

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ABASTECIMIENTO DE
PRODUCTOS PERECEDEROS.
CASO DE ESTUDIO: FRUTAS SELECTAS DEL VALLE LTDA.

HUGO FERNANDO GONZALEZ HURTADO
PAULO MACHADO BADOS

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2015

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA EL ABASTECIMIENTO DE
PRODUCTOS PERECEDEROS.
CASO DE ESTUDIO: FRUTAS SELECTAS DEL VALLE LTDA.

HUGO FERNANDO GONZALEZ HURTADO
PAULO MACHADO BADOS

Proyecto de investigación presentado como requisito para optar el título de
Ingeniero Industrial

DIRECTOR
Ms.C. CARLOS ALBERTO ROJAS TREJOS

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ZARZAL
2015

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Zarzal, Valle del Cauca, Marzo 16 de 2015

DEDICATORIA

A Dios por todos los favores recibidos
A mis padres y mi hermano por su paciencia y comprensión,
A mi familia por su apoyo incondicional
A Luisa Hurtado por su cariño

Hugo González.

“El futuro pertenece a quienes se preparen hoy” - Malcom X

DEDICATORIA

Al creador, como motivo y razón de mi existir.

Dedico este proyecto a mi madre Gladys Stella, quien siempre me ha enseñado el valor de los sueños apoyándome en cada paso que doy, mi ejemplo a seguir con valores como el esfuerzo, la dedicación, la nobleza, el amor por la vida y nuestros semejantes.

Mi familia que siempre estuvo allí, integrada además por amistades inseparables que la vida me regalo, así como mis enemigos que me otorgaron la fortaleza ante las adversidades.

Paulo Machado.

*“Hay hombres que luchan un día y son buenos.
Hay otros que luchan un año y son mejores.
Hay quienes luchan muchos años, y son muy buenos.
Pero los hay que luchan toda la vida: Esos son los imprescindibles.”*

- Bertolt Brecht

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento de manera especial al Director de Trabajo de Grado **Carlos Alberto Rojas** Ingeniero Ms.C. por su compromiso y dedicación.

A los docentes **Pedro Daniel Medina** Ingeniero Ms.C y **María Fernanda Granada** por su interés en nuestra investigación y como parte importante en el desarrollo de la misma, ya que las correcciones, consideraciones y aportes contribuyeron significativamente en nuestro proceso de aprendizaje, en la construcción de valor como futuros profesionales.

A la **Universidad del Valle y los docentes del programa** por todos los conocimientos y experiencias dadas.

A nuestras **familias y amigos** por ser una voz de aliento en momentos de dificultad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1 FALLAS EN EL SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS.	14
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN.....	16
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4. MARCO DE REFERENCIA.	18
4.1. MARCO TEÓRICO	18
4.2. MATRIZ DE COMPARACIÓN.	24
4.3. MARCO CONCEPTUAL.	27
4.3.1. Cadena de suministro.	27
4.3.2. Gestión de inventarios.	29
4.3.2.1. Tipos de demanda.	29
4.3.2.2. Tipos de inventario.....	30
4.3.2.3. Sistemas de pronósticos.	32
4.3.2.4. Indicadores de precisión	33
4.3.3. Control de inventario con demanda determinística.....	34
4.3.3.1.Sistemas de control de inventarios.	36
4.3.4. Control de ítems individuales con demanda probabilística.	39
4.3.5. Control de inventarios para ítems perecederos.	39
4.3.6. Gestión de inventarios en los productos hortofrutícolas.....	40
4.3.7. El Problema del Vendedor de Periódicos.....	40
5. DIAGNÓSTICO SISTEMA ACTUAL.....	42
5.1. GENERALIDADES	42
5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE POST-COSECHA.....	46
5.3. PRINCIPALES INCONVENIENTES DEL PROCESO DE POST-COSECHA. .	49
5.4. FASE DE COMERCIALIZACIÓN.....	49

5.5. LA VARIACIÓN DE PRECIOS.....	49
5.6. CLASIFICACIÓN ABC DE LOS ÍTEMS.....	50
6. CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS.....	52
6.1. ALGORITMO DE FORMACIÓN DE CLUSTERS.....	52
6.2. CARACTERIZACIÓN DE CADENAS HORTOFRUTÍCOLAS.....	56
7. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD A ORDENAR - ANÁLISIS MARGINAL	59
CONCEPTOS DEL COSTOS TOTAL RELEVANTE	59
• Precio de venta unitario.	60
• Costo de adquisición unitario.	60
• Valor unitario de salvamento.....	60
• Costos de mantenimiento de inventario.	61
• Costo de ordenamiento.....	61
• Costo por faltante de inventario.	61
8. EVALUACIÓN Y DEFINICIÓN DEL MODELO	64
DESARROLLO DEL MODELO.....	64
8.1. POLÍTICA DE REVISIÓN DE INVENTARIO EN POSTCOSECHA.	66
8.2. PROBLEMA NVP UN SOLO ÍTEM NO-RESTRINGIDO (CASO DISCRETO). 68	
SUPUESTOS.....	68
ANÁLISIS MARGINAL.....	70
9. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO NVP USANDO SIMULACIÓN.....	73
9.1. DEFINICIÓN DE INDUCTORES	73
9.2. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN.....	74
10. CONCLUSIONES	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Matriz de comparación.	26
Tabla 2: Rango de Temperaturas críticas para algunos productos tropicales.....	43
Tabla 3: Productos que producen etileno y que son sensibles al etileno.	44
Tabla 4: Medidas permisibles de vehículos en Colombia para transporte de carga.	46
Tabla 5: Identificación de Actividades por Ítem..	47
Tabla 6: Clasificación ABC de los ítems.....	51
Tabla 7: Precios (\$/kg) por producto plataforma Corabastos Bogotá.....	60
Tabla 8: Insumos Política de Inventario (s,Q).....	66
Tabla 9: Resultados Política de Inventario (s,Q).	67
Tabla 10: Política de inventario con lead time constante y P2 especificado	67
Tabla 11: Datos de entrada de demanda.	69
Tabla 12: Análisis Marginal.	70
Tabla 13: Plantilla propuesta para el desarrollo de la simulación.....	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Actividades de la logística y administración de la cadena de suministro.	13
Figura 2: Esquema jerárquico de un sistema de control de inventarios.	37
Figura 3: Flujo grama del proceso de selección de frutas y hortalizas.	48
Figura 4: Variación de precios durante el año de estudio (\$/Kg).	50
Figura 5: Algoritmo de formación de clusters (Caso de estudio).	55
Figura 6: Producción de frutas en Colombia 1997 y 1999.	57
Figura 7: Participación de las frutas frescas en la demanda Industrial (2002).	57
Figura 8: Integración de las políticas de ordenamiento y el modelo NVP.	61
Figura 9: Mecanismo de desarrollo del modelo de gestión de inventario.	65
Figura 10: Gráficos de curva de probabilidad acumulada y utilidad esperada.	71
Figura 11: Simulación Utilidades para ítem Papaya selecta.	76
Figura 12: Gráficos de Tornado y Araña - Sensibilidad de las variables de entrada.	76
Figura 13: Simulación vs. Modelo NVP.	78
Figura 14: Resultados de la validación del Modelo.	79

LISTA DE ANEXOS

[Anexo A: Índice de Precios del Consumidor para P](#)

[Anexo B: Índice de Precios del Productor para v](#)

[Anexo C: Inflación Básica Para s](#)

[Anexo D: Grupos de Compatibilidad](#)

[Anexo E: Informe Frutas Selectas del Valle Ltda.](#)

[Anexo F: Perdidas por Peso](#)

[Anexo G: Temperatura, Vida Útil para frutas y hortalizas.](#)

[Anexo H: Datos Históricos Ventas](#)

[Anexo I: Desarrollo de la Simulación - @Risk](#)

[Anexo J: Estimaciones de Probabilidad](#)

[Anexo K: Informe Simulación NVP](#)

[Anexo L: Modelos Multi-Ítem y NVP](#)

[Anexo M: Políticas de inventario](#)

[Anexo N: Pronostico e Inventario de Seguridad](#)

[Anexo O: Estimaciones Proyecciones 1985-2020 - Para B](#)

[Anexo P: Caracterización de las Cadenas – Caso de Estudio](#)

INTRODUCCIÓN

La predominancia del sector agrario en el país y en la región andina ha sido el principal motor de su economía, este factor infiere que los estudios se centren en la gestión de ítems perecederos o de ciclo de vida corto, puesto que los niveles de tecnificación regionales no contribuyen con la preservación de factores como la cadena de frío, las contaminaciones cruzadas y las capacidades de almacenamiento¹. Por lo tanto, se convierte en un componente clave, la capacidad que poseen las empresas del sector agrícola de llevar sus productos con las características ideales a los clientes y generadores de demanda.

Dentro del ámbito de la logística, es fundamental el análisis de la cadena productiva, más aún si se enfoca en las difíciles condiciones en las que la industria Colombiana ha solventado recursos de primera necesidad, de transformación y más recientemente de comunicación y tecnología, pero bajo un carente enfoque logístico llevando a ocupar a la nación el puesto 72 del Índice de Desempeño Logístico que elabora el Banco Mundial².

Actualmente, la región andina se encuentra bajo una predominancia de mipymes de actividad económica centrada en los bienes de primera necesidad sesgándose más hacia la producción de productos perecederos en el ámbito de frutas y hortalizas frescas, estableciendo vínculos comerciales con almacenes de cadena y grandes centrales de distribución y abasto, ambas con presencia en múltiples zonas del país.

Por lo tanto, esta interacción entre los productores y los generadores de demanda se caracteriza como un comportamiento propio de los ambientes VMI (Vendor Managed Inventory), puesto que se enfocan en actividades económicas que requieren el manejo de materias primas, donde el cliente tiene influencia sobre los proveedores y las materias tienen un almacenaje provisional.

Financieramente se caracteriza por que la planta presenta facilidades fiscales y el cliente ejecuta auto cobros. En cuanto a las operaciones se sincronizan las necesidades de materia prima con las órdenes de producción reduciendo las cantidades de materia prima en tránsito, presentando un índice de rentabilidad sobre la inversión favorable. En la empresa caso de estudio se requiere el desarrollo de técnicas para el control de inventarios y abastecimiento, esto permite un acercamiento desde la óptica financiera y los aspectos operativos de la distribución del producto contemplando su tiempo de reposición, dada la alta rotación que deviene en los alimentos perecederos.

Finalmente el presente proyecto busca formular un modelo de abastecimiento adecuado para la cadena de suministro en la que los dos eslabones interactúan, bajo cuantificaciones de los costos fijos y costos variables generados por el almacenamiento,

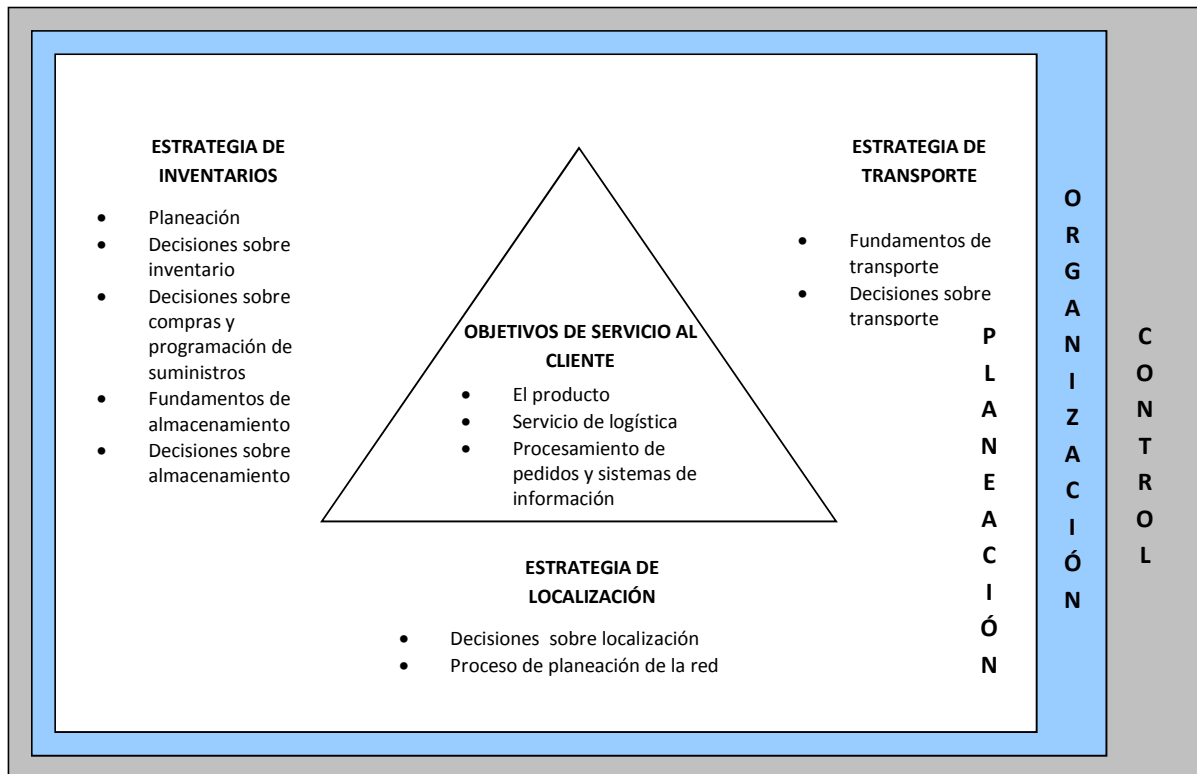
¹ Ministerio de Salud – “Decreto 3075 de 1997”.

² Álvarez, Camilo A. et al (2010) - Revista Económica Supuestos - “Logística en Colombia: camino hacia la competitividad”.

el transporte, el aprovisionamiento y la ocurrencia de faltantes, dentro de un margen de demanda esperada, logrando ajustar el nivel de inventario minimizando las ventas pérdidas y devoluciones. Las diversas opciones de abastecimiento se evalúan desde la perspectiva de la cadena de suministro, y no de sus eslabones de manera individual³. A su vez, evaluar el comportamiento financiero de los posibles escenarios de interactividad económica a los que una empresa caso de estudio se enfrentará a posteriori, bajo el uso de los sistemas de inventario establecidos, contemplando los inconvenientes y beneficios del modelo de negocio.

Mediante la figura 1, se evidencia el área de inventarios como soporte del triángulo de la logística.

Figura 1: Actividades de la logística y administración de la cadena de suministro.



Fuente: BALLOU, Ronald H. Logística: Administración de la Cadena de Suministro, Quinta edición. México: Pearson educación, 2004.p.29.

³ Rodríguez (2007) – “Diseño y evaluación de modelos de abastecimiento de productos de corto ciclo de vida”.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las decisiones sobre inventarios están generando un factor de alta importancia para las empresas, pero aún no corresponden a un foco de atención para las mismas, tomando en muchos casos medidas erróneas para la gestión adecuada del stock, caso muy evidente en las PyMES colombianas donde la causa recurrente es el desconocimiento de las herramientas y modelos de gestión de inventarios.

Para mejorar la efectividad del área de gestión de inventarios, se necesita establecer un enfoque sistémico o global, con el cual se pueda ir más allá de la simple toma de decisiones locales y con pocos fundamentos técnicos, ya que como es de saberse, la gestión de inventarios, y en mayores niveles la logística y la Supply Chain Management (SCM), son áreas del conocimiento y de la gestión empresarial que van directamente relacionadas con los requerimientos y características del cliente, lo cual dificulta en gran nivel su manejo, además de los diferentes aspectos que se involucran en la parte interna de la organización como sistema⁴.

1.1 FALLAS EN EL SISTEMA DE CONTROL DE INVENTARIOS.

- El inventario de seguridad debe ser muy restringido, debido a que el ciclo de vida de los productos es corto.
- Las dificultades para la utilización del capital en otras inversiones, los problemas de programación de las actividades de producción y/o distribución y el efecto sobre el nivel de servicio de la organización evidenciado en los excesos y faltantes que se presenten respecto a la demanda.
- Incremento de los costos por almacenamiento, demanda insatisfecha, malogramiento de los productos terminados y almacenados, de aprovisionamiento y ordenamiento.
- Obstaculización del correcto funcionamiento de la organización y otras consecuencias mayores como las pérdidas del producto mismo o efectos negativos en la salud de los consumidores por consumo de productos en etapa de descomposición.
- Los cambios climáticos se dan de manera inesperada, esto puede afectar en gran medida al estudio y generar puntos atípicos, al comportamiento esperado.
- Dado que la empresa no registra datos de demanda, se puede estar subestimando la capacidad máxima de producción de la empresa y generar incertidumbre en los resultados.

⁴ Zúñiga Q. Carlos Alberto, García G. Neftalí – “Diseño de una metodología para la aplicación de modelos en la gestión de inventarios perecederos, con énfasis en frutas y verduras” – Universidad del Valle 2006.

Estos problemas se evidencian de manera marcada en las cadenas de frutas y verduras, los cuales por las características propias de los productos perecederos tienden a generar consecuencias más graves y en un menor plazo ante una inadecuada gestión en las cadenas de abastecimiento dedicadas a la comercialización o producción de frutas y verduras en Colombia.

Adicionalmente, la aplicación de herramientas propias del direccionamiento estratégico son aplicadas en la etapa de perfectibilidad (Ver anexo E: Informe Frutas Selectas del Valle Ltda.), como lo son:

- La matriz de adecuación.
- Estudio de grupos estratégicos.
- Matrices DOFA, EFI y EFE.
- Matriz de perfil competitivo.
- Diagnóstico de capacidad.
- Matriz PEYEA.
- Matriz de turbulencia.
- Análisis del perfil gerencial y clima organizacional.
- Matriz de Boston Consulting Group.
- El mapa estratégico.
- Indicadores Balance Score Card.

Permiten establecer que las áreas de soporte logístico y los servicios post-venta, son los cuales deben tener un fortalecimiento operativo, táctico y estratégico para el alcance del objetivo de maximización de la creación de valor para la empresa.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo a las formulaciones anteriores, el problema se enuncia de la siguiente forma: ¿De qué manera se puede seleccionar y aplicar un modelo que contribuya a ajustar el nivel de inventario sobre la cadena de abastecimiento de una comercializadora Hortofrutícola, de tal forma que se adapte a las condiciones del mercado, mejorando el margen de utilidades esperadas del modelo de negocio?

2. JUSTIFICACIÓN

En Colombia el mercado de comercialización de frutas y hortalizas frescas se ha caracterizado por su alto empirismo y la escasez de tecnología y desarrollo, esto se debe a factores topográficos que hacen compleja la labor de distribución, políticas agrarias establecidas de manera desfavorable, el avance de la urbanización y no hay cultura hacia la postcosecha de los productos de primera necesidad⁵. Los pocos alcances que poseen las empresas del sector agrícola en cuanto a la administración de la cadena de suministro, es una desventaja notoria con respecto a los márgenes de utilidad y estabilidad económica que reportan otras naciones, pues en los últimos tiempos debido a las tendencias de la tecnología que cada día mejora las condiciones de este sistema, dando a las empresas condiciones en las que acceden a mayores mercados gracias a las ventajas de una eficaz administración de la cadena de suministro; por ende se deben mejorar las condiciones a partir de conocimientos técnicos y metodológicos que permitan la inclusión de las diferentes estrategias para la toma de decisiones en las organizaciones del sector, con el fin de fortalecer su participación en el mercado y reducir brechas competitivas.

Estas desventajas se presentan con mayor frecuencia en un ambiente para productos perecederos, donde las pérdidas post-cosecha de productos frescos varían entre 25 a 50%⁶ y para el caso de estudio seleccionado, los ítems corresponden a una familia de frutas y hortalizas, productos muy sensibles a una amplia cantidad de variables que afectan las características físico-químicas esperadas por los focos generadores de demanda. Por eso es necesario que en el sector agroindustrial se realicen controles eficaces de estos ítems, para no generar una gran cantidad de despilfarros que pueden ocurrir por la característica de este producto, entonces no sólo se beneficiaría la empresa sino todos los eslabones posteriores de la cadena de suministro a la cual está enlazada la empresa.

El proyecto busca la adopción de metodologías que permitan esclarecer el panorama del administrador de la cadena de suministro, en el cual genera de forma intrínseca problemas como el nivel de servicio y respuesta inmediata a requerimientos del cliente, esto trae consigo dificultades en la toma de decisiones propios los niveles tácticos y operativos, haciendo referencia al almacenamiento de inventario y manufactura de productos.

Este marco delimitado repercute directamente sobre los factores competitivos de este tipo de empresas, por lo tanto el proyecto se justifica en el propósito de brindar mejores y calificadas herramientas para la toma de decisiones en empresas hortofrutícolas, mejorando las expectativas de mercado, los tiempos de entrega y almacenamiento y la relación entre los eslabones de la cadena de abastecimiento.

⁵ Areiza V. Carlos Alberto "Algunas reflexiones para comercializar perecederos (El caso de las frutas)" – Universidad Icesi, 1999.

⁶ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Cultura.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Proponer un modelo de control de inventarios que contribuya a mejorar las condiciones de comercialización de ítems perecederos para una empresa hortofrutícola de la región norte vallecaucana.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa que describa de qué manera se ejecuta el abastecimiento del producto.
- Determinar una clasificación de frutas y verduras comercializadas para identificar las asociaciones entre las cadenas de cada producto.
- Evaluar y definir un modelo que se adapte a las condiciones del caso de estudio.
- Realizar un análisis de sensibilidad del modelo frente a la variación de la demanda y la fijación de precios de los productos, el costo de producción, la ocurrencia de faltantes y excedentes, mediante la simulación de escenarios con variables correlacionadas.

4. MARCO DE REFERENCIA.

El soporte para la realización del estudio se encuentra en las investigaciones previas que abordan los temas vinculados con el tratamiento del problema caso de estudio, presentados en el siguiente contenido.

4.1. MARCO TEÓRICO

Dada la importancia en la caracterización del mercado de estudio y más aún del sistema productivo, se empiezan a dar estudios como Areiza (1999), este artículo consta de cinco secciones: en la primera se muestra una visión global del mercado colombiano y de los factores que lo han llevado a no explotar eficientemente los recursos naturales y la ventaja competitiva que se tiene. La segunda hace un análisis de los principales factores que afectan la comercialización de las frutas, destacándose aspectos técnicos que deben tenerse en cuenta al cosechar, pues estos afectan la presentación, calidad, precios y demanda. La tercera sección está dedicada a analizar algunos elementos de cosecha importantes para el manejo adecuado de la comercialización. En la cuarta sección se hacen una serie de recomendaciones para el manejo postcosecha, en la que se destaca la importancia del empaque en la comercialización de frutas y se le dan al futuro comercializador ideas para diseñar empaques que cumplan las funciones propias de estos. En la última sección se le dan al comercializador una serie de recomendaciones para manejar productivamente este mercado.

Además, Aguirre & Téllez (2005), analizan la problemática encontrada en el proceso de planeación de demanda e inventarios de una compañía multinacional perteneciente al sector farmacéutico en Bogotá, Colombia. Para lo cual se parte de un diagnóstico cuantitativo de los procesos e indicadores logísticos, de esta manera analizan y proponen un modelo de inventarios resultante de la modificación de la heurística propuesta por Hopp et al. (1997), para ser adaptado a las políticas y realidad organizacional de la empresa.

Sobre la base de una muestra de la literatura científica producida en los últimos años, los temas de investigación han abordado problemáticas de inventarios como Ponsot (2008), donde se presenta una perspectiva de un aspecto consustancial a la cadena de suministros: el problema de inventarios. Se definen los conceptos relevantes y mencionan los trabajos clave en el desarrollo de la especialidad. Se discuten los riesgos a los que está sometida la cadena de suministros en economías subdesarrolladas, ejemplificando casos concretos de países con esta característica.

La existencia de factores incontrolables como las variables ambientales, en este sector productivo, llevan a Gómez (2004), a presentar la caracterización de las condiciones ambientales de una parte del territorio español favorables a la producción hortofrutícola y, la amplia experiencia empresarial en distribución y comercialización de frutas y hortalizas.

Esta característica se presenta en el trabajo de Arias et. al. (2007), realizaron un estudio de tipo exploratorio empleando el instrumento de la encuesta, a través de esta

herramienta se consolidó información acerca de la constitución de la cadena de suministro, la productividad y competitividad de las pequeñas y medianas empresas del área limítrofe de la ciudad de Bucaramanga.

El tema de costos logísticos es abordado por Díaz et al (2008), para el cual se presentan las consideraciones fundamentales para caracterizar un sistema de costeo en cadenas de abastecimiento asociadas a Pymes. El trabajo establece los componentes de costos para cada una de las etapas funcionales básicas de la cadena de abastecimiento, provisión, producción y distribución. El artículo guía el costeo por actividades bajo un contexto logístico que facilita al tomador de decisiones integrar las diferentes etapas de la cadena, propiciando al mismo tiempo el proceso de toma de decisiones y el análisis de las operaciones logísticas y productivas.

El problema del vendedor de periódicos ha sido abordado en diversos casos y teniendo diferentes modificaciones que buscan la adaptación de la metodología en relación al caso estudiado, a continuación se presentan algunas de estas problemáticas y la orientación que han dado múltiples autores.

La variabilidad de la demanda y la poca estabilidad de los precios dificulta la precisión de los métodos y modelos, problemática que Gerchak & Mossman (1992) incorporan en su estudio, analizan los efectos de la demanda aleatoria en niveles de inventario óptimo y sus costos asociados, mediante el modelo del Vendedor de Periódicos para un solo periodo, donde los costos dependen de parámetros de aleatoriedad asociados e identificables de manera sencilla. El modelo planteado busca encontrar la cantidad óptima a producir o comprar de acuerdo con una función de costo de sobrantes y faltantes asociada a una función de distribución de probabilidad para una función de demanda dada.

También Lippman & McCardle (1994), buscan introducir el término de competencia en el Problema del Vendedor de Periódicos. Plantean una nueva versión donde se busca generar una satisfacción total de la demanda, a través de la distribución de excesos de demanda en una empresa a otra. El modelo tiene dos etapas primero se realiza una asignación inicial y luego una reasignación del inventario entre las firmas.

El modelo presenta diversas formas o reglas de asignación inicial como: repartir la demanda de forma determinística, repartir de forma aleatoria simple, repartir de forma aleatoria incremental, se incluye también la forma de demanda aleatoria independiente.

Las condiciones en el modelo varían más cuando se incorpora una característica más aproximada a los sistemas productivos reales, donde existen múltiples referencias dentro de la cadena, es por ello que Ernst & Kouvelis (1999), profundizan dentro de una modelación tipo Vendedor de Periódicos enmarcando la práctica de negocios común de firmas minoristas de vender productos no solo como ítems independientes, sino también como parte de paquetes multiproducto. El énfasis está en entender los efectos de tales prácticas en las decisiones de inventario de la firma.

A su vez, Nahmias (1977) considera el problema de ordenar inventario perecedero cuando la demanda y el tiempo de vida del producto son inciertos. Bajo la asunción que

las unidades se vencen en el mismo orden en el cual ellas entran al inventario, se muestra que la estructura de una política óptima es esencialmente la misma que el caso donde el tiempo de vida es determinístico. Se deriva una expresión explícita para el vencimiento esperado en cualquier orden y analiza el efecto de que el tiempo de vida del producto sea incierto en políticas de ordenamiento cuando también la demanda la demanda es aleatoria.

Por otra parte, Ridder et al. (1998), consideran la precisión del Problema del Vendedor de Periódicos. La perspicacia puede llevar a pensar que en el problema de inventario estocástico una hipótesis donde una variabilidad mayor de demanda resulta en grandes varianzas y costos más altos.

Así mismo, Petruzzi & Dada (1999), proveen una revisión comprensiva que sintetiza los resultados existentes para el Problema del Vendedor de Periódicos de un solo período y se desarrolla resultados adicionales para enriquecer la base de conocimiento existente. Este problema, aunque parece simple con una solución aparentemente intuitiva, es un bloque elaborado crucial de la teoría de inventario estocástico. Típicamente, en esta literatura, los parámetros del mercado tales como demanda y precio de venta son exógenos. Sin embargo, incorporando estos parámetros dentro del modelo se puede proveer un excelente vehículo para examinar como los problemas operacionales interactúan con los temas relacionados al mercado para influenciar la toma de decisiones al nivel de firma.

Además, García & Zúñiga (2006), abordan en su trabajo un planteamiento concreto sobre la gestión de inventarios en el caso de las frutas y verduras en Colombia, donde se desarrolla un modelo de optimización abarcando el contexto de la cadena de abastecimiento con los eslabones que conforman la misma empleando la herramienta del vendedor de periódicos para una situación Multi-Item en un periodo simple con demanda discreta, y además determinan los posibles impactos de la estrategia generada por la metodología de gestión de inventarios propuesta, a través de la simulación del sistema de la cadena de suministro, sus resultados obtenidos denotan para su caso de estudio el mejor modelo de acuerdo con el criterio de utilidad es el multi-pedido (Respuesta Rápida) con 2 órdenes y mejora en el pronóstico, en general se observó que la relación de costos propicia una serie de pautas acerca del nivel de servicio, faltantes, sobrantes y en general de la forma de utilización del modelo y los beneficios de este.

Desde la logística hospitalaria se puede tomar un caso comparativo que serán los bancos de sangre, ya que se han aplicado algunas herramientas relacionadas con la distribución, aprovisionamiento y satisfacción de la demanda.

Se tiene a Brodheim (1975), donde aborda el manejo de ítems como la sangre, generando políticas caracterizadas principalmente por la programación de cantidades fijas de sangre en intervalos regulares para reaprovisionar la mayoría de la sangre que es usada a partir de su distribución de la demanda, según las medidas como la probabilidad de faltantes, la edad promedio del inventario y el número promedio descartado por período de tiempo.

Adicionalmente Goh (1993), plantea un modelo con dos tipos de demanda: ítems frescos e ítems más viejos; y dos etapas de almacenamiento. Este modelo es comúnmente asociado a bancos de sangre dónde las existencias se usan de acuerdo a su edad, a través de políticas FIFO (First in, First out). Se puede decidir si se manejan restricciones sobre la posibilidad de satisfacer pedidos viejos con ítems nuevos. El artículo muestra una simulación para los dos tipos de política, restringido y no restringido.

Es necesario abordar las políticas de ordenamiento para contemplar todos los factores asociados a las decisiones, como lo son los tiempos de pedido, de demora al ordenar, faltantes, obsolescencia del inventario y todos los costos asociados a estos movimientos. Se toma el estudio de Fries (1975), en este trabajo presenta la forma y las propiedades de una política óptima exacta para un bien con tiempo de vida corto, en un problema con horizonte finito y demanda continua.

Este artículo extiende el clásico modelo de un solo ítem y multi - período de mencionado en (FRIES, Enero 1975), se trata el caso donde los productos almacenados perecen exactamente en I períodos después de su recepción en orden. Este trabajo busca involucrar en el modelo expiración de productos, debido a que la perecibilidad de varios productos hace necesario que se le tenga en cuenta a este factor, porque si no el modelo que se planteó será un modelo inexacto.

Fisher et al. (2001), consideran el problema de determinar (para un corto ciclo de vida) producto inicial del minorista y ordenar cantidades de reaprovisionamiento que minimicen el costo de ventas pérdidas, backorders e inventario obsoleto. Se modela este problema como un programa dinámico estocástico de dos etapas, proponiendo un heurístico. Este procedimiento mejora el método existente con suficiente para doblar las utilidades. Además, este método puede ser usado para escoger el tiempo de reorden óptimo, para cuantificar el beneficio de la reducción del leadtime y para escoger el mejor contrato de reaprovisionamiento.

En este caso se permiten backorders, pero se plantea una posibilidad muy alta para el caso donde no se permitan backorders. Se utiliza la simulación Montecarlo para obtener el mejor punto de reorden. Igualmente Webster & Weng (2000), muestran una política de devoluciones con reembolsos del productor al minorista por producto sobrante al final de la temporada de venta, esto busca disminuir el margen perdido del minorista por causa de los sobrantes y promover cantidades de pedido mayores para maximizar la utilidad del proveedor. Se satisfacen dos condiciones: (1) la utilidad esperada del minorista se incrementa y (2) la utilidad del productor es al menos tan grande como cuando las devoluciones no eran permitidas. Esto se llama política libre de riesgo.

Adicionalmente Perry & Posner (1998), establecen un modelo muy similar pero con tiempo de reaprovisionamiento, de ordenamiento y tiempo de vida de estante constantes. Liu & Lian (1999), estudian el problema de reaprovisionamiento de un sistema (s, S) de revisión continua de inventario para un solo producto perecedero con un tiempo de vida

fijo en estante, con un proceso de demanda de renovación general y reaprovisionamiento instantáneo.

La asignación de precios y la administración del inventario de fin de temporada son retos y problemas importantes en los minoristas. Las tasas de venta dependen del precio, efectos de temporada, y el surtido restante de los ítems disponibles para consumidores. Hay poco tiempo para reaccionar a ventas observadas, y errores en la asignación de precios resultan en pérdida de potencial de ingresos o inventario en exceso a ser liquidado.

Para este problema Pasternack (1985), muestra la decisión de poner precio enfrentada por un productor de un bien con corta vida de estante o corta vida de demanda. El documento busca alcanzar la coordinación en un ambiente multi – minorista, se asume que el productor tiene el control del canal y es libre de poner el precio que desee, la única decisión del minorista es si desea llevar el producto o no.

La política de asignación de precios del productor especifica el precio de cada unidad, el crédito por unidad de producto devuelto y el porcentaje de productos vendidos para permitir la política de devolución. Bitran et al. (1998), proponen una metodología para asignar precios de ítems perecederos en el contexto de una cadena minorista con precios coordinados a través de sus tiendas y se compara su desempeño con la práctica actual en un caso real de estudio. Se formula un problema de programación dinámica estocástica y se desarrollan soluciones heurísticas que aproximan a soluciones óptimas satisfactoriamente. Para comparar esta metodología con actuales prácticas en la industria, se conducen dos conjuntos de experimentos usando la experticia de un administrador de productos de una gran compañía minorista en Chile.

La industria se enfrenta a cambios rápidos en la moda y las preferencias de los consumidores, por ende a cortos períodos de venta (aproximadamente 3 meses), durante los cuales la administración de inventarios y la asignación de precios son vitales para el éxito. Por otro lado, si el producto no se vende bien, la asignación de precios debe ser usada agresivamente para maximizar el retorno esperado por cada unidad en inventario.

Por ello Smith & Achabal (1998), desarrollan óptimos precios de despacho y políticas de administración del inventario que aceptan una cantidad reducida de surtido y cambios de temporada en las tasas de venta. Versiones de estas políticas han sido probadas e implementadas en tres cadenas minoristas principales y estas aplicaciones son sumariadas y discutidas. Una conclusión importante obtenida del estudio de estos tres casos, es que el precio al principio debe ser alto y este debe ir decayendo a medida que pasa la temporada, la sensibilidad del inventario muestra que es mejor tener stock al final de la temporada de remate. Se demuestra que esta aplicación es altamente efectiva.

Por ello Smith & Achabal (1998), desarrollan óptimos precios de despacho y políticas de administración del inventario que aceptan una cantidad reducida de surtido y cambios de temporada en las tasas de venta.

Conjuntamente Burnetas & Smith (2000), consideran el problema combinado de ordenar y asignar precios para un producto perecedero. Ningún inventario se lleva de un período a otro, la distribución de demanda depende del nivel de precio del mismo período. El problema se enfrenta mediante una política dinámica que parte de una demanda desconocida y la observación de la historia de las ventas perdidas. El caso se aborda para un minorista monopolístico. Elmaghraby & Keskinocak (2003), realizan una revisión de la literatura y prácticas actuales en la asignación dinámica de precios. Dando su aplicabilidad en la mayoría de mercados y el incremento en su adopción en la práctica, se enfoca en la asignación de precios dinámica (intertemporal) en presencia de consideraciones de inventario. Feng y Gallego (2000), analizan políticas de asignación de precios dependiendo del tiempo del ciclo de vida de los productos, es decir, se trata de optimizar las utilidades considerando stock fijo de productos enmarcado en un horizonte de tiempo finito.

Zhao & Zheng (2000), también hacen referencia a la asignación de precios para activos fijos, comparando las políticas propuestas con políticas simples de precio, demostrando un mejoramiento en un 2.4 -7.3 % sobre los ingresos. Feng & Xiao (1999), siguen la misma línea presentando un modelo de asignación de precios mediante un análisis de sensibilidad del riesgo para maximizar el ingreso por ventas de perecederos con capacidad fija y horizonte de ventas finito, el modelo parte de un par de precios predeterminados, una demanda Poisson y la adaptación de la función objetivo a los cambios de la varianza de las ventas, mediante la asunción de costos de penalización, que afectan dicha función a través del precio.

Las políticas de asignación de espacios y las relaciones entre asociaciones de ítems ya sea para almacenamiento o distribución son un componente crítico para la administración de los inventarios, a continuación se presentan algunos trabajos bajo este marco de referencia.

Pierskalla (1972), deriva bajo varias posibles funciones objetivo algunas políticas óptimas de asignación para algunas clases de problemas de inventario de perecederos. El inventario es agrupado en categorías de acuerdo a su “vida de estante”, cada categoría tiene su demanda, la cual es satisfecha con ítems de esa categoría o una más joven.

Lim et al. (2004), examinan un modelo de asignación lineal práctico para optimizar la asignación de espacio de estante y eficiencia de manejo para el caso de los minoristas. Se extiende el modelo para dirigir otros requerimientos tales como grupos de productos y funciones de utilidad no lineales. Ponen en marcha una estrategia que combina una búsqueda local fuerte con una aproximación metaheurística para la asignación de espacio. Esta estrategia es flexible y eficiente, como si pudiera direccionar problemas lineales y no lineales de tamaño real mientras alcanza soluciones casi óptimas a través de algoritmos de fácil implementación en escalas de tiempo razonables.

Se utilizan planogramas para la toma de decisiones de mercadeo. Desarrollar esta herramienta a través de un eficiente algoritmo de distribución de estante, permite

apalancar cada pulgada de espacio de venta disponible y capitalizar en información disponible para alcanzar objetivos financieros.

La negociación entre minoristas y productores por el calendario de promociones ocasiona la toma de numerosas decisiones como reducciones de precio, adición de características, etc. todo esto implica mayores problemas para los sistemas de soporte de decisiones, lo que ocasiona el decaimiento de la planeación. Silva-Risso et al. (1999), desarrollan un modelo econométrico para capturar lo dinámico y heterogéneo de la respuesta del consumidor. A través de la modelación de la incidencia de compra (frecuencia), selección y decisiones de cantidad de los consumidores se descompone las ventas totales en incrementales y no incrementales. Para generalizar el modelo se realiza un análisis de sensibilidad respecto a los cambios de la respuesta del mercado, actividad competitiva, etc.

Observando la revisión de literatura, el Problema del Vendedor de Periódicos es una pieza clave para el análisis de inventarios perecederos, por esta razón se encuentra gran cantidad de artículos acerca de este tema y sus extensiones. Aunque es claro que no es la única manera de abordar el problema de los ítems perecederos, ya que existen políticas de asignación de precios, asignación de espacio, entre otros.

4.2. MATRIZ DE COMPARACIÓN.

Concluida la revisión de textos, artículos y los diversos trabajos frente al modelo del Vendedor de Periódicos, se emplea la siguiente tabla con el fin de evaluar cuáles de estos trabajos frente a la temática, presentan mayor número de atributos que puedan adaptarse al caso estudio, como el manejo de ítems perecederos, análisis de sensibilidad bajo la estimación del precio de venta, valor de salvamento, costo de adquisición y costo de mantenimiento del inventario, beneficio cuantitativo, nivel de servicio, entre otros, para un total de 12 atributos. En la revisión bibliográfica se pudo evidenciar una ausencia de investigación referente al caso específico, lo que crea la necesidad en este tipo de proyectos, de establecer herramientas para el filtro de información mediante la premisa de aproximar de manera adecuada el modelo a las características del sistema actual y que responda el problema presentado.

Al pensar en un sistema de control de inventarios, las metodologías particularmente empleadas se concentran en aquellos instrumentos que aporten a la construcción de una política de inventarios fuerte, que favorezca a los procesos operativos de una organización dependiendo del contexto en el cuál se localice.

Además de la disminución en los tiempos de reposición y estudios sobre la aleatoriedad de la demanda, pocas veces se presentan trabajos que ilustren la necesidad de la agrupación y clasificación del inventario, este hecho genera la necesidad de incorporar en las investigaciones referentes a la gestión y control de existencias, herramientas alusivas a mecanismos de asignación de áreas, tales como Pierskalla (1972), Lim et al.

(2004), e Irani (1999), estos autores se enfocan en la optimización de espacios de estantería y el correcto manejo de productos perecederos, con el objetivo de plantear estrategias de agrupación de ítems que beneficien las condiciones de disponibilidad físicas del producto y a su vez el manejo de inventario, de modo que se alcancen mayores márgenes de utilidad según las tácticas planteadas en la clasificación y organización del stock, identificando los nichos de demanda correspondientes a las agrupaciones, permitiendo mejorar las condiciones de los productos y las capacidades locativas de inventario, a pesar de los atributos en mención importantes para la definición del modelo, estos trabajos recogen un total de 6, 2 y 2 atributos, puntaje que no es adecuado para la elección del modelo a construir.

Por otro lado para soportar dimensiones de valor añadido para el trabajo de investigación, como lo es la estructura del análisis de sensibilidad, se eligen características asociadas los planteamientos realizados por Petruzzi & Dada (1999), y Bitran et al. (1998). Qué fundamentan el desarrollo de modelos con relaciones externas, es decir, que reflejen en sus resultados los impactos generados por cambios en el mercado o el contexto donde se encuentre el sistema representado, como lo es la variación del precio de un producto y los cambios en la demanda, bajo la premisa de ser métodos de gestión de inventario para ítems perecederos. Estos trabajos presentan una estructura dinámica que concede el acceso a relaciones entre elementos endógenos y exógenos del sistema que se desea representar, correlación con elementos como la cantidad esperada a producir (variable endógena) ligado a los posibles precios de venta y o inclusive a volúmenes de demanda (variables exógenas), son ejemplo de atributos que representan validez a los resultados esperados del modelo de gestión y control de inventario escogido.

Teniendo a los anteriores arquetipos con una puntuación media en términos cuantificables con 7 atributos para Petruzzi & Dada (1999) y 6 para Bitran et al. (1998) se decide continuar con la evaluación para definir el desarrollo con mayores atributos.

Tabla 1: Matriz de comparación.

Referencias / Características	ZÚÑIGA Q, Carlos Alberto, G. G. (2006).	VIDAL, C. J. (2003).	SILVER, E. A. (1998).	RODRÍGUEZ, Jesús. A. (2007).	PERRY, D. (1999).	Pierskalla (1972)	Lim et al. (2004)	Irani (1999)	Petruzzi & Dada (1999)	Bitran et al. (1998)
	"Diseño de una metodología para la aplicación de modelos en la gestión de inventarios perecederos, con énfasis en frutas y verduras"	Fundamentos de gestión de inventarios. Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería.	Inventory management and production planning and scheduling. New York: John Wiley and Sons.	"Diseño y evaluación de modelos de abastecimiento de productos de corto ciclo de vida" – Universidad del Valle.	Analysis of a sampling control scheme for a perishable inventory system. Operations Research. , Vol. 47, No 6.	Optimal issuing policies for perishable inventory	Metaheuristics with local search techniques for retail shelf-space optimization	Handbook of Cellular Manufacturing Systems	Pricing and the news vendor problem: a review with extensions	Handbook of Pricing Research in Marketing
Items perecederos	X	X	X	X	X	X			X	X
Nivel de servicio	X	X	X	X					X	X
Beneficio cuantificado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Análisis de sensibilidad bajo la estimación del precio de venta, valor de salvamento, costo de adquisición, y	X	X	X	X					X	X
Inclusión de Backorders	X	X	X	X	X					
News-vendor Problem	X	X	X						X	X
Estrategias de agrupación de ítems						X	X	X		
Vendor Managed Inventory	X	X	X	X						
Inventario de demanda independiente		X	X		X	X				
Sistema de control de inventario de demanda aleatoria con lead time aleatorio	X		X			X			X	
Tamaño de lote óptimo de producción control de inventarios de ítems individuales con demanda probabilística	X	X	X	X	X	X			X	
Gestión de inventarios en los productos hortofrutícolas	X									
Análisis de sensibilidad con variables exógenas correlacionadas	X				X				X	X
Total Criterios	10	9	10	7	5	6	2	2	7	5

Fuente: Elaboración Propia

En resumen, se eligen con mayor número de atributos relacionados el arquetipo con la situación que se desea representar en el modelo del News Vendor Problem los trabajos desarrollados con mayor puntuación son realizados por Zuñiga (2006), Vidal (2010), y Silver (1998), con un total de 10, 9 y 10 atributos respectivamente.

La manera en la que Zuñiga (2006) aborda su investigación, le otorga la mayor puntuación dentro de los títulos ejemplificados en la tabla (Número actual de esta tabla matriz de comparación), ya que por aplicar el caso de estudio dentro del mismo sector, le da muchas similitudes y será usado como hilo conductor. Para Silver (1998), las consideraciones adicionales que dan su respectiva puntuación, son las de considerar los lead time aleatorios, además de las restricciones de inversión fijadas.

Pero es el caso de Vidal (2010) donde plantea el problema del vendedor de periódicos para un solo ítem no-restringido (caso discreto), ofrece mayores bondades al momento de seleccionar la herramienta, a pesar de no contar con demanda y lead time aleatorios, es considerado como el de mayor pertinencia para desarrollar el objetivo específico; por esta circunstancia es elegido ya que en esta etapa preliminar se puede asegurar que el esquema propuesto por este autor cumple con los requerimientos, pero es necesario establecer si su aplicabilidad en el caso de productos hortofrutícolas (pues los ejemplos prácticos no contemplan esta variante), aunque puede tener un manejo adecuado para adaptarse a las características particulares, teniendo por objeto la selección de una cantidad de pedido Q con un nivel de servicio aceptable, que en la práctica significaría la meta de producción, que garantice una utilidad esperada satisfactoria, considerándose una solución de buena calidad para el problema, además estructurarse en una hoja de cálculo muy práctica y no tan compleja como los anteriores modelos desarrollados, generando resultados acertados con una interfaz fácil de comprender para el usuario.

4.3. MARCO CONCEPTUAL.

A continuación se presentan diferentes conceptos que fueron claves en el desarrollo del presente proyecto de investigación.

4.3.1. Cadena de suministro.

Según Stock (2001), cuando uno o más individuos u organizaciones dentro de la sociedad tienen exceso de bienes que otro necesita, se presenta una oportunidad de intercambio. El proceso de intercambio es la piedra angular de la actividad económica y toma lugar cuando hay diferencia entre la cantidad, tipo y tiempo de los bienes disponibles y los bienes necesitados. Cuando hay muchos intercambios entre productores y consumidores, la alineación de empresas que brindan productos o servicios al mercado ha sido llamada cadena de suministro.

La cadena de suministro por lo tanto consiste en la interacción de los diferentes flujos de productos, información y dinero que articulan un sistema integrado por un conjunto de participantes que funcionan de manera sinérgica para contribuir a alcanzar una meta, la cadena de suministro puede estar representada por los proveedores, fabricantes, intermediarios, distribuidores, almacenaje, transportistas y vendedores⁷.

⁷ Sunil Chopra, P.M. "Administración de la cadena de suministro estrategia, planeación y operación" 2008.

A lo largo de la historia, la diferencia entre los bienes disponibles y los necesitados ha llevado a que las empresas se hayan ocupado continuamente de actividades de movimiento y almacenamiento, llegando a integrarse en lo que hoy se conoce como logística. Por medio de la coordinación de actividades de flujo relacionadas y agregando valor al producto o servicio para la satisfacción del cliente, se llega a lo que se conoce como administración logística. Una descripción más precisa de la definición de la administración logística es propuesta por el Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP):

“Es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo, y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes” .

Es claro que la logística es un proceso enfocado al cliente y por tanto en él se desarrollan actividades que generan un impacto sobre los bienes y servicios proporcionados a través de la cadena de suministro.

De acuerdo con esta definición, la logística es parte del proceso de la cadena de suministro, por lo tanto resulta importante comprender que dicho proceso coordina las interacciones de la logística con los procesos de marketing (que incluye el servicio al cliente), compras y suministros; producción y la coordinación de los proveedores, intermediarios y clientes al interior de las organizaciones y entre organizaciones independientes a través de los canales de flujo del producto. La definición que refleja este alcance de una manera más amplia es la siguiente:

“La administración de la cadena de suministros abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde la etapa de materia prima (extracción) hasta el usuario final, así como los flujos de información relacionados. Los materiales y la información fluyen en sentido ascendente y descendente en la cadena de suministros. La administración de la cadena de suministros es la integración de estas actividades mediante el mejoramiento de las relaciones de la cadena de suministros para alcanzar una ventaja competitiva sustentable”.

El manejo de la cadena de suministros es un punto arbitrario en la administración de los eslabones y los flujos presentes de una actividad comercial, que al mediar de manera correcta en sistemas de gestión logística, contribuye con oportunas disminuciones del inventario para otorgar niveles aptos de servicio al cliente y un balance adecuado entre costos razonables de inversión en inventarios como lo es el ordenamiento y mantenimiento del mismo, y respuesta rápida a los generadores de demanda. Por esto aunque existen diversas teorías acerca de desarrollo para la gestión de inventarios es necesario concebir métodos prácticos que permitan esclarecer el panorama y mejorar mediante herramientas cuantitativas la gestión de inventarios.

4.3.2. Gestión de inventarios.

Se puede definir como la administración de existencias en cualquier producto o componente del mismo, que será utilizado para la comercialización dentro de una organización. Es decir, todo lo relativo al control y manejo de las existencias de determinados bienes, en la cual se aplican métodos y estrategias que pueden hacer rentable o productivo la tenencia de estos bienes, a su vez sirve para evaluar los procedimientos de entradas y salidas de dicho producto.

La Gestión de inventarios es un área elemental en cualquier organización. Es un ámbito en el cual se toman decisiones para determinar la cantidad circulante necesario del inventario para satisfacer la demanda en su totalidad. Básicamente en la gestión se propicia a reducir las necesidades de espacio, para el normal funcionamiento y adecua los flujos de materiales a las necesidades de las empresas tomando como punto de apalancamiento los interrogantes ¿En qué momento revisar?, ¿Cuándo Pedir?, ¿Cuánto Pedir?, debido a que “Siempre tenemos demasiado de lo que no se vende o consume, y muchos agotados de los productos que más rotan.”⁸ esto produce un desbalanceo de inventarios en el sistema de existencia de una organización.

El desbalanceo de inventarios es una problemática que por años han presentado las organizaciones, dificultando evidentemente el alcance de las metas productivas propuestas y la generación efectiva de valor, llevando en muchos casos a representar una variable que por el contrario coadyuva a la destrucción de valor para las empresas.

4.3.2.1. Tipos de demanda.

Para abordar la problemática de inventarios, es vital analizar el tipo de comportamiento de la demanda, ya que estos procesos tienen un alto componente estadístico y su comprensión fuera de orientar la metodología a aplicar, al mismo tiempo restringe o condiciona los modelos. Existen entonces dos categorías:

- ❖ Un inventario de **demanda dependiente** está compuesto por las materias primas, los componentes, y los subensambles que son usados en la producción de artículos que sirven para la fabricación de otros artículos o para la fabricación de productos finales. Los requerimientos de todos los componentes encarados con otros componentes son fijados por el diseño, y las cantidades de producción son dictadas por la programación maestra de la empresa.
- ❖ Los inventarios de **demanda independiente** constan de los productos terminados, las partes de servicio y otros artículos cuya demanda aumenta más directamente del ambiente incierto de mercado. Por esto, la distribución de inventarios generalmente tiende una demanda altamente incierta e independiente. Las demandas dependientes normalmente pueden calcularse, mientras que las demandas independientes usualmente requieren alguna clase de pronóstico, dada su característica que puede ser perpetua, a término, con tendencia, estable o uniforme, estacional y errática o irregular

⁸ Vidal Carlos J. “Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios” 2010.

4.3.2.2. Tipos de inventario.

Existen diferentes categorías que dependen de las condiciones de uso, la industrial a cual pertenece y la composición del mismo material almacenado, algunas de ellas se identifican a continuación.

- **Inventario perpetuo:** Es el que se lleva en continuo acuerdo con las exigencias en el almacén. Por medio de un registro detallado que puede servir también como auxiliar, donde se llevan los importes en unidades monetarias y las cantidades físicas. Los registros perpetuos son útiles para preparar los estados financieros mensuales, trimestrales o provisionales. También este tipo de inventario ofrece un alto grado de control, porque los registros de inventarios están siempre actualizados.
- **Inventarios intermitentes:** Este inventario se puede efectuar varias veces al año. Se recurre a él, por razones diversas no se pueden introducir en la contabilidad del inventario contable permanente al que se trata de cumplir en parte.
- **Inventario físico:** Es el inventario real. Es contar, pesar, o medir y anotar todas y cada una de las diferentes clases de bienes. Que se hallen en existencia en la fecha del inventario, y evaluar cada una de dichas partidas. Se realiza como una lista detallada y valoradas de las exigencias.
- **Inventario mixto:** Es de una clase de mercancías cuyas partidas no se identifican o no pueden identificarse con un lote en particular
- **Inventarios de productos terminados:** Este tipo de inventario es para todas las mercancías que un fabricante es producido para vender a su cliente.
- **Inventario en tránsito:** Es aquel flujo de materia, producto semi-terminado, o producto terminado que deberá trasladarse a través de un medio de transporte como entrega de un proveedor a un cliente o puede considerarse cuando ocurre un desplazamiento de material entre estaciones de trabajo, este a su vez es una medida de efectividad con base en el tiempo de transporte del stock. (S.L. Narasimhan, 1996)
- **Inventario de materia prima:** En él se representan existencias de los insumos básicos de los materiales que habrá de incorporarse al proceso de fabricación de una compañía.
- **Inventario en proceso:** Son existencias que se tienen a medida que se añade mano de obra, otros materiales y de más costos indirectos a la materia prima bruta, la que se llegará a conformar ya sea un sub.-ensamble o componente de un producto terminado; mientras no concluya su proceso de fabricación, ha de ser inventarios en procesos.
- **Inventarios en consignación:** Es aquella mercadería que se entrega para ser vendida pero el título de propiedad lo conserva el vendedor.

- **Inventario máximo:** Debido al enfoque de control de masas empleados, existe el riesgo que el control de inventario pueda llegar demasiado alto para algunos artículos. Por lo tanto se establece un control de inventario máximo. Se mide en meses de demanda pronosticada.
- **Inventario mínimo:** Es la cantidad mínima del inventario a ser mantenida en el almacén.
- **Inventario disponible:** Es a aquel que se encuentran disponibles para la producción o venta.
- **Inventario en línea:** Es aquel que aguarda a ser procesado en la línea de producción.
- **Inventario agregado:** Se aplica cuando al administrar las exigencias del único artículo representa un alto costo, para minimizar el impacto del costo en la administración del inventario, los artículos se agrupan ya sea en familia u otros tipos de clasificación de materiales de acuerdo a su importancia económica.
- **Inventario en cuarentena:** Es aquel que debe de cumplir con un periodo de almacenamiento antes de disponer del mismo, es aplicado a bienes de consumo, generalmente comestible u otros.
- **Inventario de previsión:** Se tienen con el fin de cubrir una necesidad futura permanente definida. Se diferencia con el respecto a los de seguridad, en que los de previsión se tienen a la luz de una necesidad que se conoce con certeza razonable y por lo tanto, involucra un menor riesgo.
- **Inventario de seguridad:** Son aquellos que existen en un lugar dado de la empresa como resultado de incertidumbre en la demanda u oferta de unidades en dicho lugar. Los inventarios de seguridad concernientes a materias primas, protegen contra la incertidumbre de la actuación de proveedores debido a factores con el tiempo de espera, huelgas, vacaciones o unidades que al ser de la mala calidad no podrán ser aceptadas. Se utilizan para prevenir faltantes debido a fluctuaciones inciertas de la demanda.
- **Inventario de anticipación:** Son los que se establecen con anticipación a los periodos de mayor demanda, a programas de producción comercial o a un periodo de cierre de la planta. Básicamente los inventarios de anticipación almacenan horas-trabajos y horas-máquinas para futuras necesidades y limitan los cambios en la tasas de producción.
- **Inventarios de lote o de tamaño de lote:** Estos son en tamaño que se piden en tamaño de lote porque es más económico hacerlo así que pedirlo cuando sea necesario satisfacer la demanda.
- **Inventario estacionales:** Los inventarios utilizados con este fin se diseñan para cumplir más económicamente la demanda estacional variando los niveles de producción para satisfacer fluctuaciones en la demanda. También estos inventarios son utilizados para

suavizar el nivel de producción de las operaciones, para que los trabajadores no tengan que contratarse o despedirse frecuentemente.

- Inventarios intermitentes: Es un inventario realizado con cierto tiempo y no de una sola vez al final del periodo contable.
- Inventarios permanentes: Es un método seguido en el funcionamiento de algunas cuentas, en general representativas de existencias, cuyo saldo ha de coincidir en cualquier momento con el valor de los stocks.
- Inventarios clínicos: Son inventarios para apoyar la decisión de los inventarios; algunas de ellas se consideran aceptables solamente en circunstancias especiales, en tanto que otras son de aplicación general.
- Inventario en congestión: Se refiere a los inventarios que se forman antes de un cuello de botella en un proceso productivo y se estudian principalmente en textos de producción y manufactura.
- Inventarios de separación: Es un nombre que se le da a los inventarios existentes en distintos puntos de la cadena, como por ejemplo en un centro de distribución y en una bodega local. Estos inventarios permiten separar las decisiones de control entre los dos lugares y de allí proviene su nombre.

4.3.2.3. Sistemas de pronósticos.

Los pronósticos, normalmente están sujetos a causas de imprecisión como: Datos poco fiables, datos de ventas en vez de demanda real, sesgos en los pronósticos, velocidad de respuesta al cambio, comportamiento de los proveedores (consistencia del Tiempo de reaprovisionamiento), datos atípicos de demanda, selección del periodo de pronóstico (Vidal, Fundamentos de control y gestión de inventarios, 2010).

Algunos factores a tener en cuenta en el cálculo de los pronósticos son la disponibilidad y organización de datos históricos, la medición de la demanda no servida y el costo de lograr sistemas de pronósticos más precisos. Además se deben determinar para las condiciones del sistema bajo estudio, el periodo de pronóstico, el horizonte y la frecuencia con que se actualiza dicho pronóstico.

Entre ellos se pueden mencionar los más comunes:

- Promedio móvil: Es uno de los sistemas más simples, adecuado para demanda perpetua. Funciona a partir de la estimación de un parámetro, constante que representa el proceso de demanda uniforme que se lleva a cabo (tendencia), a través del promedio simple de las últimas (n) observaciones.

- Suavización exponencial simple: Es un tipo de promedio móvil, donde las observaciones pasadas no reciben la misma ponderación, dándole mayor peso a la última y decayendo de forma exponencial hacia los periodos anteriores. Este sistema corrige la desventaja del promedio móvil, en aquellos casos donde se debe reaccionar rápidamente a un cambio en el patrón de demanda.
- Suavización exponencial doble: Tiene en cuenta cuando existe una tendencia creciente o decreciente significativa, corrigiendo el error de modelos anteriores que no resultan eficientes ante este fenómeno. La suavización doble presenta el mismo parámetro de la suavización simple, componente constante, agregando otro parámetro para asumir la componente de tendencia.
- Pronóstico para demanda estacional (Método de Winters): Está diseñado para demanda por temporadas, es decir que presenta fluctuaciones estacionales. Se comportan mejor cuando la demanda presenta picos y valles en ciertos periodos conocidos en el año que se repiten de forma periódica, los cuales deben ser mayores que las variaciones aleatorias. En este modelo, aparte de las componentes constante y de tendencia, se plantea un factor estacional multiplicativo ó aditivo.
- Pronóstico para demanda errática (Método de Croston): Este método se construye con la finalidad de poseer una herramienta precisa que se adecue a las condiciones de la demanda errática y productos nuevos en el mercado, el patrón de esta demanda puede distinguirse dado las altas variación en el tiempo, es decir, la ocurrencia de valores de cero demanda y los altos picos de la misma. Este modelo presenta dos fases como entrada del pronóstico, en primer lugar se examina la ocurrencia de la demanda con valores superiores a cero y en segundo lugar se mecaniza el sistema de pronóstico de la demanda sin tener en cuenta los valores iguales a cero.
- Descomposición de series de tiempo: Está construido sobre la filosofía de que un patrón de ventas históricas puede descomponerse en cuatro categorías: Tendencia, variación estacional, variación aleatoria y variación cíclica. Las tres primeras resultan comunes a los modelos anteriores y la variación cíclica hace referencia a las ondulaciones de largo plazo (mayor a un año) en el patrón de demanda. El análisis de series de tiempo combina estos factores de forma multiplicativa. En la práctica, el modelo se reduce solo a los componentes de tendencia y estacionalidad, siendo similar al de Winters.

4.3.2.4. Indicadores de precisión

La precisión de un método o herramienta depende de los resultados arrojados y para el analista la decisión de elegir el instrumento con mejores resultados es de carácter primordial pues de esta manera puede conocerse que mecanismo emplear, para es este caso el análisis de un pronósticos con mayor exactitud sería el objetivo de los indicadores de precisión a partir de unos criterios establecidos, definiendo el para que se empleará, si es requerido para la toma de decisión con poca importancia y si es posible trabajar con un menor volumen de información.

Ya que el futuro no puede ser reflejado perfectamente por el pasado, el pronóstico de la demanda futura por lo general tendrá cierto grado de error, con el cual se mide la precisión de dicho pronóstico. A continuación se presentan dos indicadores para evaluar el método de pronóstico en función al error se expresa adecuadamente en forma estadística como desviación estándar, varianza o desviación absoluta media (MAD siglas en inglés) y el error cuadrático medio. La MAD es el promedio de los errores absolutos para un número determinado de periodos y el ECM es el promedio de los errores cuadráticos. Lo que se busca con estos métodos es la diferencia entre el valor real y lo pronosticado, donde para efectos de análisis se calculan y se comparan los resultados de estos indicadores y de esta manera se elige el de menor valor.

Ambos indicadores se expresan de la siguiente manera respectivamente:

Desviación absoluta media (MAD)

$$MAD: \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} = \frac{\Sigma|errores|}{n}$$

Donde n es la cantidad de datos disponibles desde el inicio del cálculo del pronóstico

Error Cuadrático Medio (ECM):

$$ECM: \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} = \frac{\Sigma|errores|}{n}$$

Donde n es la cantidad de datos disponibles desde el inicio del cálculo del pronóstico

Además de estos indicadores existe una herramienta para detectar cuando un método de pronóstico deja de ser confiable, es decir notifica si los resultados arrojados por el pronóstico se están alejando de la curva que representa los valores reales, este se define como Señal de Rastreo.

$$Señal\ de\ rastreo = \frac{\Sigma errores}{(\Sigma|errores|/n)}$$

4.3.3. Control de inventario con demanda determinística.

Para este sistema se tiene como supuesto que la demanda es conocida para un artículo en un periodo de tiempo determinado. Este entorno no presenta similitud a las condiciones de la vida real lo que significa que no es muy práctico para efecto de análisis. A continuación se definen los modelos matemáticos correspondientes a la clasificación de la demanda y el tiempo de reposición.

- ✓ **Demanda constante:** El modelo de control de inventarios con demanda constante supone condiciones de certidumbre respecto a los valores de la demanda, costos y precios presentados, en este contexto las cantidades a producir de un bien son estáticas al igual que los elementos anteriormente mencionados, en este caso tales elementos se mueven en períodos de tiempo constante. Es así como el modelo

matemático para evaluar la optimización en costos de un lote de pedido EOQ (Cantidad Económica de Pedido) emplea un volumen fijo de bienes o artículos con los cuales busca determinar mediante la igualdad cuantitativa de los costos de ordenar y los costos de mantenimiento de existencias sobre tiempos de reposición constantes, el menor costo total posible es decir la suma de los costos contemplados, este elemento es denotado costos totales relevantes (CTR) y es la función objetivo en el escenario que se desea analizar, con la cual se busca la toma de decisión más favorable tomando como criterio de elección el menor costo según una cantidad de bienes a ordenar, en este modelo se parte de suposiciones como la reposición de inventario al ocurrir faltantes del mismo, manejo de un solo ítem además generar compras y órdenes por concepto de lote. La variación de este modelo puede identificarse en la representación de descuentos de los precios reflejados en las ventas al comprar en grandes volúmenes, aquí el precio unitario depende del tamaño de pedido a producir. Por otra parte el manejo de órdenes de producción a partir de la relación unidades versus tiempo toma el esquema de tamaño de lote óptimo de producción (EPQ), en este escenario la reposición de existencias no se manifiesta de forma inmediata al encontrarse faltantes de inventario, pues según la tasa de producción este evento se acontecerá progresivamente siguiendo esta rata de producción, para este caso es importante aclarar la ausencia de los costos por faltantes pues no se toman en cuenta en el análisis del modelo.

- ✓ **Demanda variable en el tiempo:** En esta instancia al igual que el entorno anterior se pretende encontrar el punto de equilibrio entre los importes por alistamiento y mantenimiento de inventario, pero a diferencia del caso anteriormente expuesto, la demanda se presenta con un comportamiento variable pero conocida moviéndose en intervalos de tiempo constante. Se utiliza el modelo EOQ para efecto de análisis por su robustez ante errores de imprecisión; es de reconocer entonces que este arquetipo es la base de otros modelos con menor restricción (Zúñiga Q. Carlos Alberto, 2006), del mismo modo se emplean herramientas cuantitativas para la representación de variabilidad de demanda a través de un tiempo constante, refiriéndose al algoritmo de Wagner y Within (1958)⁹ métodos heurísticos como el propuesto por Silver y Meal (1973) y la determinación de requerimientos exactos ejercidos por medio de la programación lineal entera mixta.
- ✓ **Control de inventario con demanda aleatoria:** En este sistema se busca a través del análisis del costos total relevante encontrar un beneficio objetivo en las diversas alternativas en el control y administración de inventario con atribución de una demanda aleatoria, este posee mayor complejidad y un tiempo de desarrollo del modelo mayor al sistema anterior debido a la aleatoriedad de los elementos definidos en el sistema, teniendo como premisa a la demanda como una variable aleatoria, este es un acercamiento a fenómenos reales que para efectos de análisis tiene la característica de ser practico.

⁹ (Vidal, Fundamentos de control y gestión de inventarios, 2010), p- 114

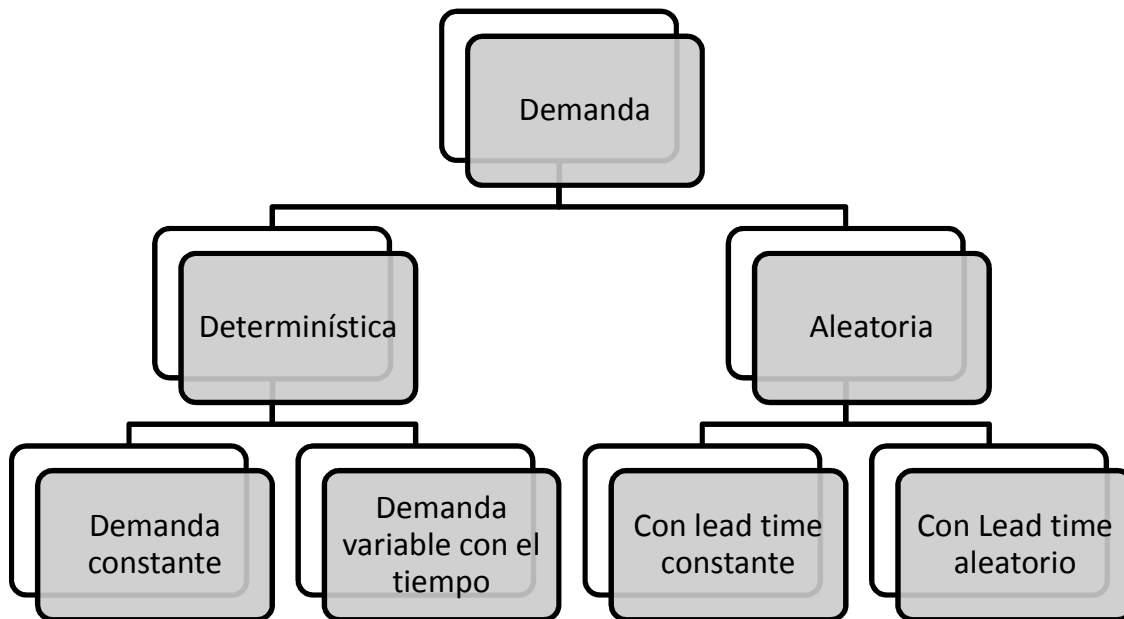
- ✓ **Demanda aleatoria con lead time constante:** Para este punto se parten de los costos totales relevantes adicionando el importe por faltantes de inventario o stockout y el concepto de inventario de seguridad pasa a ser parte del esquema del modelo por los errores inherentes en los mecanismos de pronósticos empleados en la generación de datos aleatorios de la demanda. Aquí el inventario efectivo pasa a ser punto de referencia en la toma de decisiones alusivas a los interrogantes como el cuanto y cuando pedir, dado el caso de tener una demanda probabilística cuando se habla de políticas conformes a la revisión de inventario se infringen en altos costos debido a la continua revisión del inventario, concluyendo a que la cantidad a ordenar en cada periodo se relaciona directamente a la función del costo total relevante.
- ✓ **Demanda aleatoria con lead time aleatorio:** Para este segundo entorno del sistema de control de inventario con demanda aleatoria se mide las condiciones de una demanda real en cada periodo de tiempo donde la magnitud es igual a la suma del tiempo de reposición (lead time) y el intervalo de revisión del nivel de inventario efectivo, como punto de ejercicio se realizan pronósticos del Lead time con el fin otorgarle condiciones aleatorias, esta condición es presentada por factores como dependencia al tiempo respuesta del proveedor, los atributos de la línea de producción perteneciente al entorno de estudio, la modalidad de transporte y la infraestructura de recepción de productos entre otros (Vidal, Fundamentos de control y gestión de inventarios, 2010).

4.3.3.1. Sistemas de control de inventarios.

Atendiendo las necesidades o requerimientos de los clientes la cantidad de producto ofertado puede no suplir la cantidad de producto que demandan los clientes. Allí la diferencia entre lo ofrecido y lo demandado se presenta como problema, generando un desbalanceo entre las existencias requeridas y las producidas, de manera análoga el nivel de servicio puede mostrar cambios no favorables, es aquí donde el control de inventarios se aparece como una alternativa para conservar existencias de tal forma que se pueda suplir la totalidad de la demanda. Para alcanzar esta meta se debe tener en cuenta el tipo de la demanda y los tiempos de reposición (lead time), partiendo de estos dos factores el control de inventarios se ramifica como se ilustra en la figura 2.

Como se puede observar los sistemas de control de inventarios difieren por la clasificación de la demanda y el tiempo de reposición, en este sentido la estructura del modelo matemático está influenciado es por estos aspectos para adecuarse a la representación del entorno que se desea analizar.

Figura 2: Esquema jerárquico de un sistema de control de inventarios.



Fuente: (Vidal, Fundamentos de control y gestión de inventarios, 2010)

Los métodos de control buscan minimizar el CTR satisfaciendo las necesidades del cliente con el inventario a la mano. Para esto controlan el inventario efectivo, de modo que se tengan en cuenta las cantidades pendientes por llegar y por entregar. Los sistemas de control más comunes son:

- Sistema (s, Q): En este sistema de control continuo se ordena una cantidad Q cada vez que el inventario efectivo es igual o menor al punto de reorden s.
- Sistema (s, S) o “min – max”: En este sistema de control no se ordena una cantidad fija, se ordena la cantidad necesaria para que el inventario efectivo sea igual al límite máximo especificado S, tan pronto este se reduzca a un nivel mínimo s determinado.
- Sistema (R, S) o de revisión periódica: Este sistema de revisión periódica consiste en la revisión del inventario efectivo cada R unidades de tiempo y el ordenamiento de la cantidad necesaria de existencias para alcanzar el nivel máximo S.
- Sistema (R, s, S): Es un híbrido entre los sistemas min - max y de revisión periódica. Funciona revisando el inventario efectivo cada R unidades de tiempo y ordenando la cantidad de pedido necesaria para alcanzar el nivel S, solo si el inventario efectivo es menor o igual que el punto de reorden s.

La escasez total de un producto y el bajo inventario en el instante de tiempo, ocasiona la ocurrencia de faltantes representado con las constantes B_1 , B_2v , y B_3v . En el caso de

B_1 se asume que el coste por faltante de inventario se comporta en forma determinística dado el suceso de carencias de existencias, en el caso de encontrar representar un costo por faltante unitario por cada producto se incurre en el factor B_2v donde B_2 la fracción del valor del costo de adquisición del producto v , donde se incurre en un importe unitario por faltante de inventario y para el factor B_3v se infringe en costo de escaso inventario por cada unidad faltante por unidad de tiempo.

Además de estos sistemas, comúnmente utilizados para el control de inventarios continuos, se tienen sistemas de carácter estacional muy útiles para el control de ítems perecederos:

- Problema del vendedor de periódicos : Este sistema de control busca establecer una cantidad de abastecimiento Q , para cubrir una temporada de demanda o estación (asociada a la vida útil de un producto perecedero) a partir de la probabilidad de ocurrencia de una determinada demanda durante el periodo. La cantidad establecida se calcula en función de la proporción de los costos de sobrantes y faltantes que se tenga.
- Contratos: Los contratos son negociaciones entre los proveedores y distribuidores donde se determinan las cantidades y momentos de abastecimiento, calidad y demás condiciones que afectan la disponibilidad del producto. Las políticas determinadas en estos sistemas de control se fundamentan en cálculos similares a los cálculos del problema del vendedor de periódicos y se complementan con las condiciones de negociación propias del contrato. Vendor Managed Inventory.

Escenario donde los distribuidores establecen que el manejo de inventario sea parcialmente administrado por los proveedores, este ambiente es denominado Vendor Managed Inventory (VMI) quiere decir inventario administrado por el vendedor. Aquí el proveedor decide la cantidad de inventario se asigna a un pedido y cuando se debe ordenar, mientras por su parte el distribuidor establece los niveles de inventario y los registros de las desviaciones de los objetivos de los proveedores. Para recrear este ambiente se necesitan de los datos correspondientes a las ventas del usuario final y los niveles de inventario del comprador para el nivel de servicio deseado. El resultado esperado al implementar VMI es la reducción del buffer o amortiguador¹⁰.

Entre los modelos integrados de gestión se encuentra Rodríguez & Vidal. (2009), donde se desarrolla un modelo heurístico para la implementación de control de inventarios en productos de ciclo de vida corto, se presentan dos submodelos, asumiendo un escenario de un solo despacho durante la temporada de ventas y el subsecuente considera múltiples despachos en dicha temporada, trabajando bajo el ambiente de inventarios Vendor Managed Inventory, para evaluar el costo total relevante, en el modelo de múltiples entregas se determinó que el tamaño de envíos conforme a la adaptación del

¹⁰ Roman Kapuscinski, R. Q. (2004). Inventory Decisions in Dell's Supply Chain, p-192.

modelo EOQ o cantidad económica de pedido, partiendo de esta adaptación, basándose en las ventas reales a la empresa caso de estudio se compara la estrategia de la organización con el desempeño del heurístico, dando a conocer que el costo total relevante del método propuesto fue menor a la actual política de control ejercida por la empresa.

4.3.4. Control de ítems individuales con demanda probabilística.

Se toma en cuenta la demanda variable en el tiempo, y para su estudio, esta se asocia a un comportamiento probabilístico, cuando las condiciones del sistema real así lo permiten. El control se realiza de forma periódica o continua. Comúnmente se presentan tiempos de abastecimiento aleatorios. Es posible encontrar correlaciones entre la demanda del proveedor y su tiempo de reposición, o por el contrario, encontrar que son variables independientes.

El inventario de seguridad definido con base en el servicio al cliente, corresponde al inventario neto promedio justo antes de que llegue un pedido. La protección contra las variabilidades de la demanda y el tiempo de reaprovisionamiento busca evitar que se presenten pedidos pendientes (Backorders) y ventas perdidas (Stockouts), y sus implicaciones. Para ello, se definen indicadores de costos, asociados por ejemplo, a la oportunidad de faltantes o su costo por unidad de tiempo y se determinan las probabilidades de cumplir con el servicio al cliente correspondiente a dichos costos.

Estos métodos de control se usan principalmente en ítems clase B. Para los ítems clase A y los ítems de comportamiento errático, se usa una mayor intervención humana y el refinamiento a través del cálculo simultáneo de los parámetros de control. En el caso de los ítems clase C se manejan sistemas más sencillos asociados a indicadores como el tiempo entre stockouts (TBS).

4.3.5. Control de inventarios para ítems perecederos.

Como caso especial del control de ítems, el manejo de stock para productos perecederos presenta condiciones de obsolescencia en tiempos relativamente cortos, es decir su vida útil depende de las temporadas de venta o tiempo de maduración. Estos ítems pueden dividirse en dos categorías, fijas o aleatorias, dependiendo de su ciclo de vida (Silver, 1998).

Para estos productos las condiciones de detrimento afectan directamente su disponibilidad, análogamente este atributo incide en el nivel de servicio, en detalle a los factores que influyen para obtener un nivel óptimo de disponibilidad de existencias deriva del margen generado por los costos ocasionados por excedentes, y/o faltantes, los cuales se generan por desfases entre la demanda total y la cantidad de pedido.

4.3.6. Gestión de inventarios en los productos hortofrutícolas.

Los productos hortofrutícolas son los productos de cultivo que se venden a granel, como las legumbres. Para estos ítems el tiempo de permanencia del inventario es sumamente corto, por el hecho de poseer un ciclo de vida corto, además sus comerciantes buscan el tiempo de reposición constante y venta rápida. Se caracterizan por comercializar altos volúmenes de mercancía de gran rotación. Para las empresas que almacenan o venden este tipo de productos el control físico e individualizado de cada uno mediante inventario permanente supone un alto costo y cierta complejidad administrativa. (Serrano, 2009)

4.3.7. El Problema del Vendedor de Periódicos.

Consiste en la estimación diaria de la cantidad de un producto cuya característica deriva de propiedades que se conservan en un espacio de tiempo muy corto donde se puede hablar de días o incluso horas, con la meta de optimizar ganancias, sus criterios a considerar abordan los costos de suministro, precio de venta y valor de salvamento, precio de venta y valor de salvamento de un producto no vendido¹¹.

$$P(x \leq Q^*) = \int_0^Q f(x) dx = \frac{P - v}{P - s}$$

Q : Tamaño del lote , [Unid] / Cantidad a producir u ordenar [variable de decision]

Q^* : Tamaño óptimo de lote , [Unid]

P : Precio de venta unitario, [\$ / Unid]

V : Costo variable de unitario de ventas, [\$/Unid]

S : Valor unitario de salvamento, [\$ / unid]

La meta de para los mayoristas es decir la empresa caso de estudio, es minimizar los costos relacionados con el inventario sujeto a una restricción del nivel de servicio $P(x \leq Q^*)$

X_{ij}^l = cantidad de producto tipo $l = 1, 2, \dots, n$ con $i = 1, 2, \dots, m_l$ días de vida útil que se envía al minorista $j = 1, 2, \dots, k$. (En toneladas)

Para el desarrollo de la función de probabilidad se asume que la distribución de la demanda es gamma $X \sim \text{gamma}(\lambda, k)$. La elección de esta distribución se basa en la adaptación de esta función a diversos tipos de distribución modificando sus parámetros de forma y escala (IM González & E Viles 2000), de manera que puede representar una amplia gama de comportamientos reales tales como por ejemplo:

- Intervalos de tiempos entre dos fallos de un motor,
- Intervalos de tiempos entre dos llegadas de automóviles a una gasolinera,
- Tiempos de vida de sistemas electrónicos, etc.

$$g(x) = P(X \leq x) = \frac{k^\lambda}{\Gamma(\lambda)} x^{\lambda-1} e^{-kx}, \quad 0 < x < \infty, \lambda > 0, k > 0$$

Donde X = variable aleatoria de demanda (en toneladas). Los para metros λ y k , en los cuales varia la forma de la distribución y la escala de la misma respectivamente. Y como función de densidad se obtiene

$$g(t) = \frac{d}{dx} G(x) = \frac{k^\lambda}{\Gamma(\lambda)} \int_0^\lambda x^{\lambda-1} e^{-x(k-t)} dx$$

$G(x) = P(X \leq x)$, función de distribución acumulada de Demanda

$g(t) = \frac{d}{dx} G(x)$ = función de densidad de la demanda

Donde (t) es igual al intervalo o espacio de tiempo.

- Como meta para los mayoristas (caso estudio) se presenta la siguiente función de costos, donde se pretende reducir tales costos toman como variable de decisión Q, que representa el tamaño del lote.

Función de costos = C_o (Costo por excedentes) + C_s (Costo por faltantes)

Esta función integra los importes por excedentes y faltantes de existencias frente a la demanda de los productos referenciados por $C_o = v - s$ $C_s = p - v$.

$$Y(x) = c_o \int_0^Q (Q - x) g(x) dx + c_s \int_Q^\infty (x - Q) g(x) dx$$

5. DIAGNÓSTICO SISTEMA ACTUAL

A continuación, se presentan algunos aspectos descriptivos de la empresa caso de estudio para comprender la problemática en cuestión.

5.1. GENERALIDADES

El diagnóstico se realiza a profundidad sobre todas las áreas que tienen una influencia directa en la generación de valor, a partir de la actividad económica de la empresa caso de estudio, en primera instancia se pretende dar conocer las operaciones que se realizan en el almacenamiento con el fin de determinar los elementos claves para la óptima aplicación en el manejo de frutas y hortalizas, para ello se debe:

- Identificar las operaciones rutinarias que se realizan en la bodega y los controles que se tienen presentes para conservar el producto almacenado.
- Enumerar los diferentes sistemas de estanterías más utilizados para optimizar el espacio de almacenamiento y reconocer sus ventajas y desventajas.
- Considerar el pronóstico de ventas de los ítems, ver anexo N (Pronóstico e Inventario de Seguridad).
- Establecer los sistemas de inventario acordes con la forma como se maneja el producto en una bodega de almacenamiento de frutas y hortalizas.

En los países tropicales como Colombia, el almacenamiento de frutas y hortalizas se realiza como respuesta a las condiciones coyunturales de oferta y demanda. Aunque algunas veces es resultado de un análisis estructural de la situación internacional, buscando conservar el producto en función de las “ventanas de mercado” por algunas semanas, el almacenamiento casi siempre se realiza para garantizar el suministro permanente de materia prima al área de proceso de la empresa comercializadora. Las condiciones del clima, la concentración de la producción en épocas de cosecha, la incidencia de plagas y enfermedades así como el hecho que la producción de frutas y hortalizas no se realiza de manera programada, considerándose estos factores como las causas de variabilidad por esta razón la labor de prever la cantidad de fruta que se dispondrá hacia el futuro se torna un elemento complejo.

El almacenamiento busca mantener las características del producto fresco utilizando ambientes controlados; por lo general, este almacenamiento se da por muy pocos días; para muy pocos productos se trata de almacenamientos por largos períodos de tiempo.

Existen diversos métodos de almacenamiento que van desde aquellos más simples como el recubrimiento con materiales protectores que modifican el ambiente alrededor del producto, hasta los sistemas que vigilan la concentración de los gases en el almacén. Los primeros son utilizados para almacenar por períodos cortos, pero no permiten controlar las condiciones de almacenamiento y por esta razón no se puede determinar la

vida útil del producto. El sistema ideal y el más utilizado sigue siendo la refrigeración mecánica. Aunque existen sistemas más sofisticados como las atmósferas controladas. Estas son más eficientes sólo como complemento de la refrigeración; además la ventaja adicional obtenida es poca si se tiene en cuenta que en exportación de frutas y hortalizas es muy corto el tiempo de almacenamiento.

El diseño y la ubicación de la instalación viene dada por el tiempo de almacenamiento de los productos y por los requerimientos que impone dicho almacenamiento, tales como: condiciones ambientales y tipo de producto. El rango de productos que se pueden almacenar varía desde los que están listos para su introducción al mercado (frutas y hortalizas frescas) hasta materias primas (pulpas, concentrados, precortados, congelados), y productos semi-facturados en espera de algún tratamiento posterior.

El tamaño y la complejidad de la bodega determinan la organización del almacenamiento. Se tendrá en cuenta como primera medida quiénes utilizarán la bodega, qué destino tienen los productos que allí se almacenarán, con qué frecuencia se utilizará la bodega a plena capacidad (estacionalidad de la producción), además, de aspectos técnicos relacionados con la ubicación, el tamaño y la distribución de espacios.

La temperatura crítica: Es más alta en los frutos de origen tropical y varía con la especie y variedad. (Ver anexo G: Temperatura, Vida Útil para frutas y hortalizas). Un corto ejemplo se resume en la tabla 2 a continuación.

Tabla 2: Rango de Temperaturas críticas para algunos productos tropicales.

Producto	Temperatura (°C)
Aguacates	4.5 - 13
Mangos	7 - 13
Papayas	7 - 10

Fuente: (Martínez, 1987)

La información contenida en la tabla puede diferir de un producto a otro; en el caso de los mangos, las variedades Haden, Tommy, Kent, Sulfaida no resisten temperaturas por debajo de los 10°C, mientras que variedades asiáticas como la Alfonso resisten temperaturas hasta de 8°C sin sufrir lesiones por frío.

Algunos tratamientos complementarios son muy utilizados para mejorar la resistencia al daño por frío en algunos productos. Los calentamientos intermitentes (5 a 48 horas a 20°C, 1 o 2 veces por semana) han sido eficaces en la reducción del daño por frío. En todos estos tratamientos térmicos es importante optimizar la relación tiempo-temperatura, para normalizar los desequilibrios reversibles del estrés de frío durante el periodo de latencia. En aguacate dan buenos resultados algunos tratamientos previos con calcio, así como la utilización de ceras; se recomiendan formulaciones a partir de polietileno y concentraciones de sólidos totales de 10 a 12%. También las envolturas plásticas individuales reducen las lesiones por frío en estos productos. (Del Río, 1999).

Pérdida de peso: La mayoría de las frutas y hortalizas pierden agua de manera constante durante el almacenamiento; esto en general es causado por el déficit de

humedad entre el aire no saturado de la bodega y los espacios intercelulares de la fruta, que ocasiona a ésta una constante pérdida de agua, la cual no se puede reemplazar. Muchos productos muestran síntomas visibles después de presentar una pérdida del 3% de su peso inicial. Los daños que recibe la fruta durante la manipulación pueden incrementar de manera importante (hasta en un 20%) la pérdida de agua. (Ver anexo F: Pérdidas por Peso)

De igual forma, la temperatura del aire dentro de la bodega es importante para conservar la HR (humedad relativa); primero porque, a medida que la temperatura se reduce, la HR en el ambiente se puede conservar más alta. Por lo mismo, se puede mantener en mejores condiciones el producto; un producto en el campo a condiciones de 25°C y 30% de HR, pierde agua 36 veces más rápido que cuando es colocado en refrigeración a 0°C y 90% de humedad relativa. (Kader, 1992)

Agentes de maduración: El etileno es el principal agente inductor de la maduración de frutas y hortalizas, y puede causar la maduración prematura de algunos productos o arruinar otros. Nunca se deben transportar o almacenar frutas y verduras que producen bastante etileno con productos que son sensibles al mismo, algunos de ellos se encuentran en la tabla 3.

Almohadillas de permanganato de potasio pueden ser utilizadas para absorber el etileno durante el transporte y almacenamiento de frutas.

Tabla 3: Productos que producen etileno y que son sensibles al etileno.

Productos que son productores de etileno o sensibles al etileno			
Productores de Etileno		Sensibles al Etileno	
Aguacate	Kiwi, maduro	Acelga	Kiwi verde
Albaricoque	Mamey	Arveja	Lechuga
Banano, en proceso de maduración	Mango	Banano verde	Name
Melón cantaloup	Mangostino	Berenjena	Ocra
Ciruela	Manzana	Berro	Pepino
Ciruela pasa	Melocotón	Brócoli	Perejil
Chirimoya	Melón dulce	Calabacita	Pimiento
Durazno	Membrillo	Camote	Repollo
Granadilla	Papaya	Col de bruselas	Sandía
Guayaba	Pera	Coliflor	Verduras hojosas
Higo	Plátano	Espinaca	Zanahoria
Rambután	Tomate		

Fuente: The Packer, 2000 Produce Services Sourcebook, Vol CVI, N° 55, 2000

Los daños por microorganismos: Aunque los efectos sobre el patógeno son notorios cuando las concentraciones de oxígeno son inferiores al 2% y de dióxido de carbono

superiores al 10%; estos son utilizados sólo en algunos productos, como fresa, que resisten estas concentraciones sin sufrir deterioro en el sabor.

Cuando se trata de atmósferas con muy bajos niveles de dióxido (O_2) y/o muy altos niveles de dióxido de carbono (CO_2), se pueden controlar insectos, especialmente como tratamientos cuarentenarios; este sistema es muy ventajoso pues no deja residuos tóxicos y son competitivos en costos con los agroquímicos, pero sin un control adecuado puede causar anaerobiosis y fermentación en las frutas. Resulta beneficioso para productos como la piña, el mango y la papaya (Yahia, 1995)

Sistemas de estanterías: Las estanterías son estructuras de gran variedad de materiales, están diseñadas para la organización de productos dentro de una bodega. Proporcionan volúmenes de almacenamiento mayores por su aprovechamiento de la altura.

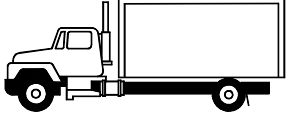
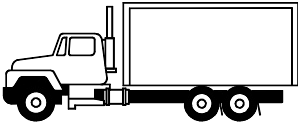
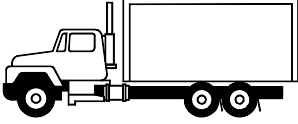
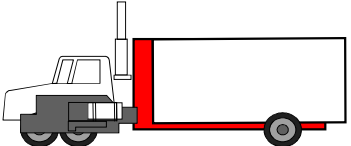
El uso de estanterías nos ayuda a economizar espacios, aumentar el rendimiento, mejorar el control de inventarios de productos, mantener los productos levantados del suelo proporcionando mayor higiene y limpieza en las bodegas.

- **Estantería fija:** Es toda estantería que no varía su ubicación, su profundidad depende del manejo de inventarios, tipo de montacargas y densidad de almacenamiento, entre estas se encuentra la selectiva, la drive thru, Drive in y dinámica.
- **Estantería móvil:** Esta estantería es trasladable permitiendo un acceso a cada lugar de almacenamiento, con una mayor profundidad de estibas. Es este tipo de estantería la que es requerida por el proceso pues facilita la movilidad del producto en proceso y ya en distribución. Debido al material (polipropileno de alta densidad), esta se denomina canastilla. Capacitada para almacenar un valor unitario de 12 a 14 kilogramos, dadas las necesidades de los clientes.

Estantería tiene un alto dinamismo, manejando los tipos de inventario FIFO, LIFO y por prioridades definidas; se cuenta con un sistema de rodamientos que facilita la movilización de la carga dentro de la bodega.

Límites de tamaño y peso: El peso máximo, el tamaño y las dimensiones de los camiones están regidos por medidas estándar que individualmente establecen las condiciones de regulación que deben tenerse presente. El promedio está entre 20.000lb y 34.000lb de peso de acuerdo a los ejes del camión y se permite un largo de 14.6 m y 2.30 m de ancho del camión. Las limitaciones de tamaño en condiciones individuales están dadas para camiones de transporte en carretera con un largo máximo de 21.3 m. y una altura máxima entre 3.96 m. En la tabla 4 se registran estos valores de permisibilidad a nivel nacional.

Tabla 4: Medidas permisibles de vehículos en Colombia para transporte de carga.

CONFIGURACIÓN	ESQUEMA DEL VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN	Dimensiones		
			Ancho (m)	Altura (m)	Longitud (m)
C2		Camión rígido de dos ejes. Camión sencillo.	2.6	4.1	12
C3		Camión rígido de tres ejes.	2.6	4.1	12.20
C3 Tándem trasero mixto		Camión rígido de tres ejes.			
C3 Tándem direccional		Camión rígido de tres ejes.			

Fuente: (Ministerio de Transporte, 2000)

5.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE POST-COSECHA.

Los procesos están apoyados por la NTC 5422 para el empaque y embalaje de frutas, hortalizas y tubérculos frescos.

- 1) Revisión: Porcentajes de Maduración desde las fincas, hasta un 70% se considera apta para llevarla a una plaza de mercado, siguiente a esto se hace el balanceo y peso.
- 2) Lavado manual: Desinfección en un tanque de 15.000 lt., el cual contiene una mezcla de agua y un producto para la desinfección MERTEC®. El llenado del tanque se hace semanalmente, el agua pasa por un tubo de 1.5”.
- 3) Secado en las mesas, se hace a la vez una división teniendo en cuenta la forma del fruto.
- 4) Encerado y envoltura: Se usa una cera fría que es distribuida a través de toda la superficie de la fruta, lo que le permite conservar azúcares y niveles de agua, así como brindarle la protección contra agentes externos como bacterias e insectos. A su vez le proporcionan a la fruta un aspecto más apetecible a la vista y realza más los colores tropicales típicos de este fruto. Se utiliza un papel de que permite su protección unitaria y que el contacto con la cera no provoque adhesión. (Se eliminó el tiempo de un segundo secado originado por el encerado, utilizando otro tipo de papel de textura menos porosa).

5) Selección y empaque: La fruta es seleccionada bajo criterios establecidos por el tipo de mercado al cual se dirige el producto.

Para los almacenes de cadena se tienen valores estandarizados: Se exige un porcentaje de maduración mínimo del 30% y que no exceda el 50%, con un peso bruto en canastilla de 12kg y en guacal de 10kg. La apariencia física debe tener un máximo de 10% de imperfecciones y de forma redonda, sin ninguna señal de agentes externos.

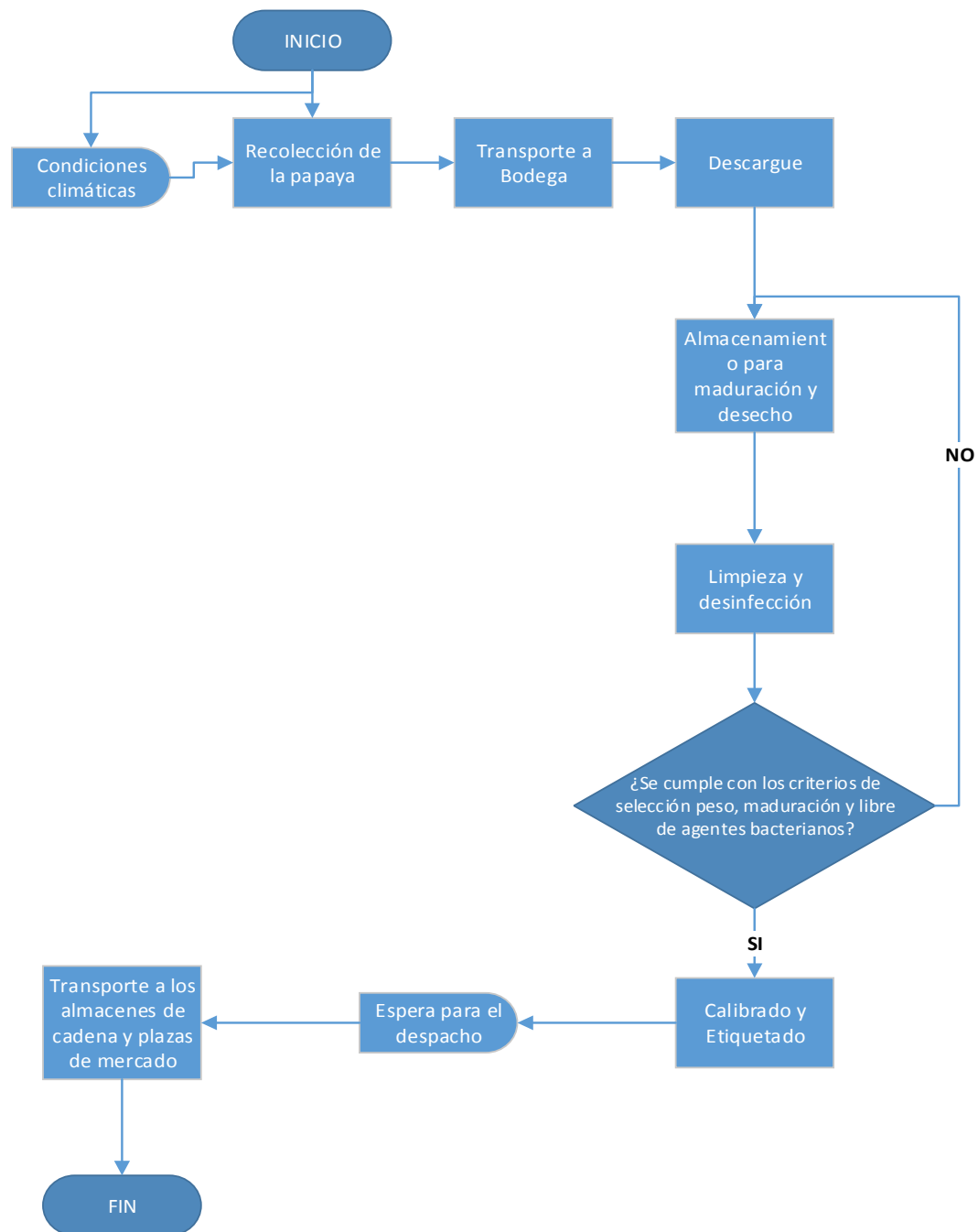
Para las plazas de mercado se selecciona la papaya con pesos alrededor de los 1100 gr en calidad corriente, con una variedad de forma entre redonda y larga y un porcentaje de maduración de máximo 63%, pues es donde la papaya contiene mayor nivel de azúcares y es apetecida en la plaza por estas características, ya que son para consumo inmediatos, es por ello que su precio de venta, en algunos puntos puede alcanzar el mismo valor que el de la calidad selecta. El peso máximo en canastilla está entre 12.5kg y 14 kg. La calidad jugosa requiere frutas de un peso aproximado a los 900gr, las cuales son distribuidas en la canastilla hasta alcanzar la capacidad máxima de espacio, no hay mucha exigencia en cuanto a las características físicas del fruto. En la tabla 5 se presentan las actividades que requiere cada producto en la fase de post-cosecha, asimismo en la figura 3 se presenta el flujograma general del proceso de valor agregado que significa la selección de fruter fresco desde la etapa de siembra hasta la distribución.

Tabla 5: Identificación de Actividades por Ítem.

Ítem	Recepción	Limpieza	Desinfección	Secado	Encerado	Selección y Empaque	Calibración y Etiqueta
Papaya Selecta	X	X	X	X	X	X	X
Papaya Corriente	X	X	X	X	X	X	X
Pimentón Selecto	X	X				X	X
Pimentón Colores	X					X	X
Pitahaya	X						
Melón Cantalup	X	X	X	X		X	X
Melón Caribbean	X	X	X	X		X	X
Maracuyá	X	X				X	X
Berenjena	X	X				X	X

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3: Flujo grama del proceso de selección de frutas y hortalizas.



Fuente: Tomado de la empresa Frutas Selectas del Valle Ltda.

5.3. PRINCIPALES INCONVENIENTES DEL PROCESO DE POST-COSECHA.

Las principales dificultades en torno al proceso de post-cosecha de la empresa objeto de estudio son los siguientes:

- Los empleados se desempeñan en tareas varias.
- Diversidad de características de la papaya, esto genera demoras relacionadas con la desviación del tiempo estándar en la selección y una baja en la capacidad de respuesta del operario, pues la labor de selección se hace más extensa.
- Tiempos en manipular los guacales, ya que estos están hechos de madera y se genera una desviación en el tiempo estándar que actualmente no es cuantificado, en el empapelado puesto que su forma es muy irregular.
- Tiempos de demora que no se han cuantificado, debidos al intercambiar procesos entre los operarios.
- Accidentes de trabajo, generados por descuido en el arrume de canastillas y que en las fincas no hacen una revisión de la calidad en que se encuentran las canastillas.

5.4. FASE DE COMERCIALIZACIÓN.

Las ventas están dirigidas en un 50% a la atención del mercado en la Ciudad de Bogotá DC, para los almacenes de cadena como:

- Grupo Éxito.
- Surtifruver de la Sabana.
- Puesto Oficial de la Empresa Frutas Selectas del Valle.

Para Corabastos, se comercializa un 30% de sus productos.

El 20% final, para los comercializadores de la región, en municipios como La Unión y Roldanillo

El sistema contable manejado por la empresa, divide las ventas en dos clasificaciones:

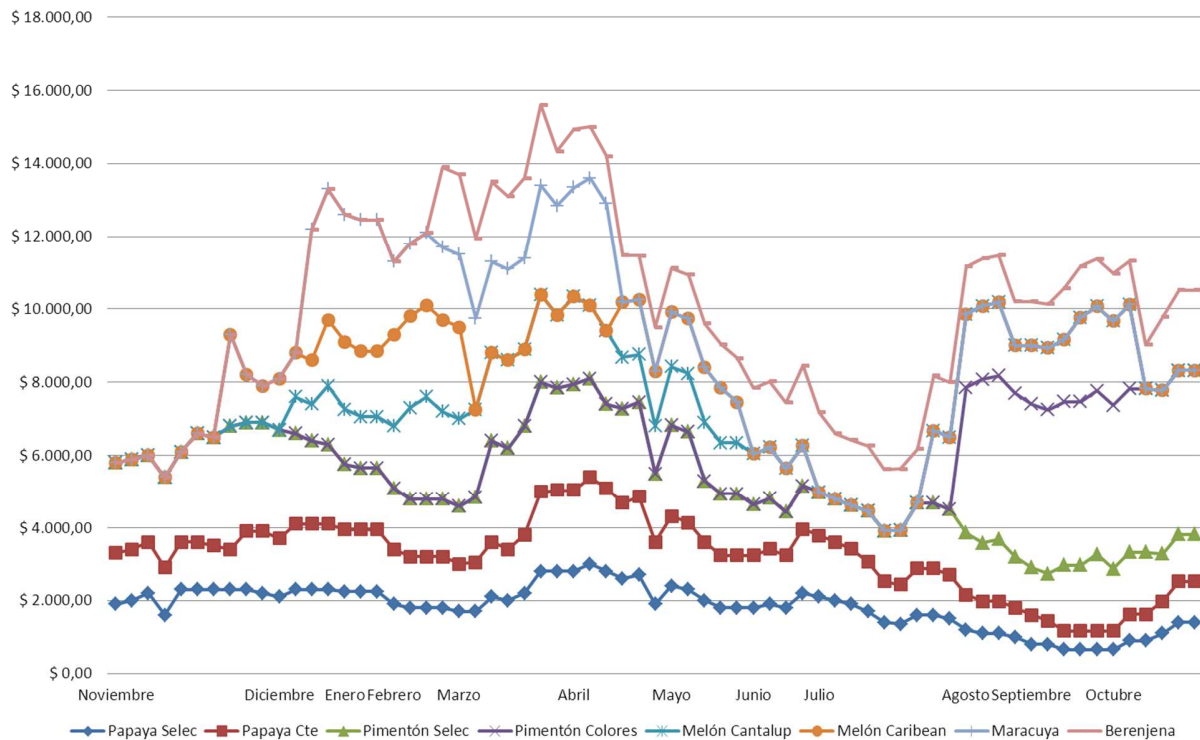
- Principal: Equivale al 50% de las ventas en Bogotá, más el 20% de ventas regionales.
- Corabastos: Registra el 30% de las ventas para este comprador.

5.5. LA VARIACIÓN DE PRECIOS.

Los productos de la canasta familiar, incluyen al grupo de frutas y hortalizas frescas, en el país estas tiene un componente de alta variabilidad en su precio de venta, el cual es afectado por la interdependencia que llevan las cosechas de uno u otro producto y la alta capacidad para ser sustituido en la preferencia de compra. Asimismo el poder de negociación de las grandes superficies que abarcan el mercado objetivo de la empresa caso de estudio, llega a afectar esta alta variación del precio. Para las empresas lograr un equilibrio en sus márgenes de utilidad, la salida más visible en los casos donde el precio de venta no es favorable, es el aumento en los volúmenes de venta y en otros casos suspender las ventas. Este se convierte en un factor determinante en el estudio, ya que los componentes de precio real y valor de salvamento se ven afectados por estos factores.

A continuación se presenta un gráfico, donde se expone esta variabilidad de precios para los ítems estudiados.

Figura 4: Variación de precios durante el año de estudio (\$/Kg).



Fuente: Elaboración Propia.

5.6. CLASIFICACIÓN ABC DE LOS ÍTEMS.

El análisis ABC se realiza teniendo en cuenta el volumen de venta y el precio de venta, contemplando que este no es fijo durante todos los meses del año, es por esto que muchos ítems a pesar de poseer un alto volumen de venta se ven afectados por la reducción del precio por kilo del ítem a través del horizonte de estudio. A continuación se presenta una tabla resumen:

Tabla 6: Clasificación ABC de los ítems.

Items					
Papaya Selec					
Papaya Cte					
Pimentón Selec					
Pimentón Colores					
Melón Cantalup					
Melón Caribbean					
Maracuyá					
Berenjena					

Meses	Clasificación		
	A	B	C
Noviembre			
Diciembre			
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los volúmenes de venta y precio de venta del producto se agrupan los ítems contemplados en la investigación, asignando en cada mes (filas) los colores de los ítems de acuerdo al volumen y precio de venta de los ítems en las categorías A, B o C dependiendo de las atribuciones anteriormente mencionadas. El uso de esta herramienta permitió determinar, cuáles son los ítems más representativos del negocio (clases A y B), reflejando las condiciones de venta que serán información de entrada para la conformación de un mecanismo propio de la tecnología de grupos, con el cual se busca la correcta manipulación de los tipos de inventario desde un enfoque hacia el producto, presentado en el capítulo siguiente.

6. CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Clasificar los ítems resulta una tarea de apoyo en la gestión de productos perecederos, ya que existen múltiples factores que afectan de manera positiva y/o negativa en el aprovisionamiento, la gestión eficiente del inventario, el transporte y almacenamiento adecuado del cliente. Cada grupo conformado se podrá enfocar en las necesidades de los productos pertenecientes a él (Irani, 1999). Es viable establecer una metodología para la integración de grupos (clusters) de productos hortofrutícolas, desde una visión de la manufactura celular, extrapolada al sector de bienes primarios, como lo es el caso de las frutas y hortalizas frescas. Esta metodología actúa de manera consecuente a la premisa en aplicación de la filosofía de tecnología de grupos, la cual plantea que “cosas parecidas deberían de ser fabricadas de manera parecida”.

6.1. ALGORITMO DE FORMACIÓN DE CLUSTERS.

Algunos productos al llegar al proceso de selección requieren una condición de maduración que se ajusta a las características exigidas por el cliente, es por esto que se decide elaborar un algoritmo de formación de clusters que tenga en cuenta los siguientes parámetros:

- **Peso ponderado del ítem:** Esta variable se genera como resultado de la multiplicación del porcentaje de ingresos brutos de cada ítem, por un valor dentro de una escala normalizada de 1 a 4, que representa la importancia del producto para la empresa caso de estudio. La importancia del producto para la empresa es determinante, ya que este tipo de empresas buscan impulsar y fortalecerse en ciertas líneas de productos y reconocerse por ellos. Un ejemplo de ellos es el ítem clase A que por lo general es la Papaya Calidad Selecta en el caso de estudio y que lo hace diferenciable entre sus competidores a nivel regional. Este parámetro es quien dictamina la relación de precedencia entre los ítems, un ítem será primario (m) cada vez que en el orden entregado por el valor del peso ponderado, un producto no asignado tenga mayor valor que los productos por debajo de él, no asignados (m'); cada ítem primario pertenecer a un solo cluster por vez y los productos secundarios integran a un solo cluster para dar cumplimiento a los parámetros definidos a continuación.
- **Condición de Maduración:** Este es el punto crítico de control para las empresas que comercializan en este sector, es tenido en cuenta durante todo el proceso desde la cosecha, postcosecha y recepción del producto por los clientes. El monitoreo de este factor, conlleva dos tipos de necesidades, aumentar la maduración o por el contrario mantener la maduración, logrando el objetivo de estabilizar los valores de maduración esperados. La condición de maduración se puede cumplir mediante múltiples factores, de los cuales sólo se tomará el que está relacionado con la factibilidad de agrupación denominado sensibilidad al etileno.
- **Sensibilidad al etileno:** El etileno es uno de los factores que más afecta la maduración en las frutas (Calvo et al., 2012); pueden existir entonces tres casos, el

primero donde el ítem es productor de etileno y le afecta el etileno, para el segundo el ítem no es productor y le afecta el etileno, y en el tercer caso el ítem es productor y no le afecta el etileno. Esta característica es seleccionada por tener componentes de estudio fuertemente desarrolladas, y una razón de peso adicional, es que en el ámbito de las PyMES por condiciones de alta inversión no es posible acceder a almacenamientos con atmósferas controladas y lo mínimo que se puede garantizar es una organización que permita la mínima afección por el madurante etileno.

- **Capacidad de almacenamiento:** Este factor será el parámetro de control para la apertura a nuevos clusters (Medina, 2008), se considera como el espacio de almacenamiento no asignado. El espacio de almacenamiento se verá reducido en un valor $kj' = Kij - kj$. El valor de $Kj'(0)$ se determina considerando los valores estandarizados de peso de la estantería fija-móvil (canastilla) y el área de almacenamiento que en la práctica es un volumen; al dividir el volumen del almacenamiento disponible por el volumen ocupado por una canastilla, se obtiene el número de canastillas máximo a disponer y como cada una de ellas posee un peso estandarizado, este valor se multiplica por dicho peso; esta restricción de capacidad viene dada por los dos clases de inventario manejados por las empresas del tipo fruter fresco, los cuales son inventarios en proceso y en tránsito.
- **Parámetros:** Para la descripción de los parámetros utilizados en el algoritmo propuesto se utilizan los siguientes subíndices.

i: Este subíndice representa cada cluster creado.

j: El subíndice en mención representa cada espacio de almacenamiento.

m: Producto principal que integra cada cluster.

m': Productos secundarios que integran cada cluster.

Una vez realizada la descripción de los subíndices, se detallan a continuación los parámetros:

Kij: Espacio de almacenamiento asignable al el cluster *i* en el espacio de almacenamiento *j*.

kj: Espacio de almacenamiento requerido por el cluster *i* en el espacio no asignado *j*.

kj': Parámetro de control, espacio de almacenamiento *j* no asignado.

Pm: Ponderación obtenida del producto de la participación en ingresos brutos por importancia del ítem *m* para la empresa.

Donde, $Pm = \frac{\sum_i^n V}{n}$, donde *V* es el volumen demandado en relación porcentual con respecto a cada *n* periodos de tiempo.

Q_m : Condición de maduración del ítem primario m del cluster C_i , es 1 si está activo para la iteración, 0 de lo contrario.

Q_m' : Condición de maduración del ítem secundario m' del cluster C_i , es 1 si está activo para la iteración, 0 de lo contrario.

S_m : Sensibilidad al etileno, 1 si garantiza que la condición Q_m se cumpla, 0 de lo contrario.

C_i : Cluster integrado por el ítem m que cumple con la condición Q_m garantizada por el factor de sensibilidad al etileno S_m y que cumple con el límite de almacenamiento k_j' .

El objetivo del algoritmo es la conformación de clusters integrados por un ítem primario que se escoge de mayor a menor valor en el margen del peso ponderado P_m , al cual se le garantiza el cumplimiento de su condición de maduración Q_m , mediante la adición al cluster de ítems secundarios con condiciones de sensibilidad al etileno S_m , que maximizan o retrasan el efecto de este madurante, utilizando los siguientes pasos:

Paso 0: Ordenar los datos de acuerdo al peso ponderado de participación P_m de manera descendiente.

Paso 1: Seleccionar el ítem de la primera posición P_m de los ítems m no asignados y activar su condición de maduración Q_m con el valor de 1, de lo contrario el valor de 0.

Paso 2: Si el espacio de almacenamiento requerido K_{ij} por el ítem primario P_m no es superior a k_j' , inaugure un nuevo cluster C_i .

Paso 3: Activar la condición de sensibilidad S_m con el valor de 1, para los ítems m que garantiza el cumplimiento de la condición Q_m ; 0 de lo contrario. A su vez activar las condiciones de maduración Q_m' de los ítems secundarios viables para integrar al cluster C_i .

Paso 4: Si la condición Q_m del primer ítem primario m (m_1) es 1, ingrese al cluster C_i el primer ítem secundario m' (m'_1) con el peso ponderado P_m menor con el valor de S_m igual a 1 y si la capacidad K_{ij} es menor a k_j' . De no cumplirse alguna de las condiciones pasar al paso 5.

Paso 5: Cerrar el cluster C_i cuando se agreguen todo los ítems que cumplen con S_m igual a 1, de peso ponderado P_m de menor a mayor, siempre que $K_{ij} < k_j'$. Si aún existen productos sin asignar, continuar con el siguiente paso, de lo contrario se da por concluida la asignación de los clusters.

Paso 6: Inaugurar un nuevo cluster C_i cada vez que no existan opciones de agrupación de acuerdo al S_m habilitado por la condición Q_m , del peso ponderado P_m , del ítem no agrupado m y respetando la restricción de capacidad $K_{ij} < k_j'$.

La figura 5, plantea la organización apropiada para el transporte y almacenamiento del de frutas y hortalizas, en los dos momentos que ocurre la figura de inventario, definida no desde la concepción de almacenamiento como provisión para futuras ventas, sino desde los conceptos definidos en el marco conceptual, remitiéndose a ellos como inventarios en procesos y en tránsito.

Estos dos sistemas resumen el valor que puede tomar la variable Kij, con el valor máximo de almacenamiento ya que sea del espacio de inventario en proceso, o del vehículo que transporta el producto terminado para su entrega.

Figura 5: Algoritmo de formación de clusters (Caso de estudio).

Ítems	CLASIFICACIÓN ABC			CASOS DE SENSIBILIDAD AL ETILENO			CASOS DE MADURACIÓN		Iteración
	Promedio Anual	Valor	Ponderado	Produce y Afecta	No produce y Afecta	Produce y no Afecta	Aumentar	Mantener	
Papaya Selec	61,11%	4	2,44	X				x	1
Papaya Cte	27,91%	3	0,84	X			x		2
Pimentón Selec	4,81%	2	0,10		X		x	x	1
Pimentón Colores	2,31%	3	0,07			X	x		3
Melón Cantalup	1,27%	2	0,03	X				x	3
Melón Caribbean	1,11%	1	0,01	X			x	x	2
Maracuyá	0,74%	1	0,01			X		x	2
Berenjena	0,74%	2	0,01		X			x	1
	100%		3,51						

CONCEPTO	VALORES	PARTICIPACIÓN
Muy importante	4	50% - 100%
Por encima de la Media	3	4,5% - 49,9%
Por debajo de la Medio	2	1,2% - 4,4%
Importancia Baja	1	0% - 1,19%

Cluster 1

Papaya Selec
Berenjena
Pimentón Selec

Cluster 2

Papaya Cte
Maracuyá
Melón Caribbean

Cluster 3

Pimentón Colores
Melón Cantalup

Kj'(0) : 1400 canastillas

K1 : K2 : K3 :

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la aplicación del algoritmo se generan tres clusters, bajo el siguiente orden:

Cluster 1: Contiene los ítems Papaya Selecta, Berenjena y Pimentón Selecto.

Cluster 2: Formado por Papaya corriente, Maracuyá y Melón Caribbean.

Cluster 3: Pimentón Colores y Melón Cantalup.

Los grupos contienen varias características intrínsecas al proceso de su construcción, de las cuales se enuncian las siguientes:

- ✓ Son compatibles con el objetivo de preservación de las frutas y hortalizas en el manejo de inventario en proceso y tránsito. Este factor de acopio de los productos ya procesados o en espera, brindan una ventaja comparativa frente al negocio de las frutas y hortalizas frescas, ya que no será necesaria la aplicación de agentes madurantes, así como preservantes o procesos de congelación que garanticen las condiciones en las que el cliente espera el producto.

- ✓ Organización ideal de acuerdo a los grupos de compatibilidad establecidos en el manual de prácticas de manejo post-cosecha de productos hortofrutícolas (Ver anexo D: Grupos de Compatibilidad).
- ✓ La flexibilidad en la estrategia de diferenciación aplicada: Sus unidades estratégicas de negocio se dividen según su aporte en ingresos brutos, esto permite que a la vez que se le da un tratamiento adecuado a las frutas y hortalizas, su propuesta de calidad natural se concreta.

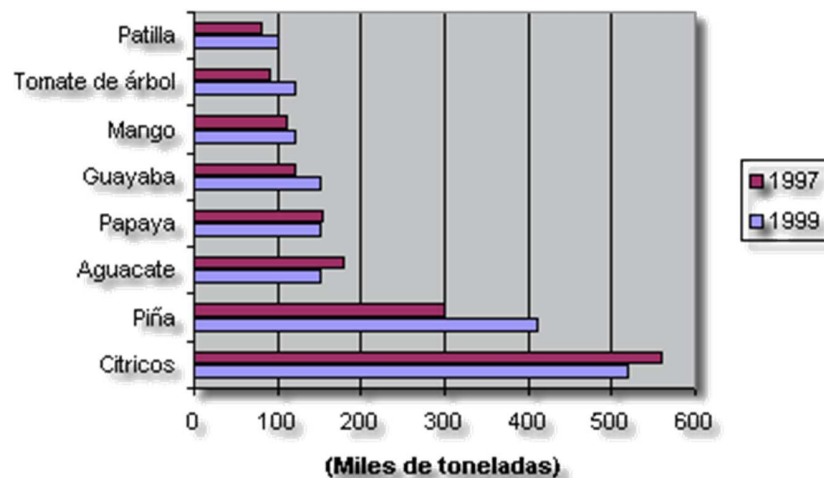
6.2. CARACTERIZACIÓN DE CADENAS HORTOFRUTÍCOLAS

Dando continuidad a la proposición metodológica, se caracterizan en esta sección las cadenas de frutas y verduras que intervienen en el caso de estudio, a fin de determinar similitudes y diferencias tales que permitan establecer un conjunto de cadenas molde o cadenas tipo que incluyan las características generales de ciertos grupos de fruver, para facilitar con esto la selección e implementación de modelos de gestión de inventarios en cualquier sección de la cadena de abastecimiento. La caracterización de estas cadenas hortofrutícolas se muestra en el anexo P (Caracterización de las Cadenas – Caso de Estudio).

En la caracterización de dichas cadenas se establecen los pasos que resultan comunes y de carácter general para todos los productos hortofrutícolas analizados y se presentan finalmente sus descripciones dentro del marco de los pasos comunes encontrados. Estos pasos agrupan todos los eslabones y actividades para que se lleve a cabo un proceso global conformado por operaciones físicas de la cadena sobre el producto (por lo que los procesos globales como comunicaciones o de servicio al cliente no se cuentan como paso). Un referente importante para la selección de los pasos es la descripción de las cadenas de productos agro-alimenticios presentada en la (La Gra, 1993)

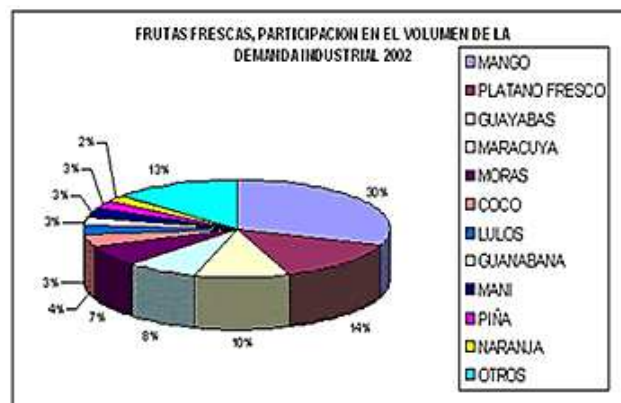
Dada la gran cantidad de productos perecederos pertenecientes a las frutas y hortalizas, la selección de las cadenas representativas a caracterizar se realiza con base en el nivel de producción y consumo de dichas frutas y hortalizas a nivel nacional. Para el caso de las frutas, de acuerdo con el material del curso en línea (ICTA Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2004) las frutas con mayor nivel de producción y consumo industrial en Colombia durante 1997 – 1999, (tomando una base de 44.000.000 de colombianos) son:

Figura 6: Producción de frutas en Colombia 1997 y 1999.



Fuente: Transformación y Conservación de Frutas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, (ICTA Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2004)

Figura 7: Participación de las frutas frescas en la demanda Industrial (2002).



Fuente: Transformación y Conservación de Frutas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, (ICTA Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2004)

La interacción de la Cadena Global Tipo ya mostrada mediante el flujograma de la figura 3, contiene a su vez elementos que se mencionan a continuación:

- La negociación con los clientes se realiza de manera informal debido a que no se divulga la situación financiera de los protagonistas.
- No hay manera de establecer ambientes gana-gana en la vida real pues el cliente impone siempre las condiciones de negociación.
- El valor de adquisición de los productos se asume debido a las condiciones impuestas por el mercado, es decir, factores externos a la organización como la inflación, la

demanda actual, el PIB etc. Los cuales afectan el precio de venta de los productos en el mercado, generando variación en dichos importes.

- La planeación operativa registra hechos de cumplimiento a metas semanales, que son objetivos generados por las negociaciones realizadas, los volúmenes de producción son distribuidos a los clientes en lapsos de tiempo diarios pero el cumplimiento de las metas es verificado al concluir la semana de producción.
- A razón de las operaciones de planeación de la producción en la empresa caso estudio se debe considerar que los horizontes de la planeación operativa se establecen en unidades de tiempo semanales, dejando a claridad este evento la realización del modelo de gestión de inventarios presentará datos semanales de metas de producción.
- Existe el riesgo de que los clientes infrinjan la negociación incumpliendo con los pagos pertinentes a dichos tratados.
- En la relación clientes-producto, los arcos representarán los flujos de demanda en toneladas anuales, donde los nodos de origen son los productos, y los nodos de destino se asignan a cada cliente mostrando la interacción en el producto y sus compradores.

7. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD A ORDENAR - ANÁLISIS MARGINAL

Mediante la realización del análisis marginal se busca estudiar los aportes de cada producto o familia de productos a una utilidad esperada de acuerdo a una cantidad a ordenar (Q), con el fin de obtener el volumen de pedido con mayor utilidad esperada, tal beneficio deriva de la identificación de los ingresos, costos, y gastos relevantes del sistema de inventarios, para la evaluación de este esquema se manejan elementos tales como: Precios de venta unitario de cada ítem, valor de rescate unitario, costo unitario de adquisición del producto, costo unitario por exceso y faltante de inventario; con el fin de representar los fenómenos particulares de un sistema de inventarios real asociando las probabilidades de ocurrencia a las cantidades de producto a ordenar, faltantes y excesos de existencias. (Silver, 1998, pág. 389) Presenta la ecuación de la utilidad esperada.

$$E [P (Q)] = (p - g)\hat{x} - (v - g) Q - (p - g + B)\sigma_x G_u\left(\frac{Q - \hat{x}}{\sigma_x}\right)$$

$\hat{x}$: Media de la demanda

Q: Cantidad de producto a ordenar [unid]

Q*: Cantidad optima de producto a ordenar [unid]

p: Precio de venta unitario [\$/unid]

v: Costo variable unitario de ventas [\$/unid]

g: Valor unitario de salvamento [\$/unid]

B: Penalidad por satisfacer la demanda.

G_u : Es la función de pérdida de la variable normal unitaria.

σ_x : Desviación estándar de la demanda x.

$$k = \frac{Q - \hat{x}}{\sigma_x}$$

Donde la probabilidad de obtener una obtener un Q menor a Q* está dado por la ecuación $p_{x < (Q^*)} = \frac{p - v + B}{p + v + B}$. A continuación se define y describe brevemente los elementos que constituyen el análisis marginal para la determinación de la cantidad óptima a ordenar a partir de la utilidad esperada.

CONCEPTOS DEL COSTOS TOTAL RELEVANTE

Este concepto se define como la asociación de todos los rubros referentes a los costos por la orden, adquisición, manipulación, y faltantes de existencias, este es una función objetivo en función de (Q).

Dado la especificación del costo por faltante se emplea $B_2 v$ donde se representa el importe por escaso inventario por unidad de tiempo, y genera la estructura de esta función objetivo mediante la fracción del valor de adquisición unitario del producto por faltante de inventario, el cual se explicará a mayor claridad en el punto Costo por Faltante de inventario. De esta manera se compone la siguiente adición para la función objetivo:

CTR_2 = Costo de ordenamiento + Costo de adquisición + Costo de mantenimiento + Costo por faltante de inventario

$$CTR_2 = \frac{AD}{Q} + C_a Q + \left(\frac{Q}{2} + k\hat{\sigma}_L \right) vr + \frac{D}{Q} (B_2 v) \hat{\sigma}_L G_z(k)$$

- **Precio de venta unitario.**

Los precios de venta unitarios de los productos hortofrutícolas analizados para el caso estudio, derivan su valor de condiciones del mercado como el PIB, la inflación, variación de costos de materia prima, las tasas de interés y la competencia, políticas gubernamentales, etc.; a estas condiciones el gerente o administrador de la organización realiza movimientos referentes a la fijación de precios de producto con el fin de obtener un beneficio. Durante el año de estudio en las dos plataformas de ventas de la empresa se encuentran valores (peso \$ / kilogramo).

Tabla 7: Precios (\$/kg) por producto plataforma Corabastos Bogotá.

Corabastos Bogota	<i>mínimo</i>	<i>máximo</i>	<i>medio</i>
<i>Papaya selecta</i>	1.370	1.407	1.386
<i>Papaya corriente</i>	847	926	872
<i>Pimenton selecto</i>	2.600	3.000	2.893
<i>Pimenton corriente</i>	1.417	2.067	1.646
<i>Berenjena</i>	1.867	2.000	1.913
<i>Maracuya</i>	1.232	1.464	1.276
<i>Melón cantalup</i>	1.525	1.833	1.614
<i>Melón Caribbean</i>	-	-	-

Fuente: Precios de frutas y hortalizas 2013 (DANE, 2013).

- **Costo de adquisición unitario.**

A partir del News vendor problem y acondicionando las características del caso estudio, la compra de existencias de bienes o fabricación de los mismos para el abastecimiento de los mismos a clientes por parte de los proveedores, representa el valor de los costos por adquisición de inventarios para suplir segmentos de la demanda; en este precio se contemplan además los costos de transporte de la mercancía, seguros, impuestos y aranceles devengados para totalizar este rubro:

$$\text{Costo de adquisición} = C_a * Q$$

- **Valor unitario de salvamento.**

Para el caso de activos fijos el valor de rescate o salvamento, es el valor final de amortización a la depreciación de un bien dado un estatuto tributario, es decir el valor que posee una existencia al no producir rentas y terminar su vida útil; en países en desarrollo como Colombia, el valor de salvamento es común asumirlo en 10% del valor inicial del artículo en el caso que sea un activo fijo, para los productos de consumo el

valor de salvamento puede percibirse por políticas de la empresa fabricante o proveedora.

- **Costos de mantenimiento de inventario.**

Este concepto abarca las operaciones, y recursos necesarios para un correcto almacenamiento de existencias, donde se aprecia el espacio requerido para el acopio de inventario (alquileres, seguros o amortización del lugar de almacenaje), manipulación la mercancía, impuestos, pérdida o robo etc.

Este costo de mantenimiento de inventario es calculado con la siguiente ecuación:

$$\text{Costos de mantenimiento } C_m = \left(\frac{Q}{2} + k\hat{\sigma}_L \right) vr$$

$\frac{Q}{2}$ = Inventario promedio

K= Factor de seguridad

$\hat{\sigma}_L$ = Desviación estandar de los errores de pronóstico durante el lead time.

V = Valor unitario del ítem

r = Tasa anual de mantenimiento de inventario

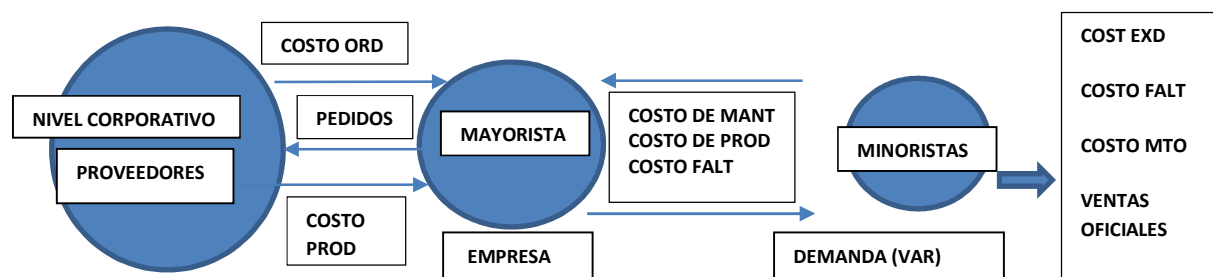
- **Costo de ordenamiento.**

Este rubro se reconoce como el importe por reposición de existencias, donde se consideran costes administrativos, conceptos como el manejo de los sistemas de información que generen la orden de reaprovisionamiento del inventario, costos de recepción e inspección, y otros conceptos necesarios para realizar esta gestión.

- **Costo por faltante de inventario.**

Se incurre en este, cuando al momento del lanzamiento de un pedido, este no satisface la demanda esperada, esta situación puede darse por dos sucesos, la primera es la escasez total de un producto y en segunda instancia es el bajo inventario en ese instante de tiempo. La ocurrencia de faltantes se clasifica en tres tipos con las correspondientes constantes para el caso estudio se hace uso del factor B_2v ; donde B_2 la fracción del valor del costo de adquisición del producto y v es donde se incurre en un importe unitario por faltante de inventario. En la figura 8 aparecen los eslabones que hacen parte de la cadena de abastecimiento asociada a la empresa objeto de estudio.

Figura 8: Integración de las políticas de ordenamiento y el modelo NVP.



Fuente: Elaboración propia.

En la modelación de este sistema o problemática de interés se identifica varios objetivos así como restricciones que se deben cumplir:

- a) El Minorista debe enviar las unidades adecuadas a las plazas de mercado de tal forma que reduzca el número de productos que ya lleguen a cumplir su vida útil.
- b) El Mayorista no podrá enviar más unidades de las que dispone. Esta será una restricción que deberá satisfacer el modelo y no una meta ya que en los casos donde la demanda sea mayor que la disponibilidad se producirá una rotura de stock.
- c) Los Mayoristas intentan satisfacer siempre las necesidades de los Minoristas. Aun sabiendo que normalmente las unidades que se solicitan son más que las que se venden, no debería enviarse nunca unidades por defecto debido a que en algún caso si se pueden necesitar todas.

Pese a esto, puede darse el caso de que la empresa no tenga suficientes unidades para cumplir las necesidades de los Minoristas y eso no debe implicar que el problema no tenga solución sino que se busque una desviación lo más pequeña posible. Por tanto, esta condición no se va a incluir como una restricción sino como una nueva meta. Por otra parte, si el proveedor si tiene suficientes unidades de producto para cumplir este segundo objetivo, deberá decidir con qué tiempo de vida envía esas unidades, ya que normalmente a los minoristas que les sobren más se les deberá enviar unidades más frescas para alargar la caducidad.

- d) La empresa fabricante tiene que cubrir unas necesidades de producto fresco para todos los Minoristas. Por la misma razón que en el apartado 3, esta condición deberá plantearse como un objetivo, de tal manera que si no se puede cumplir debido a que él mayorista no tiene bastantes unidades frescas, se aproxime al máximo a las necesidades de los Minoristas.

Para el modelo del vendedor de periódicos para un solo ítem no restringido bajo un comportamiento determinístico, se establece que la obtención de los productos papaya selecta, papaya corriente, pimentón colores y pimentón selecto, correspondientes a las clases A y B, se programan semanalmente, otorgando a la demanda una distribución de probabilidad normal, donde se analiza cuál será la cantidad Q de productos que genere mayor utilidad esperada y el nivel de servicio alcanzado, mediante el análisis marginal.

Los eslabones en la figura 8, generan interrogantes con respecto al aprovisionamiento. Éstos interrogantes producen variaciones en las respuestas de cada relación existente entre los eslabones; lo cual conduce a la necesidad de aplicar una metodología diferente para cada situación. Para la primera interacción entre la comercializadora y los cultivos, es conveniente aplicar una política de inventario que indique la manera correcta de proveer los recursos para la generación de valor como fin principal de la empresa. El sistema de revisión continuo de inventarios (s,Q) a diferencia de los otros revisados, presenta una mayor adaptabilidad al caso de investigación en el sector agroindustrial, por las condiciones requeridas en términos de calidad del producto, como

primordialmente lo es el tiempo de caducidad de las frutas y hortalizas, los horizontes de programación de operaciones de la empresa para suministrar el producto según los estándares del mercado, además de los tiempos de reposición considerablemente cortos; atributos como la realización de pedidos, sólo en el caso de poseer inventario efectivo menor o igual al punto de reorden, ratifica el hecho de contar exclusivamente con el inventario que responda a las metas de producción fijadas, generando la menor posibilidad de ocurrencias en desperdicios o faltantes.

Para la segunda interacción de la cadena, se debe entender el problema desde la perspectiva VMI, tratada en capítulos anteriores, ya que esta visión permite tener conocimiento de las necesidades de los eslabones de la cadena de abastecimiento, en este caso, los mayoristas y minoristas son eslabones posteriores, de los cuales es conocido el valor estimado de las demandas futuras gracias a la aplicación de pronósticos de ventas, por esta razón, el modelo del vendedor de periodicos responde a la interacción de los nodos finales (Comercializadora – Mayoristas y Minoristas), mediante la determinación de una cantidad óptima de pedido, para generar una utilidad máxima esperada con un nivel de servicio aceptable, de tal forma que responda a los pedidos de los clientes con la menor posibilidad de ocurrencia de faltantes y desperdicios. Este punto es importante por la contribución a la metodología empleada, que busca generar la mayor utilidad del negocio. De esta manera para la realización del análisis marginal se propone la integración entre el sistema (s,Q) y la determinación de la cantidad de producto que maximice la utilidad (News Vendor Problem) para responder de forma eficaz a los cuestionamientos del control de inventarios, es decir, se desarrollará la constante Q^* (cantidad óptima de pedido), para saber cuánto pedir, en que momento realizar el pedido, y por supuesto la frecuencia de revisión del inventario empleando el sistema (s,Q) para el control de la existencia generada dentro de las instalaciones de la empresa y el uso del NVP para saber cuál es la utilidad que representa el volumen de producto a vender.

La metodología aplicada genera varios plus importantes en el análisis de la cadena de abastecimiento de los productos hortofrutícolas, como lo es la aplicación del algoritmo que agrupa los ítems de acuerdo a su necesidad de maduración, respetando algunas restricciones mencionadas en el capítulo anterior. Adicionalmente, se identifican las variables con mayor sensibilidad dentro del modelo NVP para el contexto en el que se desarrolla, utilizando variables que se correlacionan por su comportamiento y origen, permitiendo validar los demás métodos aplicados mediante límites de referencia, mediante la simulación de contratos empleando la herramienta @risk.

8. EVALUACIÓN Y DEFINICIÓN DEL MODELO

Dando continuidad al desarrollo metodológico, en este capítulo se presentan los planteamientos definitivos de la revisión bibliográfica, la definición de atributos para la selección de la herramienta que genere el sistema de control de inventarios que mejor sustente las condiciones del caso de estudio, el desarrollo de los modelos de referencia y la interpretación de los resultados de los modelos comparados.

DESARROLLO DEL MODELO

Para el modelo del vendedor de periódicos un solo ítem no restringido bajo un comportamiento determinístico, se establece que los productos papaya selecta, papaya corriente, pimentón colores y pimentón selecto, seleccionados como insumo para el desarrollo del modelo se derivan de las clasificaciones A y B según los ingresos por venta en la empresa caso estudio; estos ítems presentan una programación semanal, ya que sus volúmenes de producción se manejan en cortos horizontes de operación, lo que significa manejo de metas semanales en volumen producido y al mismo tiempo puede decirse que las políticas de inventario para este tipo de ítems es desarrollada con base en la adaptación del sistema de control de inventario continuo (s,Q). Éste sistema de control es flexible a la dinámica del negocio, ya que permite atender a órdenes de producto inmediatas y tiempos de reposición cortos dado el ciclo de vida de los productos que maneja la Organización.

Para el desarrollo de ésta metodología se emplearon métodos de pronósticos para cada uno de los productos en consideración de tal forma que sirva como información de entrada para el Sistema de Control de Inventario Continuo. Para la realización del pronóstico se considera el comportamiento históricos de las ventas de los productos Papaya selecta, Papaya corriente, Pimentón colores, y Pimentón selecto. Conforme al supuesto del NVP de poseer una demanda determinística se provee a su vez el supuesto de tener una demanda con distribución de probabilidad normal, donde se analiza cuál será la cantidad Q de productos que genere la mayor utilidad esperada mediante el análisis marginal generando un nivel de servicio aceptable. Es importante aclarar que el modelo NVP utilizado es alimentado por las marcas de clase que se derivan de los rangos o intervalos de volumen de producción empleados en la empresa caso estudio. A continuación se muestra el esquema del mecanismo a desarrollar en el trabajo de grado respondiendo a la pregunta formulada al inicio del documento.

Figura 9: Mecanismo de desarrollo del modelo de gestión de inventario.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 9 representa la metodología empleada para responder de manera oportuna a las necesidades de aprovisionamiento y aumento de beneficios en la cadena de abastecimiento, donde se ubica la empresa caso estudio, en este esquema de la cadena de distribución se pueden apreciar los eslabones que la constituyen y las relaciones que se dan entre ellos. Allí se reconocieron dos interacciones, las cuales requieren de una atención específica en la forma como se realizan los pedidos y se administra el inventario, por esta razón se utilizan tanto el sistema (s,Q) , como el NVP; donde el fin de la primera herramienta es analizar la relación Cosecha-Comercializador de tal forma que contribuya como un mecanismo de control de inventario que se ajuste a las condiciones de los productos como es el lead time, el ciclo de vida del producto y el aprovisionamiento para satisfacer la demanda de todas las unidades de negocio de la empresa. En segundo lugar, el modelo NVP analiza la relación entre los eslabones Postcosecha-Minoristas para determinar los volúmenes de pedido que contribuya a maximizar la utilidad total esperada bajo la posible ocurrencia de faltantes y excesos de producto, generando un nivel de servicio aceptable. Es por esto que se plantea la articulación o integración entre el sistema de control de revisión continua de inventarios (s,Q) y el Modelo News Vendor Problem definiendo características de un ambiente Vendor Managed Inventory. En los siguientes párrafos de este capítulo se entrará en detalle sobre el desarrollo de la metodología empleada, empezando por la política del sistema de control y revisión de inventario continuo.

8.1. POLÍTICA DE REVISIÓN DE INVENTARIO EN POSTCOSECHA.

Teniendo en cuenta las características que existen entre los eslabones cosecha y comercialización se plantea la política de revisión de inventario basada en el Sistema de Control de Inventario Continuo (s,Q) respondiendo a los siguientes interrogantes:

- ¿Con qué frecuencia debe revisarse el nivel de inventario?
- ¿Cuándo debe ordenarse?
- ¿Qué cantidad debe ordenarse en cada pedido?

Para la elección de la política de inventario, se buscan los criterios soportados en la observación del inventario efectivo en condiciones menores o iguales a los del punto de reorden, con una cantidad fija (Q) de productos, y emisión de un solo pedido para suplir el producto requerido en los procesos de postcosecha pertenecientes a la comercializadora, los cuales son alimentados por el producto ubicado en los campos de cosecha. A partir del parámetro de lead time constante se formula el costo total relevante para cada ítem evaluado, de manera que el sistema de control de inventario continuo (s,Q) se ajuste a los atributos del caso, como respuesta al aprovisionamiento que hace el eslabón intermedio de la cadena de abastecimiento.

Supuestos:

- Se asume que el lead time es constante.
- El costo de ordenamiento A, el costo del producto v, el costo de mantenimiento de inventario v_r , y el costo por unidad faltante B_2v son determinísticos.

En la tabla 8 resume los parámetros del sistema de control de inventario continuo con un nivel de servicio P_2 , adicionalmente los insumos del modelo del vendedor de periodicos no-restringido (caso discreto), B_2v dado el valor de adquisición de cada ítem. Los pronósticos de inventario se determinan de acuerdo al indicador de precisión ECM (Error cuadrático medio), para los ítems estudia implica la utilización de la suavización exponencial simple y doble. (Anexo N: Pronóstico e Inventario de Seguridad).

Tabla 8: Insumos Política de Inventario (s,Q).

Datos de entrada Política de inventario (s,Q)				
Item	Papaya Selecta	Papaya Corriente	Pimentón Colores	Pimentón Selecto
p	Promediar los precios de Venta del Año estudiado (Este valor se modifica por cada periodo)			
v	\$ 550	\$ 550	\$ 1.450	\$ 900
s	\$ 150	\$ 100	\$ 800	\$ 400
B	\$ 100	\$ 50	\$ 500	\$ 200
C. Ordenamiento (\$/kg)	\$ 40	\$ 40	\$ 55	\$ 55
T de Reposición (Semana)	0,05357			
Tasa de costo de mantenimiento de inventario(%/año)	10%			
$B_2.v$	\$ 100	\$ 50	\$ 200	\$ 500
P_2	91,28%	87,59%	92,47%	89,82%
Desviación estandar de los errores del pronostico	12908,05591	4451,18697	1287,547762	175,1959204

Fuente: Elaboración Propia.

En alusión al ejercicio anteriormente expuesto se presenta la siguiente tabla de resultados de las políticas de inventario:

Tabla 9: Resultados Política de Inventario (s,Q).

Resumen Politicas de Inventario	Papaya selecta	Papaya corriente	Pimenton selecto	Pimenton colores
Lead time (semanas)	0,0536	0,0536	0,0536	0,0536
Cantidad (Q) [kg]	1.728	1.135	507	127
Punto de Reorden [kg]	6.995	2.594	703	218
Costo Total Relevante (\$)	\$ 2.197.520	\$ 519.876	\$ 259.157	\$ 55.237

Fuente: Elaboración Propia

Con estos resultados se puede inferir sobre la estructura de la política de inventarios para cada ítem y su costo total relevante, en el cual se puede encontrar para todos los productos en cuestión un lead time constante, ya que la empresa no registra este tipo de información, además esta posee una integración vertical, por lo que en el canal de abastecimiento ya que se ha establecido un tiempo esperado de entrega que involucra el tiempo de recolección de cosecha, el cargue de los cultivos y el transporte a la planta para un tiempo total promedio de nueve horas. En el anexo M:(Políticas de inventario) puede encontrarse el desarrollo de la política, a continuación se presenta la tabla 10 que ejemplifica el desarrollo de la política de inventario para el ítem Papaya Selecta.

Tabla 10: Política de inventario con lead time constante y P2 especificado

Demanda	39497	semanal
r (tasa de mantenimineto de inventario)	10%	\$/anual
A (costo de ordenamiento por unidad)	\$ 40	\$/orden * kg
L (lead time)	0,375	dias
v (Valor de adquisición del producto)	\$ 550	\$/kg
B_2v (Costo de faltante por unidad)	\$ 100	\$/kg faltante
desvest_demanda	15518	
P_2 (fill rate)	91,28%	
P_z	8,7%	
k (factor de seguridad)	1,358346389	
desvest_demanda durante el lead time	12908,05591	
G(k) función de probabilidad ventas perdidas	0,040164382	
IS (inventario de seguridad)	4878,78655	
Q (cantidad a ordenar)	1728,410032	
s (punto de reorden)	6994,691445	
COSTO ORDENAMIENTO	\$ 914	
COSTO DE MANTENIMIENTO	\$ 1.011.880	
COSTO FALTANTE	\$ 1.184.726,4	
CTR2	\$ 2.197.520	

Fuente: Elaboración propia.

La tabla anterior muestra la política de control de inventario para el ítem Papaya Selecta el cual es el producto más representativo en ingresos totales de ventas de la empresa. Conocidos los valores del nivel de servicio P2 y el costo de faltante por unidad (B_2v) se aplica la regla de decisión para el nivel de servicio P2 especificado, al igual que los costos de ordenamiento por unidad (A), el valor de adquisición del producto (v), y la tasa anual del costo de mantenimiento del inventario (r) con base en la información proporcionada por la empresa. Éstos datos sirvieron como insumo para el cálculo del punto de reorden (s), obteniendo el factor de seguridad (k) a través de la función de distribución normal estándar inversa, se procede a calcular los costos de ordenamiento, costos de mantenimiento, y costos de faltantes siguiendo las formulas y pasos nombrados en (Vidal, 2010, Páginas 185-192).

La cantidad a ordenar calculada en la política de inventario (s,Q), se convierte en el parámetro de control del modelo del vendedor de periódicos ya que establece la cantidades a ordenar por cada aprovisionamiento, dicho aprovisionamiento se ajusta a las características del producto dado su ciclo de vida corto, debido a que el suministro debe restablecerse en una unidad de tiempo que diverge con la solución del modelo, puesto que el modelo programa las cantidades meta por semana para obtener la mejor utilidad esperada, mientras que el sistema de control debe definir abastecimientos en horas, buscando respetar la restricción del ciclo de vida del producto.

8.2. PROBLEMA NVP UN SOLO ÍTEM NO-RESTRINGIDO (CASO DISCRETO).

Para plantear el modelo, se obtienen de la empresa datos directos sobre las ventas, desagregadas por semanas para cada ítem, esto mediante información suministrada por el sistema CG1 Versión Corporativa de la empresa. Los datos y su comportamiento descriptivo, son utilizados junto con la función de aleatoriedad para obtener un histórico total de 520 datos, con los cuales se elaboran marcas de clase para la posible demanda, donde posteriormente se sacan las respectivas probabilidades de ocurrencia P_i , obteniendo la *probabilidad acumulada* $d \leq dj$, y la *probabilidad acumulada* $d > dj, P_d > dj$, para el resultado de los valores de demanda esperada $d_i * P_i$. En la tabla 11 se presentan los datos de entrada de la demanda.

SUPUESTOS:

- La planeación está dada para un único periodo, es decir, que el producto se pide al principio del periodo para satisfacer la demanda durante el mismo.
- La demanda es una variable aleatoria, continua y no negativa (Ver anexo H: Datos Históricos Ventas).
- Los costos de exceso de producto o faltantes son lineales y dependen del inventario final.

Para demostrar el comportamiento del modelo, se presenta el ítem de mayor participación en ventas (Clase A) Papaya selecta. En el anexo K (Informe Simulación NVP), se encuentran todos los ítems analizados.

Tabla 11: Datos de entrada de demanda.

Rangos [U(i)]	Demanda (marca de clase) (kg.)	Frecuencia Acumulada	Probabilidad de Ocurrencia P_i	Probabilidad Acumulada $d \leq d_j$	Probabilidad Acumulada $d > d_j, P_d > d_j$	$d_i * P_i$ (E(d)) (kg.)
1	14572,66	14	0,027	0,027	0,973	392,34
2	17389,98	11	0,021	0,048	0,952	367,87
3	20207,31	19	0,037	0,085	0,915	738,34
4	23024,63	14	0,027	0,112	0,888	619,89
5	25841,95	25	0,048	0,160	0,840	1242,40
6	28659,28	20	0,038	0,198	0,802	1102,28
7	31476,60	35	0,067	0,265	0,735	2118,62
8	34293,92	18	0,035	0,300	0,700	1187,10
9	37111,25	45	0,087	0,387	0,613	3211,55
10	39928,57	46	0,088	0,475	0,525	3532,14
11	42745,89	68	0,131	0,606	0,394	5589,85
12	45563,22	22	0,042	0,648	0,352	1927,67
13	48380,54	37	0,071	0,719	0,281	3442,46
14	51197,86	27	0,052	0,771	0,229	2658,35
15	54015,19	22	0,042	0,813	0,187	2285,26
16	56832,51	23	0,044	0,858	0,142	2513,75
17	59649,83	23	0,044	0,902	0,098	2638,36
18	62467,16	11	0,021	0,923	0,077	1321,42
19	65284,48	16	0,031	0,954	0,046	2008,75
20	68101,80	10	0,019	0,973	0,027	1309,65
21	70919,13	9	0,017	0,990	0,010	1227,45
22	73736,45	5	0,010	1,000	0,000	709,00
23	76553,77	0	0,000	1,000	0,000	0,00
24	79371,10	0	0,000	1,000	0,000	
		520				42144,50

Fuente: Elaboración Propia.

Esta tabulación muestra los valores de la demanda esperada $E(d)$ que es igual a la sumatoria $\sum d_i * P_i$, en esta misma tabla se encuentra el valor de 42.144 kg de papaya selecta, esta cifra se aproxima a la cantidad de producto en kg de mayor beneficio esperado arrojado por el modelo, dado los costos de exceso y el faltante de inventario, lo que genera una probabilidad acumulada ($d \leq d_j$) del 64.8%, es decir el nivel de servicio P1 que corresponde a esta cantidad es de un 95.77% y un fill rate del 91.28% lo cuál genera la oportunidad de incrementar la oferta hacia las plazas de mercado y grandes superficies, al mismo tiempo permite inferir sobre una mayor probabilidad de satisfacer rutinariamente la demanda con la disposición del inventario efectivo, evidenciando la rápida comercialización de los productos y el manejo que reciben en el campo agroindustrial. A continuación se entrará en detalle el análisis marginal perteneciente al Modelo del Vendedor de Periodicos no-restringido.

ANÁLISIS MARGINAL

Para observar con claridad los resultados arrojados por el modelo News Vendor Problem no-restringido (caso discreto), se emplea la tabla 12 como resumen de los cálculos realizados durante el desarrollo del modelo, y bajo esta tabla se describirá la dinámica del método.

Tabla 12: Análisis Marginal.

Resultados Modelo NVP								
Ítems de estudio	Ingreso por Venta (Histórico)	Ux= Utilidad Esperada NVP	Ton Producto Prom. (Histórico)	Q*= Ton Producto a Ordenar (NVP)	Probabilidad $d \leq d_j$	P1= Nivel de Servicio NVP	P1*= Prob. Demanda < Q*	P2= Fill Rate
Papaya Selecta	\$ 10.817.353	\$ 23.377.669	39,50	45,56	64,80%	95,77%	63,40%	91,28%
Papaya Corriente	\$ 8.704.265	\$ 4.616.452	17,02	16,52	45,95%	90,93%	44,22%	87,59%
Pimentón Selecto	\$ 3.887.605	\$ 2.371.460	4,05	4,41	58,65%	92,31%	58,01%	92,47%
Pimentón Colores	\$ 341.802	\$ 998.052	0,41	0,60	80,96%	90,96%	79,20%	89,82%

Fuente: Elaboración propia.

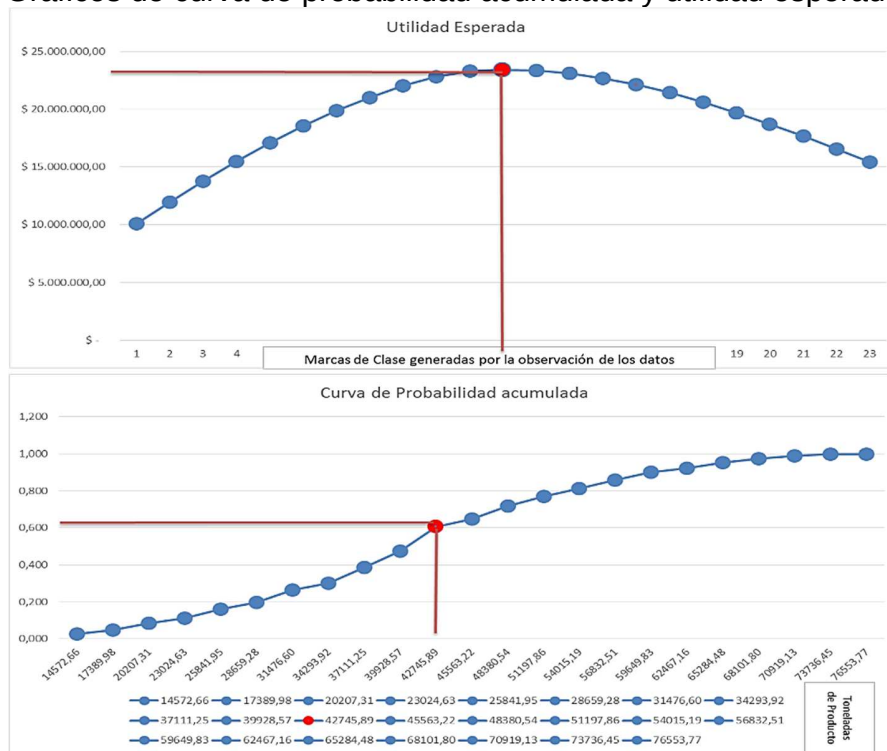
Para explicar la mecánica tomada en la determinación de la cantidad Q , se aclara en primer lugar que las toneladas de producto a pedir que arroja el Modelo NVP (News Vendor Problem) son representadas por marcas de clase de los intervalos de volumen de producto a través de una tabla de frecuencia, de esta manera se empieza calculando la probabilidad de que la demanda sea menor a Q^* (Cantidad óptima a pedir) representada como P_1^* y su cálculo deriva del cociente de las diferencias entre el precio de venta del producto con el valor de adquisición y el precio de venta del producto con el valor de salvamento del mismo, luego se escoge la marca de clase con la Probabilidad $d \leq d_j$ más cercana a P_1^* , se determinan el nivel de servicio P1, el fill rate P2 y se determina su utilidad. Para el caso de Papaya Selecta el P_1^* con del 63.40%, presenta como mejor marca de clase 45.56 toneladas que generan una utilidad esperada de \$ 23.377.669 pesos, y es mayor a los 39.50 toneladas promedio que actualmente maneja la empresa. Análogamente puede decirse que su nivel de servicio P1 del 95.77% y el fill rate de 91,28% son aceptables, es decir, que puede entregar pedidos a los clientes con una probabilidad baja de no cumplir con los pedidos.

A comparación de los ítems Papaya corriente, Pimentón Selecto y Pimentón Colores, que presentan las siguientes probabilidades de satisfacer a los clientes con un nivel de servicio del 90.93%, 92.31% y 90.96%, el ítem Papaya Selecta posee mayor nivel de servicio P1 que los demás, y al considerar su fill rate puede inferirse que este producto presenta mayor oportunidad de aumentar sus volúmenes de pedido favoreciendo su condición como producto al tener una alta demanda y ser ítem especial Clase A.

La realización del proceso de iterativo para el news vendor problem que se encuentra en el anexo L: modelo NVP se conforma dado el número de marcas de clase que se obtienen mediante la tabla de frecuencias generadas a partir de los datos históricos de la demanda encontrados en los informes de ventas otorgados por la empresa y generados de manera aleatoria de acuerdo a la función que describe su comportamiento. Posteriormente se excluyen datos atípicos para el estudio que consisten en valores negativos para la demanda y que superen los datos observados por encima de la desviación típica.

Luego se asigna la probabilidad de ocurrencia y probabilidad acumulada de cada marca de clase, por consiguiente se tabulan los factores precio de venta, valor de adquisición, y valor de salvamento los cuales conforman la estructura de ingresos menos costos contenidos en el cálculo de la utilidad esperada en función de una cantidad a pedir de los productos del ejercicio de evaluación. El hecho de emplear las probabilidades de ocurrencia de las clases a la estructura de costos con los factores de producción y comercialización anteriormente mencionados genera como resultados la tendencia de la función frente al aumento de faltantes y excesos de productos conforme la demanda esperada, es decir que el punto donde la cantidad de producto genera el mayor beneficio en el esquema planteado es producto del equilibrio entre tener faltantes y escasez de producto por las condiciones de operación y comercialización del bien perecedero; este suceso es sustentado en la figura 10 donde se puede observar la curva de la utilidad esperada en función de la cantidad a pedir y el punto de equilibrio donde se encuentra la cantidad a pedir.

Figura 10: Gráficos de curva de probabilidad acumulada y utilidad esperada.



Fuente: Elaboración Propia.

Bajo la metodología del problema del vendedor de periódicos para un solo ítem no restringido (caso discreto), se obtuvo como resultado el mayor valor de utilidad esperada dados los factores de equilibrio en la función de beneficio asignados, como el costo por faltante y el costo por excedente de inventario, margen que solo es posible mediante un nivel de pedido extrapolado de la probabilidad de ocurrencia de la demanda, a su vez se pudo observar la curva de probabilidad acumulada donde se señala el valor de posible ocurrencia de la máxima utilidad esperada dentro del modelo, notandose la cantidad en kilogramos a pedir más recomendable, en la figura 10 el caso de la papaya selecta esta cantidad se sitúa en la cifra 45.563 kg un nivel de servicio P1 del 95.77% y un fill rate del 91.28% .

9. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO NVP USANDO SIMULACIÓN

Con base en los resultados generados en el capítulo anterior, el presente capítulo tiene como finalidad realizar un análisis de sensibilidad del modelo propuesto frente a la variación de la demanda y la fijación del precio de los productos, costos de producción, la ocurrencia de faltantes y excedentes, empleando la simulación de escenarios con variables correlacionadas.

La simulación pretende demostrar el comportamiento de las variables de entrada del modelo del vendedor de periodicos no-restringido (caso discreto), correlacionados con la variabilidad de índices económicos y demográficos que inducen el comportamiento pasado, presente y futuro, de estas variables; permitiendo una aproximación real a los escenarios más probables a los que el modelo se enfrentará. El output obtenido será al igual que en el modelo, la utilidad esperada, permitiendo conocer bajo que probabilidad se obtendrá la misma, sometida a la turbulencia del escenario más probable. A su vez, dada la interactividad que permite el software seleccionado (*Palisade Decision Tool @Risk version 6.3 – Trial Version*); diseñado para el análisis de riesgo financiero, posibilita interactuar con el comportamiento de las probabilidades, explorando el valor de la utilidad esperada en múltiples circunstancias.

9.1. DEFINICIÓN DE INDUCTORES

Para el desarrollo de la simulación, primero se enuncian los inductores utilizados para variar el comportamiento de las variables de entrada del modelo del vendedor de periodicos.

➤ **Índice de precios al consumidor (IPC) como inductor del precio de venta (p).**

El índice de precios al consumidor (IPC) mide la evolución del costo promedio de una canasta de bienes y servicios representativa del consumo final de los hogares, expresado en relación con un período base. La variación porcentual del IPC entre dos periodos de tiempo representa la inflación observada en dicho lapso. El cálculo del IPC para Colombia se realiza mensualmente en el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), estos se presentan en el anexo A (Índice de Precios del Consumidor para P)

➤ **Índice de precios del productor (IPP) según la actividad económica, como inductor del costo de adquisición (v).**

El índice de precios del productor (IPP) es un indicador de la evolución de los precios de venta del productor, correspondientes al primer canal de comercialización o distribución de los bienes transados en la economía. La diferencia con el índice de precios al consumidor (IPC) se explica por qué un bien puede ser comercializado o distribuido por diferentes intermediarios que modificarán el precio de venta hasta llegar al consumidor final. Para mayor información sobre la metodología de cálculo del IPP, consulte la metodología usada por el DANE, estos se presentan en el anexo B (Índice de Precios del Productor para v)

➤ **Índice demográfico en series de Población 1985 - 2020, como inductor del valor por venta perdida (B).**

Bajo este título encuentra la serie completa de población por sexo y grupos quinquenales de edad y edades simples de 0 a 26 años. Igualmente se presenta una selección de indicadores que provienen de los procesos de conciliación censal y proyecciones de población para el período 1985 - 2020, para los niveles nacional y departamental sobre natalidad, fecundidad, mortalidad, esperanza de vida, migración y otros datos relacionados con el crecimiento y la dinámica de la población. Estos se presentan en el anexo O (Estimaciones Proyecciones 1985-2020 - Para B).

➤ **La Inflación Básica como inductor del valor de salvamento (s).**

La inflación básica es un concepto que busca aproximar el comportamiento de la inflación. La metodología tradicional para el cálculo de la inflación básica consiste en eliminar, de una manera ad-hoc, aquella parte de la inflación observada que es considerada “ruido” y que podría representar en buena parte los efectos de choques de oferta en el nivel general de precios encontrados en el Anexo C. El resultado es una medida “suavizada” de la inflación observada que tiende a asociarse con la “inflación de demanda”. Sin embargo, no existe, desde el punto de vista teórico, ninguna razón para pensar por qué dichos tipos de medidas son una aproximación adecuada de la inflación. Estos se presentan en el anexo C (Inflación Básica Para s).

Entre las metodologías encontradas para eliminar los movimientos de corto plazo, se encuentran los cálculos de promedios móviles de la serie de inflación observada, el filtro de Hodrick-Prescott, el filtro de Kalman, entre otros.

El análisis de la variabilidad y la correlación con las variables de entrada del modelo, se presentan en el anexo J (Estimaciones de Probabilidad).

9.2. DESARROLLO DE LA SIMULACIÓN.

Debido al alcance de la investigación se adoptaron herramientas computacionales como hojas de cálculo, pretendiendo esquematizar un modelo de estructura financiera constituido por las posibles ventas dado una demanda probabilística y los costos que comprenden la adquisición del ítem, con la finalidad de representar un modelo que genere los valores máximos y mínimos del beneficio esperado por el comercializador, analizando estas tendencias a través de intervalos de confianza que muestren las condiciones del mercado dadas por los inductores mencionados.

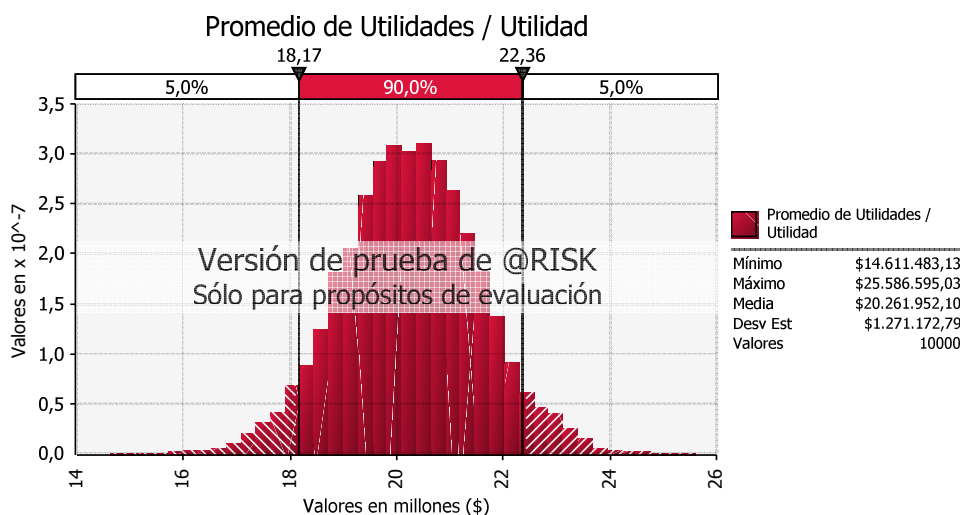
Para establecer la estructura del modelo se parte de la definición de los inductores que otorgan las tendencias y las distribuciones para las variables de entrada, se realiza una proyección recreando comportamientos generados por los inductores, con la finalidad de encontrar una estimación a la función de probabilidad que más se ajuste a cada ítem de estudio, esto garantiza mayor apropiado del modelo a las circunstancias reales que desean plasmar. El fin de este proceso de simulación es entregar un análisis de la sensibilidad de las variables de entrada del modelo del vendedor de periódicos, indicar la turbulencia que presentan las variables de valor de adquisición, precio de venta, costo por faltantes

sistema de la empresa frutas selectas, donde se analizaron los cuatro productos que conforman la clasificación A y B, dentro de sus esquemas de negocio, con base en la partición de las ventas de estos ítems, se generaron por cada corrida un promedio de 100 valores de utilidad, de igual forma se produce un intervalo de confianza de los posibles valores de la utilidad esperada por las corridas generadas en cada ítem de evaluado, tal como se aprecia en la figura 11 la cual muestra un intervalo de confianza del 95% con una media de \$ 20.261.952,10 pesos, para este producto, que es el más representativo en ventas para la empresa, en otras palabras la distribución de su demanda es uniforme durante todo el año fiscal. Para los productos papaya corriente, pimentón colores y pimenton selecto se generó el mismo nivel de confianza a tendencias de medias de \$ 4.404.586, \$ 962.095, \$ 2.317.891 respectivamente.

Para el análisis de las variables de entrada más importantes a las funciones de probabilidad del modelo, se emplearon gráficos de Tornado y Araña, el análisis consecuente al uso de estas herramientas determinó que la variable más sensible a los cambios percibidos durante la simulación son generados en gran parte al comportamiento del valor de adquisición del producto, dado los cambios ocurridos en el mercado del sector local agrícola.

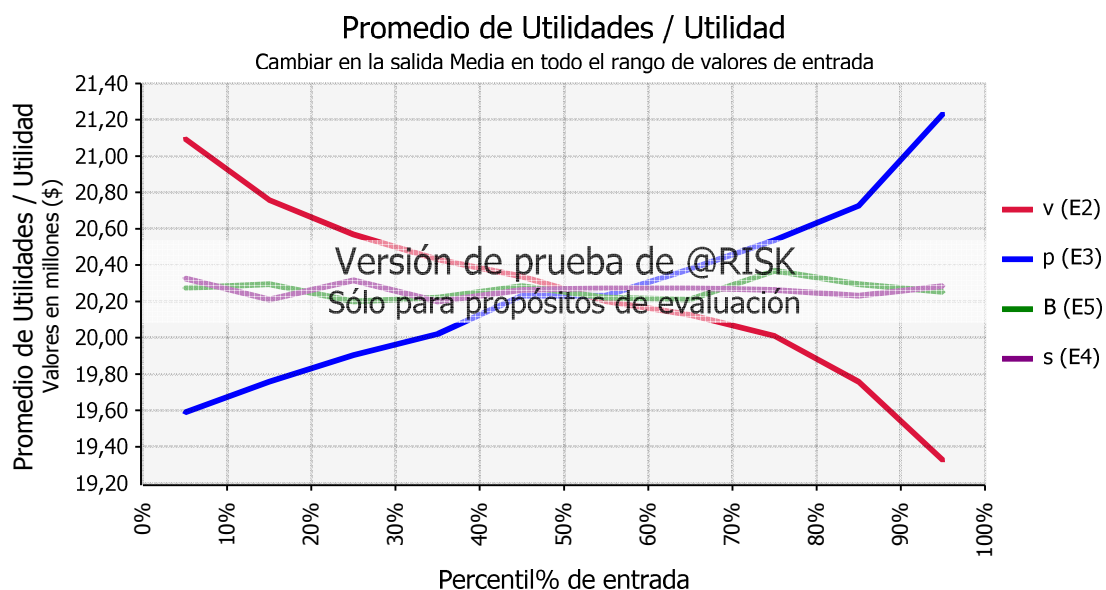
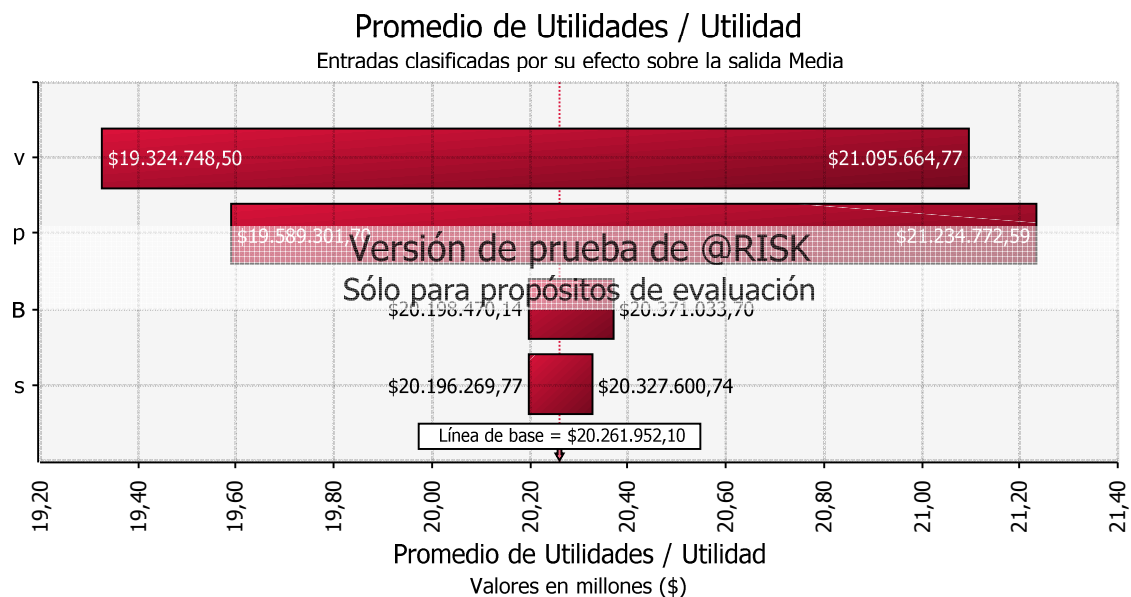
Concretado el análisis de las variables de entrada del modelo, se procede a realizar la descripción y observaciones de las salidas (outputs) de la herramienta computacional @risk frente a la simulación propuesta, la cual genera los resultados ilustrados la figura 13. En este cuadro se puede apreciar las tendencias como los valores mínimo, máximo, media y el intervalo de confianza generado por los escenarios producidos en la simulación de cada uno de los ítems de estudio.

Figura 11: Simulación Utilidades para ítem Papaya selecta.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 12: Gráficos de Tornado y Araña - Sensibilidad de las variables de entrada.

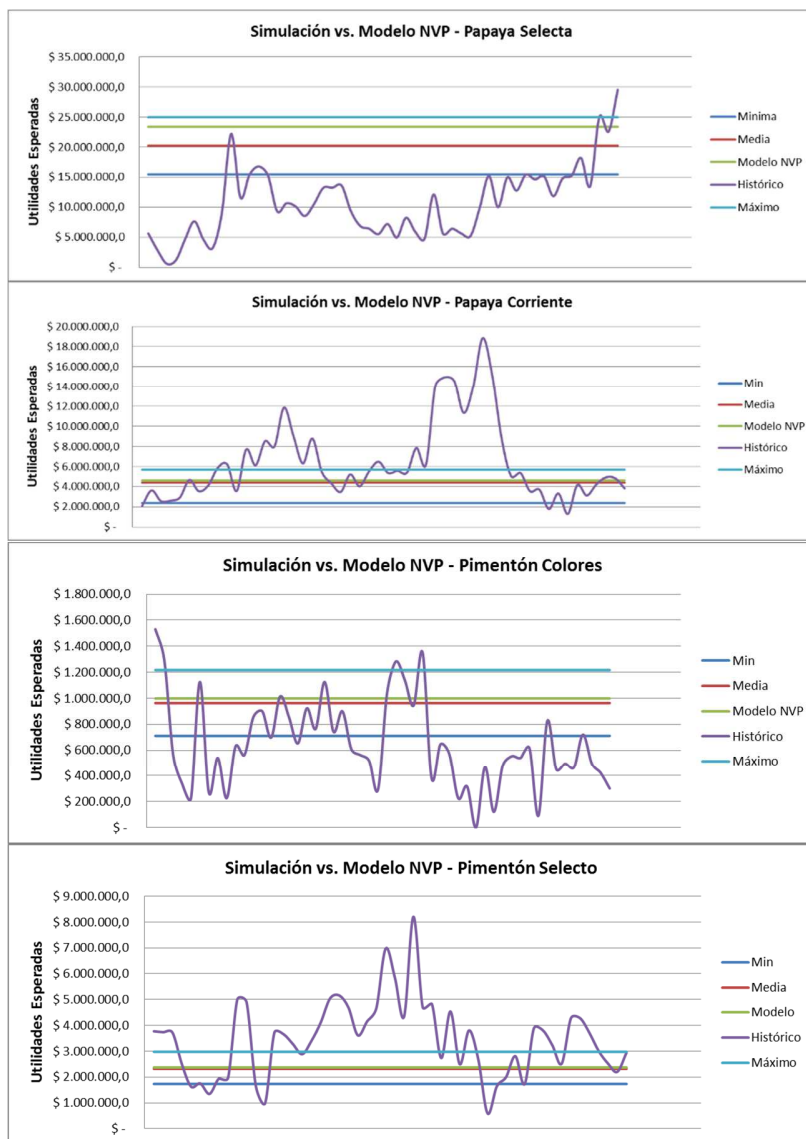


Fuente: Elaboración Propia.

Al abordar la simulación de las utilidades esperadas con los resultados del modelo, se generan los gráficos presentados en las figuras y donde se resalta que el primero en mención muestra que el modelo tiene un valor por encima de la media en todos los casos. Graficar los valores de venta históricos de las utilidades brutas generadas, permite observar para qué unidades de negocio, la mejora es más conveniente, a su vez, es importante analizar el comportamiento del ítem Papaya Selecta, donde el modelo y los valores proyectados de las variables de entrada del mismo, reflejan que este producto posee una evidente necesidad de ser gestión, bajo el método propuesto, utilizando el modelo del vendedor de periódicos. Las condiciones esperadas del mercado para el ítem Papaya Selecta, que se obtienen a través de la simulación, evidencian que se pueden

obtener mayores utilidades mediante el uso del modelo NVP; referente al caso aplicado, este mismo modelo arroja una utilidad esperada que se ubica por encima de la media a pesar de encontrarse fuera del límite máximo del intervalo de confianza, tal como se evidencia en la figura 11. Lo anterior significa que para este producto es posible mejorar la utilidad bruta esperada en un 104% con base en la utilidad histórica.

Figura 13: Simulación vs. Modelo NVP.

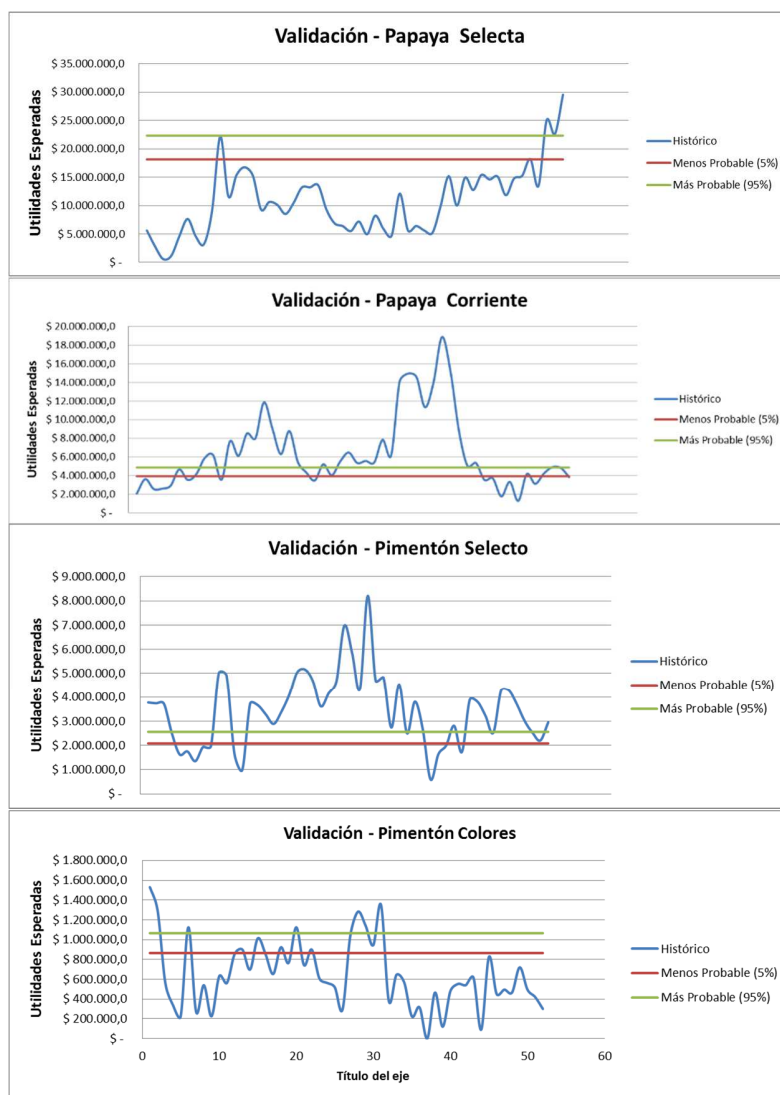


Fuente: Elaboración Propia.

El comportamiento de los intervalos de confianza para cada ítem, se puede mencionar que para el caso del ítem Papaya Selecta, el valor arrojado por el modelo se encuentra fuera del límite de aceptación con un corrimiento a la derecha, presentando mayores utilidades que el escenario más posible con un 95% de seguridad. Estos resultados no

se dan por problemas evidenciados en la interacción del modelo con la simulación, sino por características propias del producto, como son la significancia en el margen de utilidad bruta y el nivel de especialización en la comercialización del mismo, que le permite jugar con estrategias de precio y volumen; por esta condición la importancia que presenta el ítem para la empresa hace que su actividad comercial le dé mayores ingresos en comparación con los niveles esperados por la dinámica del sector. Para los ítems restantes, el análisis bilateral, revela que todos están dentro del intervalo.

Figura 14: Resultados de la validación del Modelo.



Fuente: Elaboración Propia.

A partir de las figuras 13 y 14 se puede evidenciar que la para los ítems papaya selecta y pimentón colores, existe una fuerte oportunidad para la aplicación del modelo, ya que

el mercado está capacitado para generar mayor margen de utilidad en las unidades de negocio respectivas, dado a que los históricos de ventas reflejan que la utilidades generadas están por debajo del proceso simulado y de la validación en el escenario más posible. Las estrategias de venta deberán sufrir una modificación mediante los planteamientos del modelo, con una catidad meta para la primera semana de 45,56 toneladas para papaya selecta y de 0,6 toneladas para el pimentón colores.

Los ítems papaya corriente y pimentón selecto, lo más adecuado es tomar el sistema (s,Q), ya que si utilizan los plantemientos del modelo news vendor problem, en la parte de revisión de inventario se encuentra un desfase, pues las utilidades obtenidas en los históricos son superiores a las arrojadas por el modelo, por tanto se deben tomar en cuenta los pronosticos e inventarios de seguridad obtenidos si en algún instante de tiempo la diferencia entre el pronóstico y el lanzamiento de la meta semanal presentan un desfase evidente con respecto a la cantidad Q del modelo.

En el siguiente capítulo, se presentan las conclusiones generales de la investigación así como los planteamientos para futuras investigaciones.

10. CONCLUSIONES

Las medidas para contrarrestar el nivel de pérdidas del sector agrícola en Colombia, permiten la inclusión de modelos matemáticos y su posterior validación a través de la simulación como herramientas técnicas encaminadas a ampliar la certeza con la cual las decisiones son tomadas por las organizaciones, desde el campo operativo, táctico y el direccionamiento estratégico. Existe cierta dificultad para adaptar los modelos de productos perecederos al sector de comercialización de frutas y verduras frescas, ya que la literatura es escasa y en su mayoría, sólo se enfocan en problemas de distribución o minoristas, lo que obliga a generar casos específicos de aplicabilidad y con supuestos que fundamenten el comportamiento real del sistema, conclusión obtenida de la etapa de diagnóstico, adicional a esto es importante destacar el uso de las herramientas con las que se realizó el estudio de direccionamiento estratégico de la empresa durante la etapa de prefactibilidad, ya que permitieron una aproximación concreta de factores internos y externos, definiendo una propuesta de valor. La exploración palpable en los procesos de la cadena de abastecimiento, logran integrar los atributos que caracterizan a los productos a las operaciones logísticas de la empresa, en las condiciones que establece el mercado, definiendo los productos más apetecidos por el cliente en las unidades de negocio y el método organizacional que la empleado para suministro de esos productos.

Dado que el proyecto se ubica en el sector de alimentos, de manera indirecta se deben ofrecer herramientas para la manipulación eficiente de la nueva política de inventario, pero fundamentadas desde las características propias de la propuesta de valor de la empresa, con sus productos de alta calidad natural, es por ello que adicionalmente se aplica el algoritmo para la conformación de unidades estratégicas flexibles, herramienta que contempla de manera implícita los factores de almacenamiento y transporte, que responden a la pregunta: ¿Cómo ubicar de manera correcta las materias primas o productos terminados para evitar su deterioro en el proceso de producción y transporte?. Los grupos de compatibilidad generados por el algoritmo, van más allá de sopesar al etileno como factor de maduración, adicional a esta característica también plantea que debe existir una relación de precedencia entre los productos que más incrementan los ingresos brutos, que de aquellos que poseen menor participación, esto se da por la salvedad de que los productos ofrecidos pertenecen a los grupos de compatibilidad 5 y 6 (Ver anexo D: Grupos de Compatibilidad), por esta razón, si el mix de producción es dividido en clusters que variarán con la estrategia de mercadeo de la firma, esta adquirirá mayor flexibilidad, convirtiéndose en una ventaja comparativa y cumpliendo en este orden con el segundo objetivo específico de clasificar las frutas y verduras comercializadas para identificar las asociaciones entre las cadenas de cada producto.

El uso del sistema de control y revisión de inventario continuo, permitió establecer un mecanismo de órdenes apropiado para los ítems seleccionados, a partir de la definición e identificación de las cantidades de pedido (Q), el punto de reorden (s) y cálculo del

costo total relevante que se deriva de la relación entre los eslabones Cosecha y Comercializadora contribuyendo así en la administración y control de las existencias. Este sistema de control según el autor (Vidal, 2010, pág 185) se ajusta a los ítems clase A y B, ya que éstos generalmente presentan alta demanda y altos costos de adquisición como lo son los productos Papaya Selecta, Papaya Corriente, Pimentón Colores y Pimentón Selecto.

Por otra parte el problema del vendedor de periódicos perteneciente el caso no-restringido (caso discreto) es considerado para el caso de estudio, ya que establece de manera sencilla una política de ordenamiento que relaciona el ciclo de vida del producto con la temporada de planeación del modelo y la probabilidad de demanda. Otros modelos que igualmente contrastan, pero que no se basan en las políticas de inventarios, sino en la fijación de precios, distribución de estantería y establecimiento de contratos, cuentan con una baja aplicabilidad al presentar divergencia con las condiciones del mercado, escenario que para el país aún cuenta con múltiples factores que no garantizan la formalidad del negocio, y aún muchas de sus características de juego como el bajo nivel de sistemas de recopilación, gestión y feedback de la información no posibilitan su aplicación real. Es por ello que las entradas con las que juega el modelo considerado, son suficientes para ofrecer una solución de buena calidad al problema planteado y consecuentemente sigue los lineamientos de la empresa caso de estudio, pues al considerar el horizonte de planeación semanal, la organización tendrá sus metas de producción establecidas.

La interacción entre los métodos (s,Q) y NVP constituyen ventajas considerables en la administración de la cadena de suministro, pues resuelve las necesidades de conexión entre los eslabones para alcanzar un flujo correcto de producto con el cuál se espera garantizar la mayor utilidad esperada por medio de la información de ventas generadas por los últimos eslabones de la cadena, encontrando que los volúmenes de producto son controlados parcialmente por los proveedores conociendo los niveles de inventario de la comercializadora y la posibilidad de ocurrencia de exceso y faltante de producto, esto se debe a que la tasa de satisfacción del cliente (fill rate) calculada en el NVP, se consideró como parámetro insumo para el sistema de control de inventario continuo, garantizando un nivel de servicio aceptable para la empresa caso de estudio. Se puede además inferir que las características metodológicas del modelo propuesto se ajustan a los elementos de un ambiente VMI (Vendor Managed Inventory).

Al emplear los gráficos de Tornado y Araña, se pudo definir que las situaciones de pérdida o ganancia del negocio se dan según el comportamiento del valor de adquisición del producto, siendo este el más sensible a los cambios del mercado, pues según la oferta del mismo producto, los comerciantes deben emplear estrategias para confrontar posibles peligros causados por estas variantes en las variables contempladas en el modelo, decisiones que afectan directamente la programación de la producción de

productos, pero la manera en la que el inductor IPP se comporta en el país, causa que todas las inversiones tengan una alta volatilidad y por ende, puede llegar a desfasarse al nivel del punto de equilibrio obtenido entre el costo de producción y el precio de venta.

La simulación como herramienta de generación de escenarios aproximados a instancias reales, resulta un método adecuado, por los riesgos inherentes al entorno actual del caso estudio, donde hay variabilidad según las condiciones del mercado. Este método considera ésta situación, ya que en sus resultados se puede apreciar un rango de utilidades esperadas traducidas como los posibles valores dados las condiciones de los factores externos (variables de entrada) en el contexto de la empresa. Otro beneficio al uso de esta herramienta es el cálculo de la mayor utilidad esperada que puede generar la empresa en ciertas condiciones esquematizadas en el modelo, de la misma forma se puede analizar cuál será el valor mínimo de esta utilidad esperada contemplando 10.000 iteraciones, que reducen de una manera amplia la incertidumbre con la que pueda llegar a trabajar el modelo del vendedor de periódicos. En forma general el análisis de sensibilidad permitió no sólo realizar un estudio del modelo bajo las condiciones del mercado en diversos escenarios, que propicia el entorno de la organización, sino que además daba paso a examinar la variación de la demanda según datos históricos de ventas, frente a la información de la posible demanda generada por el modelo desarrollado, los resultados esperados en cuanto a la utilidad esperada y el fill rate demuestran que la empresa caso de estudio puede generar una mejor gestión en torno a las actividades relacionadas con la comercialización de los productos, teniendo en cuenta la ocurrencia de faltantes y excedentes para instantes de tiempo donde las ventas no alcanzan los niveles que requiere el mercado, por lo tanto la organización puede planear una fuerte estrategia de mercado en torno al análisis de las variables correlacionadas, como la que concierne al costo de adquisición del producto (v).

Esta herramienta fue empleada para visualizar puntualmente que cantidades de producto aportan mayor utilidad esperada a la empresa, conociendo el comportamiento de algunas variables externas del mercado como los son la Inflación básica, índice de precios del consumidor, índice de precios del productor y la tasa de crecimiento poblacional. De manera que pueda apreciarse en que intervalo la empresa está manejando su producción dentro de los volúmenes de producto que actualmente requiere el mercado que trabaja la empresa.

El futuro de las investigaciones en el sector agro, conllevará a una formalización del sector, así como la incorporación de sistemas de información que permitan la gestión de datos carentes en la actualidad, fortaleciendo las áreas de soporte logístico con competencias para brindar herramientas para la toma de decisiones y la reducción de las pérdidas generadas por los problemas de organización, gestión y control de inventarios.

Dada las características de los modelos evaluados, para futuros trabajos se sugiere considerar la variabilidad del Lead Time, dentro del planteamiento de la política de inventario y el modelo, teniendo como consecuencia un posible aumento potencial en el inventario de seguridad. Esto puede servir en condiciones atípicas muy comunes en el sector, como causas de variación natural, entre ellas condiciones climáticas, paros del gremio de transporte, inestabilidad geológica, entre otros, que pueden llegar a tener una variación significativa en el tiempo de reposición a pesar que la empresa caso de estudio cuenta con fortalezas logísticas que se derivan de la integración vertical.

El proyecto deja la puerta abierta para nuevos planteamientos, teniendo como mayor aporte el método que integra la validación de los modelos existentes como lo es el problema del vendedor de periódicos y el sistema de control de inventario continuo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVAREZ, C. A. (2010). Logística en Colombia: Camino hacia la competitividad - Universidad de los Andes. *Revista Económica de Supuestos*.
- BRODHEIM, E. (1975). On the evaluation of a class of inventory policies for perishable products such as blood. . *Management Science*, Vol. 21, No11.
- BURNETAS, A. N. (2000). Adaptive ordering and pricing for perishable products. *Operations Research*, Vol. 48, No 3.
- CALVO et al., G. &. (2012). Tendencias para la conservación de frutas de pepita. *redalyc*.
- CHOPRA, S. (2000). Seven-Eleven JAPAN Co. . *Kellog greaduate school of management. Northwestern University, Logistics an Supply Chain Management, Writeup basis for class discussion*.
- CHOPRA, S. y. (2004). Supply chain management: Strategy, Planning and Operation. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- DANE. (19 de 04 de 2013). *Precios de frutas y hortalizas 2013 DANE*. Obtenido de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Semana_16mar_22mar_2013.pdf
- DEL RÍO, N. A.-J. (1999). Aplicaciones del frío en post-cosecha de cítricos:. *Panarama actual. Levante Agrícola*, 358: 253-262.
- ERNST, R. y. (Agosto 1999). The effects of selling packaged goods on inventory decisions. *Management Science*, Vol.45, No 8.
- ERNST, R. y. (Agosto 1999). The effects of selling packaged goods on inventory decisions. *Management Science*, Vol.45, No 8.
- FAO, V. d. (1989). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/x5056s/x5056s03.htm>
- FENG, Y. y. (Julio 2000). Perishable Asset Revenue Management with Markovian Time Dependent Demand Intensities. *Management Science*, Vol.46, No 7.
- FENG, Y. y. (Marzo - Abril 1999). Maximizing revenues of perishable assets with a risk factor. *Operations Research*., Vol.47, No 2.
- FISHER, K. R. (2001). Optimizing inventory replenishment of retail fashion products MARSHALL. *Manufacturing & Service Operations Management*. , Vol. 3, No 3.

- FISHER, K. R. (2001). Optimizing inventory replenishment of retail fashion products
MARSHALL. *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 3, No 3.
- FRIES, B. E. (Enero 1975). Optimal Ordering Policy For A Perishable Commodity With
Fixed Lifetime. *En Operations Research*, Vol.23, No 1 .
- GERCHAK, Y. y. (1992). On the Effect of Demand Randomness on Inventories and costs.
Operations Research.
- GEUNES, J. P., & RAMASESH, R. V. (2001). Adapting the newsvendor model for infinite-
horizon inventory systems. *International journal of production economics*, Vol. 72.
- GOH, C.-H. (1993). Two-stage Perishable Inventory Models. *Management Science*. , Vol.
39, No 5 .
- ICTA Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. (2004). *Transformación y
Conservación de Frutas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá -
Programa Universidad Virtual 1999. (citado el 18 de noviembre).
- IRANI, S. (1999). *Handbook of Cellular Manufacturing Systems*. John Wiley & Sons.
- KADER, A. (. (1992). Postharvest Technology of Horticultural Crops. Second edition Publ.
3311. *Univ. Calif., Div. of Agr. and Nat. Resources*, pp. 296. .
- KAPUSCINSKI, R. e. (2004). Inventory decisions in dell's supply chain. *Interfaces*, Vol.34,
No 3.
- KAPUSCINSKI, R. e. (2004). Inventory decisions in dell's supply chain. . *Interfaces*, Vol.34,
No 3.
- LA GRA, J. (Junio de 1993). *Metodología para la Evaluación de Cadenas Agroalimenticias
(MECA) (en línea)*. Idaho: Organización de las naciones Unidas para la agricultura y
la alimentación (FAO): Universidad de Idaho.
- LIM, A., & RODRIGUES, B. y. (2004). Metaheuristics with local search techniques for
retailshelf-space optimization. *Management Science*. , Vol.50, No 1.
- LIMING, L. y. (1999). (s, S) Continuous review models for products with fixed lifetimes.
Operations Research, Vol 47, No 1.
- LIPPMAN, S. y. (1994). The Competitive Newsboy. *Operations Research*, Vol. 45, No 1.
- LÓPEZ, B. S. (s.f.). *Ingenieros industriales*. Recuperado el 18 de Marzo de 2014, de
[http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-
industrial/administraci%C3%B3n-de-inventarios/control-de-inventarios-con-
demanda-determin%C3%ADstica/](http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/administraci%C3%B3n-de-inventarios/control-de-inventarios-con-demanda-determin%C3%ADstica/)

- Martínez, J. M. (1987). Improving storage life of citrus fruits by temperature management.
- MEDINA, P. e. (2008). Programming Problem of Operations and Tools in a Flexible Manufacturing System: Loading Heuristic Phase II. *Scientia Et Technica*.
- MINISTERIO DE SALUD. (s.f.). Decreto 3075 de 1997.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE. (2000). *NTC 4788*. Colombia: ICONTEC.
- MONTEALEGRE, B. y. (2001). Caracterización y propuesta de mejoramiento de cadena logística de un producto perecedero en el Valle del Cauca: caso particular tomate de mesa, Trabajo de Grado (Ingenieros Industriales). Cali: Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Industrial y Estadística .
- NAHMIAS, S. (1976). Myopic approximations for the perishable inventory problem. *Management Science*, Vol. 22, No 9.
- NAHMIAS, S. (1977). On ordering perishable inventory when both demand and lifetime are random. *Management Science*, Vol. 24, No 1.
- NAHMIAS, S. (1982). Perishable Inventory Theory: A Review. *Operations Research*, Vol. 30, No 4. .
- PASTERNAK, B. A. (1985). Optimal pricing and return policies for perishable commodities. *Marketing Science*, Vol. 4, No 2.
- PERRY, D. (1999). Analysis of a sampling control scheme for a perishable inventory system. *Operations Research*. , Vol. 47, No 6.
- PERRY, D. y. (1998). An (s - 1, S) Inventory system with fixed shelf life and constant lead times. *Operations Research*., Vol. 46, No 3.
- PETRUZZI, N. C. (1999). Pricing and the newsvendor problem: a review with extensions. *Operations Research*, Vol. 4, No 2 .
- PIERSKALLA, W. P. (1972). Optimal issuing policies for perishable inventory. *Management Science*, Vol.18, No 11 .
- RIDDER, A., & VAN DER LAAN, E. y. (1998). How larger demand variability may lead to lower costs in the newsvendor problem. *Operations Research*, Vol.46, No 6.
- RODRÍGUEZ Sarasty, J. A. (2007). "Diseño y evaluación de modelos de abastecimiento de productos de corto ciclo de vida" – Universidad del Valle.
- S.L. Narasimhan, D. M. (1996). *Planeación de la producción y control de inventarios*. 2da Edición.

- SCHMIDT, C. P. (1985). (S - 1,S) Policies for perishable inventory. *Management Science*, Vol. 31, No 6.
- SERRANO, M. J. (2009). *Gestión de aprovisionamiento*. Madrid: Paraninfo .
- SILVA-RISSE, J. M., & BUCKLIN, R. E. (1999). A decision support system for planning manufacturers' sales promotion calendars. *Marketing Science*, Vol. 18, No 3.
- SILVER, E. A. (1998). Inventory management and production planning and scheduling. New York: John Wiley and Sons.
- SMITH, S. A. (1998). Clearance pricing and inventory policies for retail chains. *Management Science*, Vol. 44, No 3 .
- STEVEN, N. ((1975)). Optimal Ordering Policies for Perishable Inventory--II. *Operations Research*, Vol. 23, No 4.
- STOCK, J. R. (2001). *Strategic logistics management. 4 ed.* New York:. McGraw – Hill.
- TORO DIAZ, H. H. (2001). Modelación matemática de la cadena de abastecimiento en busca de localización eficiente de plantas y/o centros de distribución en el ámbito Colombiano.
- VERNON, N. H. (2000). . Dynamic Economic Lot Size Model with Perishable inventory. . *En: Management Science*, Vol. 46, No. 8.
- VERNON, N. H. (2000). Dynamic Economic Lot Size Model with Perishable inventory. *Management Science*, Vol. 46, No. 8.
- VIDAL, C. J. (2004). Material de clase: Investigación de Operaciones I. *Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería*.
- VIDAL, C. J. (2010). *Fundamentos de control y gestión de inventarios*. Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería.
- WEBSTER, S. y. (2000). A Risk-free Perishable Item Returns Policy. *Manufacturing & service operations mgmt*, vol.2, no 1.
- YAHIA, e. a. (1995). Application of differential scanning calorimetry (DSC) of avocado and mango fruits stored in an insecticidal atmosphere. *HortScience* 29, (5) 448.
- ZÚÑIGA Q. Carlos Alberto, G. G. (2006). “Diseño de una metodología para la aplicación de modelos en la gestión de inventarios perecederos, con énfasis en frutas y verduras” – Universidad del Valle.