

MEJORAMIENTO DE LAS BODEGAS DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO
TERMINADO DE LA EMPRESA SAAFARTEX SA.

OLIVER RUBIO MAYA
ANA MARÍA RUBIO MAYA

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN
MEDELLÍN
2011

MEJORAMIENTO DE LAS BODEGAS DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO
TERMINADO DE LA EMPRESA SAAFARTEX SA.

OLIVER RUBIO MAYA
ANA MARÍA RUBIO MAYA

Trabajo de grado para optar por el
título de Ingeniería de Producción

Francisco Javier Rangel Zuluaga
Ingeniería de Producción

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN
MEDELLÍN
2011

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las personas que de una manera u otra colaboraron para la culminación exitosa de este proyecto. En especial agradecemos a:

El señor Francisco Rangel, nuestro asesor, que nos apoyó en el desarrollo de este proyecto.

Los señores Diana Ruiz y Deivis Rincón, nuestro suministro de información de la empresa.

El señor Amir Saab, Gerente general de Saafartex SA por darnos la oportunidad de elaborar nuestro proyecto de grado en su empresa.

La señora Daniela Restrepo por vincularnos con este proyecto y su apoyo.

Los familiares y amigos por su apoyo moral.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	14
1 MARCO TEÓRICO	16
1.1 ALMACEN	16
1.2 ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE PRODUCTOS.....	21
1.3 DISEÑO DE UN ALMACÉN.....	31
1.4 INVENTARIOS	35
1.5 CLASIFICACIÓN ABC.....	36
1.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	38
1.7 CÁLCULO DEL VOLUMEN OCUPADO	39
2 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS DE ALMACENAMIENTO ACTUAL DE LA EMPRESA.	42
2.1 PROCESO DE CORTE.	43
2.2 PROCESO DE DESPACHO DEL PRODUCTO TERMINADO.....	48
2.3 RECIBO DE PRODUCTOS	52
2.4 DESPACHO DE PRODUCTOS.....	53
2.5 FLUJO EN LA ACTUALIDAD	56
3 EVALUAR Y SELECCIONAR LOS EQUIPOS Y SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS AL INTERIOR DE LAS BODEGAS....	57
3.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	57
3.2 SELECCIÓN DEL EQUIPO PARA EL ALMACENAMIENTO.....	60
3.3 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PICKING.....	62

4	ANÁLISIS DE TIPOLOGÍA DE PRODUCTOS, DEMANDA E INVENTARIOS ...	70
4.1	PRODUCTO TERMINADO.....	71
4.2	MATERIAS PRIMAS.....	79
4.3	INSUMOS.....	88
5	MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS BODEGAS DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO TERMINADO.....	95
5.1	VOLUMEN OCUPADO PRODUCTO TERMINADO.....	95
5.2	VOLUMEN OCUPADO MATERIAS PRIMAS.....	96
5.3	VOLUMEN OCUPADO INSUMOS.....	98
5.4	PASILLOS.....	101
5.5	ZONA DE RECIBO Y DESPACHO DE PRODUCTOS.....	102
5.6	NUMERO DE PUERTAS.....	103
6	PLANOS DE LA DISTRIBUCION.....	104
6.1	ALTERNATIVA 1.....	104
6.2	ALTERNATIVA 2.....	105
6.3	ALTERNATIVA 3.....	106
6.4	ALTERNATIVA 4.....	107
6.5	ANÁLISIS DE LOS FLUJOS FÍSICOS DE CADA ALTERNATIVA.....	108
7	PRESUPUESTO.....	110
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
9	BIBLIOGRAFIA.....	115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de las características de los productos que ingresan a las bodegas.	52
Tabla 2. Descripción de las características de los productos que salen de las bodegas.	53
Tabla 3. Matriz de ventajas y desventajas del almacenamiento, picking, packing y equipos para almacenaje para las bodegas.	54
Tabla 4. Resumen de los sistemas y equipos de almacenamiento seleccionados.	69
Tabla 5. Clasificación ABC por volumen despachado y frecuencia de salida de productos.	71
Tabla 6. Clasificación ABC por volumen despachado y frecuencia de salida de producto terminado.	72
Tabla 7. Promedio, máximo y percentil 90 del volumen de entradas, salidas e inventarios de PT.	79
Tabla 8. Clasificación ABC por volumen despachado y frecuencia de salida de materias primas.	80
Tabla 9. Promedio, máximo y percentil 90 del volumen de entradas, salidas e inventarios de MP.	87
Tabla 10. Clasificación ABC por volumen despachado y frecuencia de salida de insumos.	88
Tabla 11. Promedio, máximo y percentil 90 del volumen de entradas, salidas e inventarios de Insumos.	94
Tabla 12. Cálculo del número de módulos requeridos para producto terminado en estantería paquetería con base en la posición caja.	96
Tabla 13. Cálculo del número de módulos requeridos para producto terminado en estantería paquetería con base en la posición pallet.	96

Tabla 14. Cálculo del número de módulos requeridos para materias primas en estantería convencional con base en el número de rollos por nivel.....	98
Tabla 15. Posiciones caja para insumos.....	99
Tabla 16. Cálculo del número de niveles necesarios, discriminado según la posición caja.	99
Tabla 17. Cálculo del número de módulos requeridos para insumos en estantería paquetería con base en las diferentes <i>posición caja</i> determinadas.....	100
Tabla 18. Resumen del número de módulos y estanterías por cada área.....	101
Tabla 19. Dimensión de los pasillos por cada área.....	101
Tabla 20. Cálculo del área total para la zona de recibo y despacho de mercancía.	102
Tabla 21. Cálculo del número de puertas totales para la zona de recibo y despacho de mercancía.....	103
Tabla 22. Características de cada alternativa de distribución de las bodegas.....	108
Tabla 23. Cotizaciones para las estanterías con diferentes empresas.	110
Tabla 24. Cotización por cada alternativa de los sistemas, equipos y herramientas de almacenamiento.....	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Montacargas de contrapeso, Yale: ERP16VF.	24
Figura 2. Montacargas de doble alcance, Yale:MR14/ MR14H/ MR16.....	24
Figura 3. Montacargas order picker, Yale: MTC10/MTC13/MTC15.....	25
Figura 4. Gato manual, Yale: ELPM2.5/PLPM2.5.....	26
Figura 5. Gato eléctrico, Yale: MP25HD/MP30HD.....	26
Figura 6. Tipos de estanterías para producto paletizado.	27
Figura 7. Tipos de estanterías para picking.	28
Figura 8. Entreplanta de tres niveles.	30
Figura 9. Sistema de estanterías cantiléver.	31
Figura 10. Posicionamiento del tipo de pasillos en dos centros de distribución.....	32
Figura 11. Decisiones clasificación ABC.....	38
Figura 12. Dimensiones de una caja.....	40
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de corte.	43
Figura 14. Dimensiones de un nivel de estantería para materias primas.	44
Figura 15. Proceso de medición y corte de tela.....	46
Figura 16. Alistamiento del producto cortado.....	47
Figura 17. Diagrama de flujo del proceso de despacho de producto terminado. ...	48
Figura 18. Vista superior de las estanterías.....	49
Figura 19. Vista frontal de una estantería y distribución ejemplificada de los productos de 130 hilos por tamaño.....	50
Figura 20. Flujo de las bodegas de Saafartex SA actualmente.	56
Figura 21. Ejemplificación del almacenamiento para lencería en estantería paquetería.....	58
Figura 22. Componentes básicos de una estantería de paquetería.....	59
Figura 23. Montacargas order picker en operación.....	61
Figura 24. Formación de pallets de productos terminado.	62
Figura 25. Componentes básicos de un entreplantas.....	64

Figura. 26. Despacho de pedidos diarios en el 2010.	65
Figura 27. Ubicación del número de referencia versus el número de pedidos por día y su impacto en la selección del sistema de orden de pedido.	66
Figura 28. Cantidad de referencias por pedido de producto terminado en el 2010.	67
Figura 29. Clasificación ABC volumétrico de producto terminado del año 2010....	73
Figura 30. Clasificación ABC mixta para producto terminado en año 2010.	74
Figura 31. Frecuencia de despachos de PT vs. % de las unidades despachadas.	74
Figura 32. Inventario diario en unidades de PT en el año 2010.	75
Figura 33. Entrada y salida de unidades promedio de PT en los días de la semana del año 2010.	76
Figura 34. Entradas diarias en volumen de PT en el año 2010.	77
Figura 35. Salidas diarias en volumen de PT en el año 2010.	77
Figura 36. Inventario diario en volumen de PT en el año 2010.	78
Figura 37. Clasificación ABC mixta para materias primas en año 2010.	80
Figura 38. Clasificación ABC volumétrico de materias primas del año 2010.	81
Figura 39. Rollos despachados de materias primas por familia, organizadas en orden de las unidades despachadas.	82
Figura 40. Frecuencia de despachos de MP vs. % de los rollos despachados.	83
Figura 41. Inventario diario en rollos de MP en el año 2010.	84
Figura 42. Entrada y salida de rollos promedio de MP en los días de la semana del año 2010.	84
Figura 43. Entradas diarias en volumen de MP en el año 2010.	85
Figura 44. Salidas diarias en volumen de MP en el año 2010.	86
Figura 45. Inventario diario en volumen de MP en el año 2010.	87
Figura 46. Clasificación ABC mixta para insumos en año 2010.	89
Figura 47. Clasificación ABC volumétrico de Insumos del año 2010.	89
Figura 48. Frecuencia de despachos de Insumos vs. % de las unidades despachadas.	90
Figura 49. Inventario diario en unidades de insumos en el año 2010.	91

Figura 50. Entrada y salida de unidades promedio de Insumos en los días de la semana del año 2010.	91
Figura 51. Entradas diarias en volumen de Insumos en el año 2010.	92
Figura 52. Salidas diarias en volumen de Insumos en el año 2010.	93
Figura 53. Inventario diario en volumen de Insumos en el año 2010.....	94
Figura 54. Número de diámetros de la familia 180 H 50/50 – 135, que ocupan un nivel de estantería convencional.....	97
Figura 55. Cajas de mayor popularidad en el área de insumos y sus respectivas cajas plásticas sugeridas.	100
Figura 56. Alternativa 1 de distribución.....	104
Figura 57. Alternativa 2 de distribución.....	105
Figura 58. Alternativa 3 de distribución.....	106
Figura 59. Alternativa 4 de distribución.....	107
Figura 60. Flujo de la alternativa 4 de distribución.....	112

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Alternativa 1.....	117
ANEXO B: Alternativa 2.....	118
ANEXO C: Alternativa 3.....	119
ANEXO D: Alternativa 4.....	120

GLOSARIO

FIFO Es el acrónimo en inglés de first in, first out (primeros en entrar, primeros en salir), es un método utilizado en el manejo de inventarios donde el primer producto en llegar al área de almacenamiento es el primero en salir.

MÓDULO Es el cuerpo de una estantería que consta de una columna y varios niveles.

NIVEL Es la subdivisión realizada por un entrepaño en un módulo de forma horizontal.

PACKING Es el proceso de embalaje u empaque de los productos para su despacho final.

PICKING Es el proceso de acopio de material en el cual se extraen unidades o conjuntos empaquetados de una unidad de empaquetado superior que contiene más unidades que las extraídas. Este puede ser de unidades cuando se extraen productos unitarios de una caja; o de cajas, cuando se recogen cajas de un pallet o de un contenedor.

PISO Es el nivel inferior horizontal de un entreplanta.

SISTEMA HOMBRE PRODUCTO Es el sistema en el cual el operario realiza las operaciones implicadas con el producto (picking y packing) de forma directa y manual.

RESUMEN

El siguiente proyecto está enfocado para empresas, profesionales y estudiantes que deban consolidar procesos en una misma ubicación, requieran diseñar una distribución de la planta de una instalación y busquen el mejoramiento para el almacenamiento y manejo de grandes volúmenes de referencias. El proyecto descrito a continuación nace de la necesidad de la empresa Saafartex SA de mejorar la distribución y el sistema de almacenamiento de las bodegas de materias primas y producto terminado. Para lograr dicho objetivo se utilizaron herramientas propias de la carrera de Ingeniería de Producción como las decisiones de almacenamiento, decisiones estratégicas y diseño de lay out. Igualmente se utilizaron principios estadísticos y de costos y presupuestos. Como resultado final se incluyen los planos de distribución de las bodegas de materias primas y producto terminado; el listado de equipos y sistema de almacenamiento seleccionados con justificación; la evaluación del flujo de las bodegas y tiempos de desplazamiento con respecto la distribución física propuesta.

INTRODUCCIÓN

Con la creciente comunicación e interdependencia entre los distintos países que han unificado sus mercados, sociedades y culturas, a través de una serie de transformaciones que le dan un carácter global, se han generado necesidades comerciales más competitivas y por lo tanto más rígidas y exigentes; es así como la distribución y el almacenamiento de productos han adquirido un nivel de talla mundial.

Entendiendo esta problemática, la empresa Saafartex SA ha adquirido un lote de 2000 m² (con altura máxima de construcción de 20 metros) en la nueva zona franca de Barranquilla (ZOFIA); con el fin de unificar la parte administrativa y área de despachos ubicados en la zona industrial de Barranquilla (vía 40), el área de corte, materias primas e insumos localizados en la zona franca, y por último, las bodegas de almacenamiento alternas cerca de la zona franca.

El objetivo principal es el mejoramiento de la distribución y el sistema de almacenamiento de las bodegas de materias primas y producto terminado. Para dicho fin se analizaron los datos históricos de inventarios, flujos de entrada y de salida de productos en las diferentes áreas, con el fin de determinar el volumen necesario para la nueva distribución; por otro lado, se evaluaron los flujos de las bodegas, la metodología y las herramientas de almacenamiento al interior de las bodegas y los tiempos de desplazamiento entre las bodegas; para realizar una comparación de lo actual con la propuesta de mejoramiento.

Al término del proyecto se desarrollan varias alternativas viables de distribución y almacenamiento, además de la descripción de equipos y sistemas de almacenamiento adecuados para los productos implicados e, igualmente mejoras en los flujos y tiempos de desplazamientos.

La metodología descrita a continuación es un legado para futuras expansiones o nuevos centros de distribución que la empresa desee realizar en el corto o mediano plazo.

1 MARCO TEÓRICO

1.1 ALMACEN

Según la función de la empresa, existen lugares donde se deben almacenar los productos, ya sean materias primas, productos en proceso o productos terminados. En las empresas manufactureras este lugar es indispensable y representa un gran valor, por esto se debe hacer hincapié en la logística y organización del mismo, para reducir los costos, movimientos innecesarios y tiempos perdidos.

1.1.1 Tipos de almacenes¹.

El tipo de almacén es definido por ciertas variables interpuestas por el producto a almacenar y el cliente final. A continuación se presentan los tipos de almacén más comunes:

- *De acuerdo con el grado de protección:* se elige protección para el producto almacenado contra el efecto de diferentes agentes atmosféricos, el almacenamiento posee características que faciliten su agrupación al aire libre (carros, gaseosas) o en contraparte presenta limitantes que exigen su almacenamiento en almacenes cubiertos, en este último grupo se encuentran la mayoría de productos.

¹ Esta información es una abstracción tomada de: España. Mecalux SA. Manual técnico de almacenaje. Barcelona: Mecalux; 1998, 33-43 p., y ARRIETA, Juan G. (Notas tomadas de clase magistral, Abril de 2011), Docente de gestión de inventarios y almacenamiento. Universidad EAFIT. Medellín.

- *De acuerdo con el tipo de material almacenado:* en este caso se determina almacenar los productos según su participación en el flujo de producción, es así como se realizan almacenes de materia prima, producto terminado y producto en proceso.

- *De acuerdo a su función dentro de la empresa:* en este tipo de función existen varios subtipos:
 - Almacenes generales de depósito: su objetivo es recibir y manejar la mercancía de terceros. Sus ingresos económicos son obtenidos en base al espacio ocupado y al valor de la mercancía almacenada.
 - Almacenes de servicio: se encuentran en cualquier industria y se almacena cualquier tipo de materia prima, producto en proceso o producto terminado.
 - Almacenes logísticos: su función es administrar la parte logística de una empresa, para dicho fin agrupa los productos de la empresa implicada y luego procede a realizar la distribución al cliente final.
 - Almacenes de distribución: son aquellos donde se almacenan productos en altos volúmenes (depósitos), para luego ser conducidos al punto de consumo final.

- *De acuerdo con su localización:* la ubicación estratégica de almacenamiento determina este criterio y genera los siguientes tipos:
 - Almacenes regionales: se encuentran ubicados cerca de los lugares de mayor consumo en una región o área de influencia.

- Almacenes centrales: su función principal es abastecer los almacenes regionales, es por ello que poseen una capacidad muy alta. Se ubican normalmente cerca de los centros de producción implicados.
 - Almacenes de tránsito: se sitúan estratégicamente para alojar y despachar mercancía momentáneamente, porque en ocasiones los centros regionales se encuentran muy alejados.
- *De acuerdo con su grado de mecanización:* los productos pueden requerir medios mecánicos para su almacenamiento, según los medios que existan se clasifican en:
 - Almacenes convencionales: la altura máxima es de 6-7 metros y requieren de la utilización de medios mecánicos independiente de los productos que posea.
 - Almacenes de alta densidad: su altura es superior a los 10 metros, y los pasillos de circulación son reducidos dependiendo de los elementos de manipulación y carga utilizados.
 - Almacenes automatizados.

1.1.2 Operaciones en un centro de distribución².

Indiferente del tipo de centro de distribución, se comparte el mismo principio de flujo de materiales. Esencialmente, se reciben grandes embalajes de productos, lo

² BARTHOLDI, John J.; STEVEN T, Hackman. Warehouse & Distribution science. Version 0.94. Atlanta: The Supply Chain and Logistics Institute School of Industrial and Systems Engineering Georgia Institute of Technology, 2011. 23-29 p.

preparan y almacenan, a continuación y en respuesta a las peticiones del cliente, se divide en escala menor a la inicial y se despacha al cliente.

La reorganización del producto se lleva a cabo a través de los siguientes procesos físicos:

- Proceso de entrada:
 - *Recepción*: Es la parte inicial del proceso y usualmente tiene un injerencia económica del 10% de los costos operativos. Dicho proceso comienza con la notificación previa de la llegada de las mercancías. Esto con el fin de programar la recepción, descarga y coordinación, de manera eficiente con otras actividades dentro del almacén. A continuación se procede a la recepción, inspección y verificación del producto, con lo cual se genera la información de las unidades disponibles en el almacén. Debe tenerse en cuenta que los productos llegan en su mayoría en estibas, lo cual conlleva al embalaje en gran escala.
 - *Almacenaje*: Proceso mediante el cual se determina previamente el espacio y lugar que ocupará el o los productos provenientes del área de recepción. Dicho proceso representa el 15% de los costos de operación; este determina en gran parte la eficiencia en el proceso de preparación de pedidos, y es el principio de la preparación de pedidos.

Para dicho fin se habla de cuatro principios:

- ✓ Ubicación directa: se utiliza la práctica del cross-docking, en la cual el producto llega al área de recepción y es transferido directamente al área de despacho o muelle sin experimentar inspección, verificación, almacenamiento, preparación entre otros procesos propios de un almacén; o en su defecto se procede a ubicar los productos en la zona de preparación.
- ✓ Ubicación dirigida: en la cual se le indica al operario la ubicación del producto respecto al sitio y volumen, con el fin de maximizar la densidad de almacenamiento y la productividad operativa.
- ✓ Ubicación por lote y por secuencia: se ubican y clasifican los productos según su orden de entrada.
- ✓ Ubicación combinada: se utiliza la extracción y abastecimiento de forma armónica con el fin de limitar el recorrido vacío de los medio de transporte.

Para dicho principio el montacargas de contrapeso se comporta de forma óptima, porque permite la realización de los procesos implicados.

- Proceso de salida:
 - *Preparación de pedidos:* Tras la recepción y ubicación de un pedido se procede a realizar la preparación, que representa alrededor del 55% de los costos de operación del almacén, y a su vez la mayor parte de los costos operativos del almacén.

La preparación de pedidos presenta las siguientes operaciones:

- ✓ Recorridos 55%.
 - ✓ Búsqueda 15%.
 - ✓ Extracción 10%.
 - ✓ Papelería, trabajos de oficina y otros 20%.
- Comprobación, embalaje y transporte: Finalmente en esta etapa se procede a la verificación final, empaquetamiento y envío. Para dicho efecto se deben tener en cuenta factores como:
- ✓ Selección adecuada de las unidades de empaquetamiento con respecto a costo y espacio.
 - ✓ Cargas de contenedores y aprovechamiento de los espacio vacíos posibles.
 - ✓ Control de peso y puerta de despacho.

1.2 ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE PRODUCTOS

1.2.1 Equipos de almacenamiento y manipulación de productos³.

Existen varios equipos que buscan reducir los costos de mano de obra e incrementar el espacio utilizado.

Para reducir la mano de obra, los equipos realizan las siguientes funciones:

³ BARTHOLDI, Op cit, 37, 40-44 p.

- Ubicar varios artículos en zonas de picking, con lo cual se incrementa la densidad de selección y reduce el espacio recorrido por selección, lo que representa mayor selección de productos por persona-hora.
- Afectar eficientemente la selección y reabastecimiento por medio de la fácil manipulación de productos.
- Mover productos de un área a otra (por ejemplo: de la zona de recibo a la zona de almacenamiento).

Los equipos incrementan el espacio utilizado de la siguiente manera:

- Dividir el espacio dispuesto en subregiones (bahías, estantería), las cuales serán abastecidas con productos similares. Permitiendo un embalaje y manipulación del producto más uniforme.
- Permitir el almacenamiento de productos en las partes altas, con lo cual se optimiza el uso del espacio disponible.

1.2.2 Unidad de almacenamiento⁴.

La unidad de almacenamiento más común es la estiba, la cual es la unidad más grande de empaque que existe en un centro de distribución y normalmente tiene unas medidas de 1,22 metros por 1,02 metros, y está hecha de madera o plástico en su defecto. En la parte inferior se localizan de 2 a 4 orificios que permiten la inserción de las cuchillas de un montacargas para su desplazamiento de un lugar

⁴ BARTHOLDI, Op cit, 38-39 p.

a otro. Su almacenamiento puede ser en el piso o se puede utilizar el recurso de la estantería, lo cual trae más facilidades de carga y manejo de altura de almacenamiento.

1.2.3 Vehículos transportadores.

Solamente se mencionan los vehículos denominados montacargas, de los cuales existen diferentes tipos como lo son:

- *Montacargas de contrapeso*: es el más versátil de todos, y se encuentra disponible en el mercado en dos versiones: en la primera versión el operario trabaja la máquina sentado como se ve en la *Figura 1*, dicho montacargas requiere un espacio promedio entre unidades de almacenamiento de 3,7 a 4,6 metros, su altura máxima es entre 6,1 y 6,7 metros y su velocidad máxima es de 21,3 metros/minuto; en la segunda versión el operario realiza el manejo del vehículo de pie y para dicho efecto requiere un espacio promedio entre unidades de almacenamiento de 3,1 a 3,7 metros, su altura máxima es 6,1 metros y su velocidad máxima es de 19,8 metros/minuto⁵.

⁵ Yale. VT, VF and VL series: Electric counterbalance forklift trucks (Catálogo). Inglaterra. 2011. 1-24 p.

Figura 1. Montacargas de contrapeso, Yale: ERP16VF.



Fuente: YALE. Forklift Trucks: Warehouse.<<http://www.yale-forklifts.eu/site/en/products>>.

- *Montacargas de doble alcance*: dispone de un mecanismo en sus cuchillas como en la *Figura 2*, que permite realizar una extensión de la misma para realizar su labor (retirar y almacenar estibas). Es empleado cuando se almacena una estiba delante de otra. Para su normal funcionamiento requiere las siguientes condiciones mínimas: espacio promedio entre unidades de almacenamiento de 2,1 a 2,7 metros, su altura máxima 9,1 metros y su velocidad máxima es de 15,2 metros/minuto⁶.

Figura 2. Montacargas de doble alcance, Yale:MR14/ MR14H/ MR16.



Fuente: YALE. Forklift Trucks: Warehouse.<<http://www.yale-forklifts.eu/site/en/products>>.

⁶ Yale. The MR series. (Catálogo). Inglaterra. 2011. 1-12 p.

- *Montacargas order picker*: se caracteriza por tener una torre giratoria de 90 grados hacia la izquierda o derecha. Dicho vehículo requiere un espacio promedio entre unidades de almacenamiento de 1,5 a 2,1 metros, su altura máxima está entre 12,2 y 13,7 metros y su velocidad máxima es de 22,9 metros/minuto⁷, la *Figura 3* evidencia dicho equipo.

Figura 3. Montacargas order picker, Yale: MTC10/MTC13/MTC15.



Fuente: YALE. Forklift Trucks: Warehouse.<<http://www.yale-forklifts.eu/site/en/products>>.

- *Gato para estibas*: Son los dispositivos manuales o eléctricos que se utilizan para mover los paquetes pesados y productos de un lugar a otro con relativa facilidad, su estructura manual o eléctrica se muestra en la *Figura 4* y *Figura 5*. La longitud de los tenedores se presenta en dimensiones que van desde 0,91 metros hasta 1,22 metros, además su altura máxima es de 0,20 metros⁸.

⁷ Yale. The MO series (Catálogo). Inglaterra. 2011. 1-8 p.

⁸ Yale. Handpallet trucks (Catálogo). Inglaterra. 2011. 1-2 p.

Figura 4. Gato manual, Yale: ELPM2.5/PLPM2.5.



Fuente: YALE. Forklift Trucks: Warehouse.<<http://www.yale-forklifts.eu/site/en/products>>.

Figura 5. Gato eléctrico, Yale: MP25HD/MP30HD.




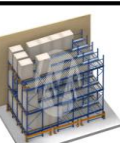


Fuente: YALE. Forklift Trucks: Warehouse.<<http://www.yale-forklifts.eu/site/en/products>>.

1.2.4 Lugares de almacenamiento.

Para dicho fin se cuenta con estanterías que adecuan su tamaño según a las necesidades del producto y pueden ser seleccionadas según su utilización, para producto paletizado como en la *Figura 6* se explica, y para picking como lo explica la *Figura 7*.

Figura 6. Tipos de estanterías para producto paletizado.

TIPOS	DESCRIPCION	VENTAJAS	UTILIZACION	
Estanterías de paletización convencional	La distribución y altura de las estanterías se determinan en función de las características de las carretillas elevadoras, de los elementos de almacenaje y de las dimensiones del local.	Excelente control del stock; Adaptable a cualquier espacio, peso o tamaño de la mercancía a almacenar y combinable con estanterías para picking manual.	Ideales para almacenar productos estibados con gran variedad de productos. Se pueden instalar estanterías de doble fondo, para maximizar el número de paletas almacenadas.	
Estanterías de paletización compacta	Almacenaje por acumulación que facilita la máxima utilización del espacio disponible, tanto en superficie como en altura.	Aprovechamiento máximo del espacio disponible (hasta un 85%); Eliminación de los pasillos entre las estanterías, estricto control de entradas y salidas. Aceptación de tantos productos como calles de carga.	Para productos homogéneos con baja rotación y gran cantidad de estibas por referencia.	
Estanterías de paletización móvil	Las estanterías se colocan sobre bases móviles guiadas que se desplazan lateralmente; así se suprimen los pasillos y en el momento necesario se abre sólo el de trabajo. Es el operario quien da la orden de apertura automática mediante un mando a distancia o, de forma manual, pulsando un interruptor.	Incremento de la capacidad del almacén y eliminación de pasillos de acceso individuales.	Sistema óptimo para cámaras frigoríficas, tanto de refrigeración como de congelación.	
Estanterías paletización dinámica	Las estanterías incorporan caminos de rodillos con una ligera pendiente que permite el deslizamiento de las paletas, por gravedad y a velocidad controlada, hasta el extremo contrario.	Perfecta rotación de las paletas (sistema FIFO), ahorro de espacio y tiempo en la manipulación de las paletas, eliminación de interferencias en la preparación de pedidos y excelente control del stock.	Sistema idóneo para almacenes de productos perecederos, aplicable a cualquier sector de la industria y distribución (alimentación, automoción, industria farmacéutica, química, etc.).	

TIPOS	DESCRIPCION	VENTAJAS	UTILIZACION
Esterías paletización Push-back	Permite almacenar hasta cuatro paletas en fondo por cada nivel. Todas las paletas de un mismo nivel, a excepción de la última, se asientan sobre un conjunto de carros que se desplazan, por empuje, sobre los carriles de rodadura.	Óptimo aprovechamiento del espacio, mínima pérdida de espacio en altura y cada nivel puede almacenar una referencia distinta.	Ideal para el almacenaje de productos de media rotación, con dos o más paletas por referencia (sistema LIFO, la última paleta que entra es la primera que sale).
Almacenes autoportantes	Las propias estanterías forman parte del sistema constructivo del edificio junto con los laterales y las cubiertas. Las estanterías soportan no sólo las cargas propias de las mercancías y de los diversos elementos de la construcción sino también los empujes de los medios de manipulación y los agentes externos: fuerza del viento, sobrecarga de la nieve, movimientos sísmicos, etc.	Almacenaje a gran altura, máximo aprovechamiento de la superficie disponible y permite utilizar sistemas convencionales o automáticos	Posibilitan el almacenaje de mercancía de diversa índole.






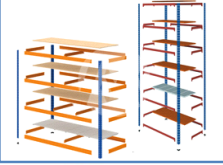

Fuente: MECALUX, Esterías-paletización. <<http://www.mecalux.es/esterias-paletizacion/27988745-p.html>>⁹.

Figura 7. Tipos de estanterías para picking.

TIPO	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	UTILIZACIÓN
Esterías picking manual	Las estanterías son diseñadas para aquellos almacenes donde la mercancía se deposita y retira manualmente. Se aprovecha toda la altura del almacén, ya que se puede acceder a los niveles altos tanto por medios mecánicos, que elevan al operario hasta la altura deseada (traselevadores o carretillas recogepeidos), como mediante pasarelas colocadas entre estanterías.	Válidas para almacenar artículos voluminosos o pesados, solución óptima para referencias diferentes y de rotación fraccionada, regulación de los niveles de carga, se pueden construir estanterías hasta 20 m de altura y variedad de componentes que se adapten a cualquier necesidad	Es frecuente configurar un almacén mixto de picking y paletización, donde se utiliza la parte superior de las estanterías para mantener una reserva de stock mediante paletización y la inferior se destina a picking.
Esterías picking tipo archivador	Sistema básico de almacenaje manual y archivo destinados a cargas medias y ligeras. Las estanterías formadas por escalas verticales y paneles o estantes horizontales permiten guardar mercancía fraccionada o en cajas de pequeño tamaño. Los diferentes accesorios de que disponen admiten dividir niveles y colocar cajones para clasificar productos sueltos, así como archivos, carpetas, artículos colgados, etc.	Múltiples componentes que se adaptan a las necesidades más exigentes, posibilidad de instalar una o varias pasarelas para el acceso a los niveles superiores y Posibilidad de formar estanterías móviles para el archivo y almacén.	Idóneas para oficinas, comercios y espacios donde se requiera un acabado más decorativo.



⁹ La información de la Figura 6 es adaptada de MECALUX, Esterías-paletización. <<http://www.mecalux.es/esterias-paletizacion/27988745-p.html>> [Citado el 18 de abril de 2011].

TIPO	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	UTILIZACIÓN	
Esteras picking dinámico	Esteras formadas por plataformas inclinadas de roldanas o rodillos que garantizan la óptima entrada y salida del material. La mercancía se introduce por un extremo y se desliza por gravedad, hasta el lado contrario que da al pasillo de salida. De esta forma permiten la perfecta rotación del producto, se evita interferencias en las tareas de reposición y recogida del material, a la vez que aumenta la rapidez en la preparación de pedidos.	Sistema FIFO (la primera caja en entrar es la primera en salir), gran número de referencias en el frente de las estanterías, disminución en el tiempo de preparación de pedidos y elevada capacidad de la instalación.	Este sistema está pensado para las zonas del almacén con mucho volumen de picking ya que aumentan el número de líneas a preparar y evitan desplazamientos del personal que realiza dichas operaciones	
Armarios Mviles	Conjunto de estanterías montadas sobre bases móviles que se desplazan sobre railes. El deslizamiento de los armarios puede realizarse a través de tres tipos de mecanismos de accionamiento: manual, automático y manual-mecánico.	Gran aprovechamiento del espacio, excelente capacidad de adaptación a cualquier espacio, Total seguridad del material archivado, apropiados para el archivo de todo tipo de libros y documentos y cuando el archivo es de gran altura se pueden colocar pasarelas intermedias de acceso a los niveles superiores.	Para almacenes que necesiten garantizar un orden y distribución óptimos en el archivo o el almacén, así como un gran ahorro de espacio.	
Esteras Simples	Los sectores de aplicación de este sistema son muy variados, abarcando desde un pequeño equipamiento hasta la más compleja instalación industrial. Su amplia gama de accesorios (cajones, divisorias, chapas laterales, fondos, zócalos, etc.) multiplica sus prestaciones.	Son de gran versatilidad y alta resistencia, facilidad y rapidez de montaje, gran capacidad de carga y perfecta estabilidad y Adaptabilidad a todos los espacios disponibles.	La mejor solución de almacenaje para cargas medias y ligeras, siempre que estas se manipulen de forma manual.	
Esteras sin tornillos	A la vanguardia en cuanto a diseño, cálculo y ensayo de sus estructuras, según las actuales normas FEM, constituyen la mejor elección tanto para pequeñas como grandes instalaciones.	Disponibles para diferentes pesos de carga, fácil montaje, Perfecto acabado al usar la pintura epoxi poliéster con recubrimiento de entre 50 y 70 micras como mínimo y Totalmente modulable, por lo que se puede instalar en cualquier lugar y negocio.	Se adaptan a un sinfín de usos y aplicaciones en su almacén, oficina, en su hogar... Para cualquier tipo de carga que necesite almacenar y mantener en perfecto orden.	
Esteras de ángulo ranurado	Son estanterías totalmente desmontables que cubren todas las exigencias de almacenaje por su adaptabilidad, de manera que admiten su modificación o ampliación tanto en altura como en longitud.	Sistema simple y económico para las más diversas aplicaciones, adaptabilidad a todas las necesidades de almacenaje, excelente versatilidad y montaje muy sencillo	Es un sistema idóneo para el almacenaje manual de cargas ligeras e incluso relativamente pesadas.	

Fuente: información adaptada de MECALUX. Esteras-picking. <<http://www.mecalux.es/esteras-picking/27996842-p.html>>¹⁰.

¹⁰ La información de la Figura 7 es adaptada de MECALUX, Esteras-picking. <<http://www.mecalux.es/esteras-picking/27996842-p.html>> [Citado el 18 de abril de 2011].

Otros sistemas son:

- *Entreplantas*: Permite la construcción de uno a tres niveles máximo para el mejor aprovechamiento de la altura disponible, la *Figura 8* es un entreplantas de 3 niveles. Es un sistema económico, flexible y rápido de instalar. Un sistema de este tipo incluye los siguientes accesorios: escaleras de acceso, puertas de carga y diferentes elementos de seguridad como barandillas y protectores de pilares¹¹.

Figura 8. Entreplanta de tres niveles.



Fuente: METALKOM. Sistemas de almacenaje. <<http://www.metalkom.com/sistemas-almacenaje-estanterias-entreplantas.htm>>.

- *Cantiléver*. Sistema basado en una estructura simple y de alta resistencia que consta de columnas y brazos que permite el fácil el manejo de productos largos y pesados como lo son tubos de acero, placas de maderas, barras, etc¹², ver la *Figura 9* el sistema cantiléver.

¹¹ METALKOM. Sistemas de almacenaje. <<http://www.metalkom.com/entreplantas-convencional.htm>>.

¹² MECALUX. Estanterías cantiléver. <<http://www.mecalux.es/estanterias-otros-sistemas-cantilever/27998743-28025704-pd.html>>.

Figura 9. Sistema de estanterías cantiléver.



Fuente: MECALUX. Estanterías cantiléver. <<http://www.mecalux.es/estanterias-otros-sistemas-cantilever/27998743-28025704-pd.html>>.

1.3 DISEÑO DE UN ALMACÉN

Uno de los procesos aparentemente más sencillos es la distribución de espacio dentro del almacén, pero realmente no lo es porque existen varios aspectos a evaluar, estos aspectos se describen a continuación:

1.3.1 Tipos de pasillos y sus características¹³.

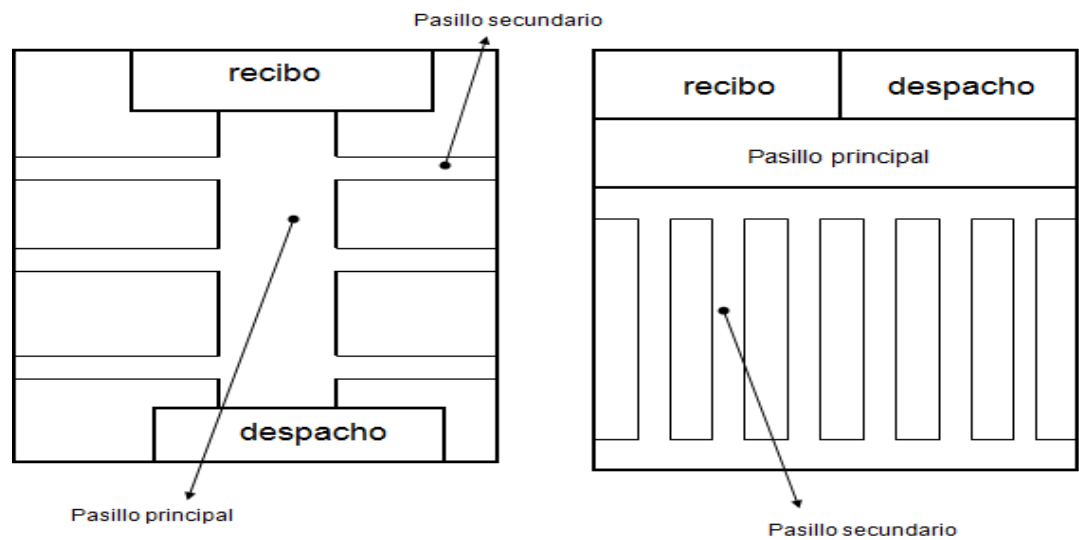
- *Pasillo principal*: es el pasillo encargado de conectar las puertas de recibo y despacho. Además es el pasillo receptor de los pasillos secundarios, es decir en este pasillo se encuentran cada uno de los pasillos secundarios implicados. Es por ello que tienen un ancho de 3 a 6 metros, se caracterizan por flujos rápidos y transportar consolidados de productos.

¹³ ARRIETA, Juan G. Op cit. [Abril de 2011].

- *Pasillo secundario*: es el pasillo que mas número de veces se repite en un centro de distribución y su función principal es brindar acceso a las posiciones para realizar el picking, para este fin tiene un ancho de 60 cm a 2,7 mts de ancho. Por su función se caracteriza por tener una velocidad media y el movimiento de productos se realiza para completar pedidos.

En la *Figura 10* se describe el pasillo principal y pasillo secundario.

Figura 10. Posicionamiento del tipo de pasillos en dos centros de distribución.



Fuente: ARRIETA, Juan G. (Diapositivas de clase magistral, Abril de 2011), Docente de gestión de inventarios y almacenamiento. Universidad EAFIT. Medellín.

La definición adecuada del número de pasillos secundarios y principal mejora la productividad del transporte, reduce los riesgos de daño de producto y proceso. Al mismo tiempo se deben tener en cuenta ciertos criterios respecto al tamaño como lo son:

- ✓ 1 metro más ancho que la carga más ancha.

- ✓ Permitir giros de 90 grados a los equipos de transporte.
- ✓ Nominalmente deben ser 6" mayores que la diagonal de la carga mayor.
- ✓ Las intersecciones de pasillo deben permitir que el equipo de transporte realice un giro sin detenerse (a este radio, se le recomienda sumarle unos 30 cm).

Igualmente se debe tener en cuenta la posición con respecto a las puertas de entrada y de salida. Para tal efecto se presentan los siguientes casos:

- *Orientación paralela a las puertas:* en este diseño se incrementan los tiempos de recorrido entre la zona de recepción y despacho y las zonas de almacén y picking. A su vez se necesita de un pasillo principal muy grande y zonas de giro al final de cada pasillo secundario.
- *Pasillos y estanterías perpendiculares a las puertas:* con esta elección cada pasillo provee acceso directo a las puertas y el pasillo principal sirve entre otras para realizar maniobras de giro de los vehículos (montacargas). Este diseño colabora a la reducción de los recorridos.

Otro aspecto a tener en cuenta es la longitud de los pasillos las cuales se ven afectadas por el tamaño de la bodega, se tienen dos tipos:

- *Bodega con pasillo corto:* baja densidad de almacenamiento y productividad en la mano de obra. Además requiere zonas al final de cada pasillo para permitir el giro de los vehículos implicados.
- *Bodega con pasillo largo:* alta densidad de almacenamiento y productividad. Asimismo los pasillos y estanterías se ponen a lo largo de la bodega, y poseen zonas de cruce "humano" entre los pasillos.

1.3.2 Puertas de recibo y despacho en el almacén¹⁴.

Al definir el área del almacén, el número de pasillos, estanterías, tipo de ubicación, el tamaño y forma del almacén, es necesario considerar el número de puertas (muelles, bahías, plataformas).

Nota: Como mínimo se debe tener una puerta, de entrada y salida.

Cálculo del número de puertas adecuadas:

$$N = \frac{D \times H}{C \times S}$$

Donde:

D= demanda al día (flujo por día).

H= tiempo requerido para carga y descarga.

C= capacidad del camión.

S= tiempo por día disponible para carga y descarga.

1.3.3 Diseño de las puertas¹⁵.

Afecta de forma directa el comportamiento del flujo de productos dentro del almacén, el manejo de espacios y la factibilidad de maniobrar. A continuación se describen el tipo de puertas más comunes:

¹⁴ BALLOU, Ronald H. Logística administración de la cadena de suministro. (Quinta edición), México: Prentice Hall; 2004. 513-521 p.

¹⁵ ARRIETA, Juan G. Op cit. [Abril 2011].

- *Una puerta para recibo y despacho:* en esta modalidad, el recibo se realiza en la mañana y el despacho en la tarde o viceversa. Su uso es muy aplicado en bodegas pequeñas que manejan poco volumen y pequeñas referencias; lo cual conlleva a una menor supervisión y uso del espacio. En contraparte presenta mucho movimiento e inexactitud de programación y recibo.
- *Puertas separadas y opuestas:* para este caso se deben disponer trabajadores en áreas separadas y con ello supervisores. Dicho concepto da flexibilidad en la programación, ideal para el manejo de productos con altos volúmenes de inventario, además reduce los flujos de movimiento, requiere alta inversión para su funcionamiento.
- *Puertas de recibo diseminadas:* las puertas están a lo largo del almacén, generando un flujo derecho, lo cual conlleva a tener un acceso directo al sitio asignado de almacenamiento del producto. Es el diseño óptimo para un sistema JIT (Just In Time). Como desventajas se presentan el alto mantenimiento requerido, la mayor planeación de recibos y flujos.

1.4 INVENTARIOS

Una operación básica para el cálculo de inventarios en un periodo n es sumar el inventario en el periodo $n-1$, más las unidades que entran en el periodo n menos las unidades que se despachan en el periodo n , esto para obtener un valor que son las unidades sobrantes en dicho periodo.

1.5 CLASIFICACIÓN ABC

El sistema ABC, basado en la ley de Pareto, es un método de clasificación de inventarios útil para tomar decisiones con respecto a la ubicación de los productos en una bodega o almacén, entre otros aspectos. Existen diversos criterios para realizar la clasificación: Clasificación ABC en función del volumen de inventario, clasificación ABC en función de las referencias que más salen por pedidos, entre otros criterios¹⁶.

Por regla general, el 20% de los artículos en inventario representan el 80% del valor total del mismo. Estos artículos son clasificados como "artículos A". Los "artículos B" representan aproximadamente el 30% del total de artículos almacenados, pero sólo un 15% del valor total del inventario. Los "artículos C" constituyen generalmente el 50% de todos los artículos almacenados pero representan un modesto 5% del total del valor del inventario.

El mayor esfuerzo de control se ha de realizar sobre los artículos "clase A". Esto se traduce en la necesidad de realizar una correcta previsión de la demanda y en implementar un estricto sistema de registro de los movimientos en almacén. Los artículos B y C requieren un control menos estricto.

El primer paso en la aplicación de la clasificación ABC de referencias, es organizar de mayor a menor los valores según el criterio por el cual se desee realizar la clasificación (por el volumen de stock o por las líneas de pedido recibido). El siguiente paso en el análisis ABC es calcular el porcentaje de cada referencia, es decir, el número de unidades sobre el total de las mismas. El siguiente paso es

¹⁶ Información adaptada de URZELAI INZA, Aitor. Manual Básico de logística integral, Madrid: Díaz de santos, 2006. 97 - 101 p.

calcular el acumulado de cada porcentaje de cada referencia. Y por último establecer la clasificación ABC según la ley de Pareto.

En la clasificación ABC en función del volumen del inventario se puede deducir que:

- Los Artículos tipo A representan aproximadamente el 20% de las referencias totales del almacén, y el 80% acumulado del volumen total del inventario.
- Los Artículos tipo B representan aproximadamente el 30% de las referencias totales del almacén, y el 15% acumulado del volumen total del inventario.
- Los Artículos tipo C representan aproximadamente el 50% de las referencias totales del almacén, y el 5% acumulado del volumen total del inventario.

En la clasificación ABC en función de las referencias que más salen por pedidos, el análisis de los artículos A, B ó C es similar a la clasificación en función del volumen del inventario, simplemente que los porcentajes acumulados representan las líneas de pedido que se reciben.

De acuerdo a la clasificación ABC se pueden tomar ciertas decisiones en el almacenaje de los productos. La siguiente figura relaciona los criterios de clasificación con la ubicación correcta.

Figura 11. Decisiones clasificación ABC.

		- Volumen Inventario Promedio +	
- Número de líneas de pedido +	Esteras convencionales	Esteras compactas	
	Lejos muelles Carga/Descarga	Lejos muelles Carga/Descarga	
	Esteras convencionales	Esteras compactas	
	Cerca muelles Carga/Descarga	Cerca muelles Carga/Descarga	

Fuente: URZELAI INZA, Aitor. Manual Básico de logística integral, Madrid: Díaz de Santos, 2006. 101 p.

A su vez la clasificación ABC puede tener múltiples criterios¹⁷ de evaluación según el manejo del inventario que se solicite, por ejemplo la mezcla del volumen de salida de los productos mezclado con la frecuencia de salida en días, y así formar una matriz con 9 variables (AA-BB-CC-AB-AC-BA-BC-CA-CB) con las cuales se la ubica el producto dependiendo de la importancia que se le dé al significado de la combinación.

1.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el campo estadístico se cuenta con herramientas para el análisis e interpretación de datos tales como:

¹⁷ Adaptado de: FLORES B., CLAY D. Multiple criteria ABC Analysis. Tex A&M Univ, USA 1985; 38-46.

- *Media aritmética (promedio)*: es la suma de todos los valores implicados dividido entre el número total de valores.

Dado los n números $[a_1, a_2, (\dots), a_n]$; la media se define como:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_1 + a_2 + \dots + a_n$$

- *Frecuencia absoluta*: es el número de veces que aparece x valor en un grupo de valores estadísticos.
- *Frecuencia relativa*: es la parte o proporción de datos que pertenecen a una misma clase, esta se determina como:
 - Frecuencia relativa de una clase = $\frac{\text{Frecuencia de la clase}}{n}$
- *Percentil*: da información respecto a la dispersión de los datos estadísticos evaluados desde el menor al mayor de los datos. Alrededor de p por ciento de los datos, tienen valores inferiores que el percentil p y aproximadamente $(100 - p)$ por ciento de los datos tienen valores mayores que el percentil p .
 - *Máximo*: es el valor o valores mayores en una muestra de datos.

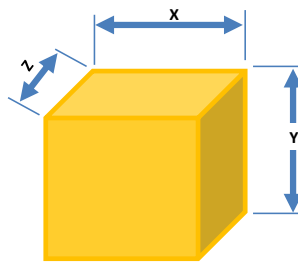
1.7 CÁLCULO DEL VOLUMEN OCUPADO

Para calcular en cada una de las zonas de almacenamiento el volumen que ocuparán los productos se deben seguir los siguientes pasos:

a) Determinar los tipos de posiciones:

- *Posición Caja*: Volumen de una caja estándar de manejo habitual; dimensiones $X*Y*Z$ ¹⁸, la *Figura 12* señala dichas dimensiones.

Figura 12. Dimensiones de una caja.



- *Posición Pallet*: Volumen que ocupa un pallet estándar; 1,2*1,1*1 metros ó 1,32 m³.

b) Determinar el inventario promedio en un periodo significativo¹⁹ de cada una de las familias ó referencias y calcular lo siguiente:

- Volumen total por familia =

Valor del inventario promedio por familia * Valor unitario volumétrico

- % Participación de cada familia = $\frac{\text{Volumen total por familia}}{\sum \text{Volumen total por familia}}$

¹⁸ Nota: Se utilizará esta denotación para los valores de las dimensiones -Ver Figura 12-.

¹⁹ Se refiere a datos históricos de meses o años

- Volumen según el % Participación de cada familia =
 $\% \text{ Participación de cada familia} * \text{percentil } 90 \text{ del inventario diario volumétrico}$

- Número de cajas/pallets necesarios por cada familia =

$$\frac{\text{Volumen según el \% Participación de cada familia}}{\text{Posición pallet o caja}}$$

- c) En base al tipo de estantería, se determina el número de pisos (si posee), niveles, cajas/pallets por nivel y cajas/pallets por módulo disponibles.

- Cajas/pallets por nivel = $\frac{\text{Medida del ancho (X) de la caja o pallet}}{\text{Medida del ancho de un nivel según la estantería}}$

- Cajas/pallets por módulo = Cajas/pallets por nivel * No. de niveles *
 No. de pisos (si posee)

- d) Por último se calcula el número de módulos necesarios, de acuerdo al último valor calculado en el *literal b*.

$$\text{Módulos necesarios} = \frac{\sum \text{Número de cajas/pallets necesarios por cada familia}}{\text{Cajas/pallets por módulo}}$$

Con la obtención del número de módulos se proceda a realizar los planos de la distribución de las zonas; se debe tener presente que el tamaño del módulo depende del tipo de estantería seleccionado según las dimensiones de X y Z.

2 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS DE ALMACENAMIENTO ACTUAL DE LA EMPRESA.

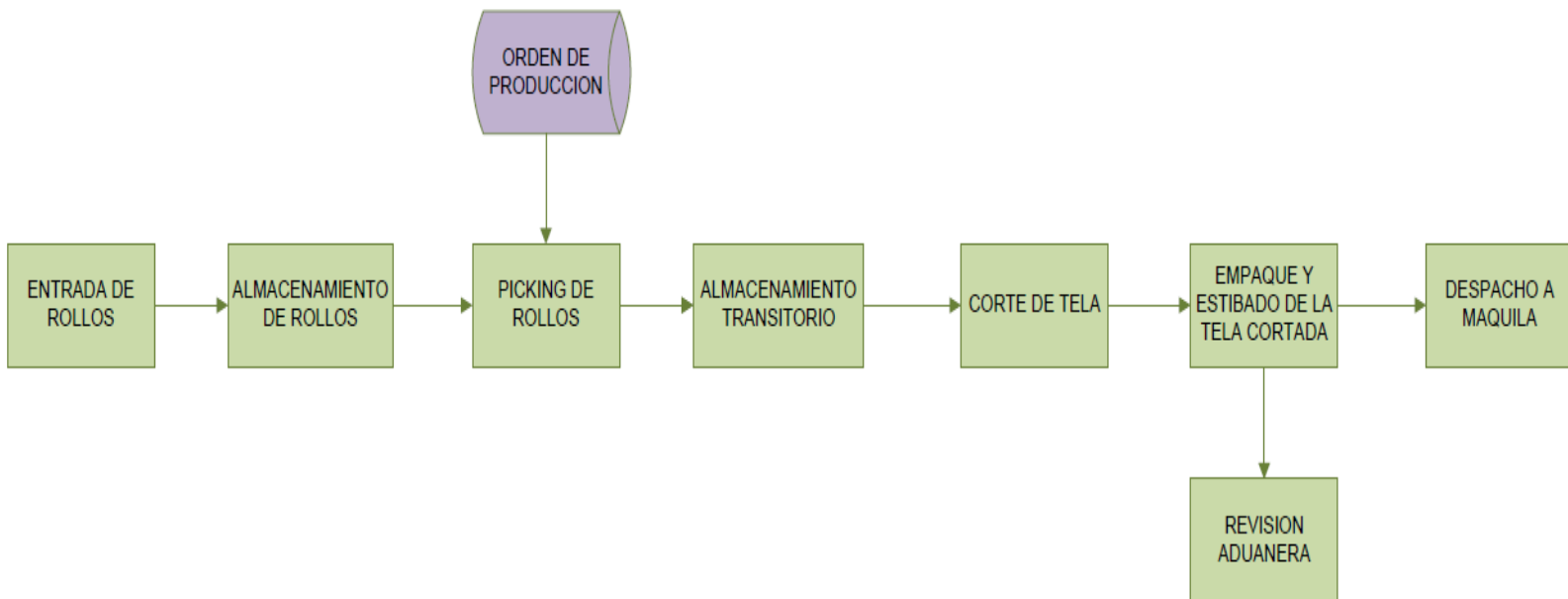
Con la descripción minuciosa de los procesos de corte y producto terminado, se logra evaluar la metodología y las herramientas de almacenamiento que Saafartex SA utiliza actualmente; con esto, realizar un análisis de las ventajas y desventajas, que permiten la toma de decisiones con respecto a nuevas alternativas de almacenamiento en la nueva distribución de las bodegas.

Además se expondrán las características de los productos en la zona de despacho y recibo, desde el tipo de transporte hasta el sistema en el que se almacena el producto.

2.1 PROCESO DE CORTE.

Como primera instancia se describe el proceso de corte por medio de un diagrama de flujo, la *Figura 13* lo evidencia

Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de corte.



2.1.1 Descripción del diagrama de flujo del proceso de corte.

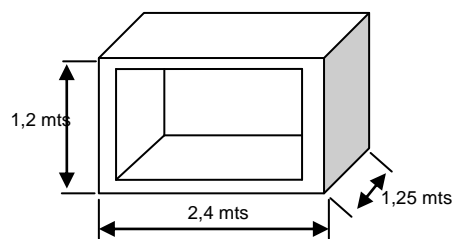
- *Entrada de rollos:* la materia prima son rollos de tela importados y con estos se realiza el proceso de corte, los rollos llegan normalmente en contenedores aproximadamente cada dos meses.

En el proceso de recibo se verifica la descripción contenida en la parte exterior del rollo con el listado que envía el proveedor; además se etiqueta cada rollo manualmente con el código de identificación interno y se escanea con el lector; este proceso tarda entre 2 y 3 horas.

- *Almacenamiento de rollos:* los rollos son conducidos uno a uno por cotereros²⁰ -su peso aproximado es de 45 a 50 kilos- hasta la zona de almacenamiento, dicha zona se compone de 4 estanterías.

Cada estantería mide 19,2 metros largo X 1,25 metros de ancho X 3,6 metros de altura; cada una posee 9 módulos y 3 niveles por módulo, es decir, 24 niveles, la *Figura 14* evidencia las dimensiones del nivel. Cada nivel tiene aproximadamente la capacidad de 25 rollos con las siguientes dimensiones:

Figura 14. Dimensiones de un nivel de estantería para materias primas.



²⁰ Se le denomina a las personas que acarrear cargas pesadas en sus hombros.

La distribución de las estanterías en la bodega es de la siguiente manera: dos estanterías alojan rollos de 1,25 mts y 1,35 mts de largo; y las otras dos estanterías se unen con el fin de almacenar rollos de 2,50 mts de largo en el nivel superior y en los niveles inferiores los demás rollos.

- *Picking de rollos:* el departamento de producción genera una orden de producción de metros de tela que deben ser cortados, el Jefe de almacén de materias primas genera el listado de rollos requeridos y lo transfiere al operario encargado de realizar el picking; dicho picking se realiza manualmente por el peso de los rollos. Este picking se rige bajo la metodología FIFO, por lo tanto los rollos más viejos son los que deben utilizar primero; existen ocasiones en las cuales los rollos se encuentran en una posición de difícil acceso, por lo tanto el método FIFO no se cumple y se cambia el rollo a utilizar.
- *Almacenamiento transitorio:* luego de realizar el picking, los rollos son llevados a una estantería doble para almacenamiento transitorio a la espera de ser cortados.
- *Corte de tela:* en el área de corte existen dos mesas de 17 mts de largo X 2,5 mts de ancho cada una y se encuentran separadas a 5 metros una de otra. Los rollos de tela se montan en alimentadores localizados al comienzo de cada mesa, el operario realiza la marcación de las dimensiones que debe tener la tela a cortar. La tela se desenrolla según las medidas descritas en la orden de producción y se corta, así se generan capas de

tela, la *Figura 15* enseña este proceso. Es de acotar que el corte se realiza de manera manual con tijeras.

Figura 15. Proceso de medición y corte de tela.



Los retazos de tela de corte se utilizan para amarrar posteriormente la tela a maquilar, también se acumulan para su venta a terceros como desechos. Adicionalmente los tubos de cartón donde se enrollan las telas se agrupan como desecho hasta lograr un peso requerido por el comprador.

- *Empaque y estibado de tela cortada:* las capas cortadas se agrupan y se enrollan –ver *Figura 16*-. Dichos rollos de tela cortada se trasladan a estibas, y se separan por orden de producción en cada estiba. La orden de producción terminada y estibada se ubica en una zona especial, porque los funcionarios aduaneros pueden requerir cotejar la información en cualquier momento. En caso de no recibir la aprobación de los funcionarios la

mercancía se deja en una zona especial de almacenamiento transitorio hasta nueva orden de la aduana.

Figura 16. Alistamiento del producto cortado.

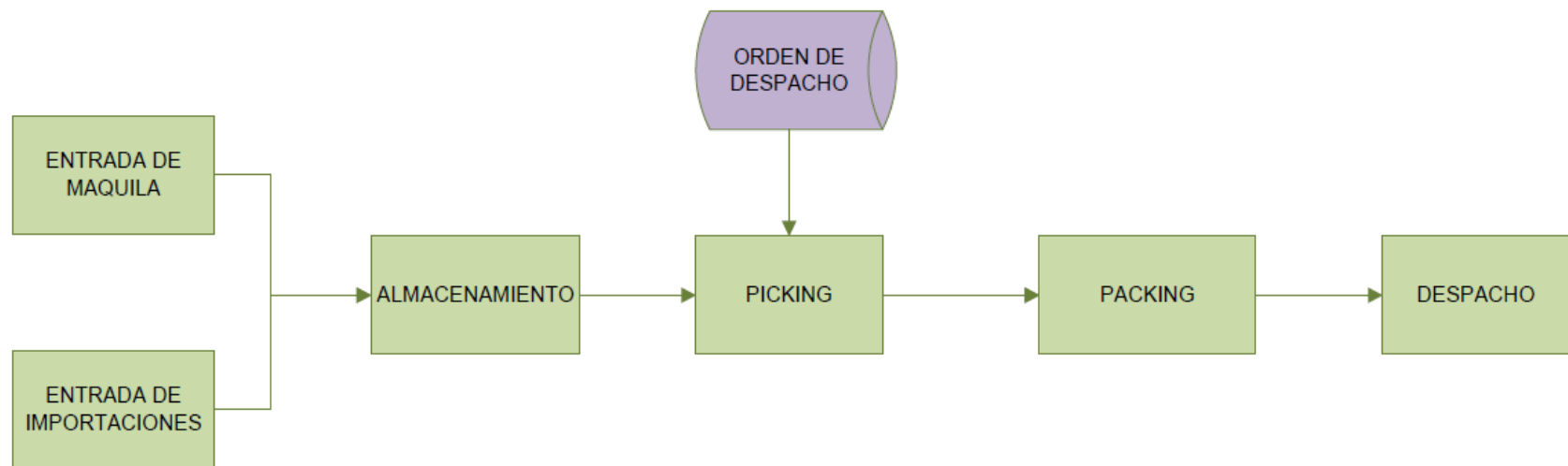


- *Despacho a maquila*: las órdenes de producción de telas cortadas y revisada son recogidas por el maquilador (outsourcing), junto con los insumos necesarios para fabricar el producto requerido. Los insumos pueden ser: etiquetas, marquillas, bolsas plásticas, divisiones de cartón y cajas; la entrega de insumos no se guía de las órdenes de producción, sino por los lotes despachados, es decir, se pueden enviar más insumos de lo necesario y el maquilador lo guarda para próximos productos.

2.2 PROCESO DE DESPACHO DEL PRODUCTO TERMINADO.

Se describe el proceso de despacho de producto terminado por medio de un diagrama de flujo en la *Figura 14*.

Figura 17. Diagrama de flujo del proceso de despacho de producto terminado.



2.2.1 Descripción del diagrama de flujo del producto terminado.

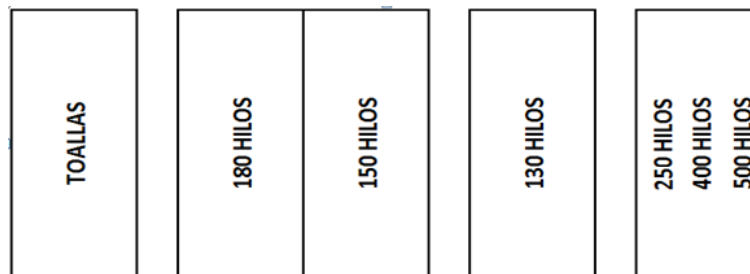
- *Entrada de maquila e importaciones:* el producto terminado ingresa a la bodega de dos formas: por maquila o por importaciones. El ingreso de maquila se obtiene luego de enviar las telas cortadas y los insumos a manufactureros externos –maquiladores-; el producto terminado importado ingresa bimestral (aproximadamente) en contenedores.

En el proceso de recibo de producto terminado se verifica la descripción contenida en la parte exterior del producto, con el listado que envía el maquilador o proveedor; además se etiqueta cada producto manualmente con el código de identificación interno y se escanea con el lector.

- *Almacenamiento de producto terminado:* la zona de almacenamiento se compone de 5 estanterías. El tipo de estanterías es igual que la de la bodega de materias primas.

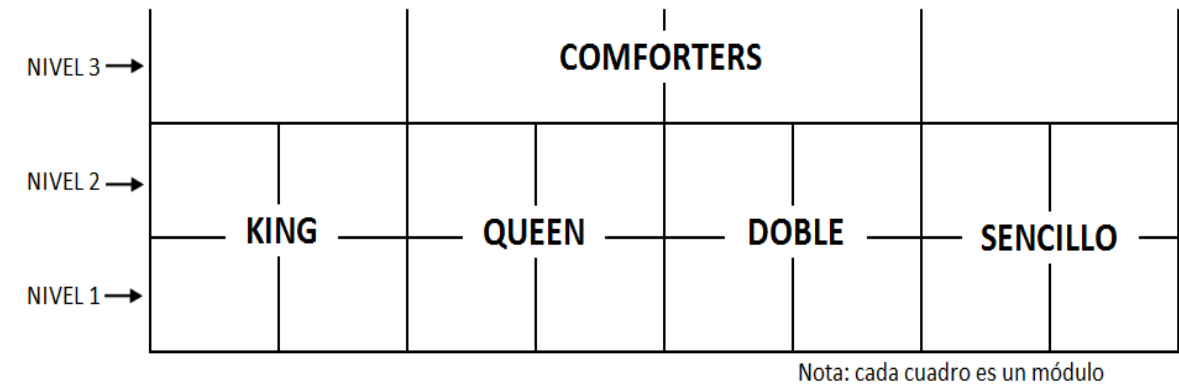
La distribución de las estanterías en la bodega de producto terminado es de la siguiente manera:

Figura 18. Vista superior de las estanterías



La *Figura 19* es la vista frontal de una estantería de producto terminado y la forma en la que se almacenan los productos.

Figura 19. Vista frontal de una estantería y distribución ejemplificada de los productos de 130 hilos por tamaño.



Nota: el tercer nivel de las estanterías aloja comforters²¹ por su bajo peso y alto volumen.

- *Picking de producto terminado:* el Jefe de despachos recibe la orden de pedidos por parte del área comercial, con lo cual se genera una orden de despachos; dicho listado se le otorga a un operario que se encarga de realizar el picking, este se realiza manualmente. Al realizar el picking, simultáneamente el operario escanea uno a uno cada uno de los artículos por medio de un lector de barras con el fin de realizar la salida del producto en el sistema de inventarios.

Este picking se rige bajo la metodología FIFO, por lo tanto los productos más viejos son los que deben salir primero.

²¹ Un comforter es un edredón de cama, liviano pero de gran volumen por ser acolchado.

- *Packing de producto terminado:* al completar la orden de picking el operario dispone el producto en una mesa de empaque donde se consolida la orden por medio de cajas de cartón que tienen un tamaño estándar de: 60*43,5*30 cm. Todo este proceso se realiza manualmente.

- *Despacho:* al completar el proceso de packing, el producto se encuentra listo para ser despachado y se procede a enviar por el medio de transporte más apropiado para este fin al cliente final.

2.3 RECIBO DE PRODUCTOS

Se describe cada característica en cada área para el recibo de productos a continuación en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Descripción de las características de los productos que ingresan a las bodegas.

	¿Qué ingresa?	Tamaño	Peso	Almacena- miento	Medio de transporte	Frecuencia de ingreso	Personal	Sistema control inventario
Materia Prima	Rollos	1,35 mts 2,50 mts	45 Kg/rollo	Estantería ordinaria de 3 niveles	Contenedor	cada 3 meses	2 operarios + 1 Jefe de compras + 4 coterros (contenedor)	Pistolas lectoras de código de barra y PC's Móviles
Insumos	Bolsas transparentes, etiquetas, cajas, cintas	-	Liviano	Estantería paquetería	Camión	Variable	2 operarios	Pistolas lectoras de código de barra y PC's Móviles
Maquila	Cajas con PT	60x43,5x30cm	25 Kg/caja	Estantería ordinaria de 3 niveles	Camión 300	Diario	2 operarios	Pistolas lectoras de código de barra y PC's Móviles
Producto terminado Importado	Cajas con PT estándar	60x43,5x30cm	25 Kg/caja	Estantería ordinaria de 3 niveles	Contenedor	cada 2 meses	2 operarios + Jefe de compras + 3 coterros (contenedor)	Pistolas lectoras de código de barra y PC's Móviles
	Cajas con PT comforters	57x52x70cm 57x52x84cm	Liviano					
	Bultos	-	-					
Devolución	Variable	-	-	Estantería ordinaria de 3 niveles	Camión	Variable	2 operarios	Pistolas lectoras de código de barra y PC's Móviles

2.4 DESPACHO DE PRODUCTOS

Se describe cada característica en cada área para el despacho de productos a continuación en la *Tabla 2*.

Tabla 2. Descripción de las características de los productos que salen de las bodegas.

	¿Qué Sale?	Tamaño	Peso	Medio de transporte	Frecuencia de Salida	Personal	Sistema control inventario
Producto terminado	Cajas con PT estándar	60x43,5x30cm	25 Kg/caja	Contenedor, Camión	diario	7 operarios	pistolas lectoras de código de barra y PC's Móviles
Materia Prima a Maquila	Rollos de tela cortados	8 estibas	-	Camión 300	cada 2 días	1 operario	Manual
Insumos	Bolsas transparente	-	Liviano	Camión 300	Diario	7 operarios	Manual
	Etiquetas						
	Cajas						
	Separadores						

En la siguiente matriz se determinan las ventajas y desventajas en la metodología y en las herramientas de almacenamiento existentes en la empresa.

Tabla 3. Matriz de ventajas y desventajas del almacenamiento, picking, packing y equipos para almacenaje para las bodegas.

ALMACENAMIENTO			PICKING	
	VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PT	<p>Estanterías y pasillos de fácil acceso.</p> <p>Ubicación de producto según el sistema.</p>	<p>Capacidad insuficiente.</p> <p>Carencia de maquinaria manual u eléctrica, acceso únicamente por escaleras.</p>	<p>Clasificación adecuada de los productos.</p>	<p>-Difícil acceso a las unidades requeridas, se forman pallets de productos y esto dificulta el picking, cabe resaltar que es debido a la política de almacenaje FIFO.</p> <p>-Manejo manual de la consolidación de un pedido.</p> <p>-Localización de productos en diferentes bodegas.</p>
MP	<p>Estanterías y pasillos de fácil acceso.</p>	<p>No existe la utilización de maquinaria manual o eléctrica para el adecuado manejo de materiales.</p> <p>Sólo hay capacidad para bajar de a un rollo debido a el manejo manual.</p>	<p>Clasificación adecuada de los productos.</p>	<p>No existe la utilización de ayudas mecánicas o eléctricas para su desplazamiento, es decir, que el operario tiene que trasladar rollo por rollo.</p>
INSUMOS	<p>Cercanía a las áreas de mayor influencia.</p> <p>Estanterías y pasillos de fácil acceso.</p>	<p>Espacio insuficiente y estanterías inadecuadas para el almacenamiento, superación de la capacidad.</p> <p>Deterioro continuo del producto por el polvo.</p>	<p>Fácil acceso.</p> <p>Esta operación es fácil porque la frecuencia de salida de productos es cada 2 a 3 días.</p>	<p>Poca flexibilidad ante la gran variedad de unidades de empaque.</p> <p>Poca flexibilidad ante los requerimientos de crecimiento.</p>

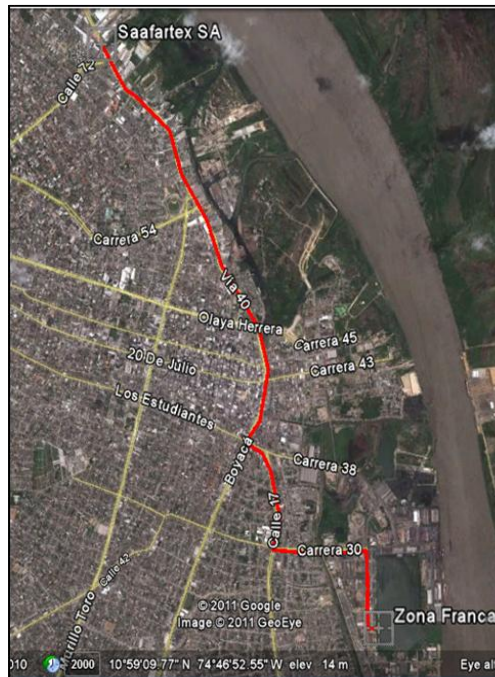
	PACKING		EQUIPOS PARA ALMACENAJE	
	VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
PT	Productos de poco peso.	Área de preparación de pedidos supera su capacidad en ocasiones.	Bajos costos.	No se utilizan equipos de aplicación manual o eléctrica para el movimiento de alto volúmenes y pesos. Registro de entrada y salida de producto dependientes de un computador móvil para escanear el código de barras con el lector.
MP	Utilización de estibas para su consolidación y ubicación cerca de las puertas de salida.	No existe una zona para su proceso aduanero si es necesario.	Bajos costos.	No se utilizan equipos de aplicación manual o eléctrica para el movimiento de alto volúmenes y pesos. Registro de entrada y salida de producto dependientes de un computador móvil para escanear el código de barras con el lector.
INSUMOS	Manejo de unidades de empaque para su traslado. Esta operación es fácil porque la frecuencia de salida de productos es cada 2 a 3 días.		Bajos costos.	No se utilizan equipos de aplicación manual o eléctrica para el movimiento de alto volúmenes y pesos.

2.5 FLUJO EN LA ACTUALIDAD

La evaluación del flujo de las bodegas actuales se explica en la *Figura 20*, es la distancia actual que existe desde la bodega de producto terminado en Saafartex SA (vía 40) hasta las bodegas de materias primas y corte en la Zona franca, de este recorrido se destaca:

- ✓ Distancia recorrida de un punto a otro de aproximadamente 7,20 kilómetros.
- ✓ El tiempo estimado (con un valor de velocidad promedio de 25 kilómetros por hora y desviación estándar de 1 km/hr) son aproximadamente 17 minutos; y si se asume un viaje de ida y vuelta se tendrá un total aproximado de 34 minutos.

Figura 20. Flujo de las bodegas de Saafartex SA actualmente.



3 EVALUAR Y SELECCIONAR LOS EQUIPOS Y SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS AL INTERIOR DE LAS BODEGAS.

De acuerdo con la matriz de ventajas y desventajas de la metodología y herramientas de almacenamiento de las bodegas actualmente, se realiza la selección de los diferentes tipos de almacenamiento y de herramientas para el almacenamiento.

3.1 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

3.1.1 Estantería paquetería.

Este tipo de estantería complementa la solución del problema de producto terminado, junto con el sistema entreplantas; la estantería paquetería aloja los productos sin necesidad de crear pallets porque la profundidad del nivel se selecciona de acuerdo al largo de los productos, la *Figura 21* ejemplifica este tipo de estantería.

Otra alternativa para el almacenamiento de producto terminado es crear estanterías de 7,5 metros de altura, sin entreplantas; la diferencia radica en que se debe utilizar un montacargas para acceder a la mercancía, en cambio en el sistema entreplantas se utiliza el sistema hombre-producto.

Figura 21. Ejemplificación del almacenamiento para lencería en estantería paquetería.



Fuente: Móstoles Industrial SA. Estantería para confección.
<<http://www.moinsa.es/moinsa/a3W5/mostrar.do?idDivision=2&idProducto=0&lang=es&cat=estanteconfec>>.

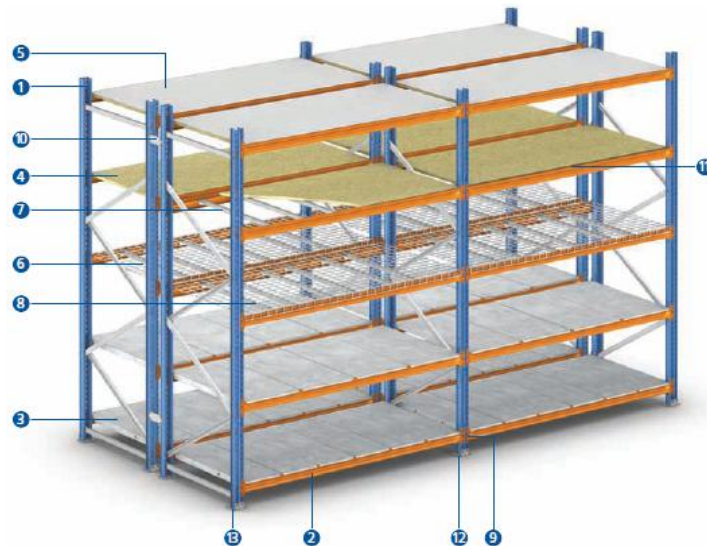
Para los insumos también se sugiere este tipo de estanterías, por la cantidad de productos que se manejan y por su bajo volumen. Se establece que esta estantería es de 3 metros de altura, y cada nivel es de 50 cms de altura, en total 6 niveles.

Este tipo de estantería –ver *Figura 22*- sigue el principio “hombre producto” y presenta las siguientes ventajas:

- Almacenar productos de mediana y gran carga.
- Mejor utilización del espacio y rentabilidad de almacenamiento.
- Permite la creación de nivel en múltiplos de 25 o 50 mm, según el sistema utilizado en la construcción.
- Puede alcanzar una altura máxima de 20 metros.
- Fácil montaje y movilidad.

Figura 22. Componentes básicos de una estantería de paquetería.

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1) Bastidor o escala | 8) Travesaño estante de malla |
| 2) Larguero | 9) Gatillo de seguridad |
| 3) Panel metálico | 10) Unión bastidor |
| 4) Estante de madera | 11) Brida Z-TAM |
| 5) Estante de madera melaminada | 12) Placa de nivelación |
| 6) Estante de malla | 13) Anclaje (cuando se requiera) |
| 7) Travesaño de madera | |



Fuente: MECALUX. Estanterías picking M7. <<http://www.mecalux.es/estanterias-picking-estanterias-picking-m7/27996842-27996837-pd.html>>.

3.1.2 Estantería paletización convencional.

Este sistema de almacenamiento es para los rollos de materias primas, es de fácil acceso a los rollos y es similar al sistema actualmente en esta área. La diferencia radica en el cambio de altura, se aumenta a 8,4 metros y 7 niveles por módulo.

3.2 SELECCIÓN DEL EQUIPO PARA EL ALMACENAMIENTO

3.2.1 Montacargas de tipo order picker.

El montacargas order picker es útil para producto terminado (alternativa con estantería de 7,5 metros) y materias primas, la *Figura 23* es un montacargas de este tipo.

Este tipo de montacargas presenta un diseño ergonómico que garantiza un mínimo de fatiga por parte del operador y la máxima productividad. Pueden alcanzar una altura máxima de hasta 9,6 metros. Igualmente presenta las siguientes ventajas:

- Variedad de diseños y tamaños en el mercado que facilita su adaptabilidad al diseño de espacio del centro de distribución.
- Vida útil en buenas condiciones de operación entre 12.000 y 15.000 horas de trabajo.
- Son de fácil manejo y mantenimiento.
- Permite el movimiento de varias unidades a la vez y en grandes volúmenes.
- Maneja cargas máximas entre los 1.000 y 2.000 kilogramos según el modelo.

Figura 23. Montacargas order picker en operación.



Fuente: YALE. Forklift Trucks: Warehouse: orders pickers.< <http://www.yale-forklifts.eu/site/en/products/warehouse/order/default.asp>>.

3.2.2 Gato para estibas.

El gato estibador es de uso manual o eléctrico, permite de forma fácil y ergonómica el desplazamiento de un lugar a otro de uno o más rollos de materia prima. Su capacidad de carga oscila entre 1.000 y 2.000 kilogramos.

Esto favorece la ergonomía de los coteros que transportan los rollos a las estanterías que cargan en sus hombros, con este sistema se aumenta el número de rollos por tramo.

3.3 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE PICKING

3.3.1 Entreplantas.

Este sistema es una solución al problema que existe en el picking de producto terminado; donde se deben formar pallets de productos, sumado a la política de inventarios FIFO, con lo cual se dificultan y se aumentan los tiempos de picking. Por ejemplo, se debe buscar una referencia que se encuentra en el centro del pallet de la *Figura 24*, la única solución es desarmar este pallet para encontrar el producto.

Figura 24. Formación de pallets de productos terminado.



También el sistema entreplantas se aplica para insumos.

Las ventajas y motivos de selección de este sistema se describen a continuación:

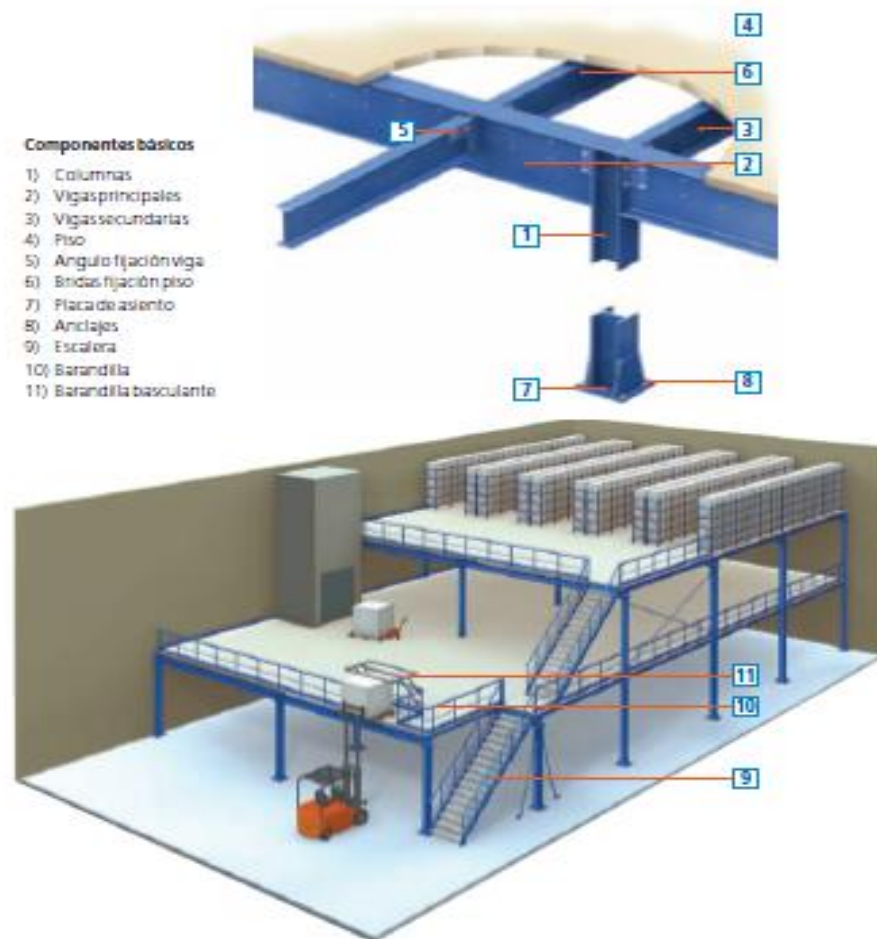
- Permiten aprovechar al máximo la altura disponible en la bodega, duplicando y hasta triplicando el valor de la superficie.
- Su montaje es rápido y fácil.
- Es desmontable y fácilmente modificable según las necesidades de almacenamiento.
- Se pueden complementar con diferentes sistemas de estanterías sin ningún problema.

Para su utilización se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- En la planta baja se guardan los productos más voluminosos y pesados.
- Se debe contar con muelles de acceso en cada planta para permitir el libre cargo y descarga por parte del montacargas dispuesto para este fin. Igualmente zonas de acceso como escaleras y pasillo que comuniquen cada piso entre sí.

El sistema entreplantas propuesto para producto terminado es de tres pisos de 2,5 metros de altura cada uno, en total una altura de 7,5 metros. El sistema entreplantas para insumos es de 2 pisos, de 3 metros cada uno, en total 6 metros, la *Figura 25* enseña cómo se podría construir un entreplantas.

Figura 25. Componentes básicos de un entreplanta.



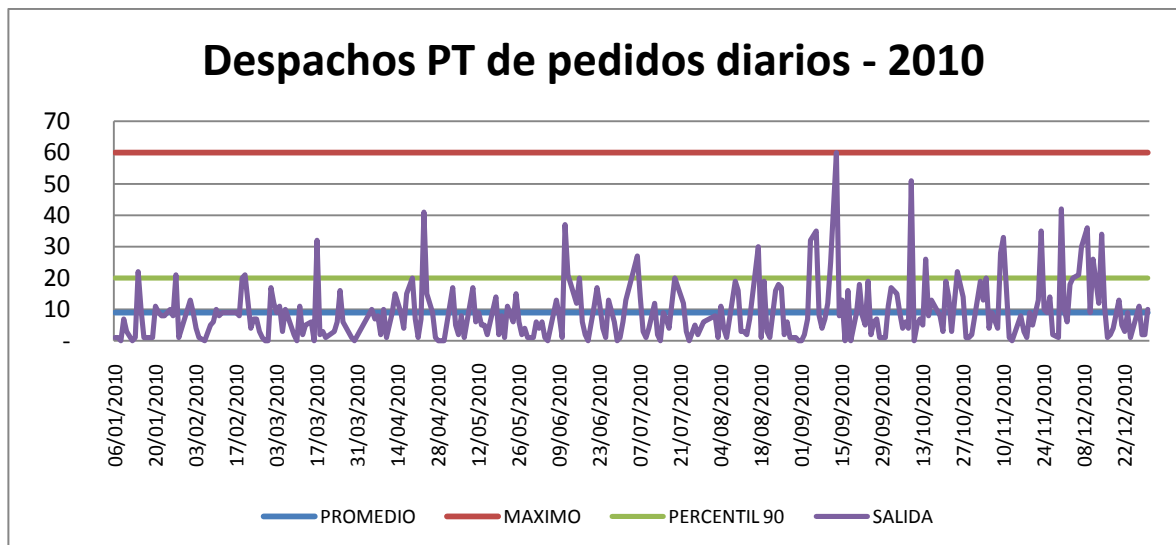
Fuente: MECALUX. Entreplanta. <<http://www.mecalux.es/estanterias-otros-sistemas-entreplanta/27998743-27998744-pd.html>>.

3.3.2 Sistema de orden de pedidos.

El sistema de selección de pedidos se analiza solamente para producto terminado porque este es el centro de negocio de la empresa, las áreas de materias primas e insumos pueden ser bajo el sistema de orden de pedidos seleccionado, debido al movimiento poco frecuente en ellas.

Para realizar la selección del sistema se evaluaron dos variables²², la primera variable es el comportamiento de las referencias, en este caso 249 familias de producto terminado, y de la *Figura 26* se obtuvo el promedio de despachos diarios; como se puede apreciar los despachos promedio se ubican por debajo del valor de 10 despachos por día, este valor será la segunda variable, y ambas servirán para evaluar el sistema de orden de pedido mas viable para el área de producto terminado. El valor maximo es de 60 pedidos diarios y el 90% de los valores estan por debajo de 20 pedidos por día.

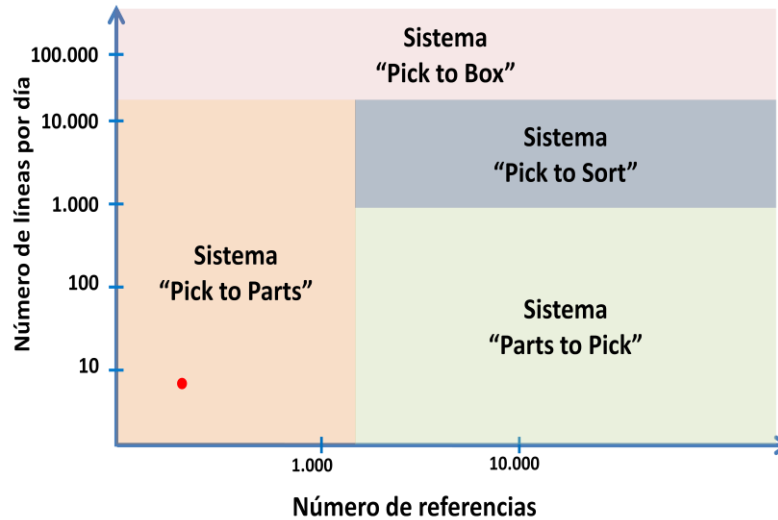
Figura. 26. Despacho de pedidos diarios en el 2010.



A continuacion, la *Figura 27* selaña un modelo de selección de sistemas de orden de pedidos.

²² DALLARI F., MARCHET G., MELACINI M. Design of order picking system. Int J Adv Manuf Technol 2009; 42:1-12.

Figura 27. Ubicación del número de referencia versus el número de pedidos por día y su impacto en la selección del sistema de orden de pedido.



Fuente: Adaptado de DALLARI F., MARCHET G., MELACINI M. Design of order picking system. Int J Adv Manuf Technol 2009; 42:1-12.

El punto rojo ubicado en la parte inferior izquierda es la valoración obtenida, y el resultado es el sistema *pick to parts*. Esto se debe porque el número de referencias es menor de mil, igualmente se recomienda dicho sistema cuando se realizan bajas cantidades de orden de pedidos (8,99 diarias), esto no excluye el hecho de que estos pedidos puedan ser de gran volumen.

Se refuerza este concepto con la cantidad de referencias que posee un pedido, la *Figura 28* se observa que el número de referencias por pedido frecuentes es de 1 a 3, siendo 2 referencias por pedido las más frecuentes con un valor de 670 pedidos. Es más la cantidad de productos por referencia en un pedido, que la cantidad de referencias por pedido. El sistema hombre-producto es adecuado para este comportamiento.

Figura 28. Cantidad de referencias por pedido de producto terminado en el 2010.



3.3.3 Fuerza laboral en el almacenamiento de producto terminado.

Basándose en el numeral 3.3.2, se calcula la fuerza laboral requerida para completar el número de pedidos esperados de despacho diario en producto terminado.

Para la calcular la capacidad laboral en la preparación de pedidos en producto terminado se calcula la productividad laboral²³.

$$\text{Productividad laboral} = \frac{\text{No. pedido despachado promedio}}{\text{No. horas invertidas}}$$

²³ Adaptado de FRAZELLE, Edward; SOJO, Ricardo. Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial. Medellín: Grupo Editorial Norma; 2007. Pag 55.

$$\text{Productividad laboral} = \frac{9 \text{ pedidos/día}}{8 \text{ horas/día}}$$

$$\text{Productividad laboral} = 1,125 \text{ pedidos/hora}$$

Con la productividad laboral se calcula el tiempo que tarda completar los pedidos esperados diarios, teniendo en cuenta el percentil 90 de los pedidos en el año 2010 como el objetivo de despacho de pedidos, en total 20 pedidos diarios.

$$\text{tiempo de pedidos esperados} = \frac{\text{pedidos esperados}}{\text{productividad laboral}}$$

$$\text{tiempo de pedidos esperados} = \frac{20 \text{ pedidos/día}}{1,125 \text{ pedidos/hora}}$$

$$\text{tiempo de pedidos esperados} = 17,78 \text{ horas/día}$$

Para realizar 20 pedidos en un día se necesitan 17,78 horas. La capacidad operativa, es decir, el número de personas necesarias para completar los pedidos esperados se tiene en cuenta el número de horas que labora una persona y el número de horas que invierte la preparación de 20 pedidos.

$$\text{Capacidad operativa de la fuerza laboral} = \frac{\text{tiempo de los pedidos esperados}}{\text{tiempo invertido persona}}$$

$$\text{Capacidad operativa de la fuerza laboral} = \frac{17,78 \text{ horas/día}}{8 \text{ horas} * \text{persona/día}}$$

$$\text{Capacidad operativa de la fuerza laboral} = 2,28 \text{ personas}$$

En total se necesitan 3 personas para la preparación de 20 pedidos diarios. Actualmente Saafartex SA cuenta con 6 personas en el área de producto

terminado para la preparación de pedidos; con este análisis se reducen los costos de mano de obra en un 50%. Hay que tener en cuenta que este cálculo de la fuerza laboral es en condiciones óptimas ambientales, sin contemplar la fatiga del personal.

La siguiente tabla relaciona las diferentes áreas con los sistemas y equipos de almacenamiento seleccionados.

Tabla 4. Resumen de los sistemas y equipos de almacenamiento seleccionados.

Área		Sistema de almacenamiento	Descripción Estantería	Medida cada nivel	Equipos de almacenamiento
Producto terminado	Alternativa 1	Entreplantas con estantería paquetería.	Pisos: 3. Altura piso: 2,5 mts. Altura total: 7,5 mts.	2,3*0,5*0,6 metros.	Sistema hombre-producto.
	Alternativa 2	Estantería paquetería.	Niveles: 15. Altura nivel: 50 cms. Altura total: 7,5 mts.	2,3*0,5*0,6 metros.	Montacargas order picker.
Materias primas		Estantería convencional.	Niveles: 7. Altura nivel: 1,2 mts. Altura total: 8,4 mts.	2,4*1,2*1,25 metros.	Montacargas order picker y gato para estibas.
Insumos		Entreplantas con estantería paquetería	Niveles: 12. Altura nivel: 50 cms. Altura total: 6 mts.	2,3*0,5*0,6 metros.	Sistema hombre-producto.

4 ANALISIS DE TIPOLOGIA DE PRODUCTOS, DEMANDA E INVENTARIOS

Para el diseño de la distribución de planta se debe realizar un análisis preliminar de los parámetros básicos de cada una de las áreas que se dispondrán allí, estas son las siguientes: bodega de producto terminado, bodega de Materias primas y bodega de insumos. Dichos parámetros permiten definir los espacios necesarios de volumen y área, estos son:

- Número de referencias.
- Clasificación ABC de los productos.
- Inventario a almacenar en términos unitarios y volumétricos.

La clasificación ABC se realizó en base a los datos de volumen de despachos y frecuencia de salida de los productos, es decir, que se creó una clasificación mixta. Esta se divide en más clasificaciones además de las tres básicas, por los 3^3 tipos de combinaciones posibles, la *Tabla 5* le da significado a cada combinación. La combinación posee dos dígitos, el primero corresponde a la clasificación por volumen despachado y el segundo dígito corresponde a la clasificación por frecuencia de salida.

Tabla 5. Clasificación ABC por volumen despachado y frecuencia de salida de productos²⁴.

Frecuencia	A	B	C
Volumen			
A	<p>20% del volumen total de despachos.</p> <p>50% de los días totales en los que se realizaron despachos en el año.</p>	<p>20% del volumen total de despachos.</p> <p>30% de los días totales en los que se realizaron despachos en el año.</p>	<p>20% del volumen total de despachos.</p> <p>20% de los días totales en los que se realizaron despachos en el año.</p>
B	<p>30% del volumen total de despachos.</p> <p>50% de los días totales en los que se realizaron despachos en el año.</p>	<p>30% del volumen total de despachos.</p> <p>30% de los días totales en los que se realizaron despachos en el año.</p>	<p>30% del volumen total de despachos.</p> <p>20% de los días totales en los que se realizaron despachos en el año.</p>
C	<p>50% del volumen total de despachos.</p> <p>50% de los días totales en los que se realizaron despachos en el año.</p>	<p>50% del volumen total de despachos.</p> <p>30% de los días totales en los que se realizaron despachos en el año.</p>	<p>50% del volumen total de despachos.</p> <p>20% de los días totales en los que se realizaron despachos en el año.</p>

4.1 PRODUCTO TERMINADO

4.1.1 Tipología de producto terminado.

La creación de familias de productos consiste en la agrupación según las características de cada producto en orden de calidad, producto y por último tamaño. La unificación se realiza con el fin de disminuir la cantidad de referencias

²⁴ Adaptado de: FLORES B., CLAY D. Multiple criteria ABC Analysis. Tex A&M Univ, USA 1985; 38-46.

que llegan a 5.151, las cuales al final resultaron en 249 familias, en base a esta clasificación por familias se facilita el cálculo y análisis de los datos.

- *Calidad*: se denomina al número de hilos que contiene un tejido, entre más hilos tenga la tela, más calidad se obtiene.
- *Producto*: en este sector de venta de lencería de hogar se comercializan productos como Juegos de cama, duvets²⁵, fundas, sabanas, toallas, cojines, entre otros.
- *Tamaño*: para cada producto se debe asignar un tamaño, por ejemplo para los juegos de cama, duvets y sabanas existen tamaños como king, queen, doble y sencillo, para las toallas existen tamaños como cuerpo, mano, facial, playera.

4.1.2 Clasificación ABC: análisis de demanda de producto terminado.

Como se mencionó anteriormente la clasificación ABC se realiza de dos formas, la *Tabla 6* recopila los datos de la clasificación con el número de familias que pertenecen a estas.

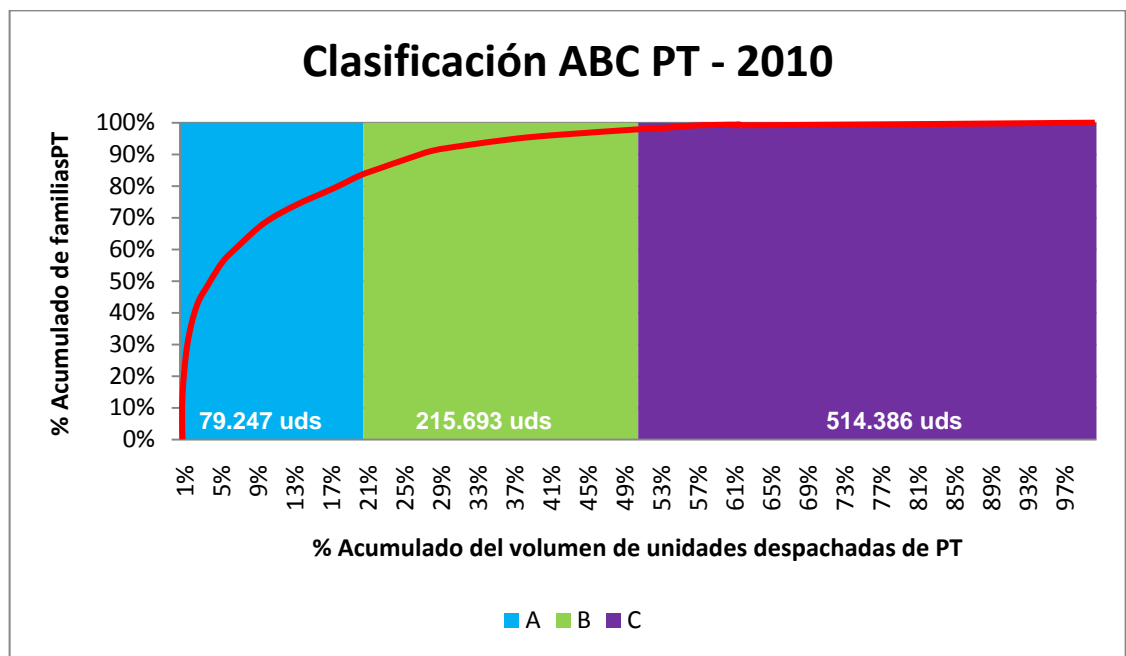
Tabla 6. Clasificación ABC por volumen despachado y frecuencia de salida de producto terminado.

CLASIFICACION	Número de familias clasificadas por volumen de despachos	Volumen total m ³	Número de familias clasificadas por frecuencia de despachos	Frecuencia días /año
A	15	1240,77	3	153
B	28	1813,53	17	89,05
C	206	3193,00	229	8,48
TOTAL	249	6247,31	249	-

²⁵ Es una funda de tela que cumple la función de alojar un plumón –edredón hecho de plumas-.

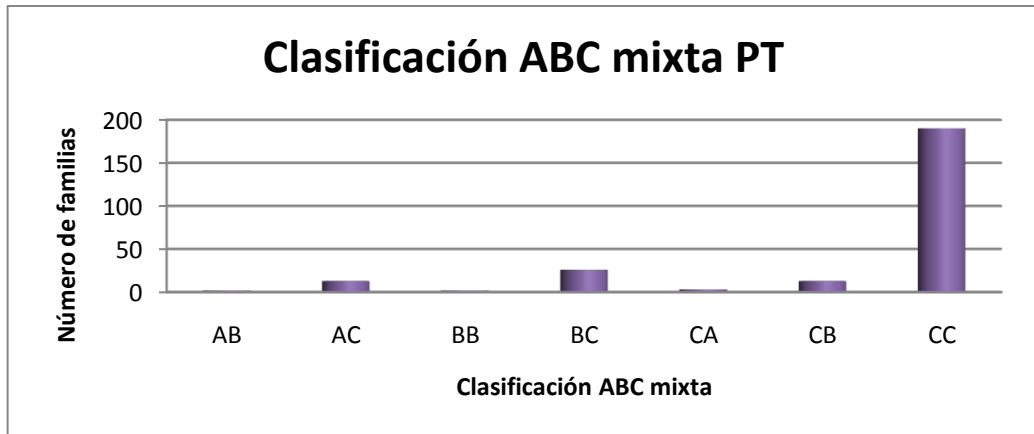
En la *Figura 29* se determina que los productos tipo A se componen de 1.241 m³ el cual es el 20% de los productos que se despachan, en total 79.247 unidades y 15 familias; los productos tipo B suman 215.693 unidades despachadas que representan el 30% del volumen despachado; y por último los productos tipo C representan 514.386 unidades despachadas, en total 3.193 m³.

Figura 29. Clasificación ABC volumétrico de producto terminado del año 2010.



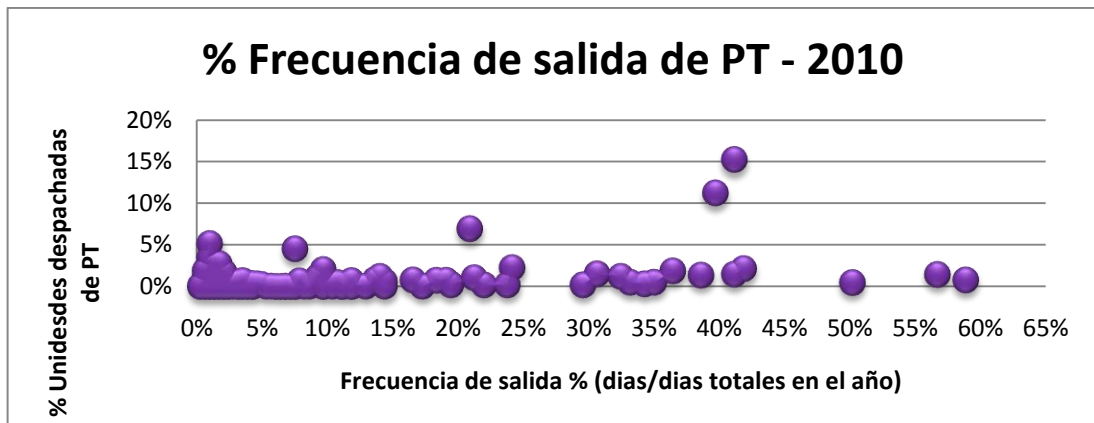
La clasificación mixta se evidencia de la *Figura 30*, la ausencia de la combinación AA y BA indica que el 20% y el 30% del volumen despachado no coinciden con el 50% de los días totales despachados en el año.

Figura 30. Clasificación ABC mixta para producto terminado en año 2010.



Con respecto a la frecuencia de salida de unidades relacionado con el número de familias en producto terminado, de la *Figura 31* se puede deducir que la mayor cantidad de datos se acumula en la esquina inferior izquierda, donde se encuentran los productos que representan un porcentaje muy bajo de las unidades despachadas y además que se despachan con menos frecuencia en el año. Por el contrario la única familia que se destaca es la *Comercializado - JDC 17 - DOBLE*, es la que representa el 15% de las unidades despachadas y se mueve con una frecuencia del 41% de los días del año 2010.

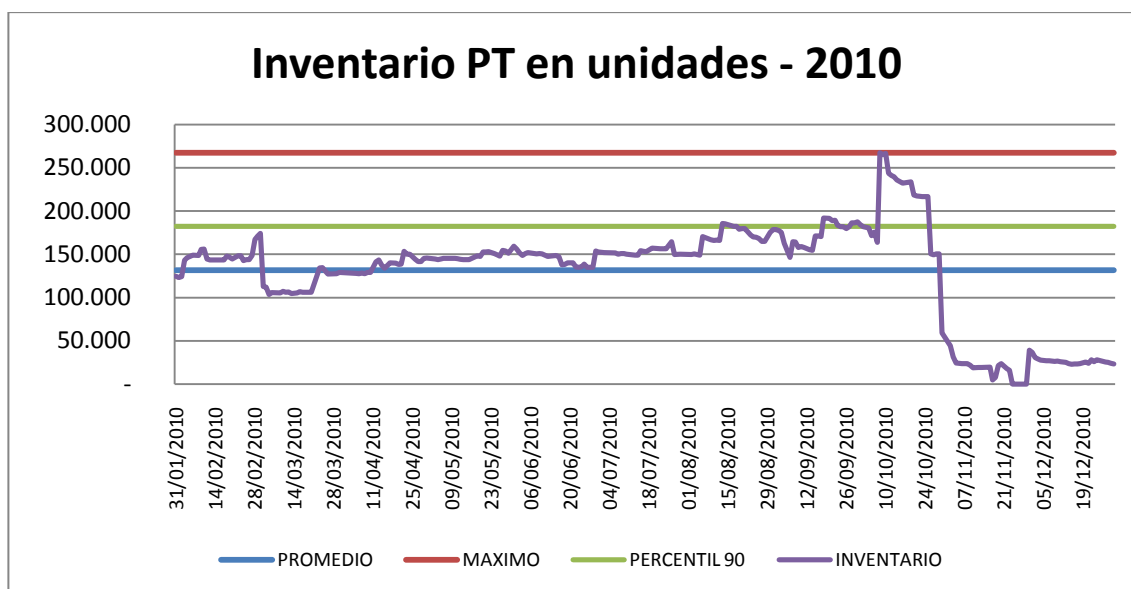
Figura 31. Frecuencia de despachos de PT vs. % de las unidades despachadas.



4.1.3 Análisis de inventarios de unidades de producto terminado²⁶.

Los inventarios se calcularon en base al dato puntual de inventarios a finales del mes de Enero del 2010. De la *Figura 32* se destaca el pico ocurrido en los meses de Octubre a Noviembre, donde se visualiza el punto máximo de inventarios debido a la entrada conjunta de varios contenedores de producto terminado, que al consolidarse con el inventario previo, satisfacen la demanda ejercida, la cual se muestra como el principio de la caída de inventario hasta su punto mínimo.

Figura 32. Inventario diario en unidades de PT en el año 2010.

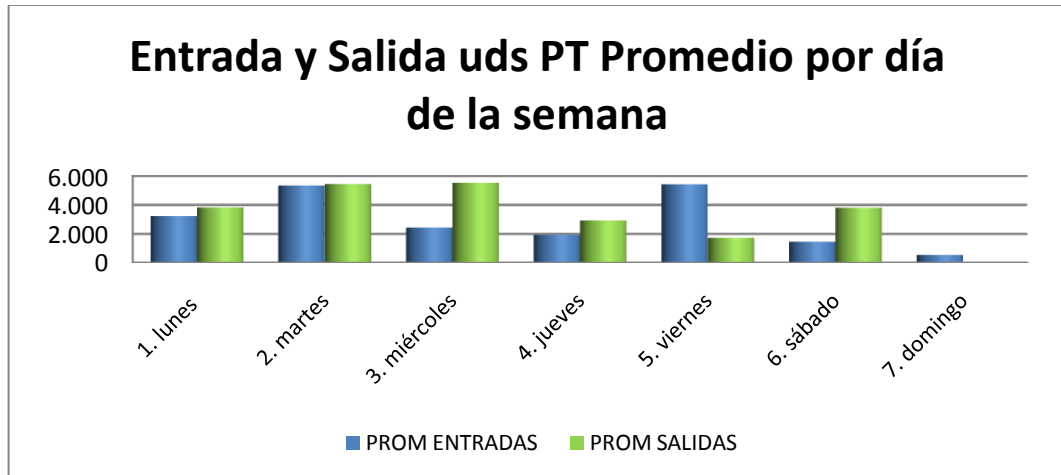


Por último se encuentra el análisis de las entradas y salidas de producto terminado por los días de la semana –ver la *Figura 33*–, el día martes es el que más presenta movimiento de entradas y salidas de producto terminado con 5.391 unidades en

²⁶ Nota: el percentil se selecciona como el 90%, ya que este es una aproximación a dos desviaciones estándar (95,4%) en una distribución normal, por lo tanto abarca una cantidad de datos valiosos para el análisis.

promedio; los miércoles son los días de más despachos y los viernes son los días de más entradas.

Figura 33. Entrada y salida de unidades promedio de PT en los días de la semana del año 2010.



4.1.4 Análisis diario de entradas, salidas e inventarios por volumen de producto terminado.

En la *Figura 34* y la *Figura 35* se visualiza como las entradas y salidas diarias se comportan con picos elevados en ciertas épocas del año por la entrada y salida de mercancía en contenedores. Saafartex SA realiza importaciones y exportaciones periódicas que generan este tipo de comportamientos; el resto del año son movimientos en camiones pequeños, los cuales se encuentran por debajo del percentil 90 del volumen total del año.

Figura 34. Entradas diarias en volumen de PT en el año 2010.

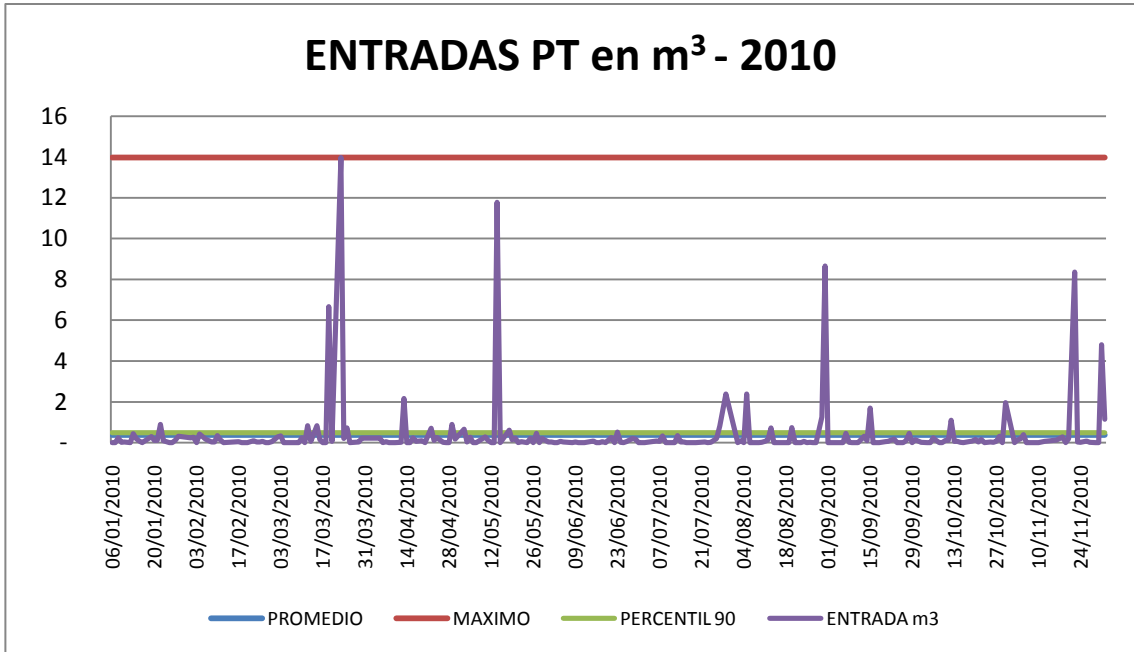
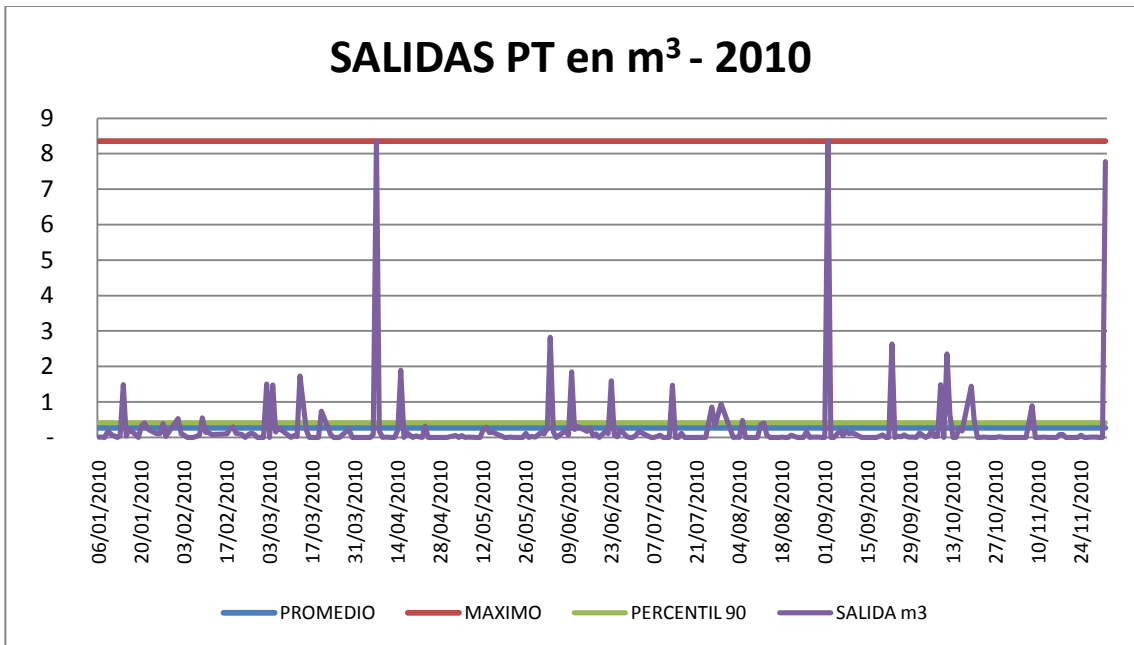


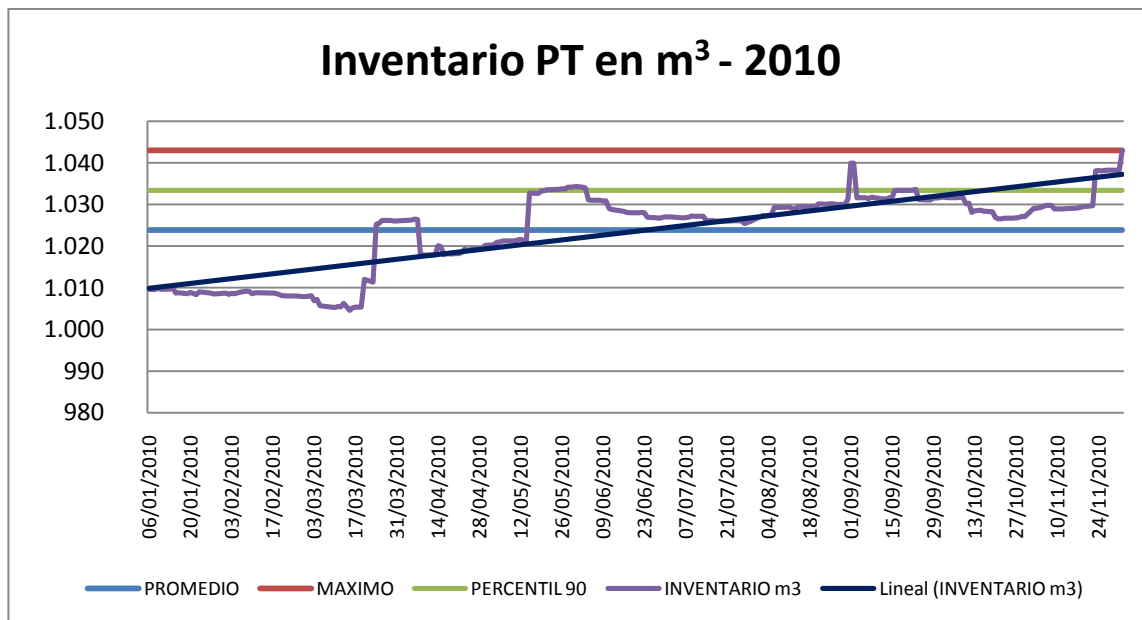
Figura 35. Salidas diarias en volumen de PT en el año 2010.



Para los inventarios del año 2010 se tomó como base el dato puntual de los inventarios a final del año 2010, por lo tanto los valores se calcularon al contrario, es decir, al inventario puntual de Diciembre se le restan las entradas y se le suman las salidas en el periodo $n+1$, y el inventario n se calcula sumando el inventario del periodo $n+1$ con las salidas n y sustrayendo las entradas n .

Existe un incremento del inventario a lo largo del año 2010, está en un rango de 1.005 a 1.043 unidades, es una tendencia de crecimiento, la *Figura 36* evidencia dicho comportamiento.

Figura 36. Inventario diario en volumen de PT en el año 2010.



La *tabla 7* recopila el promedio, valor máximo y percentil 90 de los valores diarios volumétricos para producto terminado en términos de entradas, salidas e inventarios, son los valores de los gráficos anteriores; estos datos serán útiles para el cálculo del volumen ocupado de producto terminado en la nueva distribución propuesta.

Tabla 7. Promedio, máximo y percentil 90 del volumen de entradas, salidas e inventarios de PT.

	PROMEDIO	MAXIMO	PERCENTIL 90
ENTRADAS m³	0,37	13,97	0,49
SALIDAS m³	0,27	8,35	0,41
INVENTARIOS m³	1.023,85	1.043,00	1.033,41

4.2 MATERIAS PRIMAS

4.2.1 Tipología de materias primas.

Los productos se agruparon en familias compuestas por dos características: calidad y ancho de la tela, se generaron 21 familias de productos.

4.2.2 Clasificación ABC: análisis de demanda de materias primas.

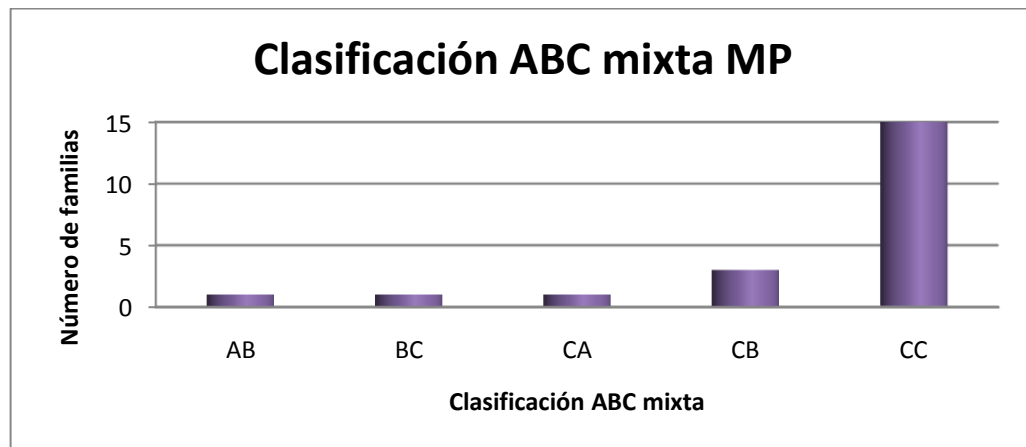
De las 21 familias de materias primas, en la frecuencia de salidas por año, ninguna alcanza a ser el 50% de los días de despacho, todos los valores están por debajo de este valor, por esto son solamente tipo B y C, en la *Tabla 8* están los valores por familias, por volumen y por frecuencia; y en la *Figura 37* esta la combinación de estas dos clasificaciones.

Tabla 8. Clasificación ABC por volumen despachado y frecuencia de salida de materias primas.

CLASIFICACION	Número de familias clasificadas por volumen de despachos	Volumen total m ³	Número de familias clasificadas por frecuencia de despachos	Frecuencia días /año
A	1	198,83	-	-
B	1	160,93	4	43,5
C	19	412,00	17	9,11
TOTAL	21	771,77	21	-

Las combinaciones AA, AC, BA y BB no se encuentran, la combinación con más frecuencia es la CC, allí se concentran 15 familias que representan el 50% del volumen despachado y 20% o menos del total de días en los que hubo movimientos de salida de rollos.

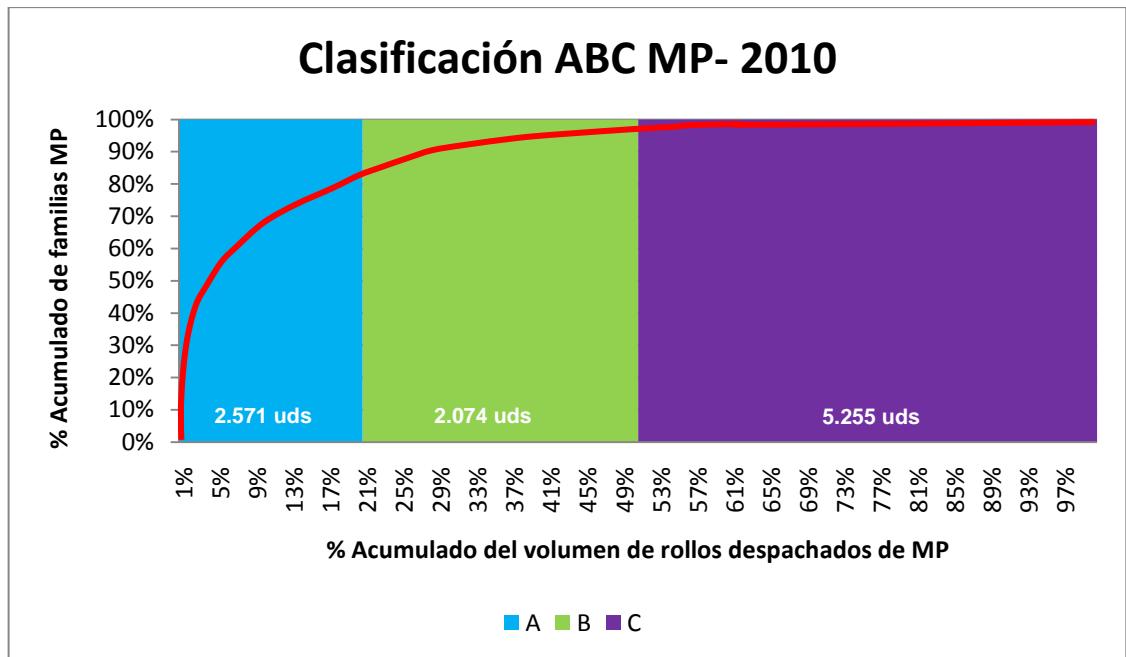
Figura 37. Clasificación ABC mixta para materias primas en año 2010.



Según la clasificación ABC por volumen de despachos de rollos de la *Figura 38* se obtiene que:

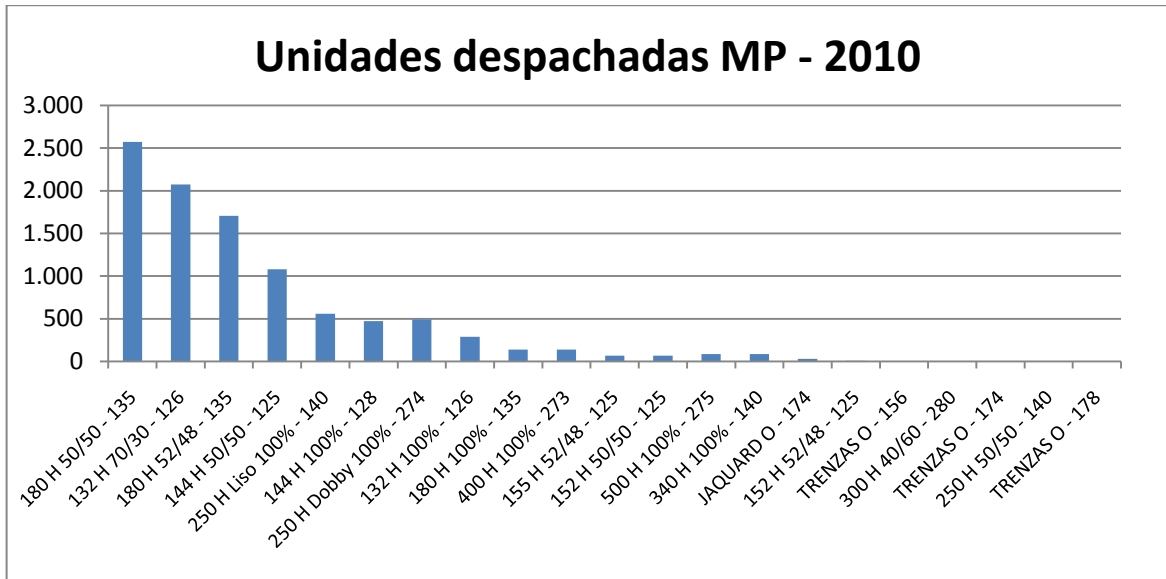
- La familia 180 H 50/50 – 135 es la única tipo A y representa 2,572 rollos despachados en el año.
- La clasificación tipo B también es representada por una sola familia -132 H 70/30 – 126-, tomando un valor porcentual en unidades de rollos de 2.074.
- Existen 19 familias tipo C, y la sumatoria conjunta de ellas genera el mayor número de rollos demandados (5.255 unidades).

Figura 38. Clasificación ABC volumétrico de materias primas del año 2010.



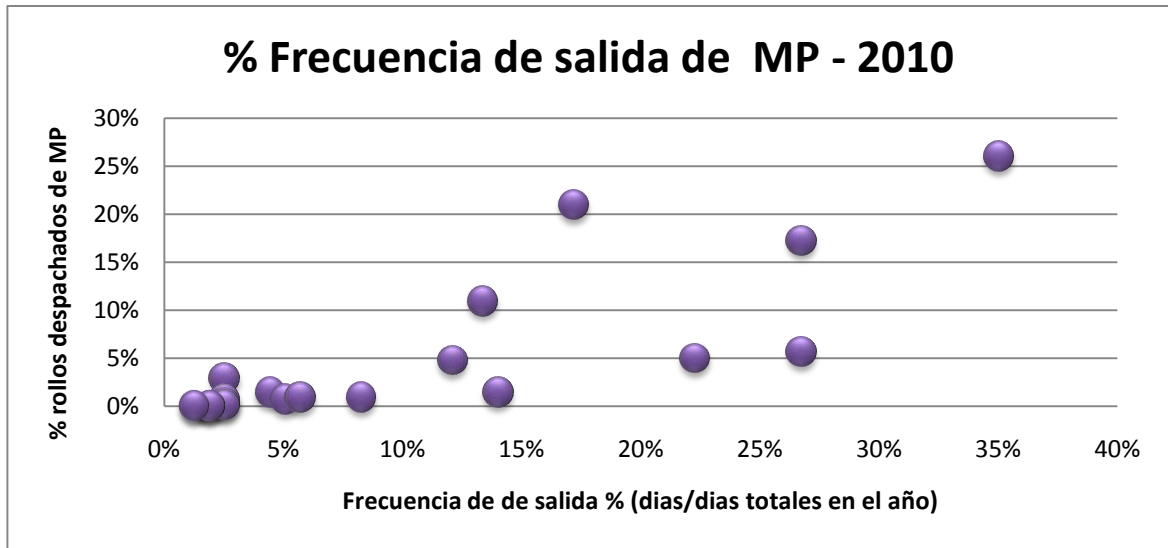
La *Figura 39* muestra como 4 familias (180 H 50/50 – 135, 132 H 70/30 – 126, 180 H 52/48 – 135, 144 H 50/50 – 125) representan una demanda superior a los mil rollos, llegando a un tope máximo de 2.572 rollos despachados; este grupo de familias genera un valor del 77,77% total de rollos despachados.

Figura 39. Rollos despachados de materias primas por familia, organizadas en orden de las unidades despachadas.



La *Figura 40* evidencia la frecuencia de salida superior de la familia *180 H 50/50 – 135A* y representa el 35% de movimiento entre 157 días registrados en total. Aunque las familias destacadas del gráfico anterior representan la mayor cantidad del inventario, sólo 2 se encuentran por encima del 20% de la frecuencia de despachos, es decir, que las familias *180 H 52/48 – 135* y *144 H 50/50 – 125* salen con menos frecuencia pero en mayor cantidad.

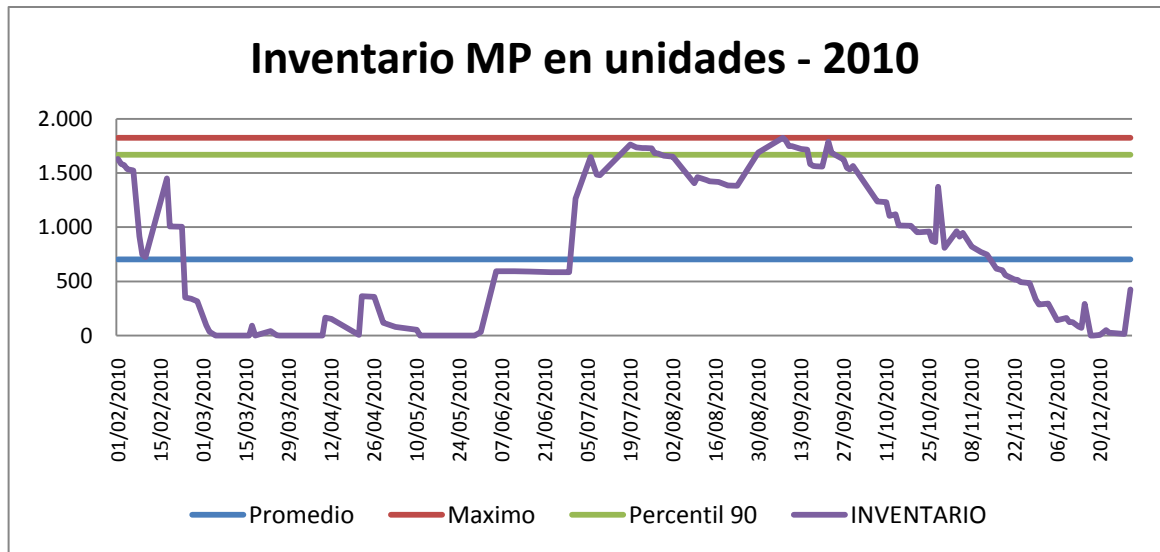
Figura 40. Frecuencia de despachos de MP vs. % de los rollos despachados.



4.2.3 Análisis de inventarios por rollos de materias primas.

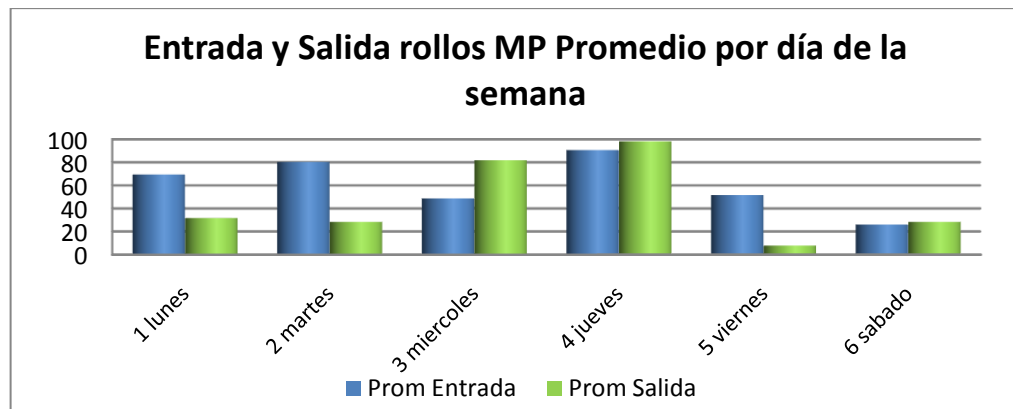
Para el cálculo del inventario de rollos de materias primas en el año 2010, se tomó un dato puntual de finales del año 2009. Este inventario tiene tendencia a comportarse cíclicamente como se ve en la *Figura 41*; existen dos momentos en el año en el que el inventario se reduce considerablemente, de Marzo a Mayo y en Diciembre; pero entre Julio y Septiembre existe un rango de meses en el que se incrementa hasta 1.800 rollos, esto se debe a la entrada de un gran número de rollos (600 aproximadamente) y la poca salida de rollos hacia la zona de corte.

Figura 41. Inventario diario en rollos de MP en el año 2010.



El día de más movimiento en la entrada y salida de rollos es el jueves, supera los 80 rollos en promedio, y los días de menos movimientos son los viernes y sábados, ver la *Figura 42*.

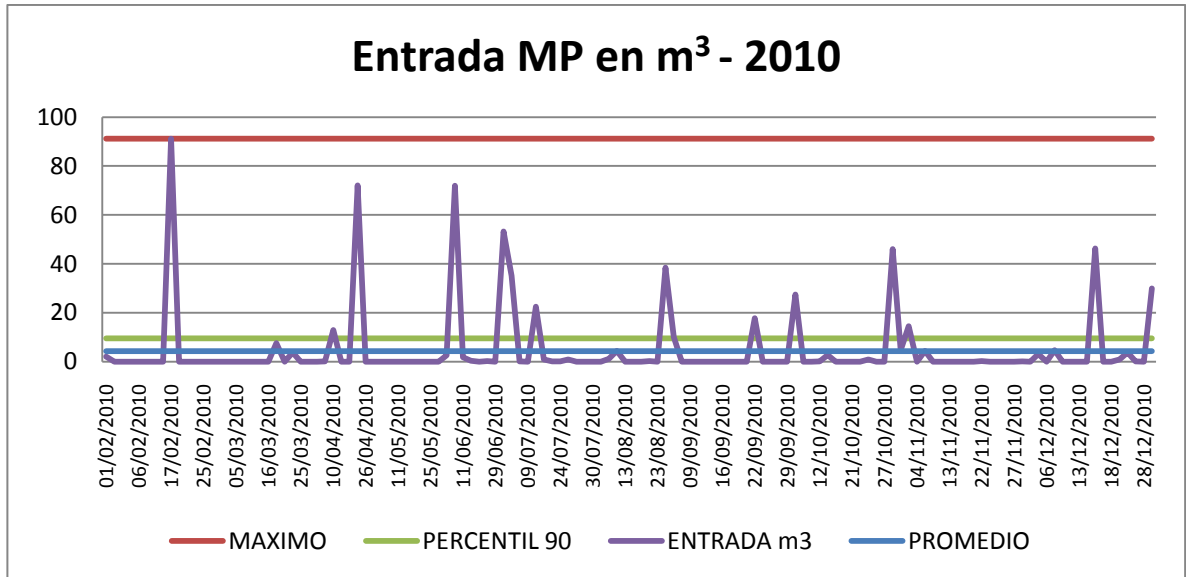
Figura 42. Entrada y salida de rollos promedio de MP en los días de la semana del año 2010.



4.2.4 Análisis de entradas, salidas e inventarios por volumen de materias primas.

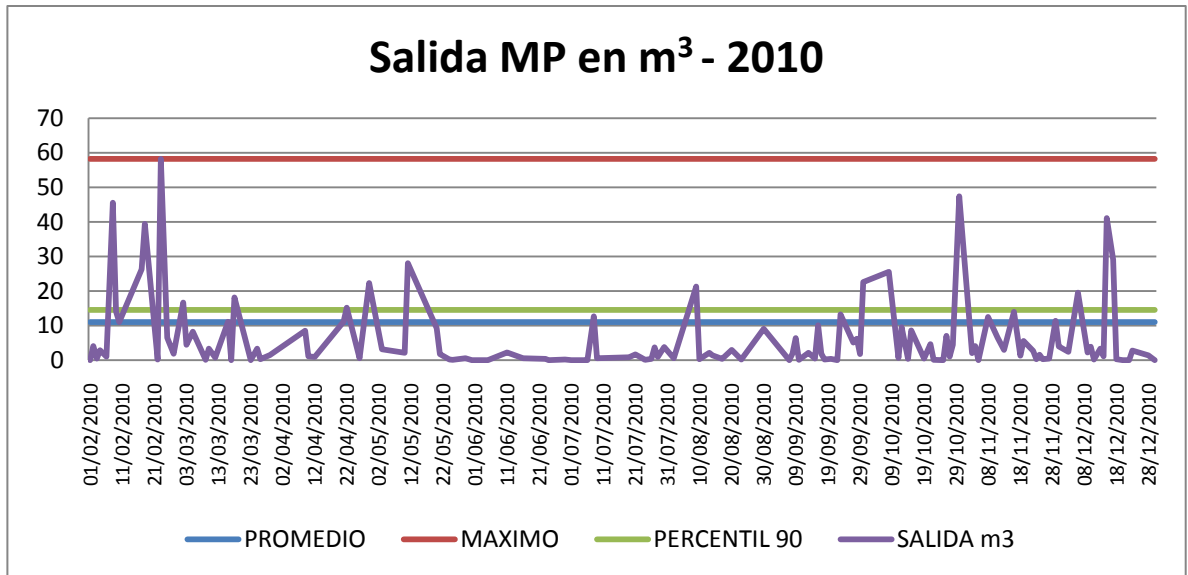
Las entradas considerables de rollos son cada dos o tres meses, a causa de la importación de rollos y la entrada por contenedores, los demás valores que se encuentran por debajo del percentil 90 de 10 m^3 , son devoluciones de la zona de corte porque no se consumen la totalidad del rollo y se registran nuevamente como rollos entrantes; la *Figura 43* enseña dicho comportamiento.

Figura 43. Entradas diarias en volumen de MP en el año 2010.



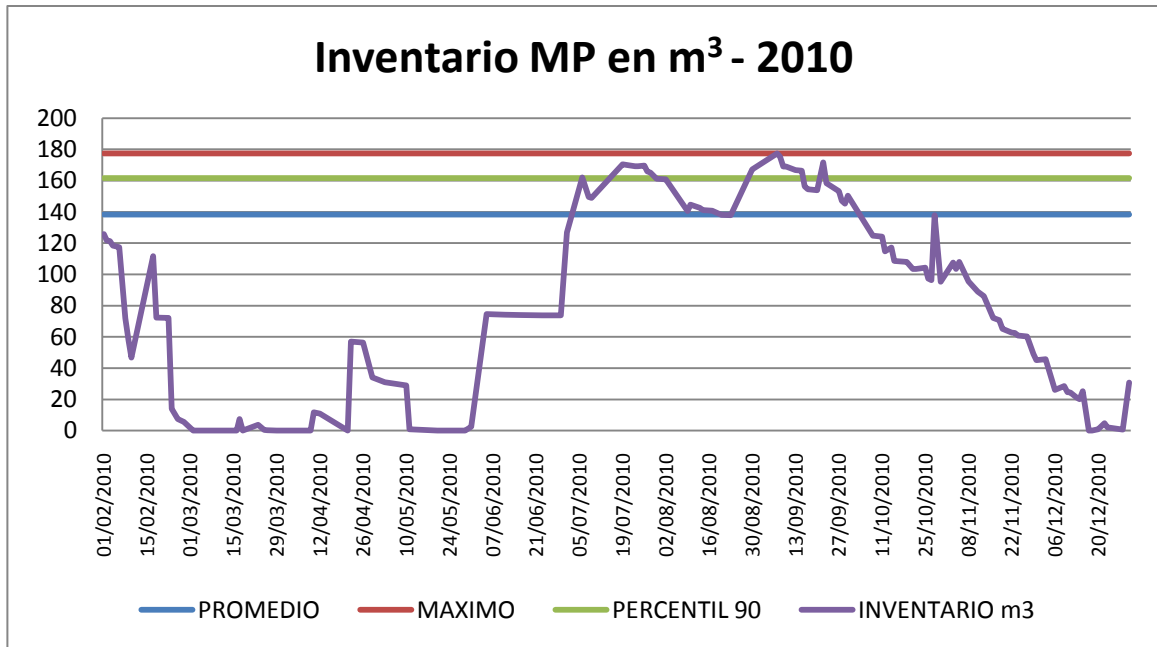
En la *Figura 44* se visualiza que la salida de rollos máxima es de 60 m^3 , este pico se traduce en 652 rollos y es poco habitual; el resto de los movimientos se encuentran por debajo de los 10 m^3 , aproximadamente 63 rollos en promedio.

Figura 44. Salidas diarias en volumen de MP en el año 2010.



El comportamiento del inventario en volumen de materias primas en al año 2010 es similar al comportamiento por unidades como se ve en la *Figura 45*, se debe a que los rollos poseen un volumen poco variable entre ellos. Para el cálculo del inventario volumétrico se tomó el dato puntual a finales del año 2009. El valor máximo en volumen de rollos alojados es de 180 m³.

Figura 45. Inventario diario en volumen de MP en el año 2010.



La *Tabla 9* contiene los valores para el cálculo del valor del volumen ocupado de materias primas, es el resumen de los valores de los tres gráficos volumétricos anteriores.

Tabla 9. Promedio, máximo y percentil 90 del volumen de entradas, salidas e inventarios de MP.

	PROMEDIO	MAXIMO	PERCENTIL 90
ENTRADAS m³	4,32	91,20	9,52
SALIDAS m³	11,05	58,17	14,48
INVENTARIO m³	138,34	177,31	161,57

4.3 INSUMOS

4.3.1 Tipología de insumos.

Se evaluaron individualmente cada uno de los insumos implicados, es decir, por referencias. Se desechó la opción de utilizar familias debido a que no existen patrones comunes en los insumos y la unidades de empaque es muy variable, en total son 532 referencias.

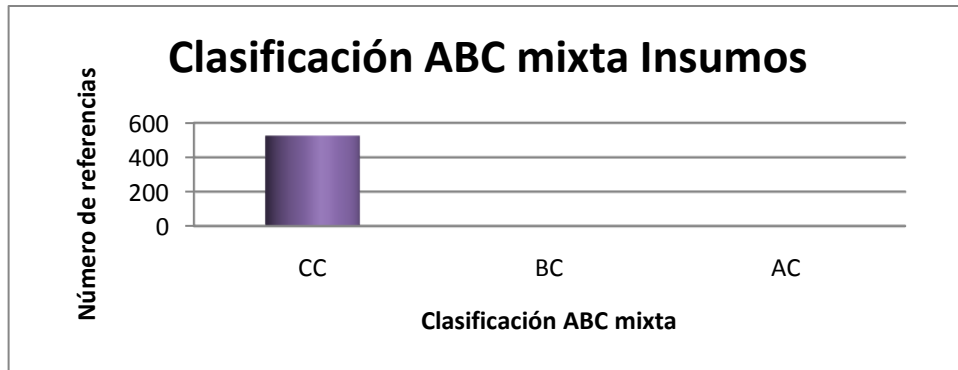
4.3.2 Clasificación ABC: análisis de demanda de insumos.

De 123 días laborados, el promedio por referencia de salida en el año es de 4 días, este valor ocasiona que la clasificación por frecuencia arroje solamente producto tipo C. por el contrario en términos de volumen, se clasifican las referencias por los tres tipos, solamente una referencia representa el 20% de las salidas volumétricas de insumos, la *Tabla 10* recopila esta información.

Tabla 10. Clasificación ABC por volumen despachado y frecuencia de salida de insumos.

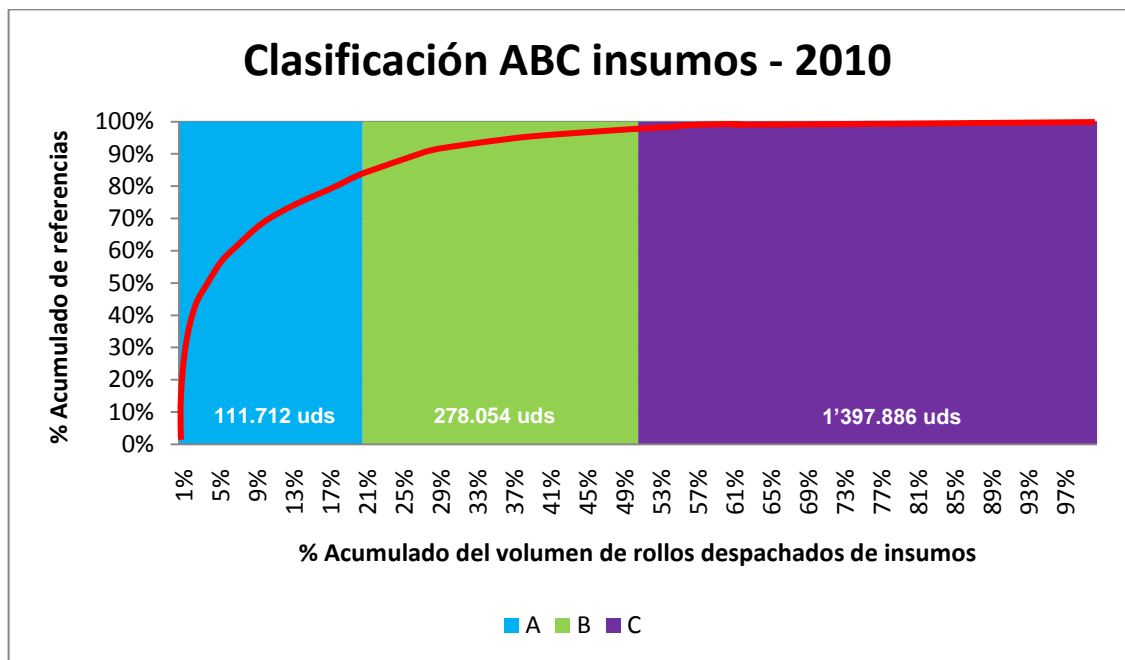
CLASIFICACION	Número de familias clasificadas por volumen de despachos	Volumen total m ³	Número de familias clasificadas por frecuencia de despachos	Frecuencia días /año
A	1	7.710,36	-	-
B	5	13.095,06	-	-
C	526	22.642,64	532	3,48
TOTAL	532	43.448,06	532	3,48

Figura 46. Clasificación ABC mixta para insumos en año 2010.



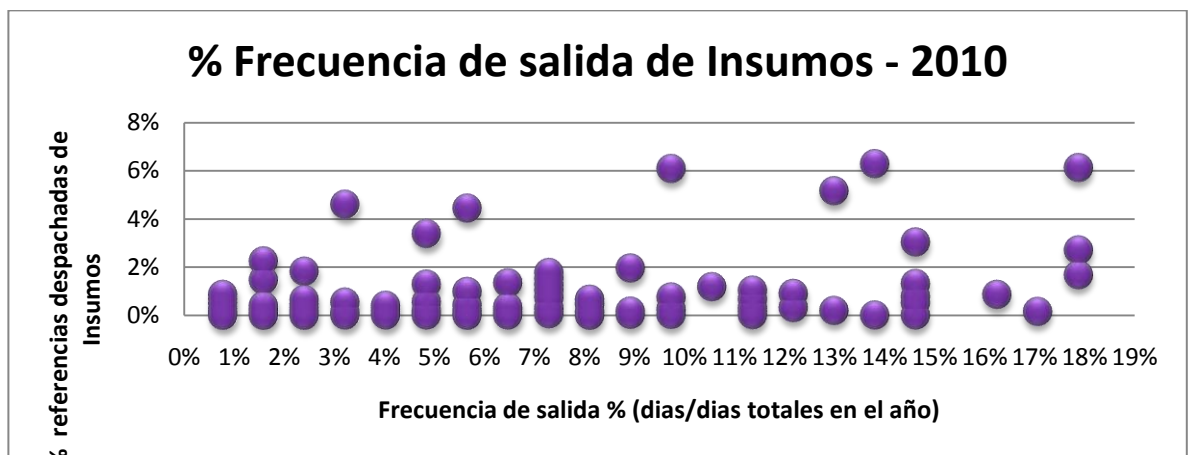
Como ha sido frecuente en las demás áreas, la combinación CC aparece en este caso como la predominante entre las familias, esto indica que los productos que forman el 50% del volumen de insumos despachados salen máximo 22 días de 123 días en total, es decir, menos del 20%, la *Figura 46* y la *Figura 47* lo enseña gráficamente.

Figura 47. Clasificación ABC volumétrico de Insumos del año 2010.



La frecuencia de salida de los insumos es baja, en la *Figura 48* se acumulan la mayoría de puntos por debajo del 15% y solamente se incrementa hasta 17,88%, además el porcentaje de referencias despachadas que encierra la mayoría de las referencias es del 2%; sale gran cantidad de referencias y en pocos días al año.

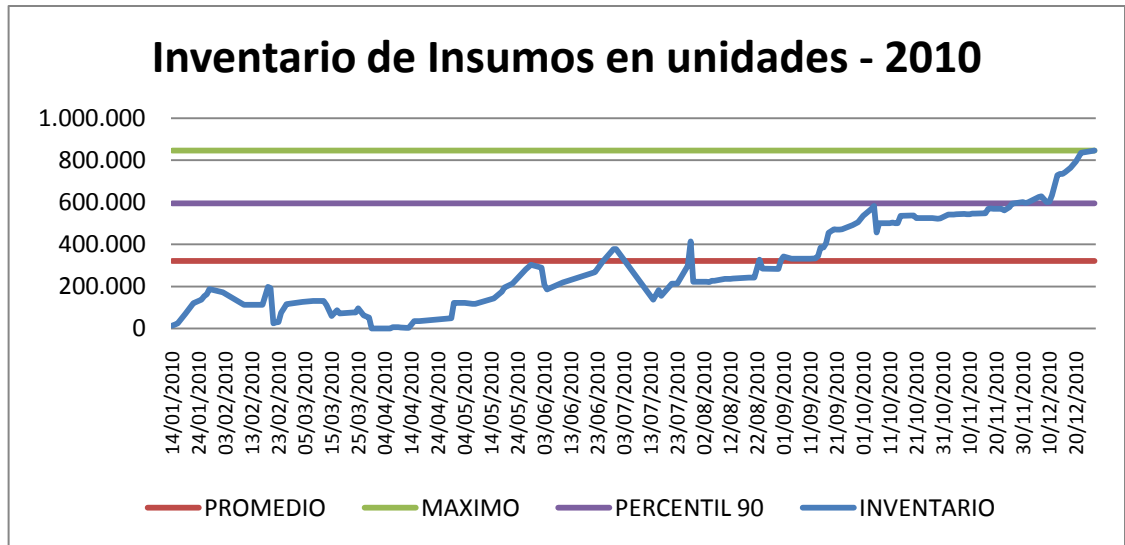
Figura 48. Frecuencia de despachos de Insumos vs. % de las unidades despachadas.



4.3.3 Análisis de inventarios por unidades de insumos.

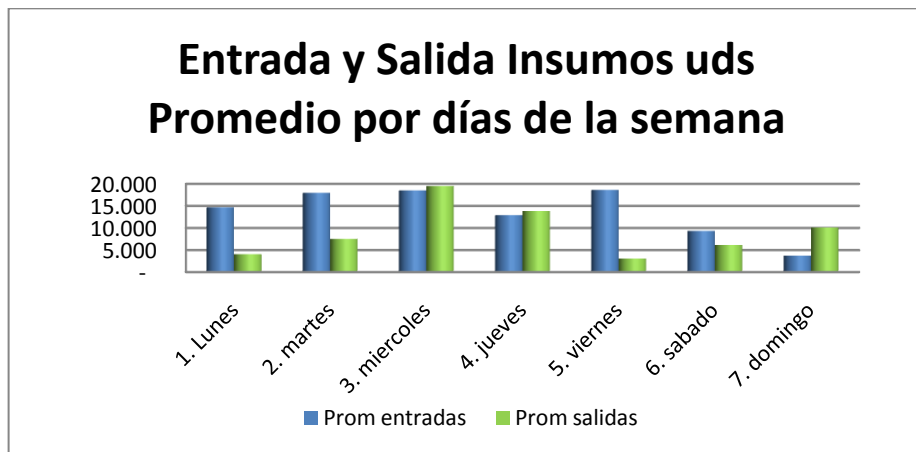
En la *Figura 49* se identifica el crecimiento del inventario de insumos, este inventario se calculó con la sumatoria de los productos en stock a finales del año 2009. Durante todo el año el inventario crece hasta 900.000 unidades, existe gran cantidad de entradas y pocas salidas, esto descompensa el espacio que se dispone para contener los insumos y ocasiona la superación de la capacidad, lo cual se traduce en ocupación de espacios no aptos para los insumos.

Figura 49. Inventario diario en unidades de insumos en el año 2010.



Los días de más movimiento en entrada y salida de insumos para maquila son los miércoles con un promedio de 18.995 unidades. Esta *Figura 50* concuerda con la *Figura 42* en la cual los días miércoles se presencia movimiento de salidas hacia maquila.

Figura 50. Entrada y salida de unidades promedio de Insumos en los días de la semana del año 2010.



4.3.4 Análisis de entradas, salidas e inventarios por volumen de insumos.

Los insumos se comportan con picos, debido a la entrada y salida poco frecuente; de la *Figura 51* y de la *Figura 52* se destaca que la salida depende de la materia prima despachada hacia maquila, en los camiones deben suministrar a los tercerizadores las telas y los materiales para el empaque, marquillas, bolsas, entre otros elementos, las estibas de telas salen cada 2-3 días. El máximo volumen es de 40 m³, y existe una restricción por parte del maquilador del tamaño del camión, que no sea mayor de un camión con capacidad para 5000 Kg.

Figura 51. Entradas diarias en volumen de Insumos en el año 2010.

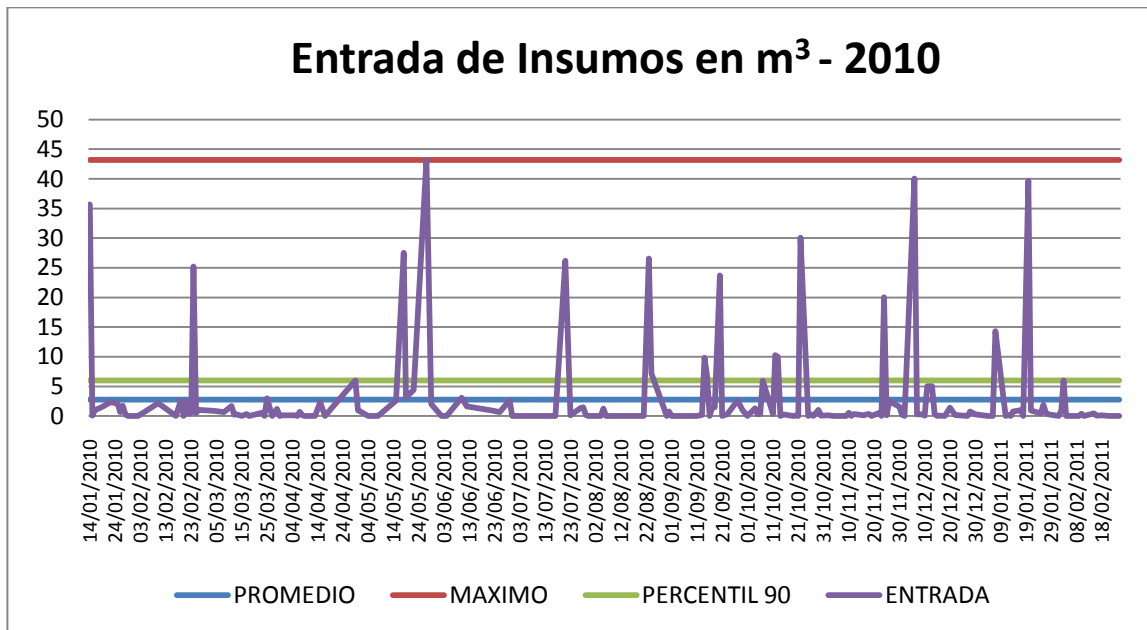
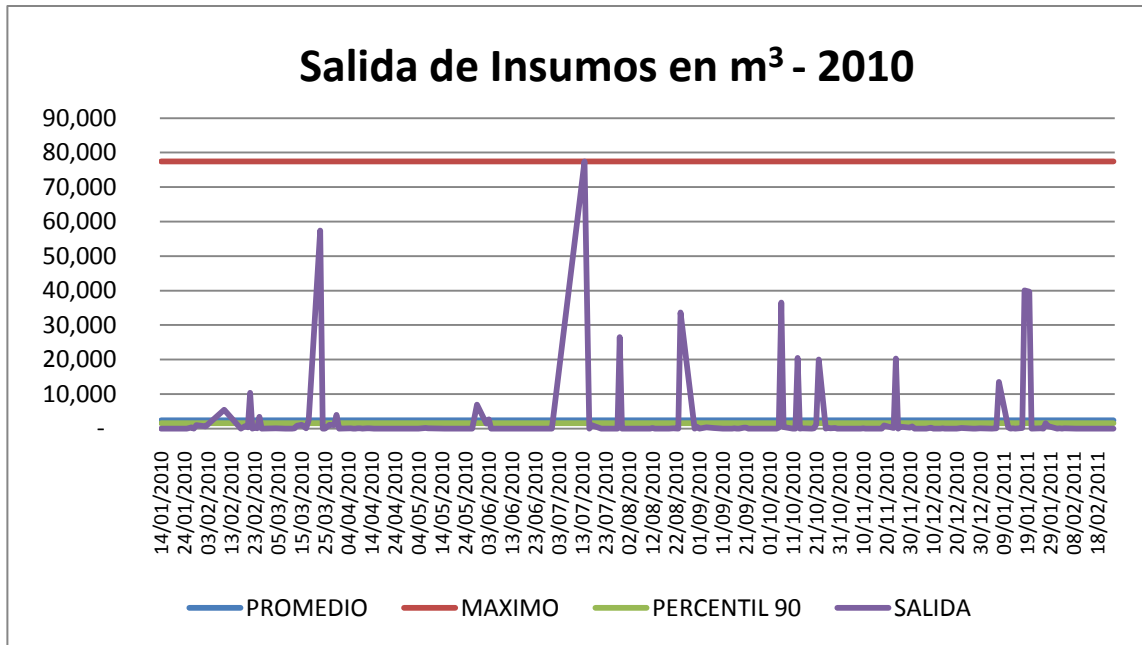
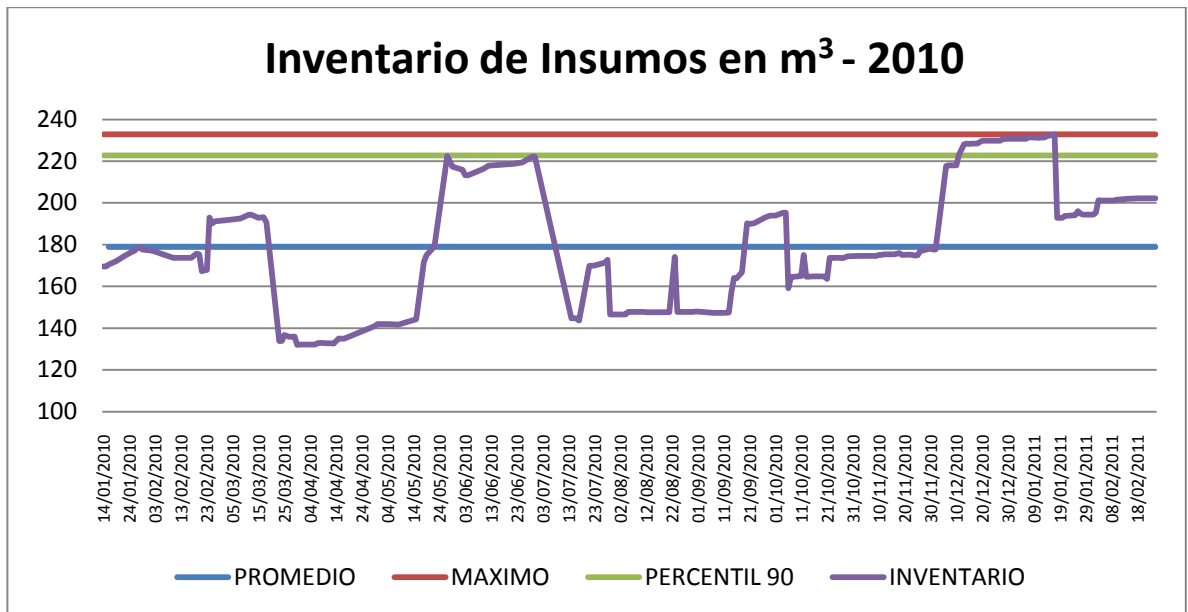


Figura 52. Salidas diarias en volumen de Insumos en el año 2010.



El inventario diario se calculó con datos de finales del año 2009; este inventario en volumen, tal como el inventario en unidades, sufrió un incremento de 100 m³ como se ve en la *Figura 53*; igualmente afecto en gran parte la ocupación por sobrepasar su capacidad.

Figura 53. Inventario diario en volumen de Insumos en el año 2010.



La *Tabla 11* recopila los datos de los gráficos volumétricos y en unidades diarias de insumos, en términos de salidas, entradas e inventario promedio, máximo y percentil 90. Por ejemplo, en las entradas el 90% de los datos se encuentra por debajo de 5,98 m³.

Tabla 11. Promedio, máximo y percentil 90 del volumen de entradas, salidas e inventarios de Insumos.

	PROMEDIO	MAXIMO	PERCENTIL 90
ENTRADAS m³	2,75	43,16	5,98
SALIDAS m³	2,40	77,45	1,56
INVENTARIOS m³	178,99	232,88	222,75

5 MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE LAS BODEGAS DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTO TERMINADO.

De acuerdo al análisis previo del comportamiento de los productos en el año 2010 y a la selección de los equipos y sistemas de almacenamiento, se procede a construir los datos de ocupación por cada tipo de producto y determinar el número de módulos requeridos según la estantería elegida. Además es necesario calcular el área de las zonas de despacho y recibo de productos y el número de puertas.

5.1 VOLUMEN OCUPADO PRODUCTO TERMINADO

Existen dos alternativas de estanterías seleccionadas para producto terminado: entreplantas con estantería paquetería o estantería paquetería de 7,5 metros, sin embargo el número de módulos calculados es igual porque poseen la misma cantidad de niveles. Las dimensiones de un nivel de este tipo de estanterías es: 2,3*0,5*0,6 metros.

Para las familias en producto terminado, se determinó un tamaño de caja estándar de uso frecuente en Saafartex SA, dicha caja cuenta con las siguientes dimensiones: 45*30*60 cms.; es decir que la *posición caja* es igual 0,081 m³.

Según la metodología descrita en el marco teórico para el cálculo del volumen ocupado, se calcula el número de módulos requeridos para alojar el producto terminado, en base a los datos volumétricos obtenidos y a la posición caja determinada, la *Tabla 12* recopila dichos datos.

Tabla 12. Cálculo del número de módulos requeridos para producto terminado en estantería paquetería con base en la posición caja.

CAJA	Niveles por piso	5
	Pisos por módulo	3
	Cajas por nivel a lo largo	5
	Niveles por módulo	15
	Cajas por módulo	75
	Número de cajas necesarias	10.738
	Módulos requeridos	141

Existen familias donde el valor unitario volumétrico es mayor que el valor de la *posición caja*, por lo tanto se debe realizar el cálculo con el valor de la *posición pallet* (1,32 m³). Adicionalmente se debe cambiar el tipo de estantería en este caso, como es paletizada, se utiliza una estantería de paletización convencional, la *Tabla 13* recopila dicha información.

Tabla 13. Cálculo del número de módulos requeridos para producto terminado en estantería paquetería con base en la posición pallet.

PALLET	Niveles por módulo	8
	Pallets por nivel	2
	Pallets por módulo	16
	Número de pallets necesarios	124
	Módulos requeridos	8

5.2 VOLUMEN OCUPADO MATERIAS PRIMAS

Para las materias primas se selecciono una estantería convencional, esta cuenta con las siguientes dimensiones: 2,4*1,2*1,25 metros.

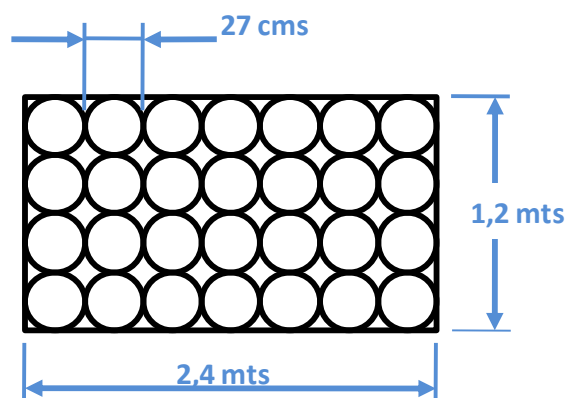
Como son rollos, no se realizó el procedimiento propuesto, porque el cálculo del volumen del nivel dividido entre el volumen del rollo no considera el espacio que queda entre los rollos; por lo tanto el porcentaje de participación volumétrica no se tomó en cuenta para los cálculos.

En cambio se calculó por familia el número de diámetros que ocupan un cuadrado de 2,4*1,2 metros (medida de X y Y del nivel).

Como ejemplificación:

Familia: 180 H 50/50 – 135; diámetro: 27 cm; la *Figura 54* enseña dicha distribución de rollos.

Figura 54. Número de diámetros de la familia 180 H 50/50 – 135, que ocupan un nivel de estantería convencional.



En total resultan 32 rollos, pero este valor se multiplica por 60%, porque es el factor de ocupación real²⁷.

²⁷ Debido al peso de los rollos, la variación de los diámetros y el espacio para la manipulación de los mismos.

Con el número de rollos en un nivel, se calcula el número de niveles necesarios para alojar la totalidad del inventario promedio de rollos por cada familia, la *Tabla 14* resume los cálculos.

$$\text{Niveles necesarios por familia} = \frac{\text{Inventario promedio de rollos por familia}}{\text{Número de rollos por familia por nivel}}$$

Y el número de de módulos se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Módulos necesarios} = \frac{\sum \text{Niveles necesarios por familia}}{\text{Niveles por módulo}}$$

Tabla 14. Cálculo del número de módulos requeridos para materias primas en estantería convencional con base en el número de rollos por nivel.

	Niveles por módulo	7
ROLLO	Niveles según el Inventario	131,57
	Módulos	19

5.3 VOLUMEN OCUPADO INSUMOS

Los insumos se almacenaran en estantería paquetería, estas poseen las mismas dimensiones de producto terminado, un nivel es de 2,3*0,5*0,6 metros.

Para calcular el volumen ocupado de insumos se determinaron los cinco tamaños de cajas más frecuentes entre un total de 48 tamaños de caja que resultaron. Las referencias que sobrepasen la capacidad volumétrica de la caja más grande, asume el valor del volumen unitario propio, dichos tamaños se resumen en la *Tabla 15*.

Tabla 15. Posiciones caja para insumos.

POSICIONES CAJA				
Frecuencia	Largo mts	Ancho mts	Alto mts	Volumen m³
63	0,58	0,34	0,35	0,06902
67	0,43	0,33	0,28	0,039732
18	0,22	0,18	0,18	0,007128
75	0,08	0,07	0,15	0,00084
253	0,09	0,09	0,07	0,000567

Para cada referencia se determina cual tamaño de *posición caja* es adecuado y se determina cuantas cajas de dicha referencia caben en la *posición caja* asignada; con este valor se determina el número de *posiciones "caja"* necesarias para alojar las referencias de acuerdo al volumen calculado con el porcentaje de participación, este cálculo se encuentra en la siguiente tabla:

Tabla 16. Cálculo del número de niveles necesarios, discriminado según la posición caja.

Posición caja m³	Cajas por nivel	Número de cajas necesarias	Número de niveles necesarios
0,000567	1216,93	5.704,14	4,69
0,00084	821,42	2.648,13	3,22
0,007128	96,80	783,32	8,09
0,039732	17,36	2.791,54	160,74
0,06902	9,99	1.344,23	134,46
0,07488	9,21	41,68	4,52
0,083824	8,23	52,45	6,37
0,085095	8,10	0,07	0,01
0,100048	6,89	-	-
0,100724	6,85	4,91	0,72
TOTAL			322,83






El número de módulos se calcula igualmente que en materias primas y su resultado se encuentra en la *Tabla 17*.

Tabla 17. Cálculo del número de módulos requeridos para insumos en estantería paquetería con base en las diferentes *posición caja* determinadas.

CAJAS	Niveles por módulo	12
	Número de niveles necesarios	322,83
	Módulos requeridos	27

Como sugerencia para el sistema de picking en insumos se recomiendan los siguientes tipos de caja plásticas diseñadas para estandarizar y mejorar el desempeño de las estanterías implicadas –ver la *Figura 55*-. A partir de los datos obtenidos previamente se definieron los cinco tamaños de cajas más populares y su caja plástica equivalente sugerida.

Figura 55. Cajas de mayor popularidad en el área de insumos y sus respectivas cajas plásticas sugeridas.

Cajas estandar	frecuencia	largo metros	ancho metros	alto metros	Volumen m ³	Referencia caja sugerida	largo metros	ancho metros	alto metros	Volumen m ³	Foto
1	253	0,09	0,09	0,07	0,00057	LF 210 ZW PP	0,14	0,095	0,05	0,000665	 LF 210 ZW PP
2	75	0,08	0,07	0,15	0,00084	LF 211 ZW PP	0,14	0,095	0,075	0,0009975	 LF 211 ZW PP
3	67	0,43	0,33	0,28	0,03973	CME 640x170	0,5685	0,3885	0,167	0,036884	
4	63	0,58	0,34	0,35	0,06902	CME 640x320	0,5685	0,3885	0,317	0,07001333	
5	18	0,22	0,18	0,18	0,00713	LF 211 ZW PP	0,14	0,095	0,075	0,0009975	 LF 211 ZW PP LF 221 CS PP

Fuentes: SCHAFFER, Cajas de almacenaje a la vista. <<http://www.ssi-schaefer.es/Articulos-y-medidas-Serie-LF.8265.0.html>> y MECALUX, Cajas y cajones de plástico (Catálogo). España, 2011. 4, 9 p.

A continuación se presenta una tabla donde se resume el número de módulos calculados para producto terminado, materias primas e insumos.

Tabla 18. Resumen del número de módulos y estanterías por cada área.

	Módulos y estanterías requeridos	
Producto terminado	141 módulos de cajas Estantería paquetería	8 módulos de pallets Estantería paletizada convencional
Materias primas	19 módulos de rollos Estantería paletizada convencional	
Insumos	27 módulos de cajas Estantería paquetería	

Se adiciona un módulo tipo estantería paquetería para las devoluciones de producto terminado.

5.4 PASILLOS

El diseño de la distribución tendrá pasillos para el acceso de las estanterías, ya sea en el sistema hombre-producto o en montacargas, los pasillos estarán perpendiculares a las puertas en la mayoría de los casos, la *Tabla 19* resume las dimensiones por cada área.

Tabla 19. Dimensión de los pasillos por cada área.

Área		pasillos secundarios
Producto terminado	Alternativa 1	1 metro
	Alternativa 2	1,8 metros
Materias primas		1,8 metros
Insumos		1,8 metros

5.5 ZONA DE RECIBO Y DESPACHO DE PRODUCTOS

Estas zonas se calculan de la siguiente manera.

- a) Seleccionar los picos más altos de entradas ó salidas volumétricas con respecto a los tres tipos de bodegas producto terminado, materias primas e insumos.
- b) Calcular el promedio de estos valores volumétricos en entradas y salidas.
- c) Dividir el volumen promedio entre una *posición pallet* (1,32 m³), obteniendo el número de pallets necesarios.
- d) Multiplicar el número de pallets necesarios por 1,2 metros de largo y 1 metro de ancho y por 3 que es un factor de pasillo (para la movilización de los pallets), finalmente se obtiene el área necesaria para la zona de recibo y despacho.

La *Tabla 20* contiene los datos para los cálculos del área de dichas zonas.

Tabla 20. Cálculo del área total para la zona de recibo y despacho de mercancía.

	Zona de recibo	Zona de despacho
Volumen necesario m³	63,38	35,42
Número de pallets	52,81	26,83
Área necesaria m²	190,13	96,60
Área total m²	286,73	

5.6 NUMERO DE PUERTAS

Tabla 21. Cálculo del número de puertas totales para la zona de recibo y despacho de mercancía.

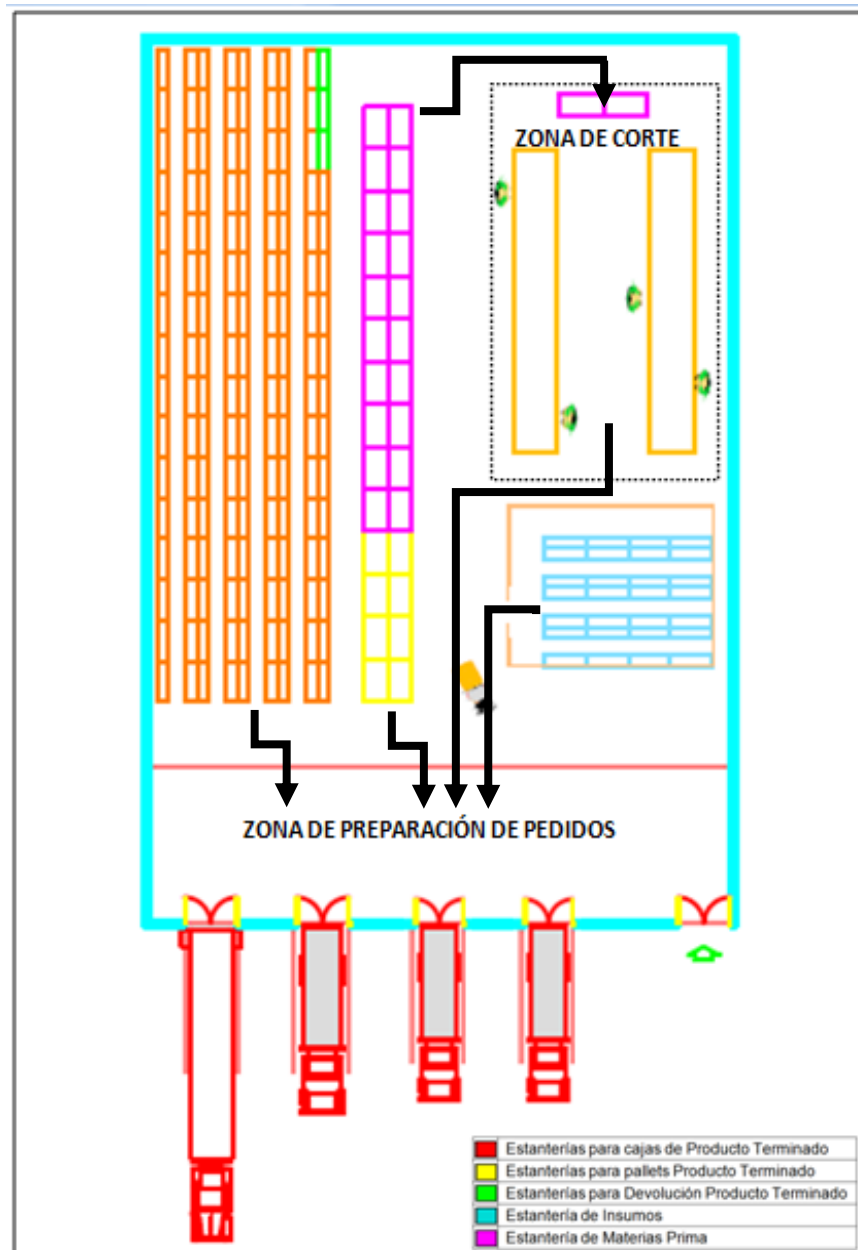
	ENTRADA	SALIDA
D (m³)	91,25	77,45
H (horas)	3	3
C (m³)	45,62	45,62
S (horas)	8	8
Número de puertas	0,75	0,63

La *Tabla 21* contiene los datos necesarios para el cálculo del número de puertas, para la demanda e ingreso de artículos máxima son necesarias dos puertas, una de recibo de mercancía y otra de despacho de mercancía; pero como se tiene un frente amplio en la bodega, disponer de más las puertas es posibles. La altura de las puertas es entre 3,5 a 4 metros.

6 PLANOS DE LA DISTRIBUCION

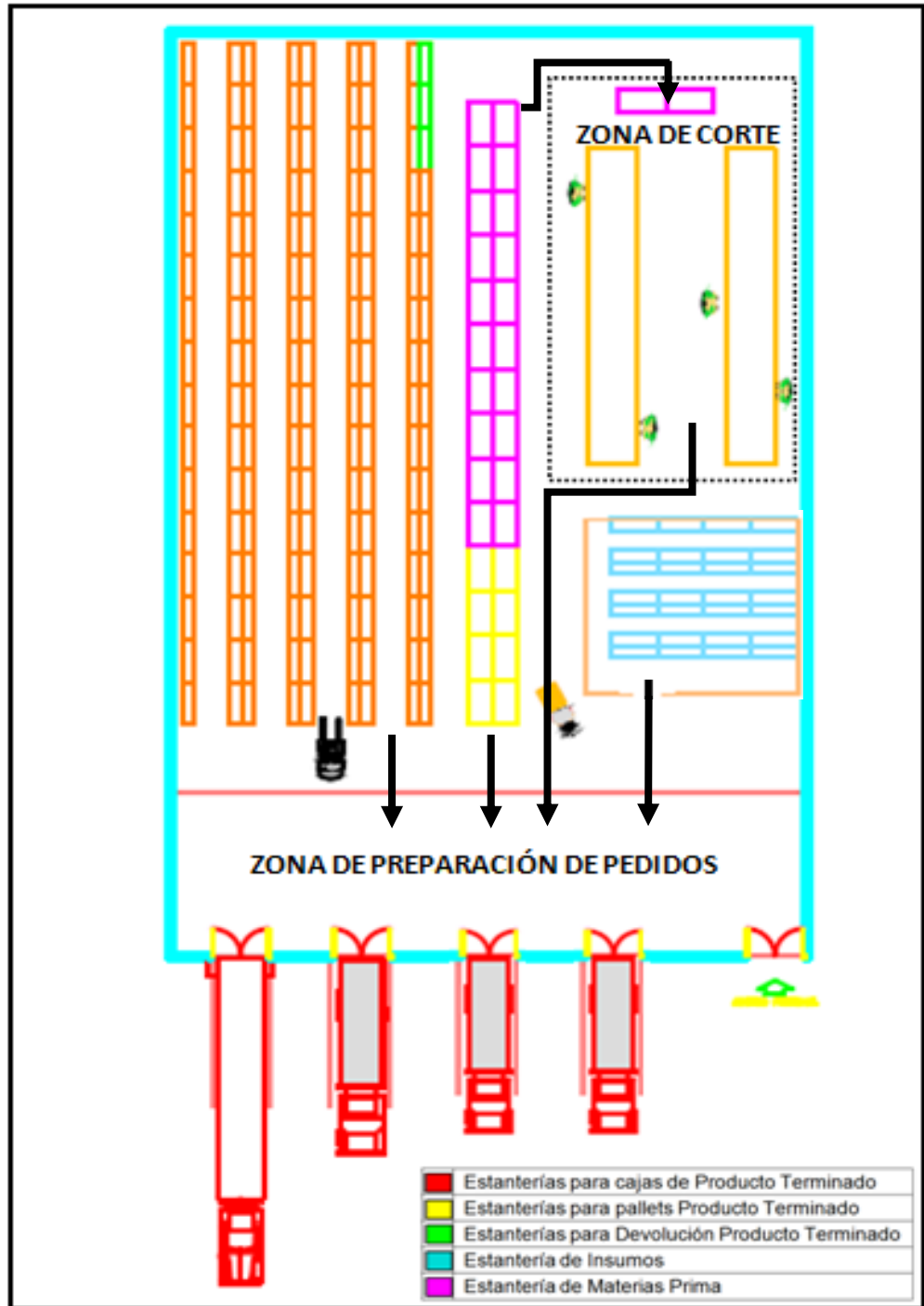
6.1 ALTERNATIVA 1

Figura 56. Alternativa 1 de distribución.



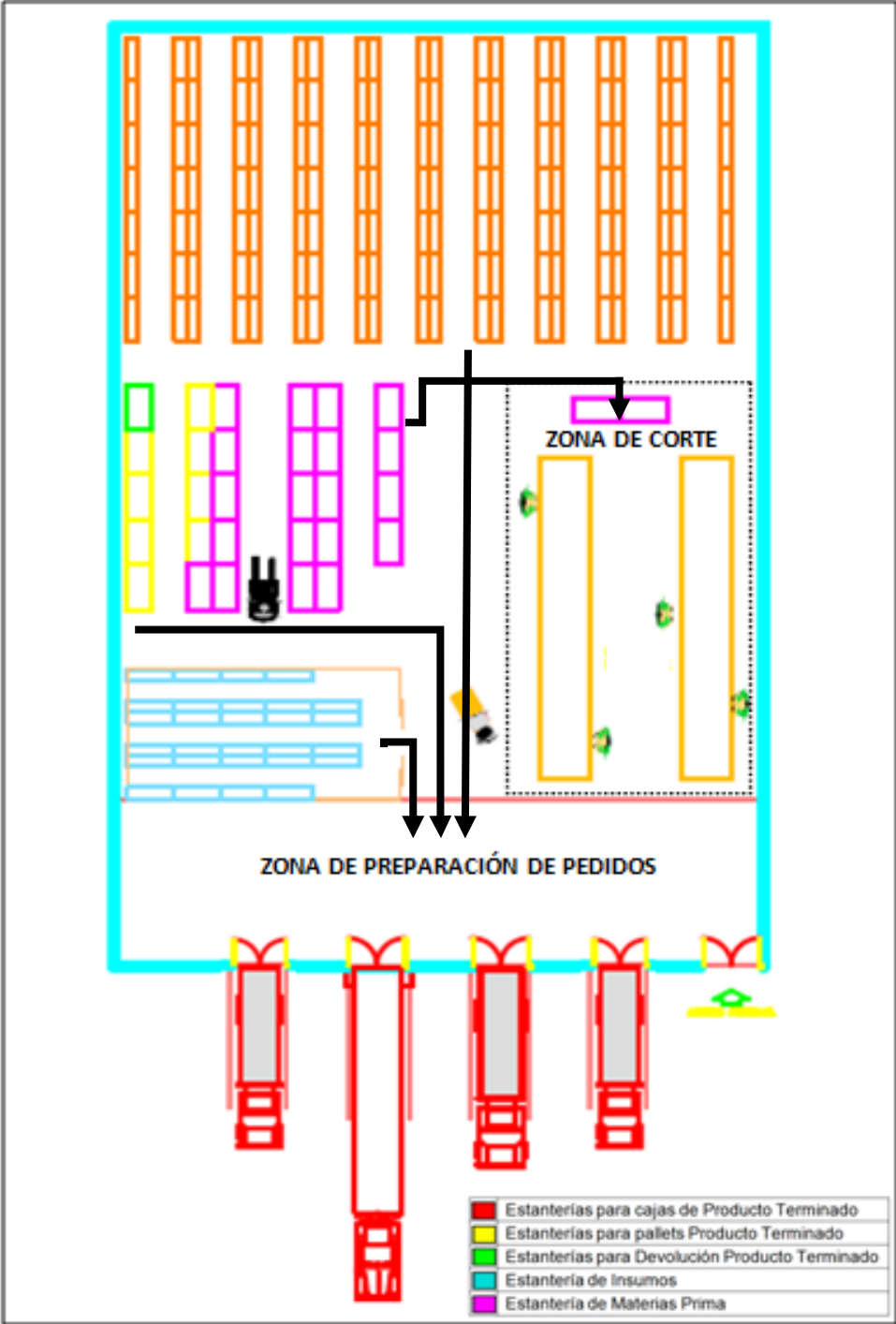
6.2 ALTERNATIVA 2

Figura 57. Alternativa 2 de distribución.



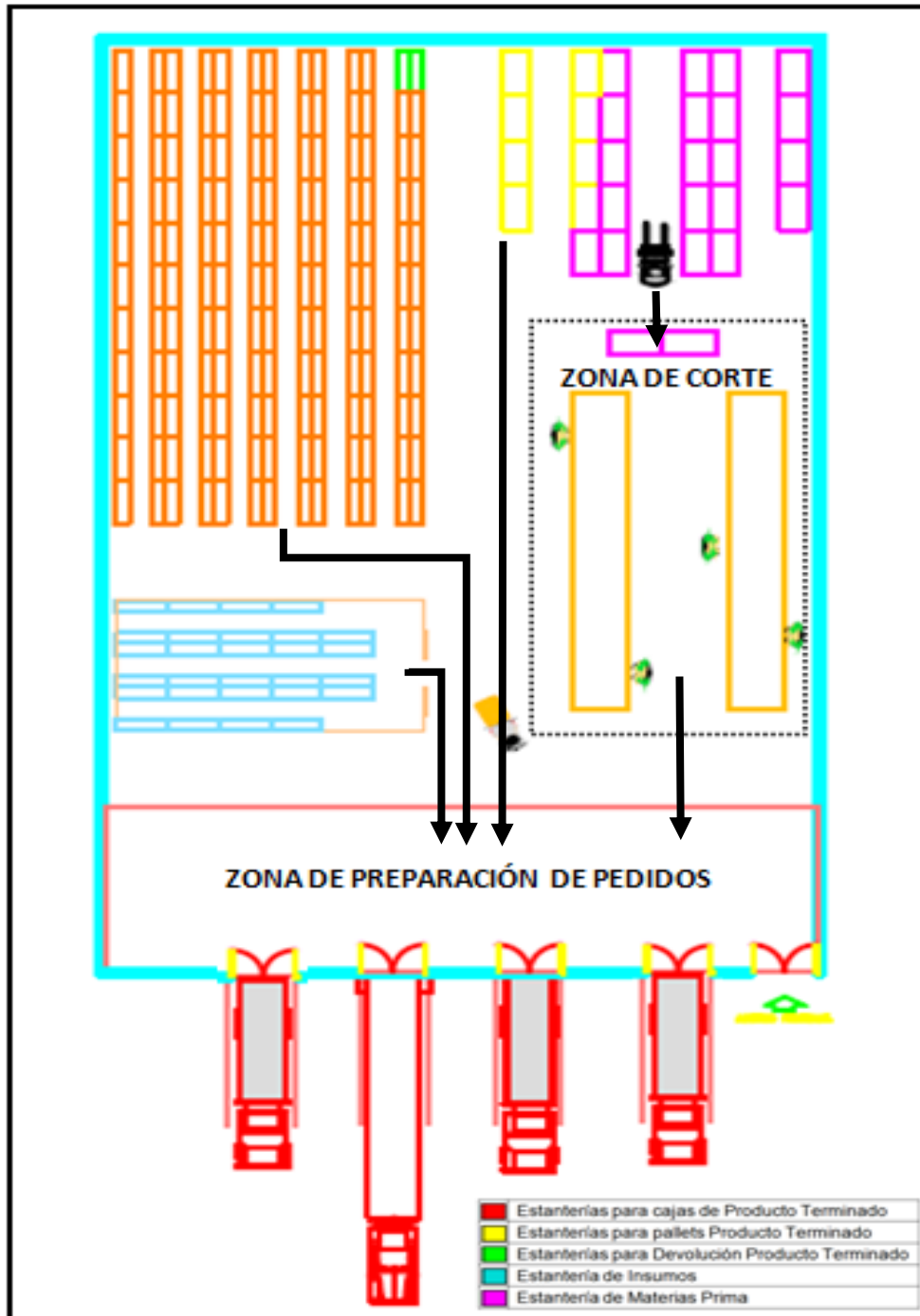
6.3 ALTERNATIVA 3

Figura 58. Alternativa 3 de distribución.



6.4 ALTERNATIVA 4

Figura 59. Alternativa 4 de distribución.



6.5 ANÁLISIS DE LOS FLUJOS FÍSICOS DE CADA ALTERNATIVA

Tabla 22. Características de cada alternativa de distribución de las bodegas.

	Característica	Producto terminado	Materias primas	Insumos
Alternativa 1	Sistema de almacenamiento	Entreplantas	Estantería de altura	Entreplantas
	Tipo de estantería	Paquetería	Convencional	Paquetería
	Tipo de equipo para almacenamiento	Hombre producto	Montacargas	Hombre producto
	Ancho de pasillo	1 metro	1,8 metros	1 metro
Alternativa 2	Sistema de almacenamiento	Estantería altura	Estantería de altura	Entreplantas
	Tipo de estantería	Paquetería	Convencional	Paquetería
	Tipo de equipo para almacenamiento	Montacargas	Montacargas	Hombre producto
	Ancho de pasillo	1,8 metros	1,8 metros	1 metro
Alternativa 3	Sistema de almacenamiento	Estantería altura	Estantería de altura	Entreplantas
	Tipo de estantería	Paquetería	Convencional	Paquetería
	Tipo de equipo para almacenamiento	Montacargas	Montacargas	Hombre producto
	Ancho de pasillo	1,8 metros	1,8 metros	1 metro
Alternativa 4	Sistema de almacenamiento	Entreplantas	Estantería de altura	Entreplantas
	Tipo de estantería	Paquetería	Convencional	Paquetería
	Tipo de equipo para almacenamiento	Hombre producto	Montacargas	Hombre producto
	Ancho de pasillo	1 metro	1,8 metros	1 metro

En la *Tabla 22*, se identifican las características principales de las áreas de cada alternativa.

La alternativa 1 posee un buen flujo de materiales y no se encuentra ningún conflicto de cruce de caminos –ver *Figura 56*-.

La alternativa 2 en la *Figura 57* posee la misma distribución de la alternativa 1, pero es más estrecha por los pasillos de 1,8 metros de producto terminado, lo cual reduce el espacio de circulación entre la zona de corte y materias primas. El resto de las zonas presenta un buen flujo de materiales.

En la alternativa 3 de la *Figura 58*, producto terminado ocupa la totalidad de la parte trasera de la bodega, lo cual ocasiona un cruce de caminos con respecto a materias primas y el transporte de rollos hacia la zona de corte. Insumos y el producto terminado ubicado en estantería convencional no presentan problemas de flujo.

La alternativa 4 presenta un buen flujo en todas las áreas, no existen cruces de caminos. Se resalta que en el flujo en materias primas hacia corte y hacia la zona de preparación de pedidos es ideal, -ver *Figura 59*-.

7 PRESUPUESTO

El presupuesto se efectuó con el fin de obtener la mejor opción monetaria con respecto a las estanterías propuestas en cada una de las áreas implicadas, es decir, producto terminado, materias primas e insumos; y en base a las partes de las estructuras como bastidor²⁸, viga principal, entrepaño²⁹ de madera o metálico. Para dicho estudio se utilizaron las cotizaciones de cuatro compañías de este sector industrial, cabe anotar que las cotizaciones en la *Tabla 23* se discriminan por el tipo de entrepaño requerido.

Tabla 23. Cotizaciones para las estanterías con diferentes empresas.

ÁREA		EMPRESA 1	EMPRESA 2	EMPRESA 3	EMPRESA 4
ENTREPAÑO DE MADERA	Estantería MP	\$ 49'112.883	\$ 92'748.951	\$ 104'636.914	-
	Estantería insumos y PT	-	\$ 205.117.316	\$ 192'103.847	-
ENTREPAÑO METÁLICO	Estantería MP	\$ 42'586.412	-	\$ 97'487.221	\$ 48'668.803
	Estantería insumos y PT	-	-	\$ 179'158.239	\$ 148'940.097

En conclusión para materias primas y para producto terminado e insumos la empresa más conveniente por los bajos costos de las estructuras, es la *Empresa 4*.

²⁸ Armazón para soportar elementos, hecho de madera o metal.

²⁹ Tabla horizontal de una estantería para alojar los productos.

Para cada alternativa se cotizaron los sistemas, equipos y herramientas de almacenamiento necesarios –ver la *Tabla 24-*

Nota: en la estantería paquetería y en la estantería convencional se selecciona el valor de la *Empresa 4*.

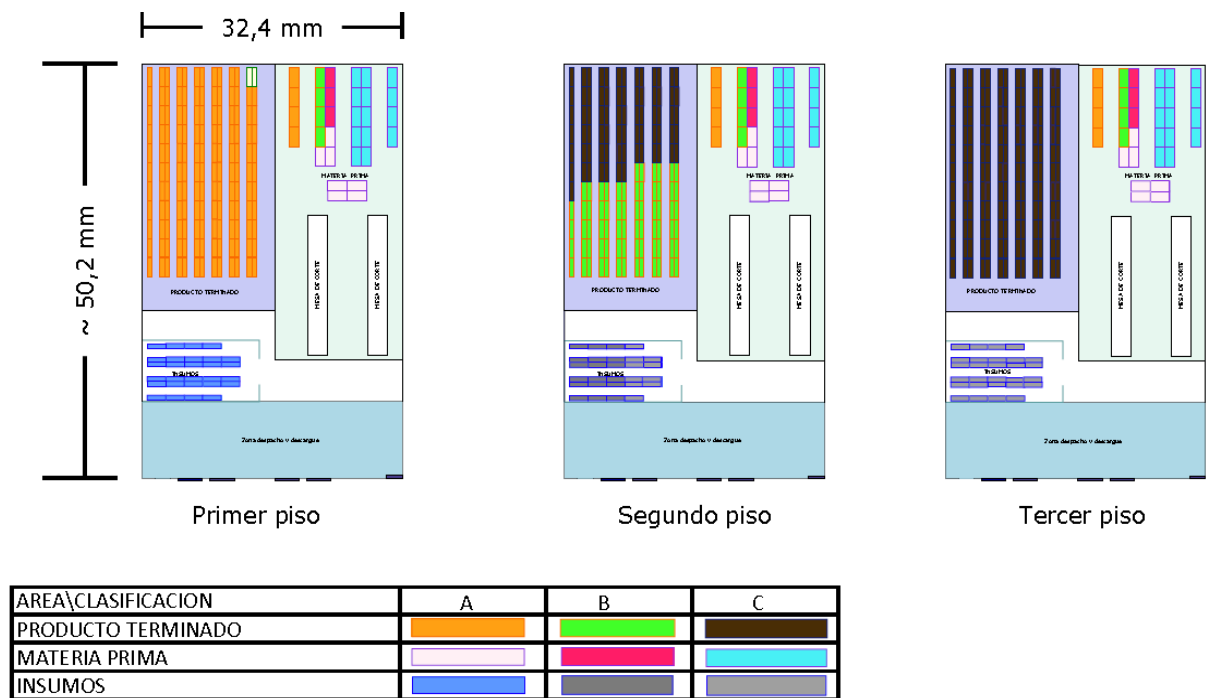
Tabla 24. Cotización por cada alternativa de los sistemas, equipos y herramientas de almacenamiento.

	Estructura/Equipo	Producto terminado	Materias primas	Insumos	TOTAL
Alternativa 1	Entreplantas	\$ 190.256.000	\$ -	\$ 27.158.400	\$ 537.023.300
	Estantería paquetería	\$ 134.046.087	\$ -	\$ 14.894.010	
	Estantería Convencional	\$ -	\$ 48.668.803	\$ -	
	Montacargas	\$ -	\$ 120.000.000	\$ -	
	Gato manual	\$ -	\$ 2.000.000	\$ -	
Alternativa 2	Entreplantas	\$ -	\$ -	\$ 27.158.400	\$ 466.767.300
	Estantería paquetería	\$ 134.046.087	\$ -	\$ 14.894.010	
	Estantería Convencional	\$ -	\$ 48.668.803	\$ -	
	Montacargas	\$ 120.000.000	\$ 120.000.000	\$ -	
	Gato manual	\$ -	\$ 2.000.000	\$ -	
Alternativa 3	Entreplantas	\$ -	\$ -	\$ 31.119.000	\$ 470.727.900
	Estantería paquetería	\$ 134.046.087	\$ -	\$ 14.894.010	
	Estantería Convencional	\$ -	\$ 48.668.803	\$ -	
	Montacargas	\$ 120.000.000	\$ 120.000.000	\$ -	
	Gato manual	\$ -	\$ 2.000.000	\$ -	
Alternativa 4	Entreplantas	\$ 192.027.000	\$ -	\$ 31.119.000	\$ 542.754.900
	Estantería paquetería	\$ 134.046.087	\$ -	\$ 14.894.010	
	Estantería Convencional	\$ -	\$ 48.668.803	\$ -	
	Montacargas	\$ -	\$ 120.000.000	\$ -	
	Gato manual	\$ -	\$ 2.000.000	\$ -	

Según la evaluación del flujo de la distribución analizado en las Figuras 56, 57, 58 y 59, y el presupuesto por cada alternativa; se concluye que la mejor alternativa es la 4, porque presenta el mejor flujo y distribución, a pesar de que el costo de su aplicación es el más alto, presenta los beneficios para el manejo de materiales y almacenamiento más acorde a las necesidades de este tipo de productos.

La siguiente figura evidencia el flujo según la clasificación ABC de la alternativa 4, se discrimina por cada piso de las entreplantas de producto terminado e insumos, para materias primas se realizan 3 cortes iguales dependiendo de la altura final de dicha estantería. En la parte de arriba para producto terminado se encuentran los comforters, en el primer piso se encuentran los juegos de camas y sabanas, para insumos en el tercer piso se encuentran las cajas, y para materias primas se discrimina por la calidad de los rollos.

Figura 60. Flujo de la alternativa 4 de distribución.



8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Mediante la clasificación ABC por popularidad de los productos dentro del almacén y el nuevo diseño de los espacios, pasillos y estanterías se logra disminuir mínimo en un 20% el tiempo requerido para la realización de picking.
- La reducción de la densidad de almacenamiento, permitirá tener mayor disponibilidad de espacio para atenuar picos de demanda. Sin embargo, como no existe medida universalmente válida para la misma, el seguimiento en el tiempo conducirá a Saafartex SA a determinar cuál será el valor objetivo a monitorear.
- Mediante la observación del proceso actual se identificó que existe carencia de capacidad de almacenamiento en el área de producto terminado y como resultado de esto, se realiza almacenamiento en áreas no dispuestas para ello, razón por la cual el nuevo mejoramiento incluye el área adicional, se pasaría de tener 105 m² a 349m².
- Con la adquisición de un montacargas tipo order picker, y de una estibadora manual se mejorara la productividad del operario en las operaciones de picking y packing, y las condiciones ergonómicas, porque no existiría la necesidad que el operario cargue en su hombro materiales.

- Con la adquisición de un nuevo terreno y consolidación de las tres áreas, se consigue ahorro en el tiempo de desplazamiento por parte del personal de control de 17 minutos por tramo y ahorros en los costos de transporte de los mismos, cada tramo en taxi vale \$7.000, es decir que en un mes movilizándose a zona franca (20 días) se ahorrarían \$280.000 y 11 horas y media en transporte.
- El análisis de los datos históricos del año anterior en cada una de las áreas evaluadas, en términos de entradas, salidas e inventarios de unidades y volúmenes, determinó la cantidad de número de módulos necesarios, en cada una de las áreas.
- Como recomendación se propone evaluar si realmente todas las referencias que se están despachando generan suficiente rentabilidad para que ocupe el 96% de las referencias o se evaluaría mejor cuales son las más significativas para reducir el número de referencias en inventario.

9 BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, David R.; SWEENEY Dennis J.; WILLIAMS Thomas A. Estadística para Administración y Economía (Décima Edición). México: Cengage Learning, 2008.

ARRIETA, Juan G. (Notas tomadas de clase magistral, 15 de Abril de 2011), Docente de Gestión de Inventarios y Almacenamiento. Universidad EAFIT. Medellín.

BALLOU, Ronald H. Logística administración de la cadena de suministro. (Quinta edición), México: Prentice Hall; 2004. 816 p.

BARTHOLDI, John J.; STEVEN T, Hackman. Warehouse & Distribution science. Version 0.94. Atlanta: The Supply Chain and Logistics Institute School of Industrial and Systems Engineering Georgia Institute of Technology; 2011. 299p.

DALLARI F., MARCHET G., MELACINI M. Design of order picking system. Int J Adv Manuf Technol 2009; 42:1-12.

España. Mecalux SA. Manual técnico de almacenaje. Barcelona: Mecalux; 1998, 387 p.

FLORES B., CLAY D. Multiple criteria ABC Analysis. Tex A&M Univ, USA 1985; 38-46.

FRAZELLE, Edward; SOJO, Ricardo. Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial. Medellín: Grupo Editorial Norma; 2007. 352 p.

INDUSTRIAS CENO. Catálogo: Línea almaceno: estantería selectiva y modular. <http://www.industriasceno.com/esp_index.htm#>. [Citado el 18 de abril de 2011].

MECALUX. Estanterías. <<http://www.mecalux.es/estanterias/27992742-p.html>>. [Citado el 18 de abril de 2011].

METALKOM. Sistemas de almacenaje. <<http://www.metalkom.com/sistemas-almacenaje-estanterias-entreplantas.htm>>. [Citado el 18 de abril de 2011].

URZELAI INZA, Aitor. Manual Básico de logística integral, Madrid: Díaz de santos, 2006. 153 p.

YALE. Forklift Trucks: Warehouse.<<http://www.yale-forklifts.eu/site/en/products>>. [Citado el 15 de abril de 2011].