.654	\$ 171.330.654	\$ 171.330.654
CPE: Tecnología		\$ 134.557.639	\$ 134.656.322	\$ 134.656.322	\$ 134.656.322	\$ 134.656.322	\$ 134.656.322
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 36.773.015	\$ 36.674.333	\$ 36.674.333	\$ 36.674.333	\$ 36.674.333	\$ 36.674.333
		<b>jul-19</b>	<b>ago-19</b>	<b>sep-19</b>	<b>oct-19</b>	<b>nov-19</b>	<b>dic-19</b>
CPE: Seguir igual		\$ 171.330.654	\$ 171.330.654	\$ 171.330.654	\$ 171.330.654	\$ 171.330.654	\$ 171.330.654
CPE: Tecnología		\$ 134.656.322	\$ 134.656.322	\$ 134.656.322	\$ 134.656.322	\$ 134.656.322	\$ 134.557.639
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 36.674.333	\$ 36.674.333	\$ 36.674.333	\$ 36.674.333	\$ 36.674.333	\$ 36.773.015
		<b>ene-20</b>	<b>feb-20</b>	<b>mar-20</b>	<b>abr-20</b>	<b>may-20</b>	<b>jun-20</b>
CPE: Seguir igual		\$ 181.778.215	\$ 181.778.215	\$ 181.778.215	\$ 181.778.215	\$ 181.778.215	\$ 181.778.215
CPE: Tecnología		\$ 143.608.536	\$ 143.749.095	\$ 143.749.095	\$ 143.749.095	\$ 143.749.095	\$ 143.749.095
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 38.169.679	\$ 38.029.120	\$ 38.029.120	\$ 38.029.120	\$ 38.029.120	\$ 38.029.120
		<b>jul-20</b>	<b>ago-20</b>	<b>sep-20</b>	<b>oct-20</b>	<b>nov-20</b>	<b>dic-20</b>
CPE: Seguir igual		\$ 181.778.215	\$ 181.778.215	\$ 181.778.215	\$ 181.778.215	\$ 181.778.215	\$ 181.778.215
CPE: Tecnología		\$ 143.749.095	\$ 143.749.095	\$ 143.749.095	\$ 143.749.095	\$ 143.749.095	\$ 143.608.536
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 38.029.120	\$ 38.029.120	\$ 38.029.120	\$ 38.029.120	\$ 38.029.120	\$ 38.169.679
		<b>ene-21</b>	<b>feb-21</b>	<b>mar-21</b>	<b>abr-21</b>	<b>may-21</b>	<b>jun-21</b>
CPE: Seguir igual		\$ 192.957.105	\$ 192.957.105	\$ 192.957.105	\$ 192.957.105	\$ 192.957.105	\$ 192.957.105
CPE: Tecnología		\$ 153.306.742	\$ 153.484.717	\$ 153.484.717	\$ 153.484.717	\$ 153.484.717	\$ 153.484.717
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 39.650.363	\$ 39.472.388	\$ 39.472.388	\$ 39.472.388	\$ 39.472.388	\$ 39.472.388
		<b>jul-21</b>	<b>ago-21</b>	<b>sep-21</b>	<b>oct-21</b>	<b>nov-21</b>	<b>dic-21</b>
CPE: Seguir igual		\$ 192.957.105	\$ 192.957.105	\$ 192.957.105	\$ 192.957.105	\$ 192.957.105	\$ 192.957.105
CPE: Tecnología		\$ 153.484.717	\$ 153.484.717	\$ 153.484.717	\$ 153.484.717	\$ 153.484.717	\$ 153.306.742
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 39.472.388	\$ 39.472.388	\$ 39.472.388	\$ 39.472.388	\$ 39.472.388	\$ 39.650.363
		<b>ene-22</b>	<b>feb-22</b>	<b>mar-22</b>	<b>abr-22</b>	<b>may-22</b>	<b>jun-22</b>
CPE: Seguir igual		\$ 204.918.517	\$ 204.918.517	\$ 204.918.517	\$ 204.918.517	\$ 204.918.517	\$ 204.918.517
CPE: Tecnología		\$ 163.696.675	\$ 163.907.959	\$ 163.907.959	\$ 163.907.959	\$ 163.907.959	\$ 163.907.959
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 41.221.843	\$ 41.010.559	\$ 41.010.559	\$ 41.010.559	\$ 41.010.559	\$ 41.010.559
		<b>jul-22</b>	<b>ago-22</b>	<b>sep-22</b>	<b>oct-22</b>	<b>nov-22</b>	<b>dic-22</b>
CPE: Seguir igual		\$ 204.918.517	\$ 204.918.517	\$ 204.918.517	\$ 204.918.517	\$ 204.918.517	\$ 204.918.517
CPE: Tecnología		\$ 163.907.959	\$ 163.907.959	\$ 163.907.959	\$ 163.907.959	\$ 163.907.959	\$ 163.696.675
<b>Ahorro incremental</b>		\$ 41.010.559	\$ 41.010.559	\$ 41.010.559	\$ 41.010.559	\$ 41.010.559	\$ 41.221.843

Fuente: Elaboración propia

## **10. CONCLUSIONES**

Cumplir con la entrega de pedidos no sólo mejora la imagen frente a los clientes sino también aumenta la capacidad operativa dando paso a nuevos negocios y extender su participación en el mercado.

Se puede evidenciar que la implementación de la metodología es costosa, sin embargo, la tecnología tiende a abarataarse por lo que tendrá una mayor acogida con el tiempo.

La implementación de la tecnología RFID y código de barras demuestra una mayor capacidad operativa, además sus beneficios pueden maximizarse si los procesos que lo acompañan son mejorados.

Los artículos que son manejados en las empresas deben contar con valor o volumen suficiente para que valga la pena la implementación de la tecnología.

El método de los 5 por qué es un elemento útil para realizar la búsqueda de las causas raíces de los problemas, ya que recoge las opiniones de los directamente implicados, en este caso, los operarios.

Se puede demostrar que el problema del incumplimiento en las entregas puede mitigarse, alcanzando el cumplimiento de las entregas del 95% establecido por la empresa, gracias a la mejora en la capacidad operativa.

Las mejoras planteadas en este trabajo son consecuencia cien por ciento del híbrido planteado entre sistema RFID y el código de barras, debido a que se planteó el sistema sin afectar los procedimientos establecidos por la empresa, demostrando el potencial de esta herramienta.

La implementación de este proyecto resulta mucho más atractivo al identificar que su periodo de pago es de 5 meses.

## 11. REFERENCIAS

- Acevedo C., E. D., Arias O., J. E., Ramón S., J. H. (2014). Análisis de los beneficios de la identificación por radiofrecuencia en un centro de distribución textil colombiano. Recuperado de: <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/edicion-11-2/analisis-de-los-beneficios-de-la-identificacion-por-radiofrecuencia-en-un-centro-de-distribucion-textil-colombiano.pdf>
- Arrieta A., E. J. (2012). Propuesta de mejora en un operario Logístico: Análisis Evaluación y mejora de los flujos logísticos de su centro de distribución. Recuperado de: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4483>
- Atlas RFID Store. Precios tecnología RFID. Recuperado de: <https://www.atlasrfidstore.com>
- Boluda, O. (2013). El código de barras, gran avance logístico y tecnológico. Recuperado de: <http://comerciointernacional12.blogspot.com.co/2013/04/el-codigo-de-barras.html>
- Briceño, P. (2011). El costo anual equivalente (CAE) y proyectos que no se pueden repetir. Recuperado de: <http://blogs.gestion.pe/deregresoalobasico/2011/08/el-costo-anual-equivalente-cae.html>
- Cámara de Comercio de Cali (2013) ABC de los operadores logísticos. Recuperado de: <http://www.ccc.org.co/revista-accion-ccc/abc-de-los-operadores-logisticos/>
- Compra RFID. Cursos de capacitación RFID en línea. Recuperado de: <http://comprarfid.com/cursos-de-capacitacion-rfid-en-linea.html>
- Correa E., A., Gómez M., R. A., Cano A., J. A. (2010). Tecnologías de la información en la cadena de suministro. Revista DYNA, 76 (157), 37-48. Recuperado de: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/9551/11475>
- Correa E., A. A. (2010). Gestión de almacenes y tecnologías de la información y comunicación (TIC). Recuperado de: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S012359231070139X>
- Díaz, C. Osorio, J. Lamos, H. (2014). Logistics process improvement of warehousing and picking in a colombian company textile sector. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532014000400035](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532014000400035)
- División de Transporte, Banco Interamericano de Desarrollo. (2013). Índice de gastos logísticos. Recuperado de: <http://logisticsportal.iadb.org/node/4210>



- Egomexico (2017). Servicios de implementación de tecnologías de captura de datos. Recuperado de: <http://www.egomexico.com/servicios.htm>
- FQ Ingeniería. (2015). Ventajas de la tecnología RFID versus el Código de Barras. Recuperado de: <https://www.fqingenieria.com/es/conocimiento/ventajas-de-la-tecnologia-rfid-versus-el-codigo-de-barras-82>
- Gerencie.com. (2017). Depreciación. Recuperado de: <https://www.gerencie.com/depreciacion.html>
- González, D. (2016). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC'S). Recuperado de: <http://www.monografias.com/trabajos67/tics/tics.shtml#ixzz4ftDgXdgH>
- Gu, J. (2005). The forward reserve warehouse sizing and dimensioning problem. Recuperado de: <https://pdfs.semanticscholar.org/4b54/3406051b3973462af37904db11758d96ae13.pdf>
- GS1 COLOMBIA. (2006). EPC: Transformando la logística colombiana. Recuperado de: <http://www.gs1co.org>
- Ingenieriaindustrialonline (2016). Clasificación de inventarios. Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administraci%C3%B3n-de-inventarios/clasificaci%C3%B3n-de-inventarios/>
- International Organization for Standardization. (2010). Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/46149.html>
- Lampe, M., Strassner, M. (2003). The Potential of RFID for Moveable Asset Management. Recuperado de: [https://www.alexandria.unisg.ch/21557/1/lampe\\_strassner.pdf](https://www.alexandria.unisg.ch/21557/1/lampe_strassner.pdf)
- Londoño, J. (2014). AHP - Analytic Hierarchy Process. Universidad del Valle. Recuperado del curso de Investigación de Operaciones II.
- Manotas R., L., Ramírez R., D. (2011). Desarrollo de un modelo heurístico para la optimización en el manejo de material en estibas en una bodega. Volumen (8), p.1.
- Martínez F., L. R. (2009). Propuesta de mejoramiento de un centro de distribución de Retail a través de la distribución en planta y el rediseño de los procesos operativos de recepción almacenamiento, alistamiento y despacho. Recuperado de: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis333.pdf>

- Mecalux (2016). Impacto del FEFO/FIFO en el almacén. Recuperado de: <https://www.mecalux.es/articulos-de-logistica/impacto-del-fefo-fifo-en-el-almacen>
- MWPVL. (2013). Distribution Center Order Picking Technologies Compared. Recuperado de: [http://www.mwpvl.com/html/order\\_pick\\_technologies.html](http://www.mwpvl.com/html/order_pick_technologies.html)
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) (2013). Perspectivas económicas de América Latina 2014: logística y competitividad para el desarrollo. Recuperado de: <http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/2/51612/Perspectivaseconomicas2014.pdf>
- Qué aprendemos hoy. (2011). ¿Qué es el WACC?. Recuperado de: <http://queaprendemoshoy.com/%C2%BF-que-es-el-wacc/>
- RFID Journal Español. Preguntas frecuentes. Recuperado de: <http://espanol.rfidjournal.com/preguntas-frecuentes>
- RFID Point (2009). RFID vs. Código de Barras. Recuperado de: <http://www.rfidpoint.com/que-es-rfid/rfid-vs-codigo-de-barras/>
- Rosenblum, P. (2014). How Walmart Could Solve Its Inventory Problem And Improve Earnings. Recuperado de: <https://www.forbes.com/sites/paularosenblum/2014/05/22/walmart-could-solve-its-inventory-problem-and-improve-earnings/#33c7906d5db1>
- Scan Source Latin America. Información Básica Sobre El Código De Barras. Recuperado de: <http://www.scansourcelatinamerica.com/es-mx/training/barcode-basics>
- Serna, M., Arango, D., Zapata, J. A., Pemberthy, J. I. (2010). Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n32/n32a7.pdf>
- Serna, R. (2012). Implantación de un sistema RFID para obtener trazabilidad en la cadena de suministros. Recuperado de: <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/15545/82439.pdf?sequence=1>
- Swedberg, C. (2016). River Island implementará la tecnología de RFID en sus 280 tiendas. Recuperado de: <http://espanol.rfidjournal.com/noticias/vision?15213>
- Tecsys Latin America. (2008). Almacenes Éxito S.A.: Visibilidad, gestión de eventos y soporte a toma de decisiones para cadenas de retail. Recuperado de: [http:// www.](http://www.)

tecsyslatinamerica.com

Telectrónica. (2006). Introducción a la identificación por radiofrecuencia. Recuperado de:  
<https://es.slideshare.net/guest44be50/introduccion-a-la-tecnologia-rfid-lic-alan-gidekel>

Vera S., P. (2015). Evaluación de alternativas. Recuperado de:  
[www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/2/33602/EDUCACION\\_7\\_Evaluacion.ppt](http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/2/33602/EDUCACION_7_Evaluacion.ppt)

Vermorel, J. (2012). Punto de reorden. Recuperado de:  
<https://www.lokad.com/es/definicion-punto-de-reorden>

Zona Logística. (2016). Qué es un operario logístico. Recuperado de:  
<http://www.zonalogistica.com/articulos-especializados/que-es-un-operario-logistico/>