

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



**“PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS
OPERATIVOS DEL CENTRO DE DISTRIBUCION DE
CALZADO OPERADO POR APL LOGISTICS”**

Por

Mauricio Ignacio Clivio Quezada
Leandro Osses Arias

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Enrique Fajjo

Octubre, 2017

Agradecimiento y Dedicatoria

Dedicado a todos quienes me apoyaron y ayudaron durante mi etapa universitaria, en especial a mi familia que son el pilar fundamental en mi vida y siempre me entregaron su confianza para seguir adelante.

Mauricio Clivio Quezada

A mis padres por el apoyo incondicional desde el primer día de universidad quienes siguieron de cerca mi carrera universitaria, a mis hermanas por su cariño y buenas vibras en todo momento, a mi hijo Facundo por ser mi inspiración. Mis agradecimientos en especial a mis abuelos por la hospitalidad que le brindaron a mi grupo de estudio en su casa.

A mi grupo de estudio Luis Cofre, Marco Bouffanais, Mauricio Clivio y Guillermo Campos. Gracias por su acompañamiento, conocimientos y consejos en este largo camino recorrido. Son parte importante en mi carrera.

A mi abuela materna María Mercedes Retamal San Juan, a quien le dedico este trabajo de título.

Leandro Osses Arias

Índice

Glosario.....	5
Lista de abreviaturas.....	6
Lista de Figuras	7
Lista de Tablas.....	9
Resumen.....	10
Capítulo I: Introducción	11
1.1 Descripción de la empresa	11
Capítulo II: Objetivos.....	13
2.1 Objetivos Generales	13
2.2 Objetivos Específicos	13
Capítulo III: Metodología	14
Capítulo IV: Marco Teórico	15
4.1 Cadena de suministro	15
4.2 Desarrollo del concepto	15
4.3 El objetivo de una cadena de suministro.....	16
4.4 Función de la logística en las cadenas de suministro	17
4.5 Que es la logística.....	17
4.6 Actividades logísticas.....	18
4.7 Planeación de la logística y de la cadena de suministros	21
4.7.1 Demanda.....	21
4.7.2 Servicio al cliente.....	21
4.7.3 Características del producto.....	22
4.7.4 Costos de logística	22
4.7.5 Política de precios.....	22
4.8 Diseño y layout de almacenes y centros de distribución.....	23
4.9 Componentes del diseño de las instalaciones.....	23
4.9.1 Diseño de la instalación	23
4.9.2 Diseño externo de un centro de distribución	24
4.9.3 Diseño interno de un centro de distribución	24
4.10 Identificación de ubicaciones	27
4.11 Tipos de almacenes.....	28

4.11.1	Organización física de almacenes	29
4.12	Inventario.....	29
4.12.1	Gestión de inventarios.....	30
4.13	Servicios Logísticos Tercerizados (3PL) (ThirdPartyLogistics o TPL).....	30
4.13.1	Tipos de Proveedores 3PL.....	30
4.14	Herramientas estadísticas básicas.....	32
4.15	Programación lineal.....	34
4.15.1	Modelo de problema de transporte	34
4.15.2	Modelo de problema de asignación	36
Capítulo V:	Análisis de la situación actual de la bodega	38
5.1	Situación actual	38
5.2	Proveedores y clientes del centro de distribución	39
5.2.1	Proveedores.....	39
5.2.2	Clientes del centro de distribución	39
5.3	Tiempos de entrega	40
5.4	Clasificación de productos.....	40
5.5	Estructura Organizacional	41
5.5.1	Recepción.....	43
5.5.2	Abastecimiento	45
5.5.3	Picking.....	46
5.5.4	Despacho:	47
5.6	Análisis de instalaciones y de equipos	48
5.6.1	Instalaciones.....	48
5.6.2	Racks de almacenamiento	52
5.6.2.1	Clasificación por niveles del rack de almacenamiento.....	53
5.6.3	Layout de la zona de pick line.....	54
5.6.4	Equipos	56
5.7	Procesos operativos.....	56
5.7.1	Proceso de recepción	58
5.7.2	Proceso de abastecimiento	60
5.7.3	Proceso de picking	62
5.7.4	Proceso de despacho.....	64

5.8	Identificación de oportunidades de mejora.....	66
5.8.1	Diagrama de Ishikawa	67
5.8.2	Clasificación por proceso	69
5.8.3	Análisis de KPI's.....	70
CAPITULO VI: Propuestas de Mejora.....		71
6.1	Proceso de picking utilizando radio frecuencia.....	71
6.2	Proceso de abastecimiento utilizando radio frecuencia.....	73
6.3	Clasificación de materiales utilizando criterio de volumen	74
6.4	Configuración de materiales en la línea de picking	75
6.5	Clasificación de ubicaciones utilizando criterio de distancia.....	77
6.6	Proceso de abastecimiento utilizando un modelo de asignación	78
6.6.1	Formulación del modelo.....	81
6.6.2	Resultados Preliminares	85
6.7	Evaluación de beneficios	91
Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones.....		93
7.1	Conclusiones.....	93
7.2	Recomendaciones.....	94
Capítulo VIII: Bibliografía		96
Anexos		97

Glosario

Apparel: Ropa.

Bulk: Ubicación en los rack de calzado, destinado al almacenamiento de pallet completos.

Configurar: Organizar los distintos tipos de calzados en la línea de picking.

Coverage: Pronostico de ventas por temporada y división.

Equipment: Equipamiento.

Footwear: Calzado.

Inventory Record Accuracy: Indicador de gestión que mide la exactitud del inventario.

Layout: Representa la distribución de áreas dentro de un diseño de un almacén o dentro de distribución.

Lead Time: indicador de gestión relacionado al tiempo de procesamiento de pedidos.

Línea de picking: Área destinada a mantener productos al alcance de la mano, para facilitar la preparación de pedidos.

Material: Tipo de producto que contempla el estilo y color de este.

On Time Recieve: Indicador de gestión que mide el Tiempo que demora un producto en ser almacenado desde la recepción.

Pallet: Armazón de madera o plástico destinado al movimiento de carga.

Pack out: Zona en donde se procesan y empaacan los pedidos.

Picking: Proceso de recogida de material.

Picking Exception: indicador de gestión relacionado a los faltantes en bodega.

Rack: Estantería utilizada para almacenar cajas y pallet.

Lista de abreviaturas

APL: American President Line.

APLL: American President Line Logistic;

APP: Apparel.

BC: Big Customer

EQ: Equipment.

FW: Footwear.

IA: Inventory Accuracy.

KPI: Indicador de gestión.

PE: Picking Exception.

QA: Control de calidad

SC: Small Customer

SKU: Numero de referencia.

Lista de figuras

Figura 5. 1 Nomenclatura Material y SKU	40
Figura 5. 2 Organigrama de procesos asociados a Footwear	42
Figura 5. 3 Organigrama proceso de recepción	43
Figura 5. 4 Organigrama proceso de abastecimiento.....	45
Figura 5. 5 Organigrama proceso de picking	46
Figura 5. 6 Organigrama proceso de despacho	47
Figura 5. 7 Vista superior del centro de distribución APLL	48
Figura 5. 8 Vista lateral del centro de distribución APLL	49
Figura 5. 9 Layout del centro de distribución APLL	51
Figura 5. 10 Diseño de rack	52
Figura 5. 11 Nomenclatura ubicaciones.....	53
Figura 5. 12 Clasificación Rack.....	54
Figura 5. 13 Layout de los rack.....	55
Figura 5. 14 Dimensiones rack y pasillos.....	55
Figura 5. 15 Macro proceso	57
Figura 5. 16 Proceso de recepción	59
Figura 5. 17 Proceso de abastecimiento.....	61
Figura 5. 18 Proceso de picking.....	63
Figura 5. 19 Proceso de despacho	65
Figura 5. 20 Diagrama de Ishikawa.....	67
Figura 6. 1 Proceso mejorado de picking	72
Figura 6. 2 Configuración de tallas.....	76
Figura 6. 3 Material.....	76
Figura 6. 4 Nueva nomenclatura de ubicaciones	77
Figura 6. 5 Distancias de las ubicaciones con la zona de pack-out.....	77

Figura 6. 6 Nueva clasificación de pasillos.....	78
Figura 6. 7 Esquema de rack utilizado para aplicación del modelo en software Excel SOLVER.....	84
Figura 6. 8 Tabla de costos para Categoría A.....	85
Figura 6. 9 Resultados preliminares Categoría A obtenidos de SOLVER	86
Figura 6. 10 Tabla de costos para Categoría B.....	87
Figura 6. 11 Resultados preliminares Categoría B obtenidos de SOLVER	88
Figura 6. 12 Tabla de costos para Categoría C.....	89
Figura 6. 13 Resultados preliminares Categoría C obtenidos de SOLVER	90

Lista de tablas

Tabla 4. 1 Siete principios básicos del flujo de materiales	25
Tabla 5. 1 Tabla de clientes.....	39
Tabla 5. 2 Tallas por categoría.....	41
Tabla 5. 3 Equipos utilizados y sus dimensiones.....	56
Tabla 5. 4 Indicadores por división	66
Tabla 5. 5 Identificación de procesos críticos	69
Tabla 5. 6 KPI's.....	70
Tabla 6. 1 Clasificación de materiales	74
Tabla 6. 2 Ejemplo asignación de SKU	75

Resumen

El presente trabajo se llevó a cabo en APL Logistics Chile, un operador logístico, reconocido en la gestión de cadena de suministros. El estudio se realizó en el centro de distribución de Nike, uno de los clientes más importantes de APLL, con un inventario de 1.150.000 productos en bodega, valorizado aproximadamente en \$17.250.000.000.

Dentro de los productos de la marca, el calzado representa cerca del 50% de participación en las ventas, es por eso que se llevó a cabo un estudio de las actividades logísticas, para detectar oportunidades de mejora.

El principal problema del centro de distribución se centra en los racks de almacenamiento de calzado. En donde los materiales no se almacenan de forma ordenada, los pedidos quedan con faltantes, los operadores del área poseen malas prácticas, se generan faltantes en bodega y mala gestión del inventario. Con respecto a los faltantes en bodega mensualmente se rebajan de los pedidos cerca de 6.266 unidades promedio, equivalentes a \$93.997.500. Por esta razón, el problema que aborda y resuelve la presente memoria es el faltante en bodega.

Se plantea la implementación de la radio frecuencia en los procesos de abastecimiento y picking para aumentar la precisión del inventario y reducir el nivel de faltantes en bodega. Además se clasificaron las ubicaciones en la línea de picking, según las distancias desde la ubicación hasta el área de pack out. En base a esto se genera un modelo matemático de asignación de materiales, el cual permite configurar de forma ordenada y lógica los materiales en la línea de picking, y a su vez, favorecer el proceso de abastecimiento y picking.

Capítulo I: Introducción

APL Logistics es una empresa dedicada a la gestión de cadena de suministro. En las instalaciones de APL Logistics se llevan a cabo las actividades logísticas de la marca deportiva Nike, la cual cuenta con tres divisiones: Ropa o Apparel (APP), Equipamiento o Equipment (EQ) y Calzado o Footwear (FW).

En el área de los racks de calzado, se llevan a cabo los procesos de almacenamiento, abastecimiento y picking, los cuales presentan problemas de diseño, procedimientos y tecnología obsoleta, unidades perdidas, inventario descuadrado lo que genera pedidos incompletos. Esto a su vez se traduce en una insatisfacción en el cliente de APLL, ya que no se gestiona de forma adecuada el inventario de Nike.

Este estudio busca mejorar la gestión de inventario para la división de calzado, optimizando el abastecimiento de ubicaciones en los racks, disminuyendo los recorridos de los materiales y las unidades faltantes por pedidos.

1.1 Descripción de la empresa

APL Logistics Chile es un operador logístico perteneciente al grupo Neptune Orient Lines, de origen Singapurense dedicado al transporte naviero y terrestre de contenedores, operaciones de terminales y administración de cadena de suministro. Actualmente administra 3 millones de metros cuadrados en más de 260 países.

En Chile cuenta con 140.000 metros cuadrados, en donde se llevan a cabo la administración de la cadena de suministro de marcas como P&G, Pepsico, Walmart, Michellin, Clorox, Nike, etc.

APLL cuenta con una organización directiva a nivel global liderada por el presidente de APLL. En el caso de Latinoamérica, esta es liderada por el director de operaciones logísticas, quien está a cargo de los resultados de la organización desde México hasta Chile. A su vez el director se reporta ante el presidente de la compañía, para así potenciar el crecimiento del negocio de las empresas de servicios logísticos tercerizados, aumentando las ventas y gestionando la cadena de suministro a través de la viabilidad en el tiempo y aumentando la rentabilidad.

En el caso del Gerente General para Chile, vela por los resultados de la compañía, quien debe reportarse con el director latinoamericano, al igual que el Gerente Comercial para Chile.

La Visión, Misión y Valores estipulados por APLL Chile son los siguientes:

Visión:

Ser reconocidos como líder en servicios logísticos en Chile, ofrecer soluciones que integren completamente la cadena de suministros, proveer ventajas competitivas a nuestros clientes y mejorar nuestra rentabilidad.

Misión:

Prestar servicios logísticos integrales y de calidad a nuestros clientes, que respeten el medio ambiente, con un fuerte enfoque en innovación y tecnología para optimizar la cadena de suministro, con personas competentes y comprometidas con nuestros procesos de mejora continua, con nuestros clientes y con la rentabilidad de la compañía.

Valores:

- **Respeto:** Guardamos en todo momento la debida consideración a la dignidad de nuestros trabajadores, nuestro entorno y nuestros clientes.
- **Prevención:** Nos preocupamos por la seguridad de nuestros trabajadores y de nuestra operación.
- **Servicio de calidad:** Esfuerzo diario, la excelencia operativa es lo que nos guía agregando valor a los accionistas de la empresa.
- **Responsabilidad:** Cumplimos lo que prometemos con nuestros clientes y con la comunidad respetando el medio ambiente.

Capítulo II: Objetivos

2.1 Objetivos generales

Proponer una mejora para los procesos operativos del Centro de Distribución de calzado para disminuir los faltantes y optimizar la preparación de pedidos.

2.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de los procesos operativos del centro de distribución de calzado.
- Proponer una mejora de los procesos operativos mediante la incorporación de tecnología de radiofrecuencia.
- Optimizar la ubicación y distribución de materiales en los rack de almacenamiento.
- Validar la propuesta de mejora de los procesos de abastecimiento y picking.
- Evaluar y cuantificar el impacto económico de la mejora propuesta.

Capítulo III: Metodología

Identificar una problemática

El primer paso busca identificar un problema relevante para la empresa, el cual será analizado en el desarrollo del presente trabajo de título. Luego se definirán los objetivos generales y específicos relacionados con el problema.

Recolectar información

En el siguiente paso, se recolecta la información necesaria para el desarrollo de esta memoria, a través de la observación de los procesos. Se revisan los indicadores de gestión acordados entre el operador logístico y el cliente.

Definir las herramientas de calidad

En este paso, se analizan y seleccionan las herramientas de calidad que permitirán reconocer las principales causas de los faltantes en bodega. Para esto, además se describirán los procesos involucrados en la preparación de pedidos de calzado contemplando cada uno de los subprocesos, flujo de información y recursos.

Determinar una oportunidad de mejora

Luego de establecer las causas del problema, se definen los procesos involucrados, y cuál de estos es el más crítico. Esto permitirá identificar oportunidades de mejora, desarrollar propuestas. Además se especificara el impacto esperado de las propuestas sobre la problemática

Validar y evaluar las propuestas

Finalmente se validaran las propuestas de mejora, verificando si estas solucionan el problema planteado.

Capítulo IV: Marco Teórico

4.1 Cadena de suministro

“Una cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción de una solicitud de un cliente. La cadena de suministro incluye no solamente al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores al detalle e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, como la del fabricante, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente. Estas funciones incluyen, pero no están limitadas al desarrollo de nuevos productos, la mercadotecnia, las operaciones, la distribución, las finanzas y el servicio al cliente”. (Chopra & Meindl, 2008)

4.2 Desarrollo del concepto

Era de la creación

En el siglo 20, junto con la creación de las líneas de montaje, comienza a desarrollarse el concepto de administración de cadena de suministro. En 1982, el consultor norteamericano Keith Oliver, acuña el término cadena de suministro durante una entrevista para el Financial Times. Las principales características de la era de la creación son la reingeniería, cambios a gran escala, reducción de costos y prácticas de gestión niponas. (EOI, 2012)

Era de la integración

La era de la integración comienza con la transmisión estructurada de datos entre organizaciones mediante el Electronic Data Interchange, más conocido como EDI, el cual surge en 1960. A partir de este, se desarrolla en 1990 un nuevo sistema informático destinado a la administración de recursos en una organización (ERP), el cual continúa desarrollándose gracias a la difusión de internet en el mundo. Esta época se vio marcada principalmente por el valor agregado de productos y servicios, y la reducción de costos de una empresa gracias a la integración de los sistemas. (EOI, 2012).

Era de la globalización

La era de la globalización se caracteriza por el desarrollo de la gestión de abastecimiento, gracias a los sistemas mundiales de relaciones con los proveedores y el crecimiento de las cadenas de suministro a nivel nacional y continental. En 1980, varias organizaciones comenzaron a usar fuentes mundiales de suministro en sus negocios, dicha época se caracterizó por la globalización del término cadena de suministro, el cual buscaba mejorar la competitividad de las empresas, y a su vez generar valor a sus productos y servicios mediante la reducción de costos. (EOI, 2012)

4.3 El objetivo de una cadena de suministro

“El objetivo de una cadena de suministro debe ser maximizar el valor total generado. El valor que una cadena de suministro genera es la diferencia entre lo que vale el producto final para el cliente y los costos en que la cadena incurre para cumplir la petición de este. Para la mayoría de las cadenas de suministro, el valor estará estrechamente correlacionado con la rentabilidad de la cadena de suministro (también conocida como superávit de la cadena de suministro), que es la diferencia entre los ingresos generados por el cliente y el costo total de la cadena de suministro.

Mientras más alta sea la rentabilidad de la cadena de suministros, más exitosa será esta. Dicho éxito debe medirse en términos de la rentabilidad y no en función de la ganancia de cada etapa.

Habiendo definido el éxito de una cadena de suministro en términos de su rentabilidad, el siguiente paso lógico es buscar las fuentes de ingresos y costos. Para cualquier cadena de suministro, existe una sola fuente de ingreso: el cliente.

Todos los flujos de información, productos o fondos generan costos dentro de la misma cadena. Por lo tanto, la administración adecuada de estos flujos es una de las claves del éxito de la cadena de suministro. Una eficaz administración de la cadena de suministro comprende la administración de los activos y de los flujos de productos, información y fondos de la cadena para maximizar la rentabilidad de la misma.” (Chopra & Meindl, 2008)

4.4 Función de la logística en las cadenas de suministro

“La administración de la cadena de suministro ha capturado la atención y el interés de muchas organizaciones. Es probable que algunas personas ignoren o atiendan mal lo que es la logística, con las expectativas que genera la administración de la cadena de suministro y toda la tecnología que se ha desarrollado para ella. El encanto asociado con la cadena de suministro electrónica, la venta al menudeo por internet, el comercio electrónico y demás, parece eclipsar la importancia de la logística en algunas organizaciones y la necesidad de este soporte eficiente y efectivo en la cadena de suministro. Hay quienes tal vez la consideren un aspecto rutinario y aburrido cuando se compara con los desafíos de la cadena de suministro y las iniciativas como la globalización y la administración de la demanda. Sin embargo, los profesionales de la logística y otros directivos con experiencia saben que a pesar del alboroto que ha causado la internet, las organizaciones exitosas deben administrar el cumplimiento de pedidos para sus clientes de manera efectiva y eficiente a fin de construir y conservar sus ventajas competitivas y su rentabilidad” (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

4.5 Que es la logística

“La logística es la parte del proceso de la cadena de suministros que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, así como de la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes”. (Ballou, 2004)

“La Logística debe considerarse como parte de la administración organizacional; se clasifica en cuatro subdivisiones:

Logística empresarial

Parte del proceso de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo y almacenamiento eficiente y efectivo de bienes, servicios e información relacionada desde el punto de origen hasta el consumo, con el fin de satisfacer los requerimientos del cliente.

Logística militar

Diseño e integración de todos los aspectos del soporte para la capacidad operativa de las fuerzas militares (desplegadas o en la guarnición) y su equipo a fin de asegurar la prontitud, confiabilidad y eficiencia.

Logística de eventos

Red de actividades, instalaciones y personal necesario para organizar, programar y desplegar los recursos en la relación de un evento y retirarse de manera eficiente una vez que este ha transcurrido.

Logística de servicios

Adquisición, programación y administración de instalaciones, activos, personal y materiales para apoyar y sostener una operación o negocio de servicios". (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

4.6 Actividades logísticas

Transporte:

El transporte es una de las actividades logísticas más importantes para una empresa, ya que esta se encarga de los movimientos de materias primas y productos terminados. Además representa una de las variables más relevantes en el costo logístico total.

Deposito:

Este involucra dos actividades separadas pero que se relacionan de manera estrecha: la administración de inventarios y el almacenamiento. Existe una relación directa entre la transportación, el nivel de inventario y el número de almacenes requeridos.

Embalaje:

El embalaje corresponde a una actividad que busca proteger el producto en el proceso de almacenamiento, manejo de materiales y transporte. Se utiliza principalmente

cajas de cartón, film elástico, cinta adhesiva y zuncho, dependiendo del producto que se desea proteger. (Ballou, 2004)

Manejo de Materiales:

Tiene relación con todos aquellos equipos que se emplean para realizar movimientos del producto dentro de la bodega. Estos pueden ser grúas, apiladores, traspaletas eléctricas y manuales, etc.

Control de Inventarios:

El control de inventario se debe realizar en las bodegas o centros de distribución para mantener el nivel adecuado de productos, y que estos se encuentren en la ubicación y cantidad exacta, según lo que indica el sistema.

Cumplimiento de Pedidos:

“El cumplimiento de pedidos consiste en las actividades involucradas en el despacho y embarque de los pedidos del cliente. Es importante porque tiene un impacto directo sobre el tiempo que transcurre entre el momento en que el cliente coloca un pedido hasta que lo recibe. A esto también se le llama *tiempo de entrega del pedido*. Los cuatro procesos o actividades básicas para el cumplimiento o tiempo de entrega son transmisión, procesamiento, preparación y envío.” (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

Pronóstico de la demanda:

“Otra actividad importante es el pronóstico de la demanda. Se necesita que este sea confiable para lograr la exactitud en los requerimientos de inventarios. Los materiales y componentes son vitales para la eficiencia de la manufactura, el control de inventarios y la satisfacción del cliente.” (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013).

Planificación de la Producción:

“Es el paso inmediatamente siguiente al pronóstico. Una vez hecho el pronóstico, se determina el nivel de inventarios disponible y la tasa de uso se procede a calcular el número de unidades a producir para cubrir adecuadamente la demanda del mercado.” (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

Aprovisionamiento:

El aprovisionamiento busca determinar qué actividades ejecutara la misma empresa y cuales externalizará. Esta decisión se toma considerando que los costos de transporte y almacenamiento tienen directa relación con la distancia entre los materiales y la bodega.

Servicio al Cliente:

Desde la perspectiva del servicio al cliente, se determinan estándares de rendimiento del sistema logístico. Considerando el cumplimiento de los plazos establecidos de entrega, la rapidez con que se procesa un pedido. Es por eso, que todas las operaciones se deben enfocar en los indicadores de servicio al cliente.

Ubicación de las Instalaciones:

La ubicación de una planta de producción o bodega es de vital importancia, ya que esta podría afectar significativamente los tiempos de respuesta, los costos de transporte y servicio al cliente, mermando la eficiencia de la cadena de suministro. Se recomienda ubicar las instalaciones de manera estratégica, considerando la conectividad con carreteras y avenidas principales.

Logística Inversa:

“La logística inversa incluye operaciones muy diversas como la gestión de material sobrante de inventario (*surplus stocks*), la devolución de compras a proveedores, la recuperación de embalajes y envases, la devolución de productos o en ocasiones, la gestión de residuos.” (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

Fijación de Precios:

“La fijación de precios determina cuanto cobrara una compañía por los bienes y servicios que pone a disposición en la cadena de suministro. Afecta el comportamiento del comprador, por lo que influye en el desempeño de la cadena.” (Chopra & Meindl, 2008)

Procesamiento de Pedidos:

“Es la actividad que desencadena el movimiento del producto y la entrega del servicio.” (Ballou, 2004)

4.7 Planeación de la logística y de la cadena de suministros

“En el proceso de planeación, la principal consideración es el momento en el que la red debe planearse o planeada de nuevo. Si actualmente no existe un sistema logístico, como en el caso de una empresa nueva o de artículos nuevos dentro de una línea de productos existentes, la necesidad de planear una red de logística es obvia. Sin embargo, en la mayor parte de los casos en los que una red logística ya se encuentra disponible, deberá tomarse una decisión, ya sea para modificar la red existente o para permitir que continúe operando incluso cuando no cuente con un diseño óptimo. No es posible ofrecer una respuesta definitiva a esta cuestión sin antes realizar la planeación real. Sin embargo, se pueden ofrecer líneas de acción general para la valorización y auditoria de la red en las cinco áreas clave: de demanda, servicio al cliente, características del producto, costos de logística y política de precios.

4.7.1 Demanda

Tanto el nivel de demanda como su dispersión geográfica influyen fuertemente en la configuración de las redes de logística. Las empresas con frecuencia experimentan un crecimiento desproporcionado o un descenso en una región del país en comparación con otras. Incluso cuando solo se podría requerir una expansión o reducción de las instalaciones actuales, el desplazamiento sustancial de los patrones de demanda podría requerir que nuevos almacenes o plantas se ubiquen en las áreas de rápido crecimiento, en tanto que las instalaciones en los mercados en reducción o de bajo crecimiento necesiten cerrarse. Un crecimiento desproporcionado de solo unos cuantos puntos porcentuales por año podría ser suficiente para justificar una nueva planeación de red.

4.7.2 Servicio al cliente

El servicio al cliente incluye en sentido amplio la disponibilidad de inventario, la velocidad de entrega, y la rapidez y precisión para cumplir con un pedido. Los costos asociados a estos factores se incrementan a mayor ritmo a medida que el nivel de servicio

al cliente se eleva. Por ello, los costos de distribución serán muy sensibles ante el nivel de servicio proporcionado al cliente, en especial si este ya se encuentra alto.

4.7.3 Características del producto

Los costos de logística son sensibles a características como peso del producto, volumen (cúbico), valor y riesgo. En el canal de la logística pueden alterarse estas características por medio del diseño de empaque o por el estado de terminación del producto durante el envío y el almacenamiento.

4.7.4 Costos de logística

Los costos en los que incurre una empresa por el suministro físico y la distribución física por lo regular determinarán la frecuencia con la que su sistema de logística deberá replanearse. Si se mantienen todos los demás factores constantes, una empresa que produce bienes de alto valor (como herramientas o computadoras), y que tiene sus costos de logísticas como una pequeña proporción de sus costos totales, tal vez prestará poca atención a lo óptimo de su estrategia de logística. Sin embargo, cuando los costos de logística son altos, como en el caso de químicos industriales y productos alimenticios empacados, la estrategia de logística será una cuestión clave. Con altos costos de logística, incluso pequeñas mejoras obtenidas por una replaneación frecuente pueden dar resultado importantes reducciones de costo.

4.7.5 Política de precios

Los cambios en las políticas de precios bajo los cuales se adquieren o se venden los bienes afectarán la estrategia de logística, principalmente porque definen la responsabilidad para ciertas actividades de logística.” (Ballou, 2004).

4.8 Diseño y layout de almacenes y centros de distribución

“El diseño de un almacén y centro de distribución es fundamental para el desarrollo de las operaciones y el servicio al cliente. Es necesario que el diseño de un centro de distribución sea en base a las operaciones y el producto deseado, considerando la distribución, sistemas de información y equipos necesarios.

El principal objetivo del diseño y layout de un centro de distribución, es optimizar el uso de recursos, y que esto a su vez nos permita agilizar el procesamiento de pedidos, de manera eficiente”. (E-Resources, Training and Technology, 2012)

4.9 Componentes del diseño de las instalaciones

“Para mantener una correcta gestión del almacén es necesario considerar los siguientes factores

- Número de plantas: *preferentemente almacenes de una planta.*
- Planta del almacén: *diseño en vista de planta de la instalación.*
- Instalaciones principales: *Columnado, instalaciones eléctricas, ventilación, contra incendios, seguridad, medio ambiente, eliminación de barreras arquitectónicas.*
- Materiales: *principalmente los suelos para los cuales se debe tener presente la resistencia al movimiento de los equipos de mantenimiento, la higiene y la seguridad*”. (E-Resources, Training and Technology, 2012)

4.9.1 Diseño de la instalación

“El diseño de la instalación del centro de distribución, considera el layout de la instalación, el cual corresponde a la disposición de los elementos dentro del centro de distribución. El diseño debe asegurar la forma más eficiente de manejar los productos. Para realizar el layout de un centro de distribución, se debe considerar la estrategia de entrada y salidas, el tipo de almacenamiento más efectivo considerando las características del productos, el método de transporte interno dentro del almacén, la rotación de los productos, el nivel de inventario a mantener y pautas propias de la preparación de pedidos”. (E-Resources, Training and Technology, 2012)

4.9.2 Diseño externo de un centro de distribución

“El diseño externo de un centro de distribución considera la orientación del edificio, las vías de acceso, muelles, andenes, plataformas, pasarelas, puertas, dimensiones del edificio destinado al almacenamiento (superficie y altura). Además, existen factores de vanguardia logística a considerar, factores como el diseño de una infraestructura compatible con estrategias de reabastecimiento continuo, entregas paletizadas y entregas certificadas”. (E-Resources, Training and Technology, 2012)

4.9.3 Diseño interno de un centro de distribución

“Para llevar a cabo la distribución del espacio interno de un almacén, es necesario superar las restricciones de espacio físico edificado y las necesidades proyectadas de almacenamiento. La distribución general debe satisfacer las necesidades de un sistema de almacenamiento que permita la consecución de los siguientes objetivos:

- Aprovechar de manera eficiente el espacio disponible.
- Reducir al mínimo la manipulación de materiales.
- Facilitar el acceso a la unidad logística almacenada.
- Conseguir el máximo índice de rotación de los productos.
- Tener la máxima flexibilidad para la ubicación de productos.
- Facilitar el control de las cantidades almacenadas.

A continuación se describirán los siete principios básicos del flujo de materiales

Tabla 4. 1 Siete principios básicos del flujo de materiales

Principio	Descripción
Unidad Máxima	Cuanto mayor sea la unidad de manipulación, menor número de movimientos se debe realizar, por lo tanto, menor ser la mano de obra empleada.
Recorrido mínimo	Cuanto menor sea la distancia, menor será el tiempo de movimiento, por lo tanto, menor será la mano de obra necesaria.
Espacio mínimo	Cuanto menor sea el espacio requerido, menor será el coste del suelo y menores serán los recorridos.
Tiempo Mínimo	Cuanto menor sea el tiempo de las operaciones, menor es la mano de obra empleada y el tiempo del proceso, mayor será la capacidad de respuesta.
Mínimo número de manipulaciones	Cada manipulación debe añadir el máximo valor al producto o el mínimo de coste. Se deben de eliminar al máximo todas aquellas manipulaciones que no añadan valor al producto.
Agrupación	Si conseguimos agrupar las actividades en conjuntos de artículos similares, mayor será la unidad de manipulación, por lo tanto, mayor será la eficiencia obtenida.
Balance de líneas	Todo proceso no equilibrado implica que existen recursos sobredimensionados, además de formar inventarios en curso elevados y, por tanto, costosos.

Fuente: (E-Resources, Training and Technology, 2012)

El diseño del layout debe evitar zonas y puntos de congestión, a la vez que deben facilitar las tareas de mantenimiento y poner los medios para obtener la mayor velocidad de movimiento, de esta forma se reduce por principio de flujo de materiales el tiempo de trabajo. Los factores de mayor influencia en la planificación de las zonas interiores son los medios de manipulación y las características de los productos.

Para organizar los espacios de un centro de distribución se deben analizar las siguientes necesidades:

- Carga máxima de los medios de transporte internos y externos, tales como, elevadores, montacargas, grúas, apiladores. Además del tiempo necesario para cada operación.
- Características de las unidades a almacenar, tales como la forma, el peso, propiedades físicas.
- Cantidad que recibimos en suministro y frecuencia del mismo, ya sea, diario, semanal, quincenal, mensual.
- Unidades máximas y mínimas a almacenar de cada una de las unidades, en función de las necesidades y la capacidad de almacenamiento.
- Factores tecnológicos, tales como el uso de un sistema de gestión de almacenes, y tecnologías relacionadas al manejo de inventario como la radio frecuencia, códigos de barra.
- Características de los envases colectivos, tales como pallets, estanterías, racks, etc.

En todo centro de distribución existen cuatro zonas que deben estar perfectamente delimitadas, estas son: recepción, almacenaje, preparación de pedidos y despacho. Es muy común encontrar que estas zonas se subdividan en una o varias áreas.

- **Zona de recepción:** En esta zona se reciben los productos, se realiza un control de calidad, se verifica que lo que arriba, corresponde a lo que se informó. Además se deben clasificar los productos, según corresponda.
- **Zona de almacenamiento:** se deben establecer ubicaciones para cada tipo de producto, según su importancia, volumen, rotación, etc. El proceso se debe llevar a cabo de manera rápida y ordenada, evitando pérdidas o deterioro.
- **Zona de preparación de pedidos:** esta zona tiene relación con el picking en estantería o rack de almacenamiento. Este proceso tiene directa relación con el almacenamiento, ya que si este se lleva a cabo de forma correcta, la preparación de pedidos debiera ser eficiente.

- **Zona de despacho:** En esta zona se consolidan los pedidos, para posteriormente ser despachados, además de realizar un control de las salidas del centro de distribución.

Considerando lo mencionado anteriormente, se puede establecer una distribución del flujo de materiales, la cual puede ser en forma de “U”, de “T” o en línea recta. La distribución es esencial para mejorar la productividad”. (E-Resources, Training and Technology, 2012)

4.10 Identificación de ubicaciones

“El manejo de la información sustenta la eficiencia y efectividad de los flujos físicos. Es por eso que todas las zonas que componen el centro de distribución deben permanecer identificadas. Las practicas más comunes abordan la delimitación de las zonas por colores, o la presencia de carteles con la denominación de las zonas, ya sea colgados o posados en el suelo.

Toda ubicación que se encuentre en el almacén debe poseer su respectiva codificación (única) que la diferencie de las restantes. Las ubicaciones en la zona de almacenamiento pueden codificarse tanto por estantería como por pasillo.

- **Codificación por estantería:** cada estantería tendrá asociada una codificación correlativa, del mismo modo que en cada una de ellas, sus bloques también estarán identificados con numeración correlativa, así como las alturas de la estantería, empezando por el nivel inferior y asignando números correlativos conforme se asciende en altura.
- **Codificación por pasillo:** en este caso, son los pasillos los que se codifican con números consecutivos. La profundidad de las estanterías se codifica con numeraciones de abajo hacia arriba, asignando números pares a la derecha e impares a la izquierda, y empezando por el extremo opuesto en el siguiente pasillo”. (E-Resources, Training and Technology, 2012)

4.11 Tipos de almacenes

“Almacenamiento en rack:

El almacenamiento en rack, nos permite optimizar la utilización del espacio vertical del centro de distribución. Esto a su vez puede significar un esfuerzo mayor para recoger los productos, ya que se requieren equipos de elevación automática, los cuales poseen un alto valor.

Almacenamiento aleatorio:

Dicho almacenamiento agrupa productos de distintas características, considerando el tamaño del lote y el espacio disponible. Lo anterior representa un inconveniente al realizar preparaciones rápidas, aun cuando se optimiza la utilización de espacio.

Almacenamiento por zonas:

El almacenamiento por zonas agrupa productos de similares características, en lugares de fácil acceso. Si bien, la agrupación de productos permite agilizar la recogida de productos, disminuye la utilización del espacio físico.

Almacenamiento de temporada o promocional:

Los productos sujetos a temporalidades son ubicadas en áreas de fácil recogida y abastecimiento para minimizar los costes de manipulación.

Almacenamiento de alto riesgo:

Estos productos, tales como sustancias controladas, existencias de alto valor, etc. Requieren condiciones especiales de almacenamiento.

Almacenamiento de temperatura controlada:

Estos productos deben ser almacenados en áreas de temperatura controlada, considerando la seguridad de los empleados”. (Hernandez, 2009)

4.11.1 Organización física de almacenes

La primera tarea en el proyecto del almacén consiste en clasificar los artículos que se haya decidido tener en stock. La finalidad de clasificar los artículos es definir los volúmenes de almacenamiento que serán necesarios, los equipos estáticos y los equipos dinámicos. Esta clasificación se hará de acuerdo a varios criterios.

- **Clasificación por naturaleza:** corresponde a productos a granel que para su almacenamiento requieren de equipos especiales y recintos donde la temperatura no varíe en más de uno o dos grados.
- **Clasificación por volumen:** los volúmenes unitarios de los artículos tienen una importancia evidente en la proyección del almacén.
- **Clasificación por peso:** el peso, al igual que el volumen de los artículos, tiene su importancia en la definición del almacén.
- **Clasificación por estatus:** corresponde a los artículos con estatutos particulares: cuarentena, controles administrativos, aduanas.
- **Otros criterios:** en determinados proyectos hay que tener en cuenta otros criterios como el valor mercantil de los artículos, el atractivo, tamaño del lote, etc.

4.12 Inventario

“El inventario representa la existencia de bienes almacenados destinados a realizar una operación, sea de compra, alquiler, venta, uso o transformación. Existen diferentes clasificaciones.

Según su forma:

- Inventario de materias primas
- Inventario de productos en proceso de fabricación
- Inventario de productos terminados
- Inventario de suministro de fábrica

- Inventario de mercancías

Según su función:

- Inventario de seguridad o de reserva
- Inventario de desacoplamiento
- Inventario en tránsito
- Inventario de ciclo
- Inventario de previsión o estacional”. (Hernandez, 2009)

4.12.1 Gestión de inventarios

“La gestión de inventarios es una de las actividades básicas de la dirección de operaciones de cualquier organización. Para realizarla, existen diversos sistemas que pueden ser empleados en función de múltiples factores, como la periodicidad de la toma de decisiones, la naturaleza de la demanda, los costes de inventario o el tiempo de suministro, entre otros”. (Hernandez, 2009)

4.13 Servicios Logísticos Tercerizados (3PL) (Third Party Logistics o TPL)

“Una empresa de servicios logísticos tercerizados (3PL) se definirá como un proveedor externo que desempeña todas o algunas funciones logísticas de una empresa que las administra. Abarca a diversos proveedores de servicios, como los de transporte, almacenamiento, distribución, servicios financieros, etc.” (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

4.13.1 Tipos de Proveedores 3PL

“Aunque la mayoría de las empresas 3PL se promueve como proveedora de una extensa gama de servicios logísticos, es útil clasificarlas: empresas basadas en transporte, en el almacenamiento y la distribución, en los servicios de despacho de carga, en las finanzas y en la información”. (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

Basadas en el Transporte

“Algunos servicios que ofrecen las empresas de transporte, se apalancan con los activos de otras empresas; otras ponen su énfasis principal en el uso de los recursos de transporte de su matriz. En todos los casos, van más allá de su actividad de transporte para ofrecer una gama más amplia de servicios logísticos”. (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

Basadas en el Almacenamiento y la Distribución

“Por tradición, la mayoría de los proveedores basados en el almacenamiento y distribución han estado en el negocio de almacenamiento público o por contrato y ha ampliado su gama de servicios logísticos”. “A partir de su orientación tradicional, estas organizaciones se han involucrado en actividades logísticas como administración de inventarios, almacenamiento y distribución, entre otras. La experiencia indica que para estos operadores basados en las instalaciones la transición hacia los servicios logísticos integrados ha sido menos compleja que para los proveedores de transporte”. (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

Basadas en los Servicios de Despacho de Carga

“En esta categoría están incluidas empresas que han ampliado sus funciones como intermediarios para incluir en su gama más amplia de servicios 3PL la de despacho de carga o transitarías y agentes. En esencia no son dueñas de activos; son independientes y tratan con una enorme variedad de proveedores de servicios logísticos. Han demostrado ser muy hábiles para integrar paquetes de servicios que cubran las demandas de los clientes”. (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

Basadas en las Finanzas

“Esta categoría incluye empresas que ofrecen servicios como pago de flete y auditoría, contabilidad y control de costos, herramientas de administración logística para el monitoreo, registro, seguimiento y administración de inventarios, así como servicios de consultoría”. (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

Basadas en la Información

“En los últimos años se ha presentado un importante crecimiento y desarrollo de los mercados electrónicos de negocio a negocios basados en internet para los servicios de transporte y logísticos. Dado que estos recursos representan una fuerte alternativa para quienes necesitan adquirirlos, pueden considerarse como un tipo de proveedor de servicios logísticos externos más innovador”. (Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013)

4.14 Herramientas estadísticas básicas

“En general, estas herramientas pueden ser utilizadas para detectar y solucionar la inmensa mayoría de los problemas que surgen en la organización. Según Ishikawa (1994), aplicadas e utilizadas correctamente permiten la resolución del 95% de los problemas de los puestos de trabajo, quedando sólo un 5% de los casos en que se necesitan otras herramientas con utilización de métodos estadísticos mucho más complejos y avanzados”. (Camisón, Cruz, & González, 2006)

Hoja de recogida de datos

“La hoja de recogida de datos sirve para recoger los datos necesarios y poder realizar un posterior análisis de estos. Su principal utilidad proviene del empleo de datos objetivos a la hora de examinar un fenómeno determinado. Como sirven de base para adoptar decisiones, es importante que el método de recogida y el análisis de los propios datos garanticen una interpretación correcta del fenómeno estudiado”. (Camisón, Cruz, & González, 2006)

Histograma

“Los histogramas son diagramas de barras que muestran el grado y la naturaleza de variación dentro del rendimiento de un proceso. El histograma muestra la distribución de frecuencias de un conjunto de valores mediante la representación con barras”. (Camisón, Cruz, & González, 2006)

Diagrama de Pareto

“El diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste

(dinero, tiempo), y permite establecer las prioridades de intervención. En definitiva, es un tipo de distribución de frecuencias que se basa en el *principio de Pareto*, a menudo denominado regla 80/20, el cual indica que el 80% de los problemas son originados por un 20% de las causas. Este principio ayuda a separar los errores críticos, que normalmente suelen ser pocos, de los muchos no críticos o triviales”. (Camisón, Cruz, & González, 2006)

Diagrama de espina

“El diagrama de espina se utiliza para recoger de manera gráfica todas las posibles causas de un problema o identificar los aspectos necesarios para alcanzar un determinado objetivo (efecto). También se lo denomina *diagrama causa-efecto* o *diagrama de Ishikawa*”. (Camisón, Cruz, & González, 2006)

Diagrama de correlación

“El diagrama de correlación o diagrama de dispersión sirve para determinar si existe relación entre dos variables, normalmente de causa y efecto”. (Camisón, Cruz, & González, 2006)

Estratificación

“La estratificación consiste en dividir los datos recogidos en grupos homogéneos para facilitar una mejor comprensión del fenómeno estudiado. A cada grupo homogéneo se lo denomina *estrato*. Esta técnica permite investigar los aspectos más significativos o las áreas más importantes donde es necesario centrar la atención”. (Camisón, Cruz, & González, 2006)

Gráfico de control

“El gráfico de control es una herramienta gráfica que se utiliza para medir la variabilidad de un proceso. Consiste en valorar si el proceso está bajo control o fuera de control en función de unos límites de control estadísticos calculados”. (Camisón, Cruz, & González, 2006)

4.15 Programación lineal

“La programación lineal corresponde a un algoritmo a través del cual se resuelven situaciones reales en las que se pretende identificar y resolver dificultades para aumentar la productividad respecto a los recursos (principalmente los limitados y costosos), aumentando así los beneficios. El objetivo primordial de la programación lineal es optimizar, es decir, maximizar o minimizar funciones lineales en varias variables reales con restricciones lineales (sistemas de inecuaciones lineales), optimizando el objetivo también lineal”. (E-Resources, Training and Technology, 2012)

Problemas de transporte y asignación

“Dos tipos particularmente importantes (y relacionados) de problemas de programación lineal, son el problema de transporte y el problema de asignación.

El problema de transporte recibe este nombre debido a que muchas de sus aplicaciones involucran determinar la manera óptima de transportar bienes.

El segundo tipo, llamado problema de asignación, incluye aplicaciones tales como asignar personas a tareas. Aunque sus aplicaciones parecen diferir del problema de transporte, se verá que este problema es un caso especial del problema de transporte”. (E-Resources, Training and Technology, 2012)

4.15.1 Modelo de problema de transporte

“El problema general de transporte se refiere a la distribución de cualquier bien desde cualquier grupo de centros de suministro, llamados orígenes, a cualquier grupo de centros de recepción, llamados destinos, de tal manera que se minimicen los costos totales de distribución. La terminología utilizada en estos problemas se resume de la siguiente forma:

- Unidades de bienes
- m orígenes
- n destinos
- S_i recursos en el origen i

- Demanda d_j en el destino j
- Costo c_{ij} por unidad distribuida desde el origen i al destino j

Como se indicó anteriormente, cada origen tiene cierto suministro de unidades que distribuir a los destinos, y cada destino tiene cierta demanda de unidades que deben recibirse de los orígenes. Las suposiciones sobre suministros y demandas son las siguientes:

Suposición de requerimientos:

Cada origen tiene un suministro fijo de unidades y el suministro completo debe distribuirse a los destinos. (S_i es el número de unidades que suministra el origen i). De igual manera, el destino tiene una demanda fija de unidades, y debe satisfacer desde los orígenes, (d_j es el número de unidades recibidas por el destino j). Un problema de transporte tiene soluciones factibles si y solo si:

$$\sum_{i=1}^m S_i = \sum_{j=1}^n d_j$$

Esta suposición significa que es necesario un balance entre el suministro total de todos los orígenes y la demanda total de todos los destinos. Algunos problemas reales no se ajustan por completo al problema de transporte porque violan la suposición de requerimientos. Sin embargo, es posible reformular el problema de manera que se ajuste al modelo con la introducción de un destino ficticio o un origen ficticio para que se haga cargo de la holgura entre las cantidades reales distribuidas.

Suposición de costo:

El costo de distribuir unidades de un origen a un destino dado es directamente proporcional al número de unidades distribuidas. Por lo tanto este costo es justo el costo unitario de distribución multiplicado por el número de unidades distribuidas. (El costo unitario del origen i al destino j se denota por c_{ij}). En resumen la suposición de costo nos dice que: la función del costo de transporte debe ser una función lineal del número de unidades transportadas y que el costo de transporte por unidad no varía con la cantidad transportada.

Los únicos datos necesarios para un problema de transporte son suministros, demandas y costos unitarios. Estos son los parámetros del modelo.

El objetivo es minimizar el costo total de distribuir las unidades. Sea Z el costo total de distribución y X_{ij} ($i=1,2,\dots,m;j=1,2,\dots,n$) el número de unidades que se distribuyen del origen i al destino j , la formulación de programación lineal para este problema es:

Minimizar

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

Sujeta a:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = S_i \text{ para } i = 1, 2, \dots, m$$
$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = d_i \text{ para } j = 1, 2, \dots, n$$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ para toda } i \text{ y } j". \text{ (E-Resources, Training and}$$

Technology, 2012)

4.15.2 Modelo de problema de asignación

“El problema de asignación es un tipo especial de problema de programación lineal en el que los asignados son recursos destinados a la realización de tareas. La asignación de personas a trabajos es una aplicación común del problema de asignación. Sin embargo, los asignados no tienen que ser personas. También, pueden ser máquinas, vehículos, plantas a los que se asignan tareas. Para que un problema se ajuste a la definición de problema de asignación se deben cumplir las siguientes suposiciones:

- El número de asignados es igual al número de tareas. Este número se denota por n .
- Cada asignado se asigna a una tarea.
- Cada tarea debe realizarla exactamente un asignado.

- Existe un costo C_{ij} asociado con el asignado i ($i=1,2,\dots,n$) que realiza la tarea j ($j=1,2,\dots,n$).
- El objetivo es determinar cómo deben hacerse las n asignaciones para minimizar los costos totales.

Cualquier problema que satisface estas suposiciones puede resolverse en forma extremadamente eficiente mediante los algoritmos diseñados especialmente para los problemas de asignación.

El modelo matemático para el problema de asignación usa las variables de decisión:

$X_{ij} = 1$, si el asignado i realiza la asignación j

$X_{ij} = 0$, en caso contrario,

Para $i=1,2,\dots,n$. Entonces, cada X_{ij} es una variable binaria (toma valores 0 o 1). Estas decisiones de *si o no*: ¿Debe el asignado i realizar la tarea j ?

Sea Z el coste total, el modelo del problema de asignación es

Minimizar

Sujeta a:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \text{ para } i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \text{ para } j = 1, 2, \dots, n$$

El problema de asignación es solo un caso especial de los problemas de transporte, en donde los orígenes son ahora los asignados, y los destinos son las asignaciones o tareas y donde:

Numero de orígenes (m) = número de destinos (n).

Cada recurso $S_i = 1$

Cada demanda $d_j = 1$ " (E-Resources, Training and Technology, 2012)

Capítulo V: Análisis De La Situación Actual De La Bodega

5.1 Situación actual

El centro de distribución opera en un layout implementado hace aproximadamente 1 año, en donde todas las áreas sufrieron cambios significativos. El área de ingeniería de APLL buscaba aumentar la capacidad de la bodega, optimizando las áreas de trabajo y mejorando los procesos que se llevan a cabo en las instalaciones. No obstante, los problemas de gestión de inventario y manejo de productos persisten en el sistema logístico. Los problemas más significativos que se observan en la bodega son los siguientes:

- Escaso control de recepción y control de calidad
- Equipos en mal estado
- Procesos no se ajustan al diseño
- Bultos mal paletizados
- Falta de personal
- Proceso no estandarizado
- Movimientos sistémicos realizados de forma manual
- Escaso control en el piso
- Falta de disciplina por parte de los operadores
- Desorden en los racks y línea de picking
- Pallets en altura en riesgo de caída
- Diferencias entre el stock físico y sistémico
- Pedidos con faltantes y sobrantes
- Estilos de calzado no configurados
- Largas distancias entre los racks y la zona de empaque
- Perdida de unidades
- Largos tiempos de búsqueda de unidades faltantes
- Pedidos incompletos
- Bultos no sellados
- Desorden en el área de pre-despacho

- Equipos de pesa en mal estado

5.2 Proveedores y clientes del centro de distribución

En el centro de distribución se llevan a cabo las actividades logísticas de uno de los clientes de APLL que es Nike. Uno de los principales comercializadores de calzado, ropa y equipamiento deportivo a nivel mundial. Es por eso que los proveedores y clientes del centro de distribución, no tienen directa relación con APLL, sino más bien con el cliente de este.

5.2.1 Proveedores

El nombre y número de proveedores del centro de distribución se desconoce, ya que el cliente mantiene en reserva dicha información. Sin embargo la mayoría de las fábricas están situadas en Asia. Los principales países de origen son Indonesia, China, Taiwán, India, Tailandia, Vietnam, Pakistán, Filipinas, Malasia y República de Corea.

5.2.2 Clientes del centro de distribución

En este caso, los clientes de la marca almacenada en APL, se clasifican en Big Customer (BC) y Small Customer (SC), cuya traducción en español significa, Clientes Grandes y Clientes Chicos respectivamente. Se consideran BC las multitiendas que poseen sucursales a lo largo del país, y demandan altos volúmenes de productos. En cambio, los clientes SC, representan tiendas más pequeñas, con escasa presencia en el mercado nacional. La tabla 5.1 muestra la distribución de los clientes.

Tabla 5. 1 Tabla de clientes

Tipo de cliente	Cantidad
BC	27
SC	131
TOTAL	158

Fuente: APLL

5.3 Tiempos de entrega

Los tiempos de entrega se estipulan dependiendo de la clasificación del cliente. En el caso de los BC, se determinó un máximo de 4 días, desde la emisión del pedido hasta su entrega. Para los SC, el plazo máximo de entrega es de 2 días.

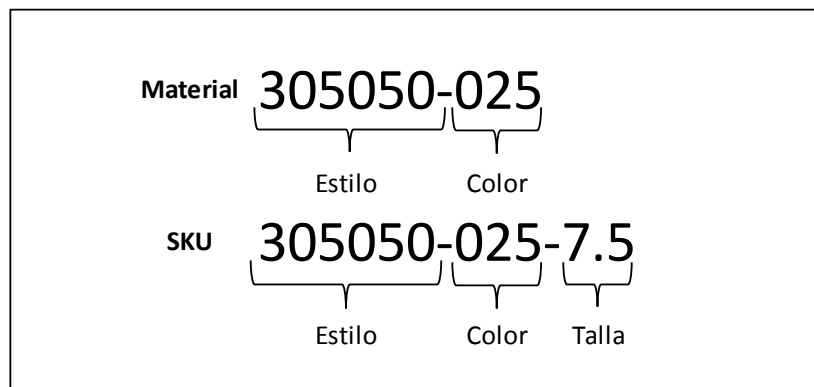
5.4 Clasificación de productos

En el centro de distribución los productos se clasifican en tres divisiones:

- Footwear (FW): Calzado
- Apparel (APP): Ropa
- Equipment (EQ): Equipamiento

Los productos de las tres divisiones poseen un número de material para ser almacenados, que considera el estilo y color de estos. Sin embargo todos los productos poseen un número de referencia o SKU distinto el cual contempla estilo, color y talla.

Figura 5. 1 Nomenclatura material y SKU



Fuente: Autores

En la división de Footwear las tallas se separan en cuatro categorías: hombre, mujer, niños e infantes. Las tallas de niños e infantes se distinguen por terminar con las letras C o Y.

Tabla 5. 2 Tallas por categoría

Categoría	Tallas	
	Desde	Hasta
Hombre	6.0	13.5
Mujer	4.0	10.0
Niño	8.5C	13.5C
	1.0Y	5.5Y
Infante	1.0C	8.0C

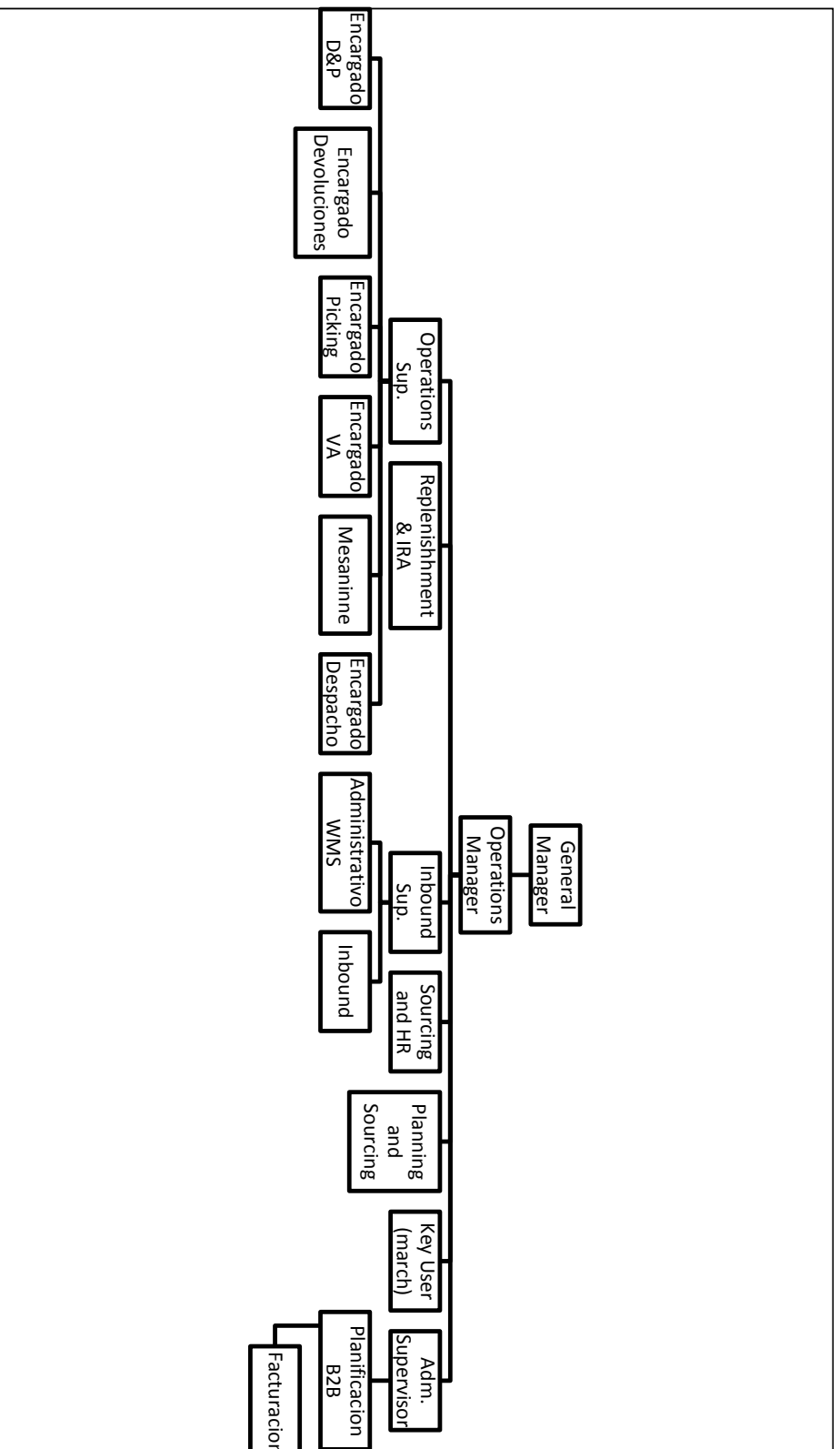
Fuente: Autores

5.5 Estructura Organizacional

La operación cuenta con 157 personas, las cuales se dividen en los cargos de Gerente de operación, Supervisores, administrativos, encargado de turno, control de procesos, ayudantes de bodega y operadores de grúa. Actualmente se opera en dos turnos, día y noche.

A continuación se presentara la estructura organizacional del proceso de recepción, abastecimiento, picking y despacho, incluyendo los puestos de trabajo, responsabilidades y operadores con que funciona actualmente el área de los racks de calzado.

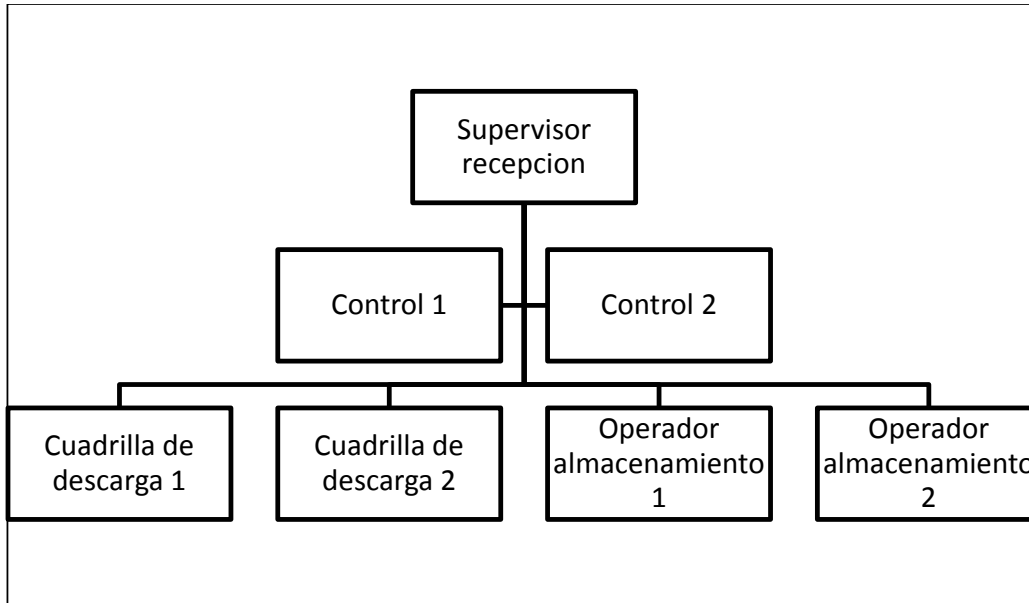
Figura 5. 2 Organigrama de procesos asociados a Footwear



Fuente: APLL

5.5.1 Recepción

Figura 5. 3 Organigrama proceso de recepción



Fuente: APLL

Supervisor de Recepción:

- Agenda fechas de recepción.
- Supervisa el proceso de recepción y almacenamiento.
- Ingresar la información de los nuevos materiales al sistema de gestión de inventario.
- Confirma la recepción y genera un reporte de cada descarga.

Control de recepción:

- Verifica código y sello de seguridad del contenedor.
- Controla el proceso de descarga
- Cuadra todos los materiales y sus respectivos bultos según lo informado por el cliente.

Cuadrilla de descarga:

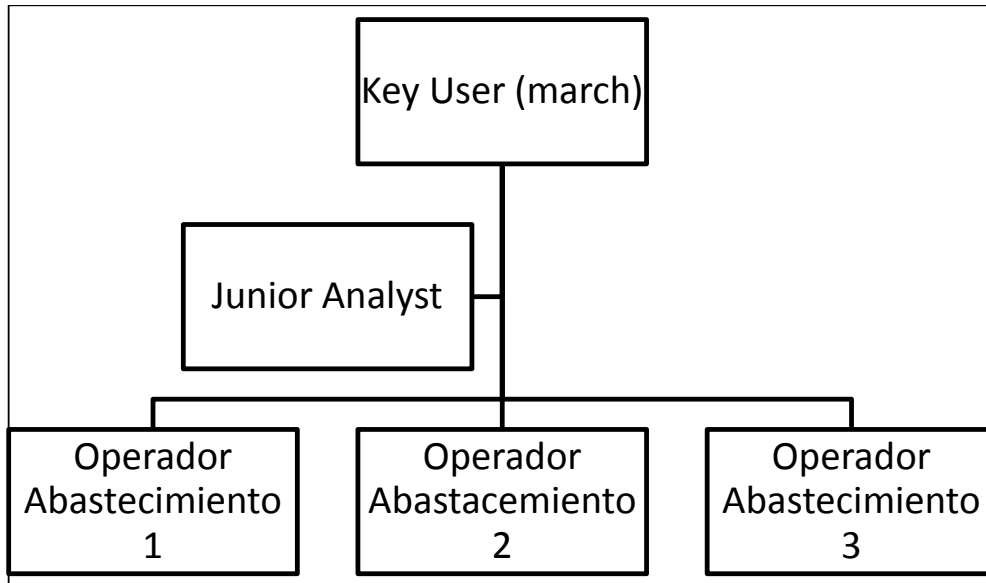
- Descarga el contenedor.
- Pesa los bultos de productos.
- Paletiza los bultos por material.
- Ordena los pallets armados.

Operador de almacenamiento:

- Busca ubicaciones en la bodega.
- Almacena los productos recepcionados.
- Verifica la ubicación de los materiales almacenados.
- Informa los movimientos realizados.

5.5.2 Abastecimiento

Figura 5. 4 Organigrama proceso de abastecimiento



Fuente: APLL

Key User o Encargado de abastecimiento:

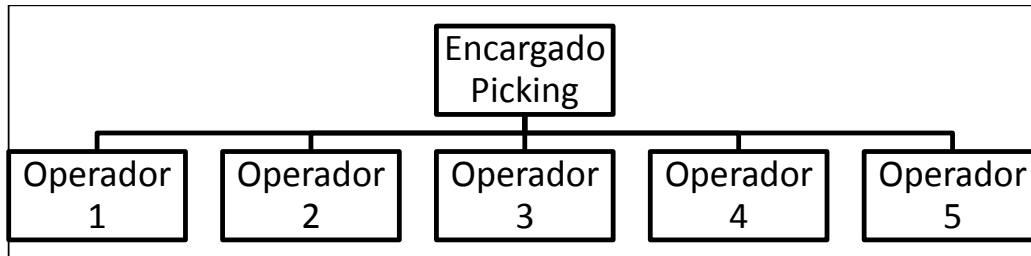
- Verifica estilos configurados en la línea de picking.
- Genera abastecimiento de las ubicaciones
- Confirma abastecimientos realizados
- Ordena los estilos almacenados en los racks.
- Realiza los movimientos de materiales en el software de gestión de almacén.

Ayudante de abastecimiento:

- Realiza checklist al apilador.
- Ejecuta los abastecimientos.
- Verifica los estilos y tallas abastecidos.

5.5.3 Picking

Figura 5. 5 Organigrama proceso de picking



Fuente: APLL

Encargado de Picking:

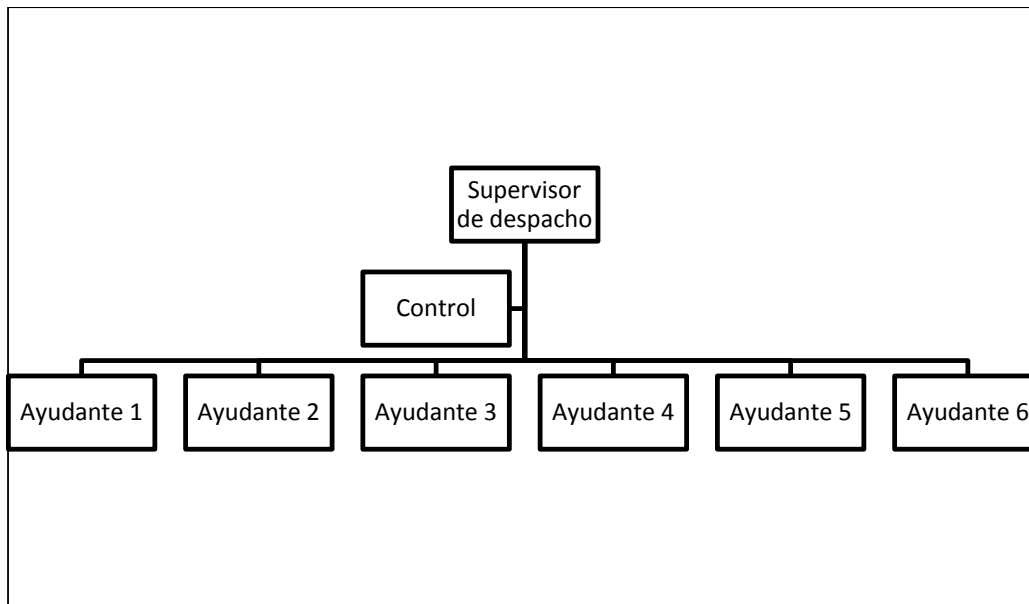
- Administra las hojas de pedidos.
- Verifica las prioridades.
- Controla el proceso.
- Coordina a los operadores.

Ayudante picking:

- Realiza checklist al apilador.
- Prepara los pedidos.
- Ordena la mercadería por talla.
- Entrega el pedido en el área de pack out.

5.5.4 Despacho:

Figura 5. 6 Organigrama proceso de despacho



Fuente: APLL

Supervisor de despacho:

- Coordina los despachos según prioridades.
- Asigna recursos en el área.
- Verifica el correcto funcionamiento del proceso.

Control de despacho:

- Coordina los ayudantes de despacho.
- Controla el proceso de carga.
- Cuadra el número de bultos con lo indicado en la factura.

Ayudante de despacho:

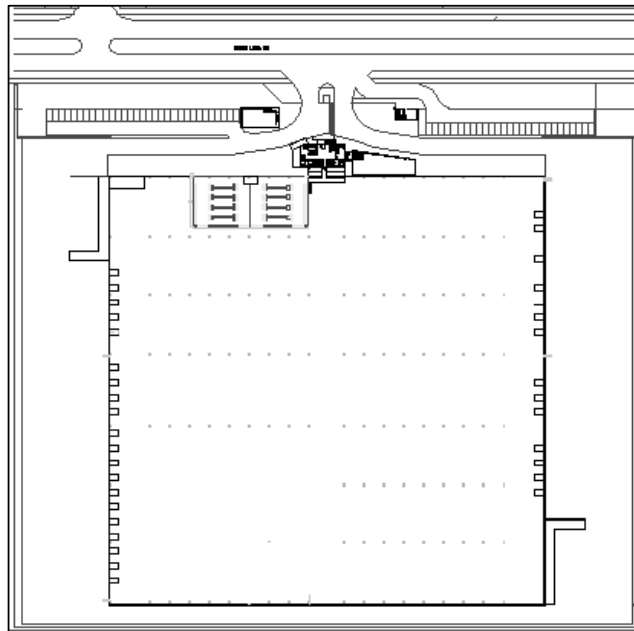
- Busca pedidos en el área de pre-despacho.
- Cuadra el número de bultos con lo indicado en la factura.
- Pesa cada uno de los bultos.
- Presencian el proceso de carga.

5.6 Análisis de instalaciones y de equipos

5.6.1 Instalaciones

El centro de distribución de APL Logistics se encuentra ubicado en Avenida Laguna Sur 9660-A. Este cuenta con una superficie de 50.000 m², de los cuales 30.000 m² se encuentran bajo techo.

Figura 5. 7 Vista superior del centro de distribución APLL

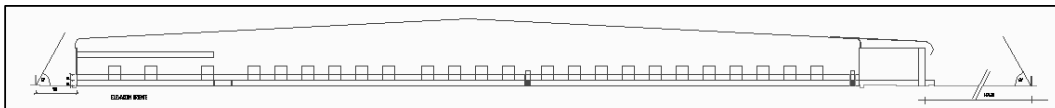


Fuente: APLL

El edificio fue construido en el año 2001, las obras consideran todas las edificaciones necesarias para operar como lo son galpones, oficinas, estar de choferes y baños de guardias, caseta de control de acceso, sala de bombas, subestación eléctrica y de equipo electrógeno.

EL centro de distribución posee un ancho de 166,2 metros con orientación este/oeste y 180,5 metros de largo con orientación norte/sur. A su vez el centro de distribución cuenta con una altura máxima de 14,5 metros en el centro de las instalaciones y una altura de 12,3 metros en los extremos norte y sur.

Figura 5. 8 Vista lateral del centro de distribución APLL



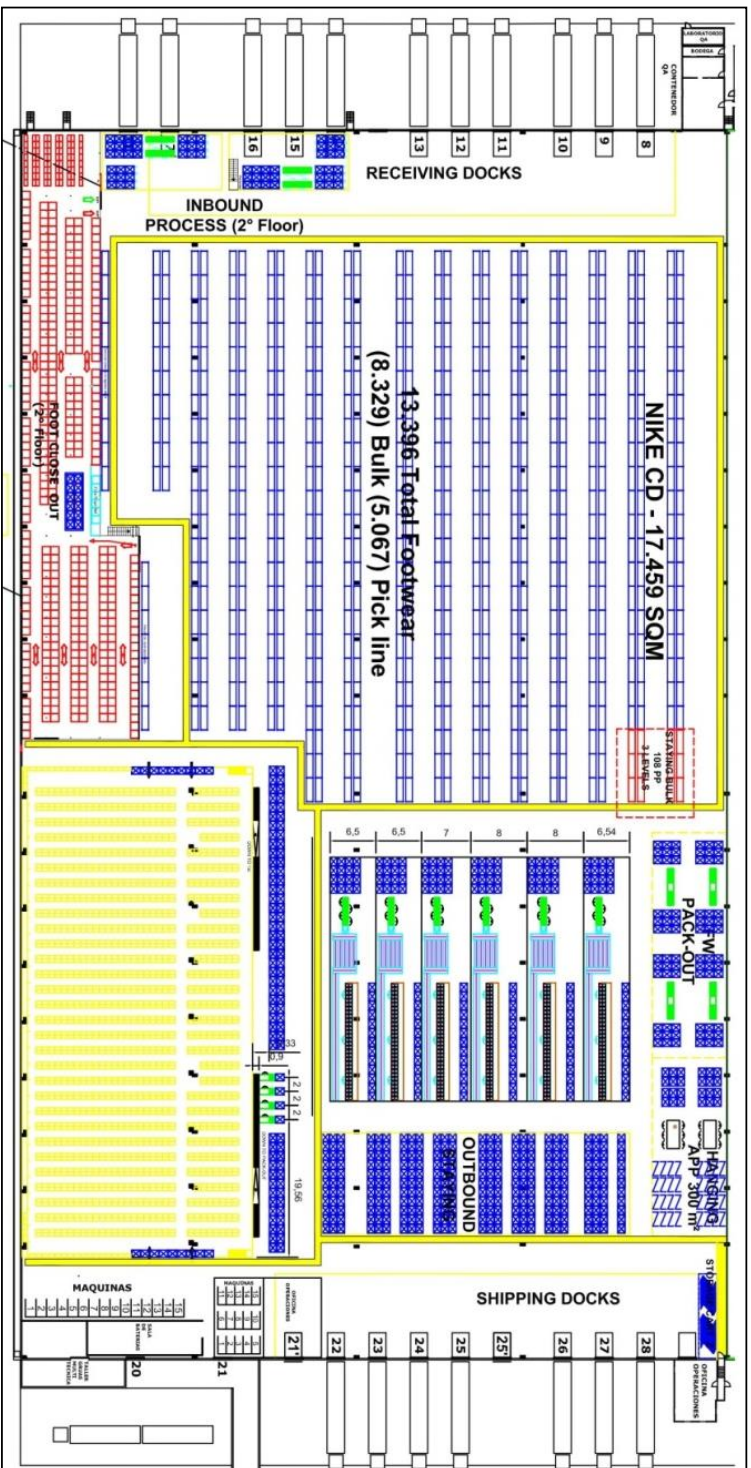
Fuente: APLL

Las zonas que intervienen en las operaciones de la bodega, tal como se puede observar en la figura 5.9, son las siguientes:

- **Receiving Docks o Andenes de Recepción:** en esta zona se descargan los camiones. Los andenes van desde el 8 hasta 18.
- **Inbound Process o Proceso de Recepción:** en esta zona se reciben los contenedores con productos del cliente de APLL, los cuales son descargados, pesados y paletizados.
- **Returns Storage & Process o Proceso de Devolución:** en esta zona se reciben todos aquellos productos que son devueltos por los clientes de la marca.
- **Foot Close Out o Calzado Fuera Temporada:** en esta zona se almacena el calzado fuera de temporada.
- **Total Footwear:** en esta zona se llevan a cabo todas las actividades relacionadas con el almacenamiento, abastecimiento y preparación de pedidos de Footwear.
- **Pack Out FW o Empaque FW:** en esta zona los productos de Footwear son empacados.

- **Pack Out APP y EQ:** en esta zona los productos de Apparel y Equipment son empacados.
- **Line D&P o Línea de Distribución y Empacado:** en esta zona se empacan todos los productos de la marca.
- **Mesanine:** en esta zona se llevan a cabo todas las actividades relacionadas con el almacenamiento y preparación de pedidos de Apparel y Equipment.
- **Máquinas:** en esta zona se cargan las baterías de los equipos.
- **Outbound Staying o Pre-despacho:** en esta zona quedan en espera los pedidos facturados para su posterior despacho.
- **Shipping Docks o Andenes de Despacho:** en esta zona se cargan los camiones. Los andenes van desde el 21 hasta 28.

Figura 5. 9 Layout del centro de distribución APLL



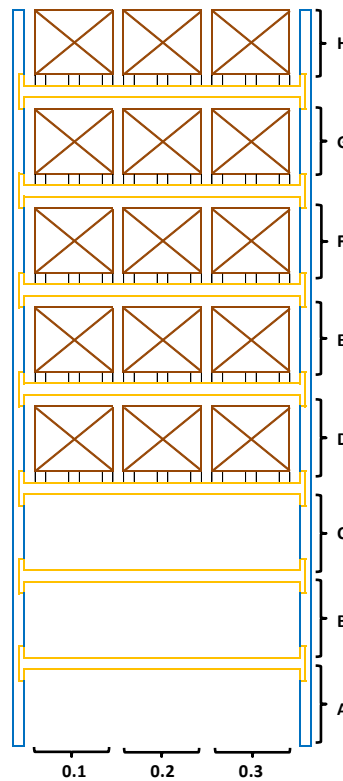
Fuente: APLL

5.6.2 Racks de almacenamiento

En la zona de Total Footwear, se encuentran los racks de almacenamiento de calzado.

Los racks de almacenamiento poseen verticalmente 71 columnas, en el caso de los pasillos de mayor longitud y los de menor longitud poseen 52 columnas. Horizontalmente tienen 8 niveles o filas que van desde la A a la H, siendo el nivel A el más bajo. A continuación se presenta una ilustración de la vista frontal del rack considerando 3 columnas y 8 filas del pasillo F27.

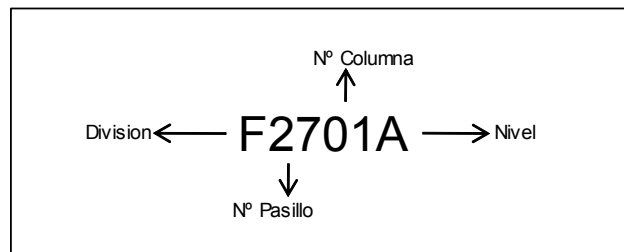
Figura 5. 10 Diseño de rack



Fuente: Autores

La codificación de las ubicaciones está dada por:

Figura 5. 11 Nomenclatura ubicaciones



Fuente: Autores

En la actualidad la zona de Total Footwear cuenta con un total de 13.396 ubicaciones.

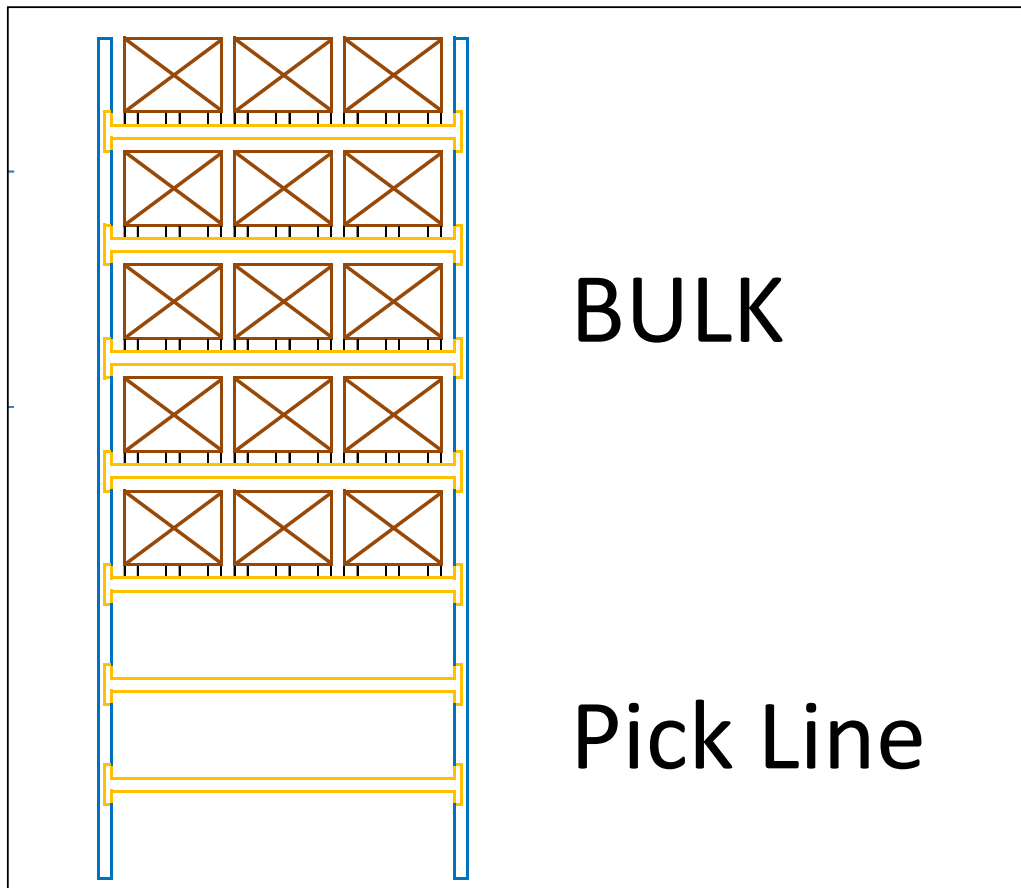
5.6.2.1 Clasificación por niveles del rack de almacenamiento

El diseño de los rack contempla dos áreas de almacenamiento con finalidades y capacidades distintas.

Bulk, que va desde la fila D a la H, su principal función es el almacenamiento de pallets completos. En cada ubicación del Bulk se puede ingresar solo un pallet y este a su vez puede contener más de un sku de un mismo material.

Pickline o Línea de Picking, va desde la fila A a la C. El principal objetivo es eliminar el picking de unidades en altura, y configurar física y sistémicamente la mayor cantidad de SKU de la temporada actual. Esto permite aumentar la productividad de reabastecimiento y de picking para todos los tipos de clientes, ya que se reducen los tiempos de preparación. Las ubicaciones de la línea de picking solo permiten configurar un sku.

Figura 5. 12 Clasificación Rack

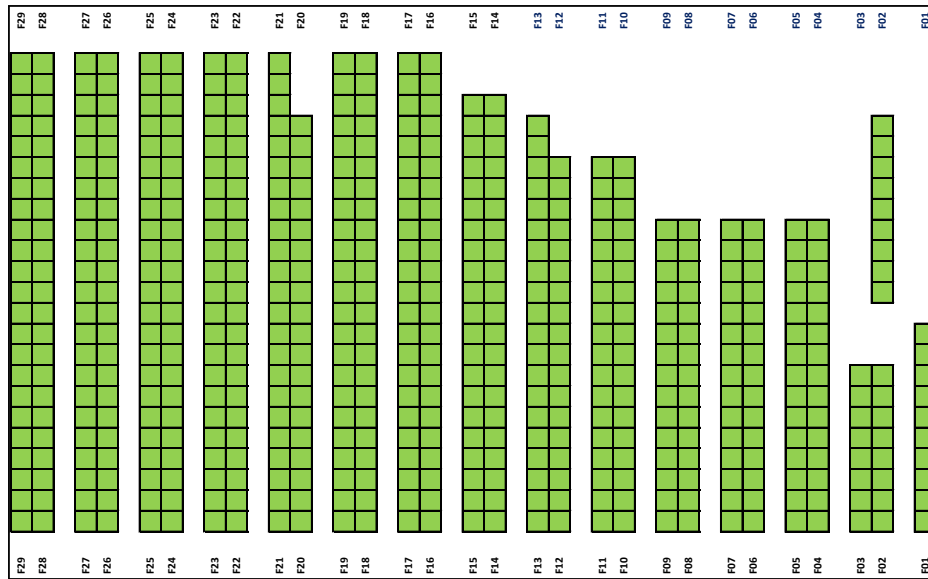


Fuente: Autores

5.6.3 Layout de la zona de pick line

A partir de un estudio realizado el año 2014 por el departamento de ingeniería de APLL, se determinó que las instalaciones no permitían configurar la totalidad de materiales en la línea de picking. Es por esta razón que se rediseño el layout de los rack quedando la zona de pick line con 29 caras de pasillo.

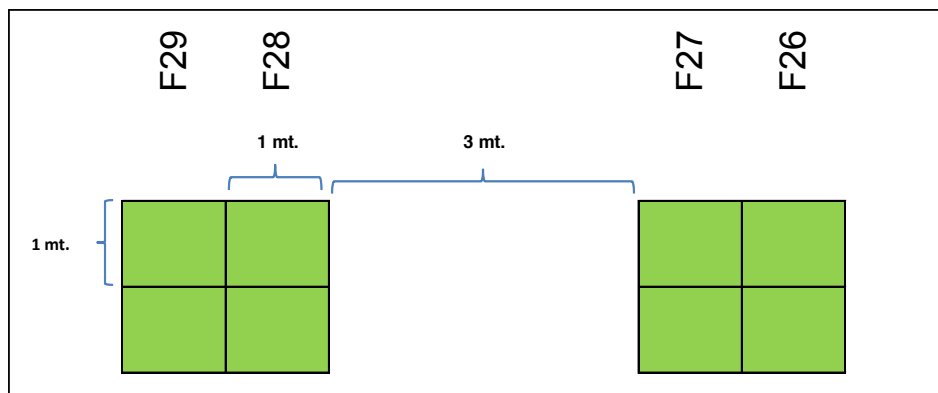
Figura 5. 13 Layout de los rack



Fuente: Autores

La zona de pick line cuenta con una capacidad de 5.810 ubicaciones. En cada una de ellas se puede configurar un solo SKU, que corresponden a 72 pares de zapatillas. Las dimensiones de cada ubicación son: 100 cm de ancho, 100 cm de largo y 60 cm de alto. La distancia entre cada pasillo es de 3 metros.

Figura 5. 14 Dimensiones rack y pasillos



Fuente: Autores

5.6.4 Equipos

Los equipos del centro de distribución se utilizan para transportar los productos de un lugar a otro. Cada área cuenta con sus respectivos equipos, los cuales se asignan según las necesidades de los procesos operativos. En el área de recepción, utilizan la traspaleta manual para mover los pallets de descarga y grúa apiladora, para almacenar los productos en los racks y estantería. El área de preparación de pedidos, posee traspaleta eléctricas, carros de traslado y orderpicker, el cual se utiliza para preparar pedidos en altura. En el área de empaque y despacho solo se utilizan traspaletas manuales.

A continuación se detallaran el número de equipos y sus respectivas características:

Tabla 5. 3 Equipos utilizados y sus dimensiones

Equipo	Cantidad	Largo (mts)	Ancho (mts)	Alto (mts)	Elevación Max. Grúa (mts)	Capacidad de carga (kg)
Grúa apiladora	7	2.1	1.2	3.3	7.9	1.500
OrderPicker	5	2.1	1.1	3.3	8.3	1.250
Traspaleta eléctrica	4	2.5	1.1	1.3	-	2.000
Traspaleta Manual	12	1.2	0.7	1.5	-	2.500
Monta carga	3	2.4	1.4	2.7	5.5	3.000
Carros de traslado	15	1.3	0.6	1.6	-	150

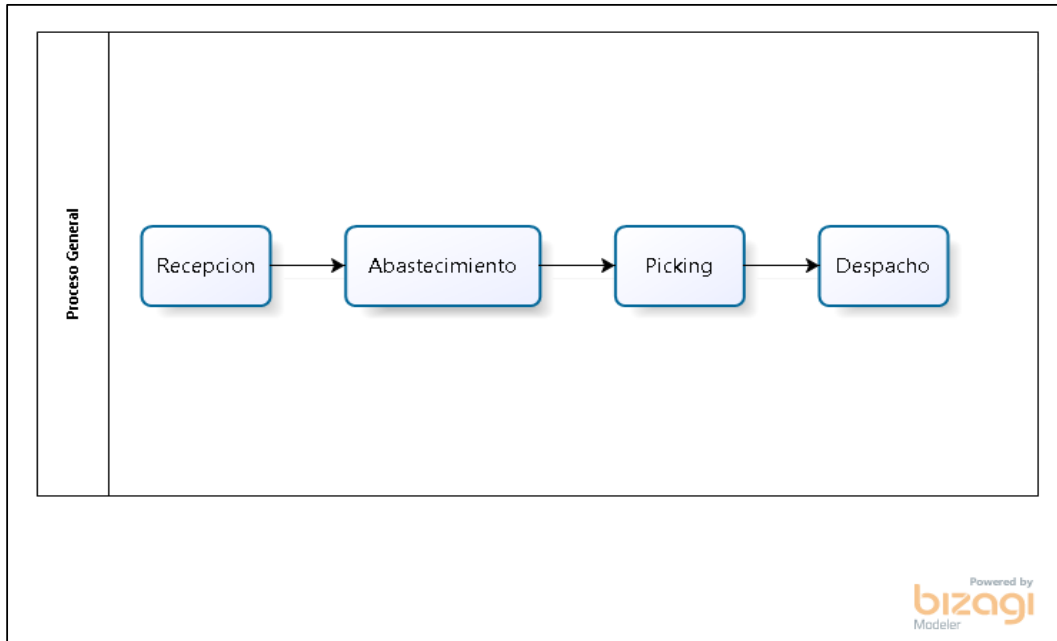
Fuente: Autores

5.7 Procesos operativos

En APL Logistic se llevan a cabo las operaciones logísticas de Nike. El proceso comienza con la recepción de mercadería proveniente de Asia. La mercadería es paletizada y almacenada en los racks del centro de distribución. La ubicación de cada pallet es ingresada al sistema de gestión de inventario (WMS), en donde se especifica la cantidad, estilo, color y talla del calzado. Una vez que los clientes de Nike realizan un pedido, se emite un delivery, si el pedido requiere más unidades de las disponibles en la línea de picking, se genera un abastecimiento, de lo contrario, los trabajadores de APLL procesan el pedido en el área de picking. El pedido es revisado, y si se encuentra completo, se sella la caja y se etiqueta, según las especificaciones del cliente. Luego pasa

al área de pre-despacho, en donde se espera la emisión de la factura, para finalmente ser despachado el pedido.

Figura 5. 15 Macro proceso



Fuente: Autores

A continuación se estudiara los procesos operativos que se llevan a cabo dentro del centro de distribución desde la recepción de los productos hasta el despacho de estos. El principal objetivo de este análisis, es comprender el sistema logístico, buscando posibles mejoras. El estudio incluye el layout, recursos, equipamiento y tecnologías de información utilizadas.

Los principales procesos que operan en el centro de distribución son los siguientes:

- Recepción
- Abastecimiento
- Picking
- Despacho

A continuación se detallaran los procesos y sub-procesos a través de un diagrama de flujo.

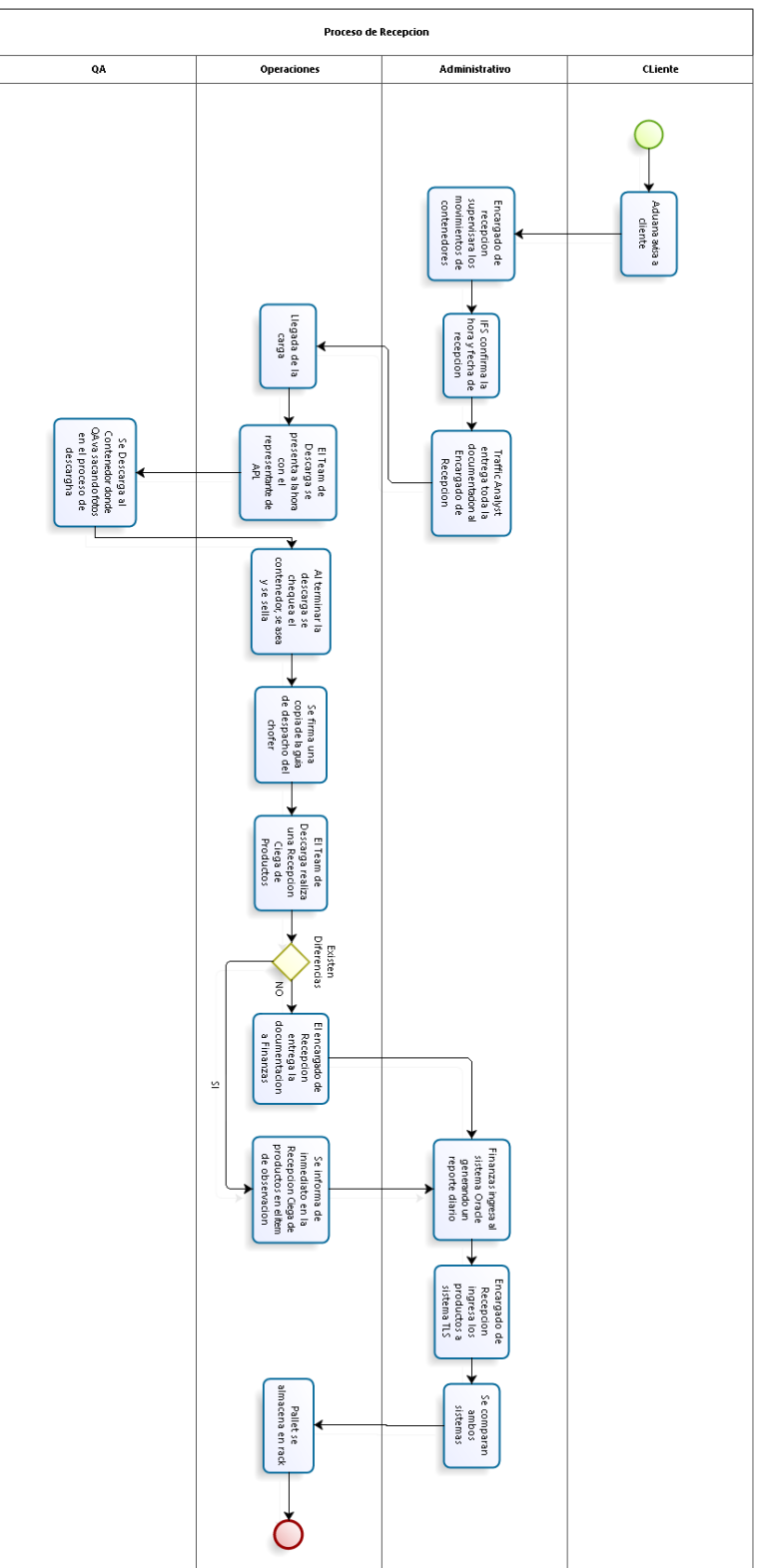
5.7.1 Proceso de recepción

Los agentes aduaneros ubicados en el puerto de Valparaíso, informan al supervisor de la recepción, que los contenedores de calzado se encuentran disponibles para ser recibidos en APLL. El encargado del área supervisa los movimientos del contenedor disponible. Se agenda la fecha y hora, luego confirma dicha información con la aduana chilena, y se programa el arribo de los contenedores. Nike entrega toda la documentación correspondiente al contenedor.

Una vez que los contenedores llegan al centro de distribución, se procede a verificar el número del contenedor y el código del GPS. Corroborada la información, se abre el contenedor, y una cuadrilla comienza la descarga, pesaje y paletizado de cada bulto de acuerdo al estilo, color, talla del calzado. En paralelo al proceso de descarga, el control de calidad fotografía la descarga del contenedor. Al terminar la descarga se revisa y se limpia el contenedor, para finalmente ser sellado. Luego la guía de despacho es firmada y se retira el transportista.

La recepción realizada es denominada ciega, ya que los bultos no son abiertos. Se verifica que no existan diferencias en el número de bultos y estilos informados en la guía de despacho. En el caso de que existan diferencias se informa al supervisor, y se le entrega un informe detallado. Si no existen diferencias, el área de finanzas ingresa al sistema interno y genera un reporte de la recepción. Luego el supervisor ingresa los productos al sistema de gestión de inventario, generando un reporte. Ambos reportes son comparados, para verificar diferencia. Finalmente el pallet se almacena en la zona que le corresponde y se le asigna una ubicación en el rack o estantería.

Figura 5. 16 Proceso de recepción



Fuente: Autores

5.7.2 Proceso de abastecimiento

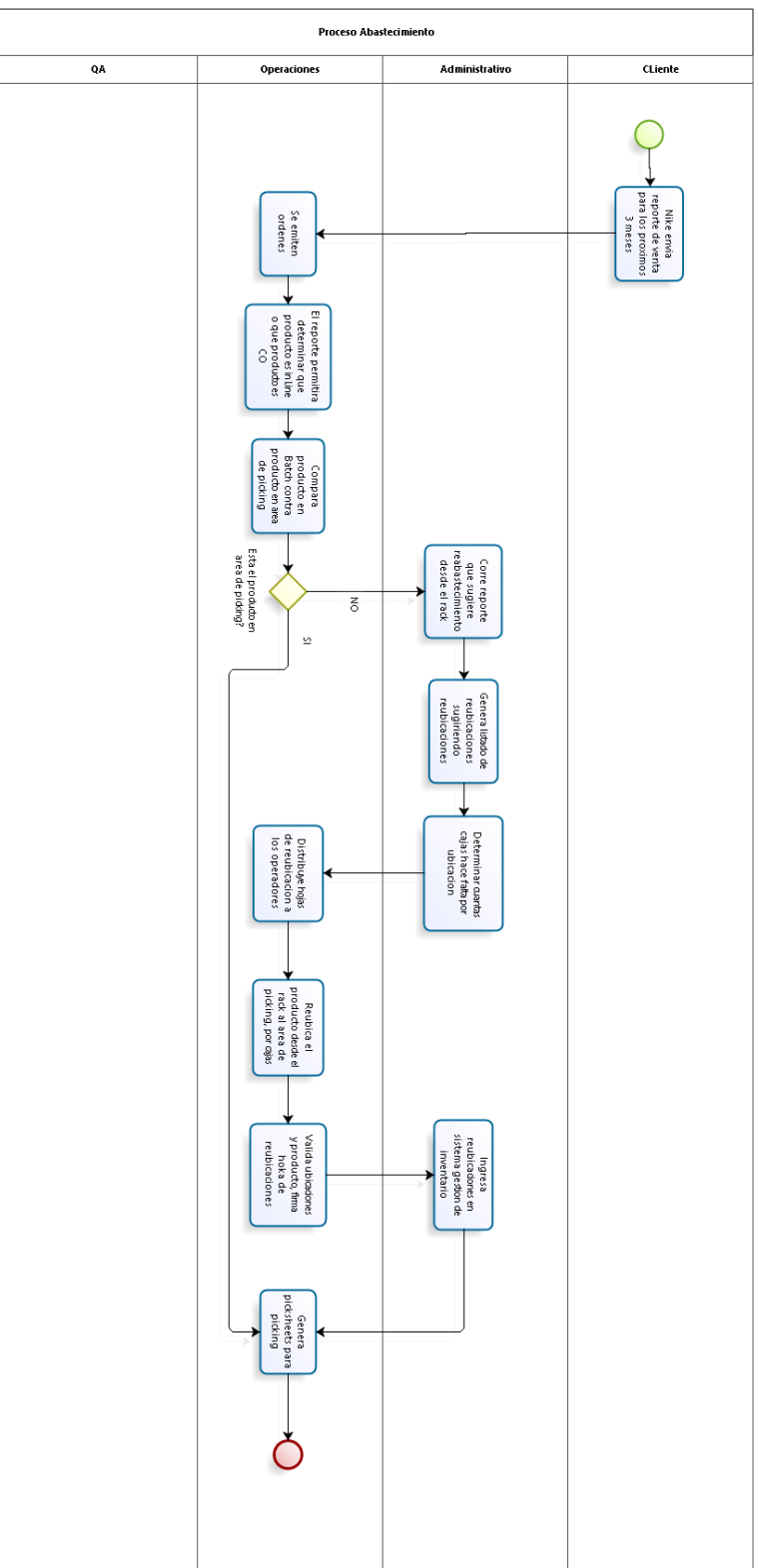
El cliente de APLL envía la proyección de ventas por temporada, en la cual se detallan los estilos que se venderán en los próximos 3 meses. Para determinar que estilos configurar en la línea de picking. Se analiza un reporte del inventario actual y se cruza con los estilos de la nueva temporada. Si existen estilos configurados que no aparecen en la proyección, se consideran discontinuados. En el caso de los estilos presentes en los 3 meses de la temporada, se configuran en la línea de picking, buscando priorizar aquellos que poseen un mayor volumen y rotación.

Luego se compara los productos presentes en las órdenes de pedidos, si los productos se encuentran en la zona de picking, se emiten los delivery. En el caso contrario, se corre un reporte de reabastecimiento de la ubicación, en donde se especifica la ubicación de origen, la cantidad y la ubicación de destino. Luego se distribuyen las hojas de abastecimiento o reubicación entre los operadores. Las cajas de productos son reubicados, se confirman físicamente los movimientos realizados, y se confirman en el sistema de gestión de inventario.

Configuración de materiales nuevos

El proceso de configuración comienza con un análisis del Coverage, el cual indica la proyección de ventas de la nueva temporada. Si existen materiales presentes en los tres meses siguientes, se priorizan, y se les asigna una ubicación en la línea de picking, según la clasificación de pasillos. Luego se buscan aquellos materiales presentes en el primero y segundo mes, y además, los presentes en el segundo y tercer mes. Una vez que se determinaron que materiales se configuraran en la línea de picking, se buscan ubicaciones vacías de forma manual en el sistema de gestión de inventarios.

Figura 5. 17 Proceso de abastecimiento



Fuente: Autores

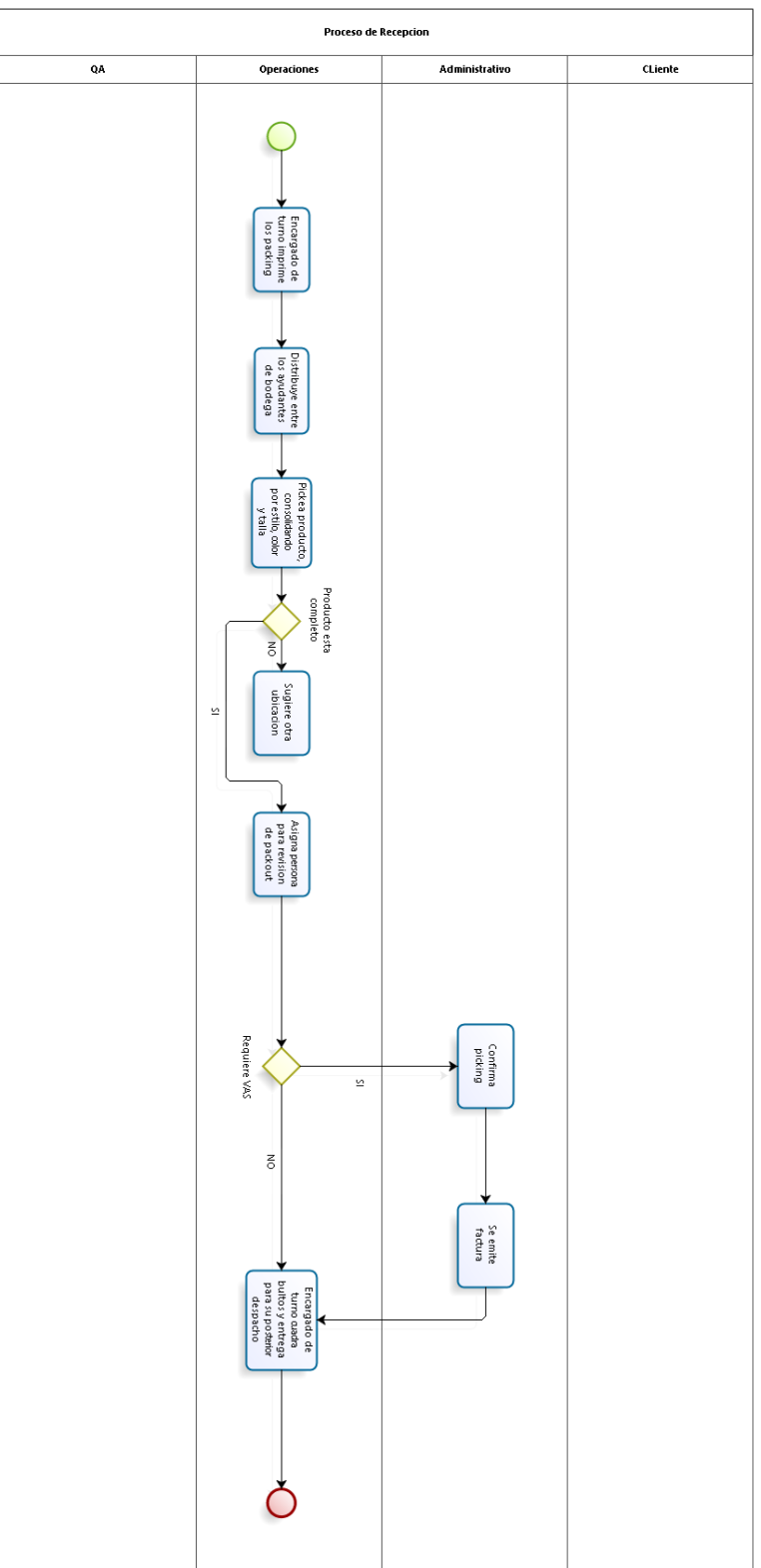
5.7.3 Proceso de picking

En cuanto se finalizan los abastecimientos de la línea de picking, se procede a imprimir las hojas de picking, en donde se especifica, el número de delivery, cliente, estilos y cantidades solicitadas. Las hojas de picking son entregadas a los ayudantes, quienes se encargan de preparar el pedido.

En el caso de que el ayudante no encuentra productos en la ubicación indicada, solicita una nueva ubicación, para poder completar el pedido. Una vez completado el pedido se verifica el tipo de cliente que solicitó las unidades. En el caso de los clientes grandes (BC), los productos en algunos casos requieren valor agregado, en donde son procesados, para luego ser distribuidos por sucursal y sellados. De lo contrario, si el pedido es de un cliente chico (SC), pasa directamente al área de empaque, en donde es sellado el bulto.

El picking es confirmado por los administrativos presentes en la operación, y se emite la factura correspondiente al pedido. Una vez finalizada las actividades de empaque. Si los bultos se encuentran listos y facturados, se entrega al área de despacho, en espera de ser cargado.

Figura 5. 18 Proceso de picking



Fuente: Autores

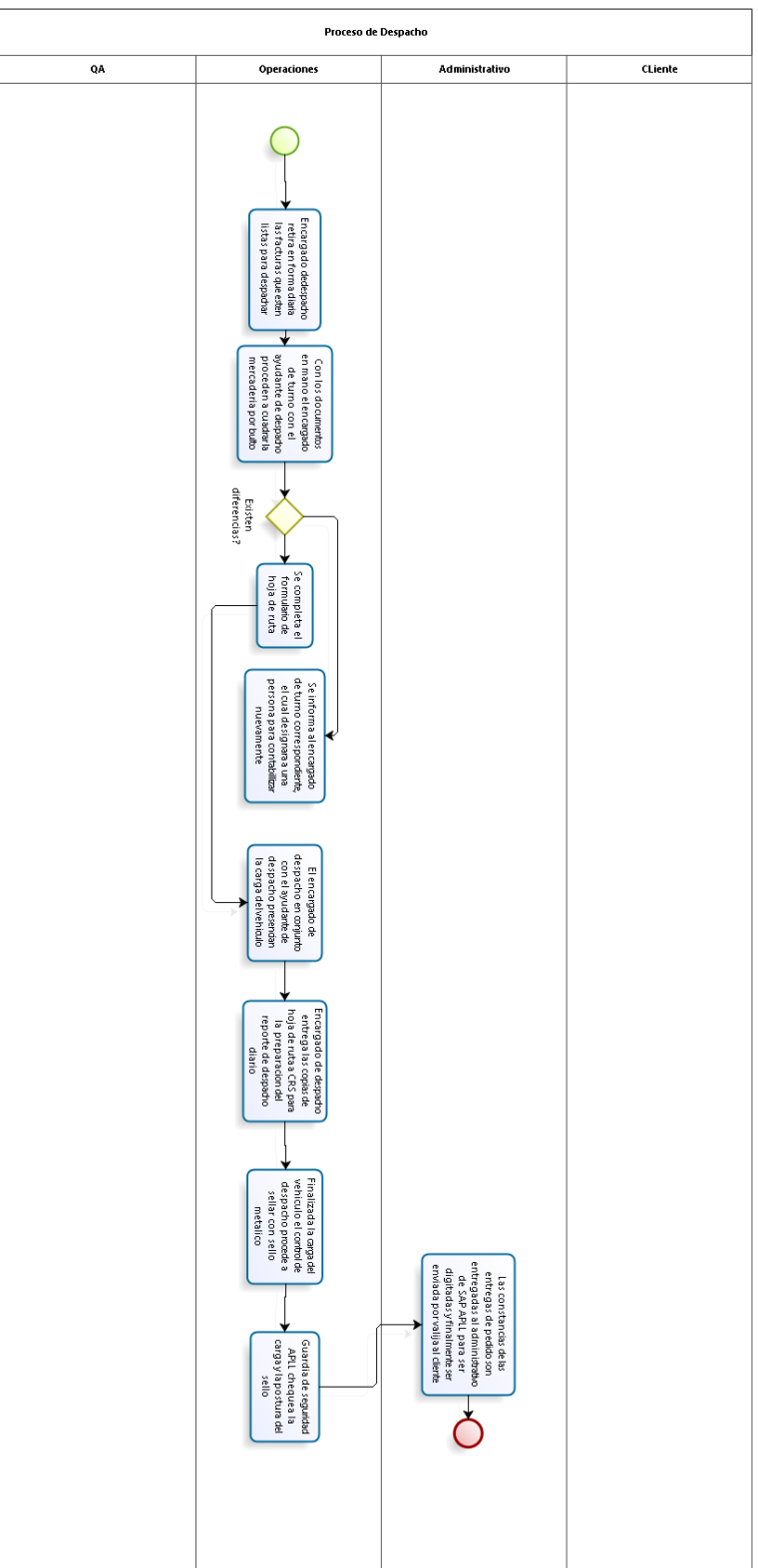
5.7.4 Proceso de despacho

El supervisor de despacho, revisa los pedidos que se encuentran facturados y listos para ser cargados. Una vez identificados los pedidos, se procede a buscar el pallet con los bultos, se posiciona frente a un andén y se cuadran los bultos con la factura, si existen diferencias, se revisa nuevamente el sector de pre-despacho, buscando el o los bultos faltantes. Si no existen diferencias se completa un formulario de la ruta o bitácora de ruta.

Se informa al encargado de turno que los pedidos se encuentran listos para despachar, quien asigna a una persona para contabilizar nuevamente los bultos. Se procede a cargar el camión en presencia de los ayudantes y el supervisor. Se verifica nuevamente el número de bultos. El encargado de despacho entrega la hoja de ruta asignada a un determinado camión. Una vez entregado, se procede a sellar el camión con un sello metálico.

Finalmente el guardia presente en el andén de despacho verifica la correcta posición del sello, y el camión abandona las instalaciones de APL. Una vez que el pedido se despacha, se le informa al cliente a través de SAP.

Figura 5. 19 Proceso de despacho



Fuente: Autores

5.8 Identificación de oportunidades de mejora

Luego de realizar un análisis de la situación actual de la bodega, se identifica la división más importante y sus respectivos procesos con el fin de identificar una oportunidad de mejora.

Como se mencionó anteriormente los productos se clasifican en tres divisiones, Apparel (AP), Equipment (EQ) y Footwear (FW). En la tabla 5.4 se puede apreciar la cantidad de unidades emitidas, que corresponden a la cantidad total de unidades solicitadas por los clientes de la marca. Las unidades facturadas representan el total de unidades que fueron facturadas y enviadas. Finalmente los faltantes en bodega representan el total de unidades que no se encontraron en el centro de distribución y fueron rebajadas del total de unidades emitidas.

Tabla 5. 4 Indicadores por división

División	Unid. Emitidas	Unid. Facturadas	Faltantes en Bodega
AP	2.578.158	2.521.325	56.833
EQ	1.887.669	1.876.817	10.852
FW	4.030.256	3.955.058	75.198
Total general	8.496.083	8.353.200	142.883

Fuente: Autores

Como se puede observar en la tabla 5.4, la división Footwear es la que emite y factura la mayor cantidad de unidades al año. A su vez, dicha división es la que genera más faltantes en bodega con un 52,62% del total de faltantes.

Los faltantes en bodega representan un problema serio para la operación, ya que los pedidos se generan a partir de las unidades disponibles en el centro de distribución, pero estos no se encuentran a la hora de preparar un pedido. Esto a su vez genera una insatisfacción por parte del cliente de APLL, ya que este deja de facturar dichas unidades debido a los problemas operacionales de APLL.

A partir de este análisis, se puede determinar que la división más importante para la operación es Footwear, por ende la búsqueda de oportunidades de mejora se centraran en todas las actividades logísticas relacionadas al manejo de unidades de Footwear.

5.8.1 Diagrama de Ishikawa

Posterior al análisis de la situación actual de la bodega, se diseñó un diagrama de Ishikawa o causa-efecto. El principal problema detectado, es la insatisfacción del cliente de APLL. A continuación quedara de manifiesto cuales podrían ser sus causas:

Rack en mal estado: genera desorden de los materiales.

Falta de espacio para almacenar: no permite configurar los materiales de forma ordenada.

Personal no adopta los procedimientos: los trabajadores no siguen los procedimientos establecidos.

Robo de materiales: gran parte de los faltantes en bodega se debe al robo de productos por parte de los trabajadores.

Áreas de trabajo pequeñas: no se tiene el espacio suficiente para abastecer la totalidad de materiales.

Escasez de insumos: falta de fil u otros implementos para el armado de pallet.

Falta de disciplina: los trabajadores desobedecen las órdenes directas de sus superiores.

Trabajadores no se comprometen con la empresa: personal externo a la empresa no se compromete con los objetivos y valores de esta.

Proceso de abastecimiento y picking obsoletos: no incluye el uso de tecnología, que minimice los errores humanos.

Movimiento de material se confirman de forma manual: la confirmación se realiza a lápiz y papel.

Apiladores y order picker en mal estado: el poseer equipos en mal estado no permite armar los pedidos con la totalidad de lo solicitado.

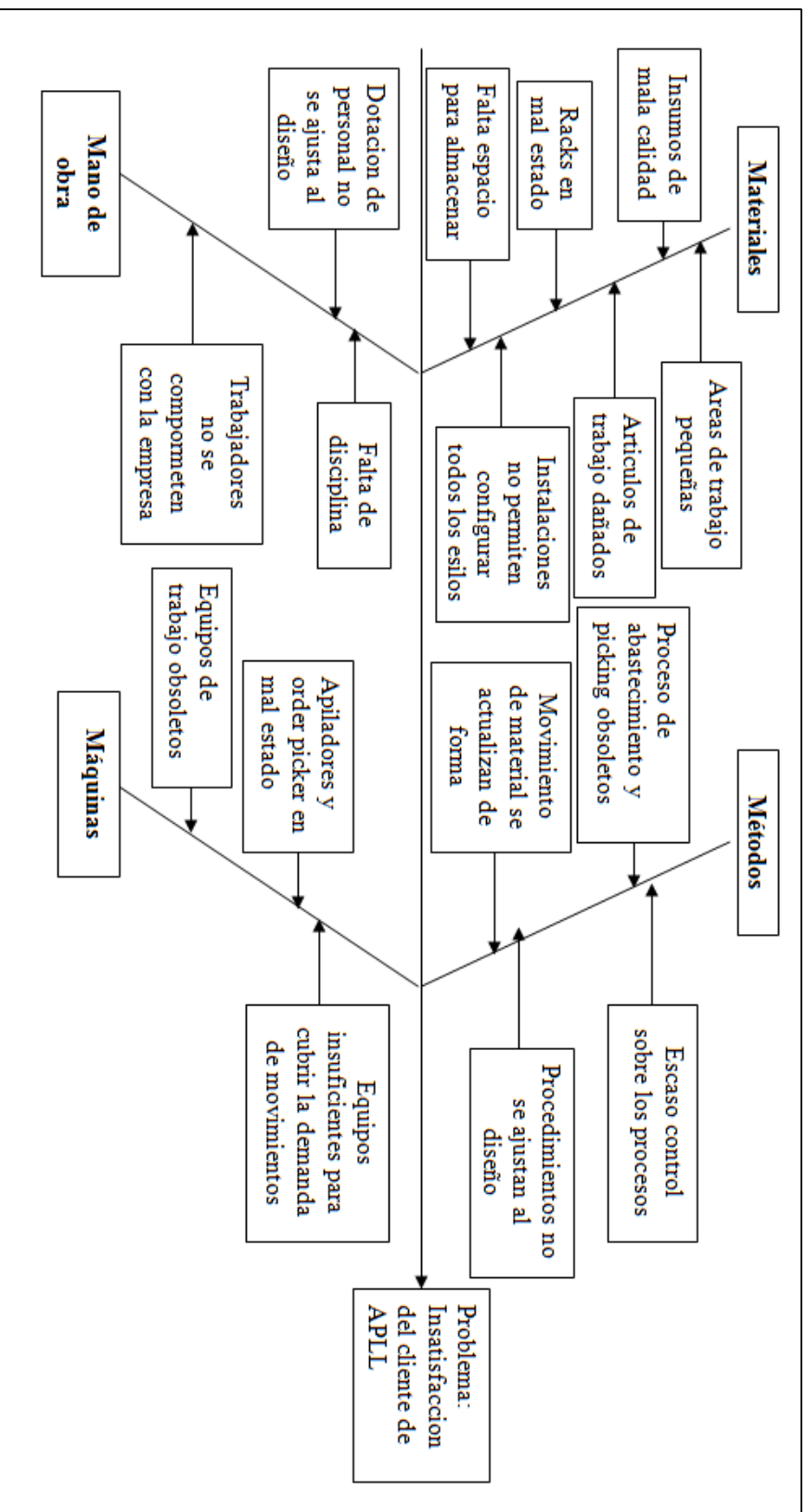
Equipos de trabajo obsoletos: no permite a los trabajadores llevar a cabo los procedimientos de forma rápida y fluida.

Escaso control sobre los procesos: no se tiene un control riguroso en la ejecución de cada uno de los procesos.

Procedimientos no se ajustan al diseño: los procedimientos no se realizan de acuerdo a lo estipulado por el área de ingeniería.

Equipos insuficientes para cubrir la demanda de movimientos: el armado de pedidos se ve retrasado por la falta de equipos.

Figura 5. 20 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Autores

5.8.2 Clasificación por proceso

Se efectuara una clasificación por proceso de las causas registradas en el punto anterior, a modo de saber cuál es el proceso donde se concentran la mayor cantidad de causas al problema planteado.

Tabla 5. 5 Identificación de procesos críticos

Causas		Procesos			
		Recepción	Abastecimiento	Picking	Despacho
Maquinas					
1	Apiladores y orderpicker en mal estado	1	1	1	
2	Equipos insuficientes para cubrir la demanda de movimientos		1	1	
3	Equipos de trabajo obsoletos	1	1	1	1
Mano de Obra					
4	Dotación de personal no se ajusta al diseño		1	1	
5	Falta de disciplina	1	1	1	1
6	Trabajadores no se comprometen con la empresa	1	1	1	1
Métodos					
7	Escaso control sobre los procesos	1	1	1	1
8	Procedimientos no se ajustan al diseño		1	1	
9	Proceso de abastecimiento y preparación de pedidos obsoleto		1	1	
10	Movimiento de material se actualizan de forma manual		1	1	
Materiales					
11	Instalaciones no permiten configurar todos los estilos		1		
12	Falta de espacio para almacenar	1	1	1	
13	Áreas de trabajo pequeñas				1
14	Insumos de mala calidad	1	1		
15	Racks en mal estado	1	1	1	
16	Artículos de trabajo dañados	1	1	1	1
Total de causas involucradas		9	15	13	6

Fuente: Autores

5.8.3 Análisis de KPI's

El cliente de APL, controla las operaciones a través de indicadores de gestión, que son el Picking Exception, Lead Time, Inventory Accuracy y On time Receivers, para los cuales se estipula una tolerancia de un 0,2%. A continuación se explicaran los indicadores mencionados.

- **Picking Exception:** representa los faltantes en bodega a la hora de preparar un pedido.
- **Lead Time:** es el tiempo de procesamiento de un pedido, desde que se emitió la orden hasta que se despachó.
- **Inventory Accuracy:** mide el nivel de exactitud del inventario, comparando la información sistémica con la física de un determinado SKU o estilo de calzado.
- **On time Receivers:** Es el tiempo que demora un material en estar disponible para ser procesado. Este se mide desde la recepción hasta que se almacena el producto.

Según información proporcionado por APLL, los indicadores en el año 2014 fueron los siguientes:

Tabla 5. 6 KPI's

KPI	Tolerancia	2014	Cumple
Picking Exception	0,2%	1,87%	NO
Lead Time	98%	99,1%	SI
IA	98%	91,67%	NO
On Time Receivers	98%	98,5%	SI

Fuente: Autores

Dentro de los KPI, el más crítico es el Picking Exception. En marzo del 2015 se alcanzó una cifra histórica, en donde se dejaron de facturar 22.020 unidades, equivalentes a \$330.300.000 aproximadamente. En abril del mismo año, el Picking Exception disminuyo a 16.291 unidades, equivalentes a \$244.365.000, una cifra significativa y preocupante, considerando que Nike solo importa unidades vendidas con anticipación.

CAPITULO VI: Propuestas de Mejora

A partir del estudio de la situación actual del centro de distribución e identificación de oportunidades de mejora se seleccionaron los dos procesos más críticos de la operación, que son el Abastecimiento y Picking. A continuación se desarrollaran las propuestas de mejora contemplando la explicación de esta, los recursos asociados, el área involucrada, el impacto y los beneficios.

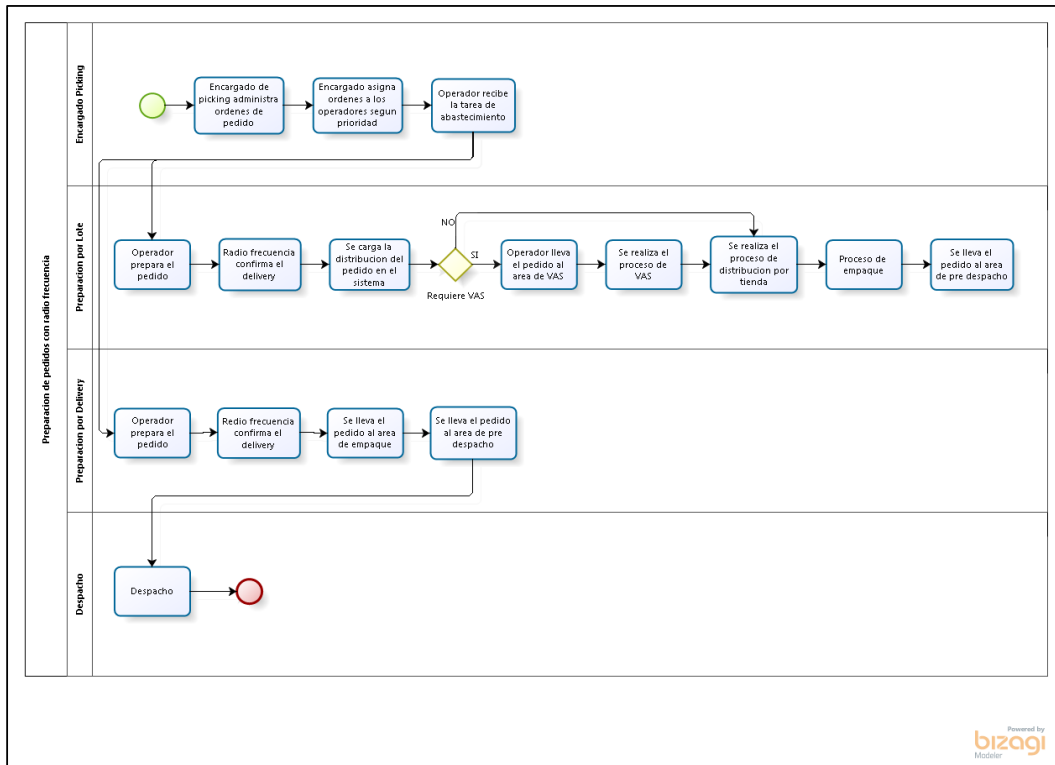
6.1 Proceso de picking utilizando radio frecuencia

Se propone la implementación de la radio frecuencia en el proceso de picking. El nuevo proceso comienza con la planificación de los pedidos que se prepararan en el turno. El encargado del picking, asigna los delivery según la prioridad de la operación. Luego se procede a abastecer las ubicaciones desde el Bulk hasta la línea de picking. Una vez realizado el abastecimiento, se confirma y se comienza a preparar el pedido. El operador visualiza en la pantalla de la radio frecuencia la ubicación en la línea de picking, este se dirige hasta allá, y procede a escanear el código de barra de la ubicación, de inmediato, aparece en el dispositivo el sku y el número de unidades de calzado que debe retirar. Para esto, debe escanear el código de barra del producto e ingresa la cantidad solicitada. Si la información concuerda con el delivery, el dispositivo muestra en pantalla la siguiente ubicación de la línea de picking. Así hasta que se completa el pedido y se cierra el delivery.

Una vez completado el delivery, se confirma automáticamente en el sistema de gestión de inventario. En donde los delivery cambian de estatus, para ser distribuidos y empacados. Si los productos requieren pasar al área de valor agregado, estos son procesados según las especificaciones del cliente. En cuanto finaliza dicho proceso, el pedido pasa al área de empaque, donde es distribuido el pedido para las distintas tiendas del cliente.

En el caso de los productos que no necesitan valor agregado, estos son llevados automáticamente al área de empaque, para luego ser despachados

Figura 6. 1 Proceso mejorado de picking



Fuente: Autores

El nuevo proceso de picking, nos permite mejorar los siguientes aspectos de proceso:

- Cargar los pedidos en el dispositivo de radio frecuencia
- Impide que el operador retire productos de otra ubicación, que no sea la que indica el delivery, ya que el sistema obliga al operador a escanear el código de barra de la ubicación, y luego escanear el sku del producto. Esto permite mantener el inventario cuadrado y las ubicaciones ordenadas.
- Una vez que termina el pedido, el dispositivo de radio frecuencia confirma de inmediato el delivery, emitiendo su respectiva factura.
- El sistema entrega información necesaria para completar los delivery y cambiar el estatus de este.

6.2 Proceso de abastecimiento utilizando radio frecuencia

Se plantea la implementación de radio frecuencia en el proceso de abastecimiento. La nueva tecnología permite reducir los errores de abastecimiento, mejorando a su vez el proceso de picking.

El proceso comienza con la asignación de tareas de abastecimiento a los operadores, los cuales ingresan el número de tarea o batch. Luego la pantalla del dispositivo muestra la ubicación de origen, que en este caso corresponde a una ubicación en la zona del Bulk, además indica el SKU del producto y la cantidad que se debe abastecer. El operador se dirige a la ubicación en el Bulk, y escanea el código de barra de dicha ubicación. Si la ubicación es la correcta, el operador procede a escanear el código de barra del producto y retira la cantidad solicitada. En el caso de que el operador se equivoque, el dispositivo le indicara que la ubicación es incorrecta.

Una vez retirados los productos, el dispositivo le indicara la ubicación de destino, que en este caso corresponde a una ubicación en la línea de picking. Al momento de llegar, el operador debe escanear el código de barra de la ubicación, si este es correcto, abastece la ubicación y se confirma la operación.

6.3 Clasificación de materiales utilizando criterio de volumen

Los productos almacenados en el centro de distribución arriban en determinadas cantidades. Estas cantidades tienen directa relación con su nivel de demanda, es decir, los materiales de mayor volumen, serán más solicitados que los materiales de bajo volumen. Es por eso que a partir del volumen se clasificaron en 3 categorías, las cuales se determinaron de la siguiente forma:

- Categoría A Materiales con volumen $x \geq 3.000$ unidades
- Categoría B Materiales con volumen $3.000 > x \geq 1.000$ unidades
- Categoría C Materiales con volumen $1.000 > x \geq 400$ Unidades

Actualmente en la bodega hay 267 materiales, los cuales se clasifican de la siguiente forma según su volumen en stock:

Tabla 6. 1 Clasificación de materiales

Categoría	Materiales	Volumen Promedio	%
A	44	5.684	16%
B	76	1.660	28%
C	147	626	56%
TOTAL	267	1.754	100%

Fuente: Autores

Con esta clasificación se busca asignar posiciones determinadas para cada tipo de material según la categoría, buscando siempre que los materiales de mayor volumen queden configurados en ubicaciones de la línea de picking lo más cercana posible al área de empaque o Pack-out.

6.4 Configuración de materiales en la línea de picking

La configuración de materiales contemplara 12 SKU de mayor rotación, es decir, las 12 tallas de mayor volumen. A continuación se presentara un ejemplo de asignación de SKU en la línea de picking.

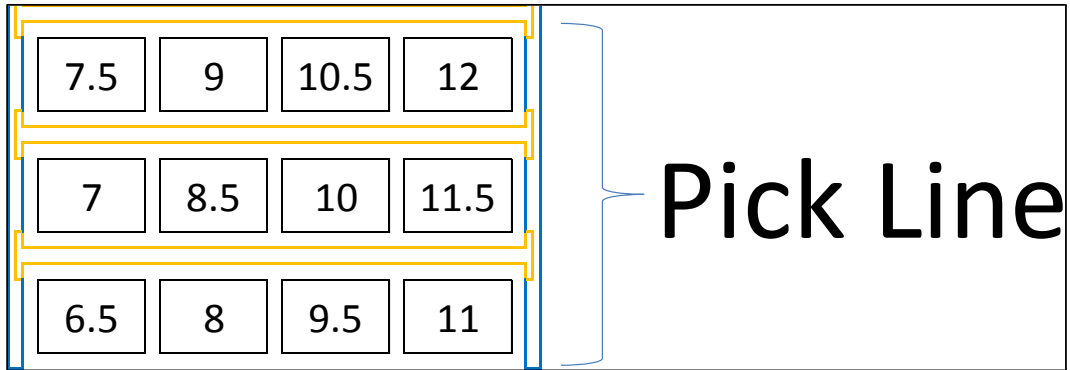
Tabla 6. 2 Ejemplo asignación de SKU

SKU	Unidades
684658-016-6.5	140
684658-016-7	316
684658-016-7.5	322
684658-016-8	704
684658-016-8.5	770
684658-016-9	760
684658-016-9.5	758
684658-016-10	530
684658-016-10.5	358
684658-016-11	256
684658-016-11.5	160
684658-016-12	138

Fuente: Autores

Considerando las tallas del material presentado, se le asignan ubicaciones de la siguiente forma:

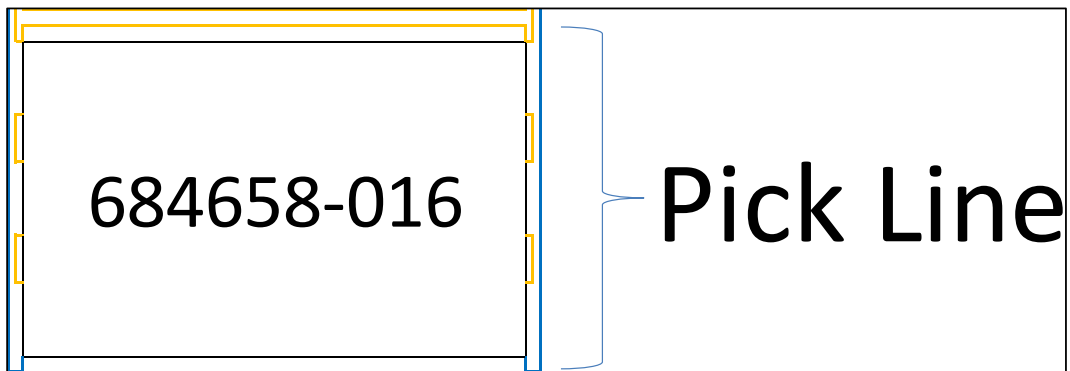
Figura 6. 2 Configuración de tallas



Fuente: Autores

Se consideran las 12 ubicaciones en la línea de picking como una ubicación, asignada a un material, contemplando las 12 tallas del calzado.

Figura 6. 3 Material



Fuente: Autores

La nueva nomenclatura de las ubicaciones a la hora de abastecer los rack será:

Figura 6. 4 Nueva nomenclatura de ubicaciones



Fuente: Autores

Comenzando con el número uno en la ubicación más cercana a la zona de pack-out.

6.5 Clasificación de ubicaciones utilizando criterio de distancia

Considerando que los movimientos de las maquinas son en líneas rectas, bordeando los racks. Se calculó la distancia desde cada ubicación a la zona de pack-out, para determinar en base a la distancia, las mejores ubicaciones para cada una de las tres categorías de materiales.

Figura 6. 5 Distancias de las ubicaciones con la zona de pack-out

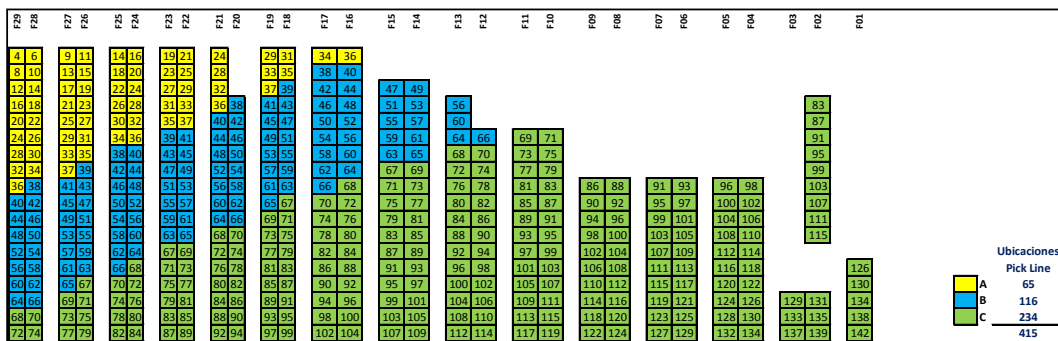
F29	F28	F27	F26	F25	F24	F23	F22	F21	F20	F19	F18	F17	F16	F15	F14	F13	F12	F11	F10	R09	R08	R07	R06	R05	R04	R03	R02	R01
4	6	9	11	14	16	19	21	24		29	31	34	36															
8	10	13	15	18	20	23	25	28		33	35	38	40															
12	14	17	19	22	24	27	29	32		37	39	42	44	47	49													
16	18	21	23	26	28	31	33	36	38	41	43	46	48	51	53	56												
20	22	25	27	30	32	35	37	40	42	45	47	50	52	55	57	60												
24	26	29	31	34	36	39	41	44	46	49	51	54	56	59	61	64	66											
28	30	33	35	38	40	43	45	48	50	53	55	58	60	63	65	68	70	73	75									
32	34	37	39	42	44	47	49	52	54	57	59	62	64	67	69	72	74	77	79	81	83	85	86	88	91	93	95	97
36	38	41	43	46	48	51	53	56	58	61	63	66	68	71	73	76	78	81	83	86	88	91	93	96	98	100	102	103
40	42	45	47	50	52	55	57	60	62	65	67	70	72	75	77	80	82	85	87	90	92	95	97	100	102	104	106	107
44	46	49	51	54	56	59	61	64	66	69	71	74	76	79	81	84	86	89	91	94	96	99	101	104	106	108	110	111
48	50	53	55	58	60	63	65	68	70	73	75	78	80	83	85	88	90	93	95	98	100	103	105	108	110	112	114	115
52	54	57	59	62	64	67	69	72	74	77	79	82	84	87	89	92	94	97	99	102	104	107	109	112	114	116	118	119
56	58	61	63	66	68	71	73	76	78	81	83	86	88	91	93	96	98	101	103	106	108	111	113	116	118	120	122	126
60	62	65	67	70	72	75	77	80	82	85	87	90	92	95	97	100	102	105	107	110	112	115	117	120	122	124	128	130
64	66	69	71	74	76	79	81	84	86	89	91	94	96	99	101	104	106	109	111	114	116	119	121	124	126	128	130	131
68	70	73	75	78	80	83	85	88	90	93	95	98	100	103	105	108	110	113	115	118	120	123	125	128	130	132	134	135
72	74	77	79	82	84	87	89	92	94	97	99	102	104	107	109	112	114	117	119	122	124	127	129	132	134	137	139	142

Fuente: Autores

Los pasillos al igual que los materiales se dividieron en tres grupos de acuerdo al porcentaje de cada categoría de producto:

- **Categoría A:** 65 Ubicaciones
- **Categoría B:** 116 Ubicaciones
- **Categoría C:** 234 Ubicaciones

Figura 6. 6 Nueva clasificación de pasillos



Fuente: Autores

6.6 Proceso de abastecimiento utilizando un modelo de asignación

Se propone la utilización de un modelo matemático de asignación para realizar un abastecimiento lógico y ordenado de la línea de picking. En los puntos anteriores se realizaron las clasificaciones de los pasillos en base a la distancia de cada ubicación con la zona de pack-out. A su vez se clasificaron los materiales según su volumen.

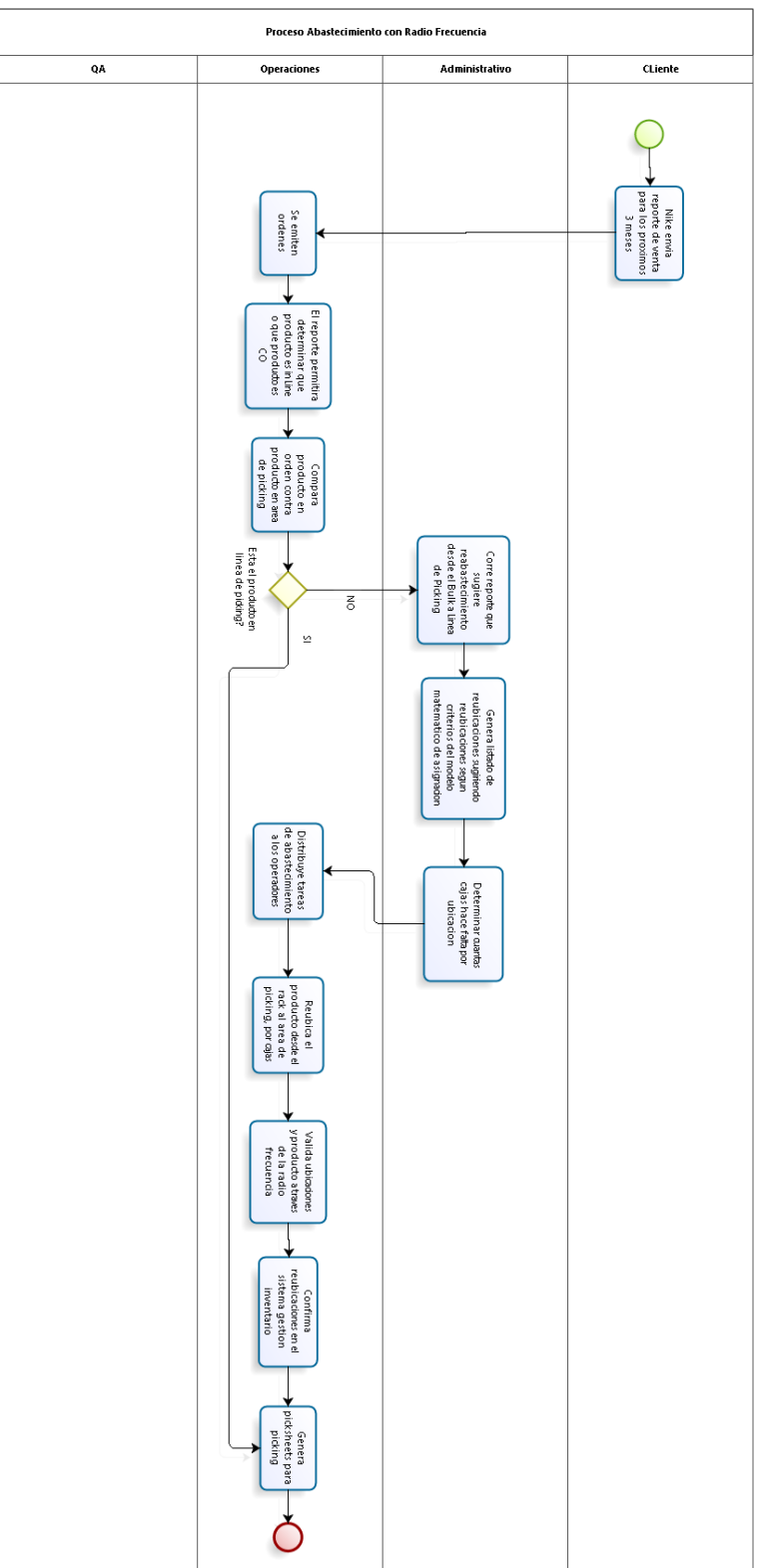
En base a las clasificaciones realizadas se formuló un modelo de configuración de materiales, cuyo propósito es configurar los materiales de manera lógica en las ubicaciones de los rack, regularizando el proceso de abastecimiento. A su vez, al realizar la configuración de estilos por tallas (12 SKU), favorece la preparación de pedidos al estar ordenada en la línea de picking.

La configuración lógica de los materiales en los rack, permitirá disminuir los costos que genera tener los materiales en ubicaciones que no son las más adecuadas. Lo

anterior se refiere a disminuir la distancia recorrida que realizan los operarios desde la línea de picking hacia la zona de pack out. Los factores a considerar para la formulación del modelo son: volumen de materiales, distancias de la zona de pick line con la de pack out, configuración de materiales.

Considerando las propuestas de mejora en el proceso de abastecimiento utilizando radio frecuencia y un modelo de configuración o asignación de materiales, el proceso mejorado se muestra en la figura 6.7.

Figura 6. 7 Proceso mejorado de abastecimiento



Fuente: autores

6.6.1 Formulación del modelo

El modelo de configuración o asignación de materiales, indicara cual es la mejor ubicación para un determinado material considerando restricciones de distancias a recorrer y volumen.

La función objetivo del modelo es minimizar el costo asociado a las asignaciones de los materiales en las ubicaciones disponibles.

Minimizar

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} V_i$$

Los parámetros utilizados para formular el modelo son: volumen del material y distancia de cada ubicación con la zona de pack out.

Parámetros:

C_{ij} = Distancia de trasladar el material i desde la ubicación j

para $i = 1, 2, \dots, n$

para $j = 1, 2, \dots, n$

V_i = Volumen del material i

para $i = 1, 2, \dots, n$

Variable de decisión:

La variable de decisión es binaria, es decir, puede tomar como valores el 1 o 0.

X_{ij} = Material i asignado a la ubicación j

para $i = 1, 2, \dots, n$

para $j = 1, 2, \dots, n$

$X_{ij} = 1$ Si el material i es asignado a la ubicación j , para $i = 1, 2, \dots, n$

$X_{ij} = 0$ en el caso contrario

Las restricciones al modelo están dadas por:

Cada material debe ser asignado a solo una ubicación:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \text{ para } i = 1, 2, \dots, n$$

A cada ubicación se le debe asignar solo un material:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \text{ para } j = 1, 2, \dots, n$$

Restricción para materiales categoría A:

$$X_{ij}V_i \geq 400 \text{ para } j = 1, 2, \dots, n \text{ y para } i = 1, 2, \dots, n$$

Restricción para materiales categoría B:

$$3000 > X_{ij}V_i \geq 400 \text{ para } j = 1, 2, \dots, n \text{ y para } i = 1, 2, \dots, n$$

Restricción para materiales categoría C:

$$1000 > X_{ij}V_i \geq 400 \text{ para } j = 1, 2, \dots, n \text{ y para } i = 1, 2, \dots, n$$

No negatividad

$$\sum X_{ij} \geq 0$$

Para cumplir con los supuestos que se deben respetar para un modelo de configuración o asignación se realizarán ajustes en un modelo de prueba, el cual puede ser replicado en la totalidad de los racks.

Se modelarán tres grupos representativos para cada categoría. Cada modelo podrá ser replicado en la totalidad de los racks. A continuación se presenta un esquema con las matrices de las ubicaciones y materiales a configurar. En la Tabla de Costos, se tienen dos filas, que muestran la codificación del material y su volumen, y dos columnas con el código de la ubicación y la distancia con la zona de pack-out. En la Tabla de Variables de decisión, se muestra una fila con la codificación del material y una columna con el código de la ubicación.

Figura 6. 8 Esquema de rack utilizado para aplicación del modelo en software Excel SOLVER

		Tabla de Costos													
		4	8	12	16	20	24	28	6	10	14	18	22	26	30
Distancia	Ubicación	F291	F292	F293	F294	F295	F296	F297	F281	F282	F283	F284	F285	F286	F287
Volumen	Material														
2802	580411-402														
2574	454500-001														
2304	580410-404														
1998	616543-036														
1930	654993-008														
1884	749172-001														
1880	641893-110														
1847	747999-002														
1830	747998-002														
1797	644822-006														
1746	725105-400														
1740	454501-104														
1541	512164-100														
1353	724480-400														
		Tabla de Variable de decisión													
Ubicación	Material	F291	F292	F293	F294	F295	F296	F297	F281	F282	F283	F284	F285	F286	F287
580411-402															
454500-001															
580410-404															
616543-036															
654993-008															
749172-001															
641893-110															
747999-002															
747998-002															
644822-006															
725105-400															
454501-104															
512164-100															
724480-400															

Fuente: Autores

6.6.2 Resultados Preliminares

Categoría A:

Figura 6. 9 Tabla de costos para Categoría A

Volumen	Material	Tabla de Costos																													
		4	8	12	16	20	24	28	6	10	14	18	22	26	30																
Ubicación	F2901	F2902	F2903	F2904	F2905	F2906	F2907	F2801	F2802	F2803	F2804	F2805	F2806	F2807																	
4.238	724944-400	16952	33904	50856	67808	84760	101712	118664	25428	42380	59332	76284	93236	110188																	
12.025	651646-060	48100	96200	144300	192400	240500	288600	336700	72150	120250	168350	216450	264550	312650																	
20.015	651641-060	80060	160120	240180	320240	400300	480360	560420	120090	200150	280210	360270	440330	520390																	
8.648	651634-060	34592	69184	103776	138368	172960	207552	242144	51888	86480	121072	155664	190256	224848																	
10.494	651632-060	41976	83952	125928	167904	209880	251856	293832	62964	104940	146916	188892	230868	272844																	
8.973	631524-030	35892	71784	107676	143568	179460	215352	251244	53838	89730	125622	161514	197406	233298																	
7.673	631289-030	30692	61384	92076	122768	153460	184152	214844	46038	76730	107422	138114	168806	199498																	
4.279	616547-101	17116	34232	51348	68464	85580	102696	119812	25674	42790	59906	77022	94138	111254																	
6.978	579622-002	27912	55824	83736	111648	139560	167472	195384	41868	69780	97692	125604	153516	181428																	
3.431	554954-057	13724	27448	41172	54896	68620	82344	96068	20586	34310	48034	61758	75482	89206																	
4.674	554954-055	18696	37392	56088	74784	93480	112176	130872	28044	46740	65436	84132	102828	121524																	
3.606	554901-034	14424	28848	43272	57696	72120	86544	100968	21636	36060	50484	64908	79332	93756																	
4.601	454500-104	18404	36808	55212	73616	92020	110424	128828	27606	46010	64414	82818	101222	119626																	
5.044	454500-018	20176	40352	60528	80704	100880	121056	141232	30264	50440	70616	90792	110968	131144																	

Fuente: Autores

En la figura 6.9 se muestra la tabla de costo para los pasillos clasificados como categoría A. El costo se calcula multiplicando el volumen de los materiales con la distancia de la ubicación con la zona de pack out, ya que a mayor volumen mayor es la distancia a recorrer.

Figura 6. 10 Resultados preliminares Categoría A obtenidos de SOLVER

	Tabla de Variable de decisión													
Ubicación	F2901	F2902	F2903	F2904	F2905	F2906	F2907	F2801	F2802	F2803	F2804	F2805	F2806	F2807
Material														
72494-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
651646-060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
651641-060	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
651634-060	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
651632-060	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
631524-030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
631289-030	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
616547-101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
579622-002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
554954-057	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
554954-055	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
554901-034	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
454500-104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
454500-018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autores

Luego de rellenar la tabla de costos se procede a ejecutar el modelo arrojando los resultados en la tabla de variable de decisión, marcando con un 1 la ubicación asignada. En la figura 6. 10 se destaca en color rojo las celdas que contienen un 1 que señalan la ubicación asignada al material.

Figura 6. 12 Resultados preliminares Categoría B obtenidos de SOLVER

Ubicación	Tabla de Variable de decisión													
	F2507	F2508	F2509	F2510	F2511	F2512	F2513	F2407	F2408	F2409	F2410	F2411	F2412	F2413
Material														
580411-402	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
454500-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
580410-404	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
616543-036	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
654993-008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
749172-001	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
641893-110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
747999-002	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
747998-002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
644822-006	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
725105-400	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
454501-104	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
512164-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
724480-400	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autores

Los resultados obtenidos para la simulación de los pasillos categoría B se pueden observar en la figura 6. 12, en la cual se destaca en color rojo las celdas que contienen un 1 que señalan la ubicación asignada al material.

Categoría C

Figura 6. 13 Tabla de costos para Categoría C

	Tabla de Costos																	
	Distancia	73	77	81	85	89	93	97	75	79	83	87	91	95	99	Material	Ubicación	
888	749432-002	64824	68376	71928	75480	79032	82584	86136	66600	70152	73704	77256	80808	84360	87912			
869	724918-053	63437	66913	70389	73865	77341	80817	84293	65175	68651	72127	75603	79079	82555	86031			
892	724761-810	65116	68684	72252	75820	79388	82956	86524	66900	70468	74036	77604	81172	84740	88308			
942	724761-010	68766	72534	76302	80070	83838	87606	91374	70650	74418	78186	81954	85722	89490	93258			
978	724480-004	71394	75306	79218	83130	87042	90954	94866	73350	77262	81174	85086	88998	92910	96822			
919	707394-004	67087	70763	74439	78115	81791	85467	89143	68925	72601	76277	79953	83629	87305	90981			
880	695784-220	64240	67760	71280	74800	78320	81840	85360	66000	69520	73040	76560	80080	83600	87120			
978	684771-501	71394	75306	79218	83130	87042	90954	94866	73350	77262	81174	85086	88998	92910	96822			
883	683632-402	64459	67991	71523	75055	78587	82119	85651	66225	69757	73289	76821	80353	83885	87417			
846	654864-047	61758	65142	68526	71910	75294	78678	82062	63450	66834	70218	73602	76986	80370	83754			
846	637382-018	61758	65142	68526	71910	75294	78678	82062	63450	66834	70218	73602	76986	80370	83754			
930	630939-404	67890	71610	75330	79050	82770	86490	90210	69750	73470	77190	80910	84630	88350	92070			
989	616057-002	72197	76153	80109	84065	88021	91977	95933	74175	78131	82087	86043	89999	93955	97911			
992	599189-601	72416	76384	80352	84320	88288	92256	96224	74400	78368	82336	86304	90272	94240	98208			

Fuente: Autores

Finalmente se simula el pasillo de la categoría C, que corresponde a aquellas ubicaciones que se encuentran a mayor distancia de la zona de pack out.

Figura 6. 14 Resultados preliminares Categoría C obtenidos de SOLVER

Ubicación	Tabla de Variable de decisión																		
	F1912	F1913	F1914	F1915	F1916	F1917	F1918	F1812	F1813	F1814	F1815	F1816	F1817	F1818	F1819	F1820	F1821	F1822	
Material	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
749432-002	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
724918-053	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
724761-810	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
724761-010	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
724480-004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
707394-004	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
695784-220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
694771-501	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68632-402	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
654864-047	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
637382-018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
630939-404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
616057-002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
599189-601	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Autores

La última simulación realizada se puede observar en la figura 6.14, en la cual se destaca en color rojo las celdas que contienen un 1 que señalan la ubicación asignada al material.

Como se puede apreciar en los resultados preliminares el modelo logra asignar los materiales considerando los criterios de volumen y distancia, en donde los materiales con mayor stock quedan más cerca de la zona de pack out. A su vez el modelo asigna solo un material a cada posición cumpliendo con una de las restricciones más importantes del modelo. Podemos concluir que el modelo nos permite configurar los materiales de manera lógica en la línea de picking, y favorece la estandarización del proceso de abastecimiento. Esto resulta significativo a la hora de mantener el orden en la zona de calzado, además de reducir las distancias recorridas por el operador en el proceso de picking.

6.7 Evaluación de beneficios

Los beneficios de las propuestas planteadas logran cumplir con los objetivos propuestos, ya que se disminuye la cantidad de faltantes en bodega y se optimiza el proceso de armado de pedidos.

La incorporación de radiofrecuencia en el picking mas la utilización de un modelo matemático para el almacenamiento en los rack permite:

- **Aumentar la productividad de picking y abastecimiento**
 - El modelo permite configurar los materiales de mayor stock, en las ubicaciones más cercanas al área de empaque, lo que reduce los tiempos de preparación de pedidos
- **Disminuir la cantidad de faltantes en los pedidos**
 - La configuración de manera lógica en la línea de picking, disminuye el margen de error por parte de operador, ya que los materiales se encuentran de forma ordenada en la línea de picking.
 - Además la radio frecuencia no permite al operador sacar unidades de cualquier ubicación, ni sacar un producto que no le solicita el delivery. Por ende, aumenta la precisión del inventario, reduciendo los faltantes.
- **Aumentar la precisión del inventario**
 - La implementación de radio frecuencia junto con el modelo matemático, tiene como objetivo aumentar la precisión del inventario ya que los nuevos procesos mantiene un orden lógico de los productos en las posiciones y se reduce el margen de error en la ejecución del proceso de abastecimiento y picking debido al uso de nueva tecnología.
- **Disminuir el Lead time**
 - Al configurar los materiales de forma lógica, en donde los materiales de mayor stock se encuentran lo más cerca del área de empaque. Esto permite disminuir las distancias recorridas dentro del CD, disminuyendo los tiempos de proceso.

A modo de simplificar los cálculos económicos de los beneficios se construyó una tabla con los costos y beneficios de ambas propuestas.

Tabla 6.3 Costos y Beneficios

Propuesta	Costo	Beneficio
<p>Implementación Radiofrecuencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de Radiofrecuencia: en la actualidad existen 7 operarios en el área de Picking y 3 en el área de Abastecimiento, por lo que se requieren 10 equipos de radiofrecuencia con un costo total de \$7.000.000 • Capacitación: La capacitación de los operarios en radiofrecuencia lo cubre los programas de Recursos Humanos destinados a cursos y capacitaciones del personal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión inventario: en la actualidad el IRA es de un 95% e implementando la radiofrecuencia se espera un aumento de un 80% en la precisión del inventario, llegando a un 99% quedando dentro de los márgenes exigidos por Nike (98%) • Aumento productividad: en la actualidad se pickean 22.428 unidades por día, se espera obtener un aumento del 20% en la productividad llegando a pickear 26.914 unidades por día.
<p>Modelo de configuración de materiales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analista: la configuración de materiales requiere de un analista que utilice el modelo matemático para configurar de manera lógica y ordenada. El costo promedio de un analista en el mercado es de \$750.000 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de tiempo en la preparación de pedidos: la configuración ordenada de los materiales permite reducir los tiempos de preparación de pedidos ya que los materiales con mayor demanda se encuentran más cercanos al área de packout. Por lo que se necesitan menos horas hombres. • Reducción de faltantes: aumentando la precisión del inventario y configurando los materiales de forma ordenada y lógica, se espera una reducción en la cantidad de faltantes pasando de 6.266 promedio mensual a 671 promedio mensual. La reducción de los faltantes supone un ahorro mensual de \$83.925.000

Fuente: autores

Capítulo VII: Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

A partir del levantamiento de los procesos se detectaron problemas en el picking, ya que los delivery se preparan con faltantes lo que implica despachar menos unidades que las solicitadas por el cliente. Esto se debe principalmente a que los productos no se encuentran en la posición que señala el sistema de gestión de almacenes, lo que se debe a mal ordenamiento de la línea de picking, malas prácticas de los operadores, un proceso de picking obsoleto.

Mediante un análisis se determinó que los faltantes representan el 1,68% del total de unidades emitidas lo que corresponde a 142.883 unidades faltantes durante el año 2014, es decir, todas esas unidades fueron rebajadas de los delivery y no llegaron al cliente de la marca. En promedio cada unidad es valorizada en \$15.000 lo que se traduce en \$2.143.245.000 que la marca deja de facturar.

Luego del levantamiento de los procesos se determinó que los que tienen mayor incidencia con los faltantes son el abastecimiento y picking, ya que es aquí donde la operación realiza los movimientos de productos para la posterior preparación de los delivery.

Dentro de la marca se manejan tres divisiones de productos Apparel (APP), Equipment (EQ) y Footwear (FW), siendo este último el que posee una mayor cantidad de faltantes con un 52,62%. Los faltantes de FW representan un 1,86% del total de unidades sobrepasando ampliamente la tolerancia exigida por Nike, 0,2%. Solo considerando FW se dejan de facturar \$1.127.970.000 al año.

El estudio determinó que la división de Footwear se almacena en ubicaciones de Bulk y línea de picking, y en ambos casos la localización se lleva a cabo de forma aleatoria dentro del centro de distribución. Esto impide mantener un orden lógico, por lo que aquellos materiales que poseen un mayor stock y demanda pueden quedar lejos de las áreas de pack-out o puede que los SKU ubicados en la línea de picking no sean los apropiados.

Luego del análisis de los materiales, se procedió a clasificarlos de acuerdo a su volumen, generando tres categorías de materiales. Esto nos permitió identificar los

materiales que tendrán mayor demanda dentro de un mes. A su vez se planteó un ordenamiento lógico de la línea de picking, contemplando las doce tallas de mayor stock por material. A partir de la clasificación por volumen, se propuso una clasificación de ubicaciones, utilizando el criterio de distancia. En donde se determinaron tres categorías, A, B y C, siendo las ubicaciones de categoría A las que se encuentran más cercanas al área de pack-out.

Posterior a las clasificaciones de materiales y ubicaciones, se plantea un modelo de configuración de materiales para ordenar los materiales de forma lógica y ordenada. El cual permite que los materiales de mayor volumen se almacenen en las ubicaciones más cercanas a zona de pack out y favorece el orden en la zona de Footwear.

Se planteó la implementación de radio frecuencia en los procesos de abastecimiento y picking. El nuevo proceso contempla las adquisiciones de nueva tecnología, la cual le permite al operador realizar los movimientos físicos y sistémicos en el mismo momento. Además se reduce la probabilidad de que el operador se equivoque, manteniendo el orden y la precisión del inventario.

Las propuestas de mejora planteadas permitirán aumentar en un 80% la precisión del inventario llegando a un 99%, por lo que estaría dentro de los niveles de tolerancia establecido por Nike. Además se espera obtener un aumento del 20% en la productividad. Se reduce el tiempo en la preparación de pedidos ya que se reducen las distancias a recorrer de la zona de picking a la zona de pack out.

7.2 Recomendaciones

Considerando las conclusiones obtenidas a partir del presente trabajo de título, se recomienda implementar las propuestas planteadas, ya que estas permitirán optimizar los procesos actuales de abastecimiento y picking. Se sugiere revisar la dotación de operadores, ya que el uso de radiofrecuencia permite aumentar la productividad por hora-hombre.

Se sugiere la implementación de un nuevo sistema de gestión de almacenes, como WMS PKMS, un software diseñado especialmente para la gestión operativa de un centro de distribución. Este sistema nos permite integrar todos los procesos operativos tales como recepción, abastecimiento, preparación de pedidos y despacho.

Se recomienda realizar un cambio en el lay out para así tener un mayor aprovechamiento de la superficie, con una disposición para tener flujos continuos de los procesos operativos. A su vez permitir una mayor flexibilidad para incorporar estanterías aumentando la productividad en almacenamiento.

Se sugiere realizar nuevas descripciones de cargos según los nuevos procesos, se definen las actividades principales a realizar para cada cargo, la responsabilidad de las actividades claves. Además de definir un perfil de quienes ocuparan el cargo como nivel educacional, experiencia laboral, habilidades blandas, entre otros aspectos.

Capítulo VIII: Bibliografía

- Ballou, R. (2004). *Logística: Administración de la Cadena de Suministro*. Mexico: Pearson Educación.
- Camisón, C., Cruz, S., & González, T. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Mexico: Pearson Educación.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, Planeación y Operación*. Mexico : Pearson Educación.
- Coyle, J., Langley, J., Novack, R., & Gibson, B. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro: Una Perspectiva Logística*. Mexico: Cengage Learning.
- EOI. (2 de Noviembre de 2012). *EOI*. Recuperado el 3 de Mayo de 2015, de <http://www.eoi.es>
- E-Resources, Training and Technology. (2012). *Ingeniería Industrial Online*. Recuperado el 7 de Junio de 2015, de Ingeniería Industrial Online: <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>
- Hernandez, G. A. (26 de Abril de 2009). *Almacenamiento Objetos*. Recuperado el 20 de Junio de 2015, de Almacenamiento Objetos: http://almacenamientoobjetos20130gamh.blogspot.com/2009/04/servicio-nacional-de-aprendizaje-sena_26.html

Anexos

Anexo Modelo de Asignación de Materiales

Tabla de materiales y ubicaciones con resultados obtenidos

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
454500-101	11.515	A	F2401	16	A
454477-103	10.588	A	F2501	14	A
819197-001	7.870	A	F2601	11	A
651644-580	7.043	A	F2602	15	A
819237-010	6.962	A	F2701	9	A
454501-101	6.859	A	F2702	13	A
807317-403	5.764	A	F2703	17	A
819300-400	5.510	A	F2801	6	A
819303-600	5.466	A	F2802	10	A
579951-108	5.418	A	F2803	14	A
807144-001	5.302	A	F2901	4	A
819237-001	5.117	A	F2902	8	A
749340-001	5.116	A	F2903	12	A
579952-108	5.094	A	F2904	16	A

Resultados

Funcion Objetivo **0**

Material	Ubicación
454500-101	
454477-103	
819197-001	
651644-580	
819237-010	
454501-101	
807317-403	
819300-400	
819303-600	
579951-108	
807144-001	
819237-001	
749340-001	
579952-108	

Tabla de Costos y Matriz de variables de decisión

		Tabla de Costos															
	Distancia	16	14	11	15	9	13	17	6	10	14	4	8	12	16		
	Ubicación	F2401	F2501	F2601	F2602	F2701	F2702	F2703	F2801	F2802	F2803	F2901	F2902	F2903	F2904		
Volumen	Material																
11.515	454500-101	184.240	161.210	126.665	172.725	103.635	149.695	135.755	69.090	115.150	161.210	46.060	92.120	138.180	184.240		
10.588	454477-103	169.408	148.232	116.468	158.820	95.292	137.644	179.996	63.528	105.880	148.232	42.352	84.704	127.056	169.408		
7.870	819197-001	125.920	110.180	86.570	118.050	70.830	102.310	133.790	47.220	78.700	110.180	31.480	62.960	94.440	125.920		
7.043	651644-580	112.688	98.602	77.473	105.645	63.387	91.559	119.731	42.258	70.430	98.602	28.172	56.344	84.516	112.688		
6.962	819237-010	111.392	97.468	76.582	104.490	62.658	90.506	118.354	41.772	69.620	97.468	27.848	55.696	83.544	111.392		
6.859	454501-101	109.744	96.026	75.449	102.885	61.731	89.167	116.603	41.154	68.590	96.026	27.436	54.872	82.308	109.744		
5.764	807317-403	92.224	80.696	63.404	86.460	51.876	74.932	97.988	34.584	57.640	80.696	23.056	46.112	69.168	92.224		
5.510	819300-400	88.160	77.140	60.610	82.650	49.590	71.630	93.670	33.060	55.100	77.140	22.040	44.080	66.120	88.160		
5.466	819303-600	87.456	76.524	60.126	81.590	49.194	71.058	92.106	32.796	54.660	76.524	21.864	43.728	65.592	87.456		
5.418	579951-108	86.688	75.892	59.598	81.270	48.762	70.434	92.922	32.508	54.180	75.892	21.672	43.344	65.016	86.688		
5.302	807144-001	84.832	74.228	58.322	79.530	47.718	68.926	90.134	31.812	53.020	74.228	21.208	42.416	63.624	84.832		
5.117	819237-001	81.872	71.638	56.287	76.755	46.053	66.521	86.989	30.702	51.170	71.638	20.464	40.936	61.404	81.872		
5.116	749340-001	81.856	71.624	56.276	76.740	46.044	66.508	86.972	30.696	51.160	71.624	20.464	40.928	61.392	81.856		
5.094	579952-108	81.504	71.316	56.034	76.410	45.846	66.222	86.598	30.564	50.940	71.316	20.376	40.752	61.128	81.504		

		Tabla de Variable de decisión															
	Ubicación	F2401	F2501	F2601	F2602	F2701	F2702	F2703	F2801	F2802	F2803	F2901	F2902	F2903	F2904		
Material	454500-101																
	454477-103																
	819197-001																
	651644-580																
	819237-010																
	454501-101																
	807317-403																
	819300-400																
	819303-600																
	579951-108																
807144-001																	
819237-001																	
749340-001																	
579952-108																	

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 1

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
454500-101	11.515	A	F2401	16	A
454477-103	10.588	A	F2501	14	A
819197-001	7.870	A	F2601	11	A
651644-580	7.043	A	F2602	15	A
819237-010	6.962	A	F2701	9	A
454501-101	6.859	A	F2702	13	A
807317-403	5.764	A	F2703	17	A
819300-400	5.510	A	F2801	6	A
819303-600	5.466	A	F2802	10	A
579951-108	5.418	A	F2803	14	A
807144-001	5.302	A	F2901	4	A
819237-001	5.117	A	F2902	8	A
749340-001	5.116	A	F2903	12	A
579952-108	5.094	A	F2904	16	A

Resultados

Funcion Objetivo	1.004.034																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Ubicación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>454500-101</td> <td>F2901</td> </tr> <tr> <td>454477-103</td> <td>F2801</td> </tr> <tr> <td>819197-001</td> <td>F2902</td> </tr> <tr> <td>651644-580</td> <td>F2701</td> </tr> <tr> <td>819237-010</td> <td>F2802</td> </tr> <tr> <td>454501-101</td> <td>F2601</td> </tr> <tr> <td>807317-403</td> <td>F2903</td> </tr> <tr> <td>819300-400</td> <td>F2702</td> </tr> <tr> <td>819303-600</td> <td>F2501</td> </tr> <tr> <td>579951-108</td> <td>F2803</td> </tr> <tr> <td>807144-001</td> <td>F2602</td> </tr> <tr> <td>819237-001</td> <td>F2401</td> </tr> <tr> <td>749340-001</td> <td>F2904</td> </tr> <tr> <td>579952-108</td> <td>F2703</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Ubicación	454500-101	F2901	454477-103	F2801	819197-001	F2902	651644-580	F2701	819237-010	F2802	454501-101	F2601	807317-403	F2903	819300-400	F2702	819303-600	F2501	579951-108	F2803	807144-001	F2602	819237-001	F2401	749340-001	F2904	579952-108	F2703
Material	Ubicación																															
454500-101	F2901																															
454477-103	F2801																															
819197-001	F2902																															
651644-580	F2701																															
819237-010	F2802																															
454501-101	F2601																															
807317-403	F2903																															
819300-400	F2702																															
819303-600	F2501																															
579951-108	F2803																															
807144-001	F2602																															
819237-001	F2401																															
749340-001	F2904																															
579952-108	F2703																															

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 1)

		Tabla de Costos															
	Distancia	16	14	11	15	9	13	17	6	10	14	4	8	12	16		
Ubicación	F2401	F2501	F2601	F2602	F2701	F2702	F2703	F2801	F2802	F2803	F2901	F2902	F2903	F2904			
Volumen	Material																
11.515	454500-101	184.240	161.210	126.665	172.725	103.635	149.695	195.755	69.090	115.150	161.210	46.060	92.120	138.180	184.240		
10.588	454477-103	169.408	148.232	116.468	158.820	95.292	137.644	179.996	63.528	105.880	148.232	42.352	84.704	127.056	169.408		
7.870	819197-001	125.920	110.180	86.570	118.050	70.830	102.310	133.790	47.220	78.700	110.180	31.480	62.960	94.440	125.920		
7.043	651644-580	112.688	98.602	77.473	105.645	63.387	91.559	119.731	42.258	70.430	98.602	28.172	56.344	84.516	112.688		
6.962	819237-010	111.392	97.468	76.582	104.430	62.658	90.506	118.354	41.772	69.620	97.468	27.848	55.696	83.544	111.392		
6.859	454501-101	109.744	96.028	75.449	102.885	61.731	89.167	116.603	41.154	68.590	96.028	27.436	54.872	82.308	109.744		
5.764	807317-403	92.224	80.696	63.404	86.460	51.876	74.932	97.988	34.584	57.640	80.696	23.056	46.112	69.168	92.224		
5.510	819300-400	88.160	77.340	60.610	82.650	49.590	71.690	93.670	33.060	55.100	77.140	22.040	44.080	66.120	88.160		
5.466	819303-600	87.456	76.524	60.126	81.990	49.194	71.058	92.922	32.796	54.660	76.524	21.864	43.728	65.592	87.456		
5.418	579951-108	86.688	75.852	59.598	81.270	48.762	70.494	92.106	32.508	54.180	75.852	21.672	43.344	65.016	86.688		
5.302	807144-001	84.832	74.228	58.322	79.530	47.718	68.926	90.134	31.812	53.020	74.228	21.208	42.416	63.624	84.832		
5.117	819237-001	81.872	71.638	56.287	76.755	46.053	66.521	86.989	30.702	51.170	71.638	20.468	40.936	61.404	81.872		
5.116	749340-001	81.856	71.624	56.276	76.740	46.044	66.508	86.972	30.696	51.160	71.624	20.464	40.928	61.392	81.856		
5.094	579952-108	81.504	71.316	56.034	76.410	45.846	66.222	86.598	30.584	50.940	71.316	20.376	40.752	61.128	81.504		

Tabla de Variable de decisión

Ubicación	Variable de decisión															
	F2401	F2501	F2601	F2602	F2701	F2702	F2703	F2801	F2802	F2803	F2901	F2902	F2903	F2904		
454500-101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
454477-103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
819197-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
651644-580	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
819237-010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
454501-101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
807317-403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
819300-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
819303-600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
579951-108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
807144-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
819237-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
749340-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
579952-108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 2

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
749747-010	5.055	A	F2201	21	A
705353-070	4.978	A	F2301	19	A
807320-002	4.779	A	F2302	23	A
819417-800	4.752	A	F2402	20	A
819316-001	4.681	A	F2403	24	A
819195-001	4.632	A	F2502	18	A
749826-002	4.608	A	F2503	22	A
806255-403	4.476	A	F2603	19	A
641893-414	4.392	A	F2604	23	A
637382-103	4.047	A	F2704	21	A
819318-005	3.954	A	F2804	18	A
651649-580	3.887	A	F2805	22	A
749167-402	3.773	A	F2905	20	A
807316-403	3.763	A	F2906	24	A

Resultados

Funcion Objetivo **1.285.572**

Material	Ubicación
749747-010	F2804
705353-070	F2502
807320-002	F2301
819417-800	F2603
819316-001	F2905
819195-001	F2402
749826-002	F2704
806255-403	F2201
641893-414	F2805
637382-103	F2503
819318-005	F2604
651649-580	F2302
749167-402	F2906
807316-403	F2403

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 2)

		Tabla de Costos																							
		21	19	23	20	24	18	22	19	23	21	18	22	20	24										
Ubicación	F2201	F2301	F2302	F2402	F2403	F2302	F2303	F2303	F2603	F2604	F2704	F2804	F2805	F2905	F3906										
Volumen	Material	106,155	96,045	116,265	101,100	121,320	90,990	111,210	96,045	116,265	106,155	90,990	111,210	101,100	121,320										
5,055	749747-010	104,538	94,582	114,494	99,560	119,472	89,604	109,516	94,582	114,494	104,538	89,604	109,516	99,560	119,472										
4,978	705353-070	100,359	90,801	109,917	95,580	114,696	86,022	105,138	90,801	109,917	100,359	86,022	105,138	95,580	114,696										
4,779	807320-002	99,792	90,288	109,296	95,040	114,048	85,536	104,544	90,288	109,296	99,792	85,536	104,544	95,040	114,048										
4,681	819417-800	98,301	88,939	107,663	93,620	112,344	84,258	102,982	88,939	107,663	98,301	84,258	102,982	93,620	112,344										
4,632	819195-001	97,272	88,008	106,536	92,640	111,168	83,376	101,904	88,008	106,536	97,272	83,376	101,904	92,640	111,168										
4,608	749826-002	96,768	87,552	105,984	92,160	110,592	82,944	101,376	87,552	105,984	96,768	82,944	101,376	92,160	110,592										
4,476	806555-403	93,996	85,044	102,948	89,520	107,424	80,568	98,472	85,044	102,948	93,996	80,568	98,472	89,520	107,424										
4,392	641893-414	92,232	83,448	101,016	87,840	105,408	79,056	96,624	83,448	101,016	92,232	79,056	96,624	87,840	105,408										
4,047	637382-103	84,987	76,893	93,081	80,940	97,128	72,846	89,034	76,893	93,081	84,987	72,846	89,034	80,940	97,128										
3,987	819318-005	83,034	75,126	90,942	79,080	94,896	71,172	86,988	75,126	90,942	83,034	71,172	86,988	79,080	94,896										
3,887	651649-580	81,627	73,853	89,401	77,740	93,288	69,966	85,514	73,853	89,401	81,627	69,966	85,514	77,740	93,288										
3,773	749167-402	79,233	71,687	86,779	75,460	90,552	67,914	83,006	71,687	86,779	79,233	67,914	83,006	75,460	90,552										
3,763	807316-403	79,023	71,497	86,549	75,260	90,312	67,734	82,786	71,497	86,549	79,023	67,734	82,786	75,260	90,312										

Tabla de Variable de decisión

Material	Ubicación																							
	F2201	F2301	F2302	F2402	F2403	F2302	F2303	F2603	F2603	F2604	F2704	F2804	F2805	F2905	F3906									
749747-010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
705353-070	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
807320-002	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
819417-800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
819316-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
819195-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
749826-002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
806555-403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
641893-414	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
637382-103	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
819318-005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
651649-580	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
749167-402	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
807316-403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 3

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
819413-400	3.699	A	F1901	29	A
806941-007	3.600	A	F2101	24	A
819233-010	3.598	A	F2102	28	A
579953-108	3.579	A	F2202	25	A
807276-006	3.576	A	F2203	29	A
819416-800	3.491	A	F2303	27	A
749828-002	3.429	A	F2404	28	A
447124-036	3.384	A	F2504	26	A
684714-700	3.348	A	F2605	27	A
819196-001	3.337	A	F2705	25	A
747999-005	3.288	A	F2706	29	A
651644-803	3.281	A	F2806	26	A
819415-002	3.225	A	F2807	30	A
641893-005	3.211	A	F2907	28	A

Resultados

Funcion Objetivo **1.303.884**

Material	Ubicación
819413-400	F2101
806941-007	F2705
819233-010	F2202
579953-108	F2504
807276-006	F2806
819416-800	F2303
749828-002	F2605
447124-036	F2404
684714-700	F2907
819196-001	F2102
747999-005	F2706
651644-803	F2203
819415-002	F1901
641893-005	F2807

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 3)

		Tabla de Costos																												
	Distancia	F1901	F2101	F2102	F2202	F2203	F2303	F2404	F2504	F2605	F2705	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	
	Ubicación	F1901	F2101	F2102	F2202	F2203	F2303	F2404	F2504	F2605	F2705	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	
	Material	F1901	F2101	F2102	F2202	F2203	F2303	F2404	F2504	F2605	F2705	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	F29	
3.699	819413-400	107.271	88.776	103.572	92.475	107.271	99.873	103.572	96.174	99.873	92.475	107.271	96.174	110.970	103.572															
3.600	806941-007	104.400	86.400	100.800	90.000	104.400	97.200	100.800	93.600	97.200	90.000	104.400	93.600	108.000	100.800															
3.598	819233-010	104.342	86.352	100.744	89.950	104.342	97.146	100.744	93.548	97.146	89.950	104.342	93.548	107.940	100.744															
3.579	579953-108	103.791	85.896	100.212	89.475	103.791	96.633	100.212	93.054	96.633	89.475	103.791	93.054	107.370	100.212															
3.576	807276-006	103.704	85.824	100.128	89.400	103.704	96.552	100.128	92.976	96.552	89.400	103.704	92.976	107.280	100.128															
3.429	819416-800	101.239	83.784	97.748	87.275	101.239	94.257	97.748	90.766	94.257	87.275	101.239	90.766	104.730	97.748															
3.384	447124-036	98.136	81.216	94.752	84.600	98.136	91.368	94.752	87.984	91.368	84.600	98.136	87.984	101.520	94.752															
3.388	819196-001	96.773	80.088	93.436	83.425	96.773	90.099	93.436	86.762	90.099	83.425	96.773	86.762	100.110	93.436															
3.281	747999-005	95.352	78.912	92.064	82.200	95.352	88.776	92.064	85.488	88.776	82.200	95.352	85.488	98.640	92.064															
3.225	651644-803	95.149	78.744	91.868	82.025	95.149	88.587	91.868	85.306	88.587	82.025	95.149	85.306	98.430	91.868															
3.211	819415-002	93.525	77.400	90.300	80.625	93.525	87.075	90.300	83.850	87.075	80.625	93.525	83.850	96.750	90.300															
	641893-005	93.119	77.064	89.908	80.275	93.119	86.697	89.908	83.486	86.697	80.275	93.119	83.486	96.330	89.908															

		Tabla de Variable de decisión																												
	Ubicación	F1901	F2101	F2102	F2202	F2203	F2303	F2404	F2504	F2605	F2705	F2706	F2806	F2807	F2907															
	Material	F1901	F2101	F2102	F2202	F2203	F2303	F2404	F2504	F2605	F2705	F2706	F2806	F2807	F2907															
	819413-400	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	806941-007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	819233-010	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	579953-108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	807276-006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	819416-800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	749828-002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	447124-036	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	684714-700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	819196-001	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	747999-005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	651644-803	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	819415-002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															
	641893-005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 4

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
819224-001	3.196	A	F1701	34	A
819414-002	3.178	A	F1801	31	A
684488-002	3.174	A	F1902	33	A
706555-602	3.171	A	F2103	32	A
807113-006	3.162	A	F2204	33	A
684658-027	3.140	A	F2304	31	A
819300-001	3.138	A	F2405	32	A
807328-002	3.137	A	F2505	30	A
807319-002	3.085	A	F2506	34	A
819233-001	3.075	A	F2606	31	A
819414-400	3.055	A	F2607	35	A
807406-001	3.024	A	F2707	33	A
580410-105	3.018	A	F2808	34	A
807406-770	3.000	A	F2908	32	A

Resultados

Funcion Objetivo	1.414.272																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Ubicación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>819224-001</td> <td>F2505</td> </tr> <tr> <td>819414-002</td> <td>F1801</td> </tr> <tr> <td>684488-002</td> <td>F2304</td> </tr> <tr> <td>706555-602</td> <td>F2606</td> </tr> <tr> <td>807113-006</td> <td>F2103</td> </tr> <tr> <td>684658-027</td> <td>F2908</td> </tr> <tr> <td>819300-001</td> <td>F2405</td> </tr> <tr> <td>807328-002</td> <td>F2204</td> </tr> <tr> <td>807319-002</td> <td>F1902</td> </tr> <tr> <td>819233-001</td> <td>F2707</td> </tr> <tr> <td>819414-400</td> <td>F2808</td> </tr> <tr> <td>807406-001</td> <td>F2506</td> </tr> <tr> <td>580410-105</td> <td>F1701</td> </tr> <tr> <td>807406-770</td> <td>F2607</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Ubicación	819224-001	F2505	819414-002	F1801	684488-002	F2304	706555-602	F2606	807113-006	F2103	684658-027	F2908	819300-001	F2405	807328-002	F2204	807319-002	F1902	819233-001	F2707	819414-400	F2808	807406-001	F2506	580410-105	F1701	807406-770	F2607
Material	Ubicación																															
819224-001	F2505																															
819414-002	F1801																															
684488-002	F2304																															
706555-602	F2606																															
807113-006	F2103																															
684658-027	F2908																															
819300-001	F2405																															
807328-002	F2204																															
807319-002	F1902																															
819233-001	F2707																															
819414-400	F2808																															
807406-001	F2506																															
580410-105	F1701																															
807406-770	F2607																															

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 4)

		Tabla de Costos															
		34	31	33	32	33	31	32	30	34	31	35	33	34	32		
Distancia	F1701	F1801	F1902	F2103	F2204	F2304	F2405	F2505	F2506	F2606	F2607	F2707	F2808	F2908			
Ubicación	F1701	F1801	F1902	F2103	F2204	F2304	F2405	F2505	F2506	F2606	F2607	F2707	F2808	F2908			
Material																	
3.196	819224-001	108.664	99.076	105.468	102.272	105.468	99.076	102.272	95.880	108.664	99.076	111.860	105.468	108.664	102.272		
3.178	819414-002	108.052	98.518	104.874	101.696	104.874	101.696	95.340	108.052	108.052	98.518	111.230	104.874	108.052	101.696		
3.174	684488-002	107.916	98.394	104.742	101.568	104.742	98.394	101.568	95.220	107.916	98.394	111.090	104.742	107.916	101.568		
3.171	706555-602	107.814	98.301	104.643	101.472	104.643	98.301	101.472	95.130	107.814	98.301	110.985	104.643	107.814	101.472		
3.162	807113-006	107.508	98.022	104.346	101.184	104.346	98.022	101.184	94.880	107.508	98.022	110.670	104.346	107.508	101.184		
3.140	684658-027	106.760	97.340	103.620	100.480	103.620	97.340	100.480	94.200	106.760	97.340	109.900	103.620	106.760	100.480		
3.138	819300-001	106.692	97.278	103.554	100.416	103.554	97.278	100.416	94.140	106.692	97.278	109.830	103.554	106.692	100.416		
3.137	807328-002	106.658	97.247	103.521	100.384	103.521	97.247	100.384	94.110	106.658	97.247	109.795	103.521	106.658	100.384		
3.085	807319-002	104.890	95.635	101.805	98.720	101.805	98.720	92.550	104.890	104.890	95.635	107.975	101.805	104.890	98.720		
3.075	819233-001	104.590	95.325	101.475	98.400	101.475	95.325	98.400	92.250	104.590	95.325	107.625	101.475	104.590	98.400		
3.055	819414-400	103.870	94.705	100.815	97.760	100.815	94.705	97.760	91.650	103.870	94.705	106.925	100.815	103.870	97.760		
3.024	807406-001	102.816	93.744	99.792	96.768	99.792	93.744	96.768	90.720	102.816	93.744	105.840	102.816	102.816	96.768		
3.018	580410-105	102.612	93.558	99.594	96.576	99.594	93.558	96.576	90.540	102.612	93.558	105.630	99.594	102.612	96.576		
3.000	807406-770	102.000	93.000	99.000	96.000	99.000	93.000	96.000	90.000	102.000	93.000	105.000	99.000	102.000	96.000		

		Tabla de Variable de decisión															
		F1701	F1801	F1902	F2103	F2204	F2304	F2405	F2505	F2506	F2606	F2607	F2707	F2808	F2908		
Ubicación																	
Material																	
819224-001	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
819414-002	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
684488-002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
706555-602	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
807113-006	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
684658-027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
819300-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
807328-002	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
807319-002	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
819233-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
819414-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
807406-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
580410-105	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
807406-770	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 5

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
819418-800	2.939	B	F2305	35	A
717440-801	2.935	B	F1802	35	A
807099-005	2.901	B	F2909	36	A
725245-508	2.834	B	F2406	36	A
820268-400	2.808	B	F2104	36	A
807144-402	2.806	B	F1601	36	A
807336-400	2.748	B	F2708	37	A
807335-400	2.712	B	F2205	37	A
820112-061	2.646	B	F1903	37	A
807099-007	2.619	B			
454478-103	2.544	B			
599409-007	2.525	B			
724858-003	2.459	B			
819213-001	2.444	B			

Resultados

Funcion Objetivo **0**

Material	Ubicación
819418-800	
717440-801	
807099-005	
725245-508	
820268-400	
807144-402	
807336-400	
807335-400	
820112-061	
807099-007	
454478-103	
599409-007	
724858-003	
819213-001	

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 6

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
819418-800	2.939	B	F1602	40	B
717440-801	2.935	B	F1702	38	B
807099-005	2.901	B	F1803	39	B
725245-508	2.834	B	F1904	41	B
820268-400	2.808	B	F2001	38	B
807144-402	2.806	B	F2105	40	B
807336-400	2.748	B	F2206	41	B
807335-400	2.712	B	F2306	39	B
820112-061	2.646	B	F2407	40	B
807099-007	2.619	B	F2507	38	B
454478-103	2.544	B	F2608	39	B
599409-007	2.525	B	F2709	41	B
724858-003	2.459	B	F2809	38	B
819213-001	2.444	B	F2910	40	B

Resultados

Funcion Objetivo **1.492.648**

Material	Ubicación
819418-800	F2809
717440-801	F1702
807099-005	F2507
725245-508	F2001
820268-400	F1803
807144-402	F2306
807336-400	F2608
807335-400	F2910
820112-061	F2407
807099-007	F2105
454478-103	F1602
599409-007	F2206
724858-003	F2709
819213-001	F1904

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 6)

		Tabla de Costos																		
		F1602	F1702	F1803	F1904	F2001	F2105	F2206	F2306	F2407	F2507	F2608	F2709	F2809	F2910					
Distancia	40	38	39	41	38	40	41	39	40	38	39	41	38	40						
Ubicación	F1602	F1702	F1803	F1904	F2001	F2105	F2206	F2306	F2407	F2507	F2608	F2709	F2809	F2910						
Volumen	Material																			
2.939	819418-800	117.560	111.682	114.621	120.499	111.682	117.560	120.499	114.621	117.560	111.682	114.621	120.499	111.682	117.560					
2.935	717440-801	117.400	111.590	114.465	120.335	117.400	120.335	114.465	117.400	111.590	114.465	120.335	111.590	117.400						
2.901	807099-005	116.040	110.238	113.139	118.941	110.238	116.040	113.139	118.941	110.238	113.139	118.941	110.238	116.040						
2.834	725245-508	113.360	107.692	110.526	116.194	107.692	113.360	110.526	116.194	107.692	110.526	116.194	107.692	113.360						
2.808	820268-400	112.320	106.704	109.512	115.128	106.704	112.320	109.512	115.128	106.704	109.512	115.128	106.704	112.320						
2.806	807144-402	112.240	106.628	109.434	115.046	106.628	112.240	109.434	115.046	106.628	109.434	115.046	106.628	112.240						
2.748	807356-400	109.920	104.424	107.172	112.668	104.424	109.920	107.172	112.668	104.424	107.172	112.668	104.424	109.920						
2.712	807335-400	108.480	103.056	105.768	111.192	103.056	108.480	105.768	111.192	103.056	105.768	111.192	103.056	108.480						
2.646	820112-061	105.840	100.548	103.194	108.486	100.548	105.840	103.194	108.486	100.548	103.194	108.486	100.548	105.840						
2.619	807099-007	104.760	99.522	102.141	107.379	99.522	104.760	102.141	107.379	99.522	102.141	107.379	99.522	104.760						
2.544	454478-103	101.760	96.672	99.216	104.304	96.672	101.760	99.216	104.304	96.672	99.216	104.304	96.672	101.760						
2.525	599409-007	101.000	95.950	98.475	103.525	95.950	101.000	98.475	103.525	95.950	98.475	103.525	95.950	101.000						
2.459	724858-003	98.360	93.442	95.901	100.819	93.442	98.360	95.901	100.819	93.442	95.901	100.819	93.442	98.360						
2.444	819213-001	97.760	92.872	95.316	100.204	92.872	97.760	95.316	100.204	92.872	95.316	100.204	92.872	97.760						

		Tabla de Variable de decisión																		
		F1602	F1702	F1803	F1904	F2001	F2105	F2206	F2306	F2407	F2507	F2608	F2709	F2809	F2910					
Material	819418-800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	717440-801	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	807099-005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
	725245-508	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	820268-400	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	807144-402	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	807336-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	807335-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	820112-061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	807099-007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	454478-103	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	599409-007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	724858-003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
	819213-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 7

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
749912-903	2.400	B	F1603	44	B
684658-025	2.362	B	F1703	42	B
820270-003	2.352	B	F1804	43	B
724382-407	2.308	B	F1905	45	B
376276-600	2.304	B	F2002	42	B
819413-002	2.280	B	F2106	44	B
807334-400	2.265	B	F2207	45	B
749680-010	2.245	B	F2307	43	B
684848-404	2.226	B	F2408	44	B
819415-400	2.113	B	F2508	42	B
724382-002	2.112	B	F2609	43	B
806806-001	2.090	B	F2710	45	B
768866-003	2.051	B	F2810	42	B
629993-027	2.038	B	F2911	44	B

Resultados

Funcion Objetivo	1.350.910																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Ubicación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>749912-903</td> <td>F2810</td> </tr> <tr> <td>684658-025</td> <td>F1703</td> </tr> <tr> <td>820270-003</td> <td>F2002</td> </tr> <tr> <td>724382-407</td> <td>F2508</td> </tr> <tr> <td>376276-600</td> <td>F1804</td> </tr> <tr> <td>819413-002</td> <td>F2307</td> </tr> <tr> <td>807334-400</td> <td>F2609</td> </tr> <tr> <td>749680-010</td> <td>F1603</td> </tr> <tr> <td>684848-404</td> <td>F2408</td> </tr> <tr> <td>819415-400</td> <td>F2106</td> </tr> <tr> <td>724382-002</td> <td>F2911</td> </tr> <tr> <td>806806-001</td> <td>F2207</td> </tr> <tr> <td>768866-003</td> <td>F2710</td> </tr> <tr> <td>629993-027</td> <td>F1905</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Ubicación	749912-903	F2810	684658-025	F1703	820270-003	F2002	724382-407	F2508	376276-600	F1804	819413-002	F2307	807334-400	F2609	749680-010	F1603	684848-404	F2408	819415-400	F2106	724382-002	F2911	806806-001	F2207	768866-003	F2710	629993-027	F1905
Material	Ubicación																															
749912-903	F2810																															
684658-025	F1703																															
820270-003	F2002																															
724382-407	F2508																															
376276-600	F1804																															
819413-002	F2307																															
807334-400	F2609																															
749680-010	F1603																															
684848-404	F2408																															
819415-400	F2106																															
724382-002	F2911																															
806806-001	F2207																															
768866-003	F2710																															
629993-027	F1905																															

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 7)

		Tabla de Costos																
	Distancia	44	42	43	45	42	44	45	43	44	42	43	45	42	43	45	42	44
Ubicación	F1603	F1703	F1804	F1905	F2002	F2106	F2207	F2307	F2408	F2508	F2609	F2710	F2810	F2911				
Volumen	Material																	
2.400	749912-903	105.600	100.800	103.200	108.000	100.800	105.600	108.000	103.200	105.600	100.800	103.200	108.000	100.800	103.200	108.000	100.800	105.600
2.362	684658-025	103.928	99.204	101.566	106.290	99.204	103.928	106.290	101.566	103.928	99.204	101.566	106.290	99.204	101.566	103.928	99.204	103.928
2.352	820270-003	103.488	98.784	101.136	105.840	98.784	103.488	105.840	101.136	103.488	98.784	101.136	105.840	98.784	101.136	103.488	98.784	103.488
2.308	724382-407	101.552	96.936	99.244	103.860	96.936	101.552	103.860	99.244	101.552	96.936	99.244	103.860	96.936	99.244	101.552	96.936	101.552
2.304	376276-600	101.376	96.768	99.072	103.680	96.768	101.376	103.680	99.072	101.376	96.768	99.072	103.680	96.768	99.072	101.376	96.768	101.376
2.280	819413-002	100.320	95.760	98.040	102.600	95.760	100.320	102.600	98.040	100.320	95.760	98.040	102.600	95.760	98.040	100.320	95.760	100.320
2.265	807334-400	99.660	95.130	97.395	101.925	95.130	99.660	101.925	97.395	99.660	95.130	97.395	101.925	95.130	97.395	99.660	95.130	99.660
2.245	749680-010	98.780	94.290	96.535	101.025	94.290	98.780	101.025	96.535	98.780	94.290	96.535	101.025	94.290	96.535	98.780	94.290	98.780
2.226	684848-404	97.944	93.492	95.718	100.170	93.492	97.944	100.170	95.718	97.944	93.492	95.718	100.170	93.492	95.718	97.944	93.492	97.944
2.113	819415-400	92.972	88.746	90.859	95.085	88.746	92.972	95.085	90.859	92.972	88.746	90.859	95.085	88.746	90.859	92.972	88.746	92.972
2.100	806906-001	91.960	87.780	89.870	94.050	87.780	91.960	94.050	89.870	91.960	87.780	89.870	94.050	87.780	89.870	91.960	87.780	91.960
2.051	768866-003	90.244	86.142	88.193	92.295	86.142	90.244	92.295	88.193	90.244	86.142	88.193	92.295	86.142	88.193	90.244	86.142	90.244
2.038	629993-027	89.672	85.596	87.634	91.710	85.596	89.672	91.710	87.634	89.672	85.596	87.634	91.710	85.596	87.634	89.672	85.596	89.672

		Tabla de Variable de decisión																	
	Ubicación	F1603	F1703	F1814	F1905	F2002	F2106	F2207	F2307	F2408	F2508	F2609	F2710	F2810	F2911				
Material																			
	749912-903	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	684658-025	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	820270-003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	724382-407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	376276-600	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	819413-002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	807334-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	749680-010	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	684848-404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	819415-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	724382-002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	806906-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	768866-003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	629993-027	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 8

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
819474-010	2.034	B	F1501	47	B
334841-201	2.028	B	F1604	48	B
376276-102	2.016	B	F1704	46	B
807242-330	2.012	B	F1805	47	B
725117-501	2.006	B	F2003	46	B
631467-401	1.924	B	F2107	48	B
747998-005	1.920	B	F2208	49	B
719912-701	1.891	B	F2308	47	B
637382-022	1.882	B	F2409	48	B
651634-107	1.848	B	F2509	46	B
807093-006	1.838	B	F2610	47	B
447125-001	1.811	B	F2711	49	B
807497-101	1.793	B	F2811	46	B
537383-602	1.785	B	F2912	48	B

Resultados

Funcion Objetivo	1.265.481																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Ubicación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>819474-010</td> <td>F2811</td> </tr> <tr> <td>334841-201</td> <td>F2509</td> </tr> <tr> <td>376276-102</td> <td>F1704</td> </tr> <tr> <td>807242-330</td> <td>F2003</td> </tr> <tr> <td>725117-501</td> <td>F1501</td> </tr> <tr> <td>631467-401</td> <td>F2610</td> </tr> <tr> <td>747998-005</td> <td>F2308</td> </tr> <tr> <td>719912-701</td> <td>F1805</td> </tr> <tr> <td>637382-022</td> <td>F2409</td> </tr> <tr> <td>651634-107</td> <td>F2912</td> </tr> <tr> <td>807093-006</td> <td>F1604</td> </tr> <tr> <td>447125-001</td> <td>F2107</td> </tr> <tr> <td>807497-101</td> <td>F2208</td> </tr> <tr> <td>537383-602</td> <td>F2711</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Ubicación	819474-010	F2811	334841-201	F2509	376276-102	F1704	807242-330	F2003	725117-501	F1501	631467-401	F2610	747998-005	F2308	719912-701	F1805	637382-022	F2409	651634-107	F2912	807093-006	F1604	447125-001	F2107	807497-101	F2208	537383-602	F2711
Material	Ubicación																															
819474-010	F2811																															
334841-201	F2509																															
376276-102	F1704																															
807242-330	F2003																															
725117-501	F1501																															
631467-401	F2610																															
747998-005	F2308																															
719912-701	F1805																															
637382-022	F2409																															
651634-107	F2912																															
807093-006	F1604																															
447125-001	F2107																															
807497-101	F2208																															
537383-602	F2711																															

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 8)

		Tabla de Costos																	
	Distancia	47	48	46	47	46	48	49	47	48	46	47	49	46	47	49	46	48	
Ubicación	F1501	F1604	F1704	F1805	F2003	F2107	F2208	F2308	F2409	F2509	F2610	F2711	F2811	F2912					
Volumen	Material																		
2.024	819474-010	95.598	97.632	93.564	95.598	93.564	97.632	99.666	95.598	97.632	93.564	95.598	99.666	95.598	93.564	95.598	99.666	93.564	97.632
2.028	334841-201	95.316	97.344	93.288	95.316	93.288	97.344	99.372	95.316	97.344	93.288	95.316	99.372	93.288	95.316	97.344	99.372	93.288	97.344
2.016	376276-102	94.752	96.768	92.736	94.752	92.736	96.768	98.784	94.752	96.768	92.736	94.752	98.784	94.752	92.736	94.752	98.784	92.736	96.768
2.012	807242-330	94.564	96.576	92.552	94.564	92.552	96.576	98.588	94.564	96.576	92.552	94.564	98.588	94.564	92.552	94.564	98.588	92.552	96.576
2.006	725117-501	94.282	96.288	92.276	94.282	92.276	96.288	98.294	94.282	96.288	92.276	94.282	98.294	94.282	92.276	94.282	98.294	92.276	96.288
1.924	631467-401	90.428	92.352	88.504	90.428	88.504	92.352	94.276	90.428	92.352	88.504	90.428	94.276	88.504	90.428	94.276	88.504	92.352	92.352
1.920	747998-005	90.240	92.160	88.320	90.240	88.320	92.160	94.080	90.240	92.160	88.320	90.240	94.080	88.320	90.240	94.080	88.320	92.160	92.160
1.891	719912-701	88.877	90.768	86.986	88.877	86.986	90.768	92.659	88.877	90.768	86.986	88.877	92.659	86.986	88.877	92.659	86.986	90.768	90.768
1.882	637382-022	88.454	90.336	86.572	88.454	86.572	90.336	92.218	88.454	90.336	86.572	88.454	92.218	86.572	88.454	92.218	86.572	90.336	90.336
1.838	807093-006	86.386	88.224	84.548	86.386	84.548	88.224	90.062	86.386	88.224	84.548	86.386	90.062	84.548	86.386	90.062	84.548	88.224	88.224
1.811	447125-001	85.117	86.928	83.306	85.117	83.306	86.928	88.739	85.117	86.928	83.306	85.117	88.739	83.306	85.117	88.739	83.306	86.928	86.928
1.793	807497-101	84.271	86.064	82.478	84.271	82.478	86.064	87.857	84.271	86.064	82.478	84.271	87.857	82.478	84.271	87.857	82.478	86.064	86.064
1.785	537383-602	83.895	85.680	82.110	83.895	82.110	85.680	87.465	83.895	85.680	82.110	83.895	87.465	82.110	83.895	87.465	82.110	85.680	85.680

		Tabla de Variable de decisión																	
Ubicación	F1501	F1604	F1704	F1805	F2003	F2107	F2208	F2308	F2409	F2509	F2610	F2711	F2811	F2912					
Material	819474-010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	334841-201	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	376276-102	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	807242-330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	725117-501	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	631467-401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	747998-005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	719912-701	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	637382-022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	631464-107	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	807093-006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	447125-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	807497-101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	537383-602	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 9

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
554901-025	1.779	B	F1401	49	B
683282-700	1.776	B	F1502	51	B
819150-400	1.764	B	F1605	52	B
807183-004	1.758	B	F1705	50	B
820108-061	1.723	B	F1806	51	B
725245-008	1.715	B	F1906	49	B
749904-903	1.709	B	F2004	50	B
807242-770	1.688	B	F2108	52	B
819218-001	1.667	B	F2309	51	B
807093-007	1.659	B	F2410	52	B
819417-400	1.644	B	F2510	50	B
644826-206	1.621	B	F2611	51	B
717440-004	1.578	B	F2812	50	B
820271-003	1.577	B	F2913	52	B

Resultados

Funcion Objetivo **1.198.908**

Material	Ubicación
554901-025	F1401
683282-700	F1906
819150-400	F2510
807183-004	F1705
820108-061	F2004
725245-008	F2812
749904-903	F1502
807242-770	F1806
819218-001	F2309
807093-007	F2611
819417-400	F2410
644826-206	F2108
717440-004	F2913
820271-003	F1605

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 9)

		Tabla de Costos													
	Distancia	F1401	F1502	F1605	F1705	F1806	F1906	F2004	F2108	F2309	F2410	F2510	F2611	F2812	F2913
Volumen															
554901-025	87.171	90.729	92.508	88.950	90.729	87.171	88.950	92.508	90.729	92.508	90.729	88.950	90.729	88.950	92.508
1.776	87.024	90.576	92.352	88.800	90.576	87.024	88.800	92.352	90.576	92.352	90.576	88.800	90.576	88.800	92.352
1.764	86.436	89.964	91.728	88.200	89.964	86.436	88.200	91.728	89.964	91.728	89.964	88.200	89.964	88.200	91.728
1.758	86.142	89.658	91.416	87.900	89.658	86.142	87.900	91.416	89.658	91.416	89.658	87.900	89.658	87.900	91.416
1.723	84.427	87.873	89.596	86.150	87.873	84.427	86.150	89.596	87.873	89.596	86.150	87.873	87.873	86.150	89.596
1.715	84.035	87.465	89.180	85.750	87.465	84.035	85.750	89.180	87.465	89.180	85.750	87.465	87.465	85.750	89.180
1.709	83.741	87.159	88.868	85.450	87.159	83.741	85.450	88.868	87.159	88.868	85.450	87.159	87.159	85.450	88.868
1.688	86.088	87.776	89.684	84.400	86.088	82.712	84.400	87.776	86.088	89.684	86.088	84.400	86.088	84.400	87.776
1.677	85.017	86.684	88.350	83.350	85.017	81.683	83.350	86.684	85.017	86.684	83.350	85.017	83.350	86.684	
1.659	84.609	86.268	87.950	82.950	84.609	81.291	82.950	86.268	84.609	86.268	82.950	84.609	82.950	86.268	
1.621	83.844	85.488	87.200	81.050	83.844	80.556	82.200	85.488	83.844	85.488	82.200	83.844	82.200	85.488	
1.624	82.671	84.292	85.671	81.050	82.671	79.429	81.050	84.292	82.671	84.292	81.050	82.671	81.050	84.292	
1.578	82.056	80.478	82.056	78.900	80.478	77.322	78.900	82.056	80.478	80.478	82.056	78.900	80.478	78.900	82.056
1.577	82.004	80.427	82.004	78.850	80.427	77.273	78.850	82.004	80.427	80.427	82.004	78.850	80.427	78.850	82.004

		Tabla de Variable de decisión													
	Ubicación	F1401	F1502	F1605	F1705	F1811	F1911	F2004	F2108	F2309	F2410	F2510	T1921	F2812	F2913
Material	554901-025	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	683282-700	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	819150-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	807183-004	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	820108-061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	725245-008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	749904-903	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	807242-770	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	819218-001	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	807093-007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	819417-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	644826-206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	717440-004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	820271-003	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 10

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
652925-010	1.544	B	F1402	53	B
819150-006	1.542	B	F1503	55	B
819474-401	1.532	B	F1706	54	B
819416-400	1.526	B	F1807	55	B
724383-008	1.521	B	F1907	53	B
704658-600	1.506	B	F2005	54	B
717441-008	1.501	B	F2209	53	B
447125-041	1.496	B	F2310	55	B
719912-404	1.484	B	F2411	56	B
819638-600	1.474	B	F2511	54	B
749867-010	1.464	B	F2612	55	B
705266-001	1.461	B	F2712	53	B
447124-500	1.458	B	F2813	54	B
447124-362	1.456	B	F2914	56	B

Resultados

Funcion Objetivo **1.137.677**

Material	Ubicación
652925-010	F1402
819150-006	F2209
819474-401	F2712
819416-400	F1907
724383-008	F2813
704658-600	F2005
717441-008	F1706
447125-041	F2511
719912-404	F2310
819638-600	F1807
749867-010	F2612
705266-001	F1503
447124-500	F2914
447124-362	F2411

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 10)

		Tabla de Costos													
	Distancia	F1402	F1503	F1706	F1807	F1907	F2005	F2099	F2310	F2411	F2511	F2612	F2712	F2813	F2914
	53	55	54	55	53	54	53	55	56	54	55	53	54	56	56
Ubicación	F1402	F1503	F1706	F1807	F1907	F2005	F2099	F2310	F2411	F2511	F2612	F2712	F2813	F2914	
Material															
1.544	652925-010	81.832	84.920	83.376	84.920	81.832	83.376	81.832	84.920	86.464	83.376	84.920	81.832	83.376	86.464
1.542	819150-006	81.726	84.810	83.268	84.810	81.726	83.268	81.726	84.810	86.352	83.268	84.810	81.726	83.268	86.352
1.532	819474-401	81.196	84.260	82.728	84.260	81.196	82.728	81.196	84.260	85.792	82.728	84.260	81.196	82.728	85.792
1.526	819416-400	80.878	83.930	82.404	83.930	80.878	82.404	80.878	83.930	85.456	82.404	83.930	80.878	82.404	85.456
1.521	724383-008	80.613	83.655	82.134	83.655	80.613	82.134	80.613	83.655	85.176	82.134	83.655	80.613	82.134	85.176
1.506	704658-600	79.818	82.830	81.324	82.830	79.818	81.324	82.830	84.336	81.324	82.830	81.324	84.336	84.336	81.324
1.501	717441-008	79.553	82.555	81.054	81.070	79.553	81.054	79.553	82.555	84.056	81.054	82.555	79.553	81.054	84.056
1.496	447125-041	79.288	82.280	80.784	82.280	79.288	80.784	82.280	83.776	80.784	82.280	79.288	80.784	83.776	80.784
1.484	719912-404	78.652	81.620	80.136	81.620	78.652	80.136	81.620	83.104	80.136	81.620	78.652	80.136	83.104	83.104
1.464	749867-010	77.592	80.520	79.056	80.520	77.592	79.056	77.592	81.984	79.056	80.520	77.592	79.056	81.984	80.520
1.461	705266-001	77.433	80.355	78.894	80.355	77.433	78.894	77.433	81.816	78.894	80.355	77.433	78.894	81.816	81.816
1.458	447124-500	77.274	80.190	78.732	80.190	77.274	78.732	77.274	81.648	78.732	80.190	77.274	78.732	81.648	81.648
1.456	447124-362	77.168	80.080	78.624	80.080	77.168	78.624	77.168	81.536	78.624	80.080	77.168	78.624	81.536	81.536

		Tabla de Variable de decisión													
	Ubicación	F1402	F1503	F1706	F1807	F1907	F2005	F2099	F2310	F2411	F2511	F2612	F2712	F2813	F2914
	652925-010	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	819150-006	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	819474-401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	819416-400	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	724383-008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	704658-600	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	717441-008	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	447125-041	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	719912-404	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	819638-600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	749867-010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	705266-001	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	447124-500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	447124-362	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Material														

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 11

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
651543-010	1.446	B	F1301	56	B
749172-012	1.443	B	F1403	57	B
704922-012	1.435	B	F1606	56	B
819475-001	1.433	B	F1707	58	B
447124-171	1.414	B	F1808	59	B
747355-001	1.404	B	F1908	57	B
719916-602	1.397	B	F2006	58	B
818954-600	1.396	B	F2109	56	B
807113-005	1.392	B	F2210	57	B
820202-011	1.386	B	F2311	59	B
683282-005	1.383	B	F2512	58	B
819844-012	1.369	B	F2613	59	B
749181-012	1.366	B	F2713	57	B
488298-094	1.352	B	F2814	58	B

Resultados

Funcion Objetivo **1.127.519**

Material	Ubicación
651543-010	F1301
749172-012	F2109
704922-012	F1606
819475-001	F2210
447124-171	F1403
747355-001	F1908
719916-602	F2713
818954-600	F2006
807113-005	F2814
820202-011	F2512
683282-005	F1707
819844-012	F1808
749181-012	F2613
488298-094	F2311

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 11)

		Tabla de Costos															
		56	57	56	58	58	59	57	58	56	57	59	58	59	57	58	
	Ubicación	F1301	F1403	F1606	F1707	F1808	F1908	F2006	F2109	F2210	F2311	F2512	F2613	F2713	F2814		
	Material																
1.446	651543-010	80.976	82.422	80.976	83.868	85.314	82.422	83.868	80.976	82.422	85.314	83.868	85.314	82.422	83.868		
1.443	749172-012	80.808	82.251	80.808	83.694	85.137	82.251	83.694	80.808	82.251	85.137	83.694	85.137	82.251	83.694		
1.435	709492-012	80.360	81.795	80.360	83.230	84.665	81.795	83.230	80.360	81.795	84.665	83.230	84.665	81.795	83.230		
1.433	819475-001	80.248	81.681	80.248	83.114	84.547	81.681	83.114	80.248	81.681	84.547	83.114	84.547	81.681	83.114		
1.414	447124-171	79.184	80.598	79.184	82.012	83.426	80.598	82.012	79.184	80.598	83.426	82.012	83.426	80.598	82.012		
1.404	747355-001	78.624	80.028	78.624	81.432	82.836	80.028	81.432	78.624	80.028	82.836	81.432	82.836	80.028	81.432		
1.397	719916-602	78.232	79.629	78.232	81.026	82.423	79.629	81.026	78.232	79.629	82.423	81.026	82.423	79.629	81.026		
1.396	818954-600	78.176	79.572	78.176	80.968	82.364	79.572	80.968	78.176	79.572	82.364	80.968	82.364	79.572	80.968		
1.392	807113-005	77.952	79.344	77.952	80.736	82.128	79.344	80.736	77.952	79.344	82.128	80.736	82.128	79.344	80.736		
1.386	820202-011	77.616	79.002	77.616	80.388	81.774	79.002	80.388	77.616	79.002	81.774	80.388	81.774	79.002	80.388		
1.383	683282-005	77.448	78.831	77.448	80.214	81.597	78.831	80.214	77.448	78.831	81.597	80.214	81.597	78.831	80.214		
1.369	819844-012	76.664	78.033	76.664	79.402	80.771	78.033	79.402	76.664	78.033	80.771	79.402	80.771	78.033	79.402		
1.366	749181-012	76.496	77.862	76.496	79.228	80.594	77.862	79.228	76.496	77.862	80.594	79.228	80.594	77.862	79.228		
1.352	488298-094	75.712	77.064	75.712	78.416	79.768	77.064	78.416	75.712	77.064	79.768	78.416	79.768	77.064	78.416		

		Tabla de Variable de decisión															
	Ubicación	F1301	F1403	F1606	F1707	F1808	F1908	F2006	F2109	F2210	F2311	F2512	F2613	F2713	F2814		
	Material																
	651543-010	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	749172-012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	704922-012	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	819475-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	447124-171	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	747355-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	719916-602	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	818954-600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	807113-005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	820202-011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	683282-005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	819844-012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	749181-012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	488298-094	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 12

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
631495-100	1.349	B	F1302	60	B
749867-001	1.347	B	F1404	61	B
749836-010	1.340	B	F1504	59	B
749832-010	1.333	B	F1607	60	B
807425-001	1.332	B	F1708	62	B
447124-014	1.324	B	F1909	61	B
669594-013	1.323	B	F2007	62	B
704658-400	1.308	B	F2110	60	B
806771-402	1.306	B	F2211	61	B
804401-414	1.305	B	F2412	60	B
315123-111	1.301	B	F2513	62	B
819318-600	1.300	B	F2714	61	B
749810-003	1.296	B	F2815	62	B
654845-481	1.295	B	F2915	60	B

Resultados

Funcion Objetivo	1.121.817																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Ubicación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>631495-100</td> <td>F1504</td> </tr> <tr> <td>749867-001</td> <td>F2915</td> </tr> <tr> <td>749836-010</td> <td>F2412</td> </tr> <tr> <td>749832-010</td> <td>F1607</td> </tr> <tr> <td>807425-001</td> <td>F2110</td> </tr> <tr> <td>447124-014</td> <td>F1302</td> </tr> <tr> <td>669594-013</td> <td>F1909</td> </tr> <tr> <td>704658-400</td> <td>F1404</td> </tr> <tr> <td>806771-402</td> <td>F2211</td> </tr> <tr> <td>804401-414</td> <td>F2714</td> </tr> <tr> <td>315123-111</td> <td>F2513</td> </tr> <tr> <td>819318-600</td> <td>F2007</td> </tr> <tr> <td>749810-003</td> <td>F1708</td> </tr> <tr> <td>654845-481</td> <td>F2815</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Ubicación	631495-100	F1504	749867-001	F2915	749836-010	F2412	749832-010	F1607	807425-001	F2110	447124-014	F1302	669594-013	F1909	704658-400	F1404	806771-402	F2211	804401-414	F2714	315123-111	F2513	819318-600	F2007	749810-003	F1708	654845-481	F2815
Material	Ubicación																															
631495-100	F1504																															
749867-001	F2915																															
749836-010	F2412																															
749832-010	F1607																															
807425-001	F2110																															
447124-014	F1302																															
669594-013	F1909																															
704658-400	F1404																															
806771-402	F2211																															
804401-414	F2714																															
315123-111	F2513																															
819318-600	F2007																															
749810-003	F1708																															
654845-481	F2815																															

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 12)

		Tabla de Costos																			
		F1302	F1404	F1504	F1607	F1708	F1909	F2007	F2110	F2211	F2412	F2513	F2714	F2815	F2915						
	Distancia	60	61	59	60	62	61	62	60	61	60	62	61	60	62	61	60	62	61	60	
	Ubicación	F1302	F1404	F1504	F1607	F1708	F1909	F2007	F2110	F2211	F2412	F2513	F2714	F2815	F2915						
	Material																				
1.349	631495-100	80.940	82.289	79.591	80.940	83.638	82.289	83.638	80.940	82.289	80.940	83.638	82.289	83.638	80.940	82.289	83.638	82.289	83.638	80.940	82.289
1.347	749836-010	80.820	82.167	79.473	80.820	83.514	82.167	83.514	80.820	82.167	80.820	83.514	82.167	83.514	80.820	82.167	83.514	82.167	83.514	80.820	82.167
1.340	749836-010	80.400	81.740	79.060	80.400	83.080	81.740	83.080	80.400	81.740	80.400	83.080	81.740	83.080	80.400	81.740	83.080	81.740	83.080	80.400	81.740
1.333	749832-010	79.980	81.313	78.647	79.980	82.646	81.313	82.646	79.980	81.313	79.980	82.646	81.313	82.646	79.980	81.313	82.646	81.313	82.646	79.980	81.313
1.332	807425-001	79.920	81.252	78.588	79.920	82.584	81.252	82.584	79.920	81.252	79.920	82.584	81.252	82.584	79.920	81.252	82.584	81.252	82.584	79.920	81.252
1.324	447124-014	79.440	80.764	78.116	79.440	82.088	80.764	82.088	79.440	80.764	79.440	82.088	80.764	82.088	79.440	80.764	82.088	80.764	82.088	79.440	80.764
1.323	665994-013	79.380	80.703	78.057	79.380	82.026	80.703	82.026	79.380	80.703	79.380	82.026	80.703	82.026	79.380	80.703	82.026	80.703	82.026	79.380	80.703
1.308	704658-400	78.480	79.788	77.172	78.480	81.096	79.788	81.096	78.480	79.788	78.480	81.096	79.788	81.096	78.480	79.788	81.096	79.788	81.096	78.480	79.788
1.306	806771-402	78.360	79.666	77.054	78.360	80.972	79.666	80.972	78.360	79.666	78.360	80.972	79.666	80.972	78.360	79.666	80.972	79.666	80.972	78.360	79.666
1.305	804401-414	78.300	79.605	76.995	78.300	80.910	79.605	80.910	78.300	79.605	78.300	80.910	79.605	80.910	78.300	79.605	80.910	79.605	80.910	78.300	79.605
1.301	315123-111	78.060	79.361	76.759	78.060	80.662	79.361	80.662	78.060	79.361	78.060	80.662	79.361	80.662	78.060	79.361	80.662	79.361	80.662	78.060	79.361
1.300	819318-600	78.000	79.300	76.700	78.000	80.600	79.300	80.600	78.000	79.300	78.000	80.600	79.300	80.600	78.000	79.300	80.600	79.300	80.600	78.000	79.300
1.296	749810-003	77.760	79.056	76.464	77.760	80.352	79.056	80.352	77.760	79.056	77.760	80.352	79.056	80.352	77.760	79.056	80.352	79.056	80.352	77.760	79.056
1.295	654845-481	77.700	78.995	76.405	77.700	80.290	78.995	80.290	77.700	78.995	77.700	80.290	78.995	80.290	77.700	78.995	80.290	78.995	80.290	77.700	78.995

Tabla de Variable de decisión

Material	Ubicación																			
	F1302	F1404	F1504	F1607	F1708	F1909	F2007	F2110	F2211	F2412	F2513	F2714	F2815	F2915						
631495-100	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
749867-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
749836-010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
749832-010	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
807425-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
447124-014	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
665994-013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
704658-400	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
806771-402	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
804401-414	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
315123-111	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
819318-600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
749810-003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
654845-481	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 13

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
725114-501	1.294	B	F1303	64	B
747492-005	1.284	B	F1405	65	B
454501-104	1.283	B	F1505	63	B
768866-668	1.274	B	F1608	64	B
819150-001	1.256	B	F1809	63	B
749344-009	1.250	B	F1910	65	B
537384-054	1.248	B	F2111	64	B
748002-001	1.242	B	F2212	65	B
651649-803	1.204	B	F2312	63	B
654290-400	1.200	B	F2413	64	B
631496-100	1.196	B	F2614	63	B
684771-021	1.192	B	F2715	65	B
705190-602	1.188	B	F2816	66	B
704922-403	1.186	B	F2916	64	B

Resultados

Funcion Objetivo	1.109.021																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Ubicación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>725114-501</td> <td>F2312</td> </tr> <tr> <td>747492-005</td> <td>F1809</td> </tr> <tr> <td>454501-104</td> <td>F1505</td> </tr> <tr> <td>768866-668</td> <td>F2614</td> </tr> <tr> <td>819150-001</td> <td>F1608</td> </tr> <tr> <td>749344-009</td> <td>F1303</td> </tr> <tr> <td>537384-054</td> <td>F2111</td> </tr> <tr> <td>748002-001</td> <td>F2916</td> </tr> <tr> <td>651649-803</td> <td>F2413</td> </tr> <tr> <td>654290-400</td> <td>F2212</td> </tr> <tr> <td>631496-100</td> <td>F2715</td> </tr> <tr> <td>684771-021</td> <td>F1405</td> </tr> <tr> <td>705190-602</td> <td>F1910</td> </tr> <tr> <td>704922-403</td> <td>F2816</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Ubicación	725114-501	F2312	747492-005	F1809	454501-104	F1505	768866-668	F2614	819150-001	F1608	749344-009	F1303	537384-054	F2111	748002-001	F2916	651649-803	F2413	654290-400	F2212	631496-100	F2715	684771-021	F1405	705190-602	F1910	704922-403	F2816
Material	Ubicación																															
725114-501	F2312																															
747492-005	F1809																															
454501-104	F1505																															
768866-668	F2614																															
819150-001	F1608																															
749344-009	F1303																															
537384-054	F2111																															
748002-001	F2916																															
651649-803	F2413																															
654290-400	F2212																															
631496-100	F2715																															
684771-021	F1405																															
705190-602	F1910																															
704922-403	F2816																															

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 13)

		Tabla de Costos															
	Distancia	64	65	63	64	63	65	64	65	63	64	63	64	65	66	64	
Ubicación	F1303	F1405	F1505	F1608	F1809	F1910	F2111	F2212	F2312	F2413	F2614	F2715	F2816	F2916			
Volumen	Material																
1.294	725114-501	82.816	84.110	81.522	82.816	81.522	84.110	82.816	84.110	81.522	82.816	84.110	81.522	82.816	85.404	82.816	
1.284	747492-005	82.176	83.460	80.892	82.176	80.892	83.460	80.892	80.892	82.176	80.892	83.460	80.892	84.744	84.744	82.176	
1.283	454501-104	82.112	83.395	80.829	82.112	80.829	83.395	82.112	80.829	82.112	80.829	83.395	82.112	84.678	82.112		
1.274	768866-668	81.536	82.810	80.262	81.536	80.262	82.810	81.536	80.262	81.536	80.262	82.810	81.536	84.084	81.536		
1.256	819150-001	80.384	81.640	79.128	80.384	79.128	81.640	80.384	79.128	80.384	79.128	81.640	80.384	82.896	80.384		
1.250	749344-009	80.000	81.250	78.750	80.000	78.750	81.250	80.000	78.750	80.000	78.750	81.250	82.500	80.000			
1.248	537384-054	79.872	81.120	78.624	79.872	78.624	81.120	79.872	78.624	79.872	78.624	81.120	82.368	79.872			
1.242	748002-001	77.056	78.260	75.852	77.056	75.852	78.260	77.056	75.852	77.056	75.852	78.260	77.056	79.464	77.056		
1.204	651649-803	79.488	80.730	78.246	79.488	78.246	80.730	79.488	78.246	79.488	78.246	80.730	81.972	79.488			
1.200	654290-400	76.800	78.000	75.600	76.800	75.600	78.000	76.800	75.600	76.800	75.600	78.000	79.200	76.800			
1.196	631496-100	76.544	77.740	75.348	76.544	75.348	77.740	76.544	75.348	76.544	75.348	77.740	78.936	76.544			
1.192	684771-021	76.288	77.480	75.096	76.288	75.096	77.480	76.288	75.096	76.288	75.096	77.480	78.672	76.288			
1.188	705190-602	76.032	77.220	74.844	76.032	74.844	77.220	76.032	74.844	76.032	74.844	77.220	78.408	76.032			
1.186	704922-403	75.904	77.090	74.718	75.904	74.718	77.090	75.904	74.718	75.904	74.718	77.090	78.276	75.904			

		Tabla de Variable de decisión															
	Ubicación	F1303	F1405	F1505	F1608	F1809	F1910	F2111	F2212	F2312	F2413	F2614	F2715	F2816	F2916		
	725114-501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	747492-005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	454501-104	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	768866-668	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	819150-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	749344-009	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	537384-054	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	748002-001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	651649-803	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	654290-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	631496-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	684771-021	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	705190-602	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	704922-403	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo Datos y resultados obtenidos simulación 14

Datos

Material	Volumen	Categoría	Ubicación	Distancia	Categoría
629993-028	1.182	B	F1201	66	B
819234-001	1.178	B	F1709	66	B
833260-010	1.176	B	F2008	66	B
820202-618	1.170	B	F2514	66	B
805899-001	1.169	B	F1304	68	C
616547-112	1.166	B	F1506	67	C
805942-408	1.161	B	F1609	68	C
334842-004	1.158	B	F1810	67	C
806772-500	1.156	B	F2112	68	C
684867-018	1.154	B	F2313	67	C
705353-010	1.139	B	F2414	68	C
649233-371	1.128	B	F2615	67	C
447125-006	1.114	B	F2716	69	C
447125-812	1.112	B	F2917	68	C

Resultados

Funcion Objetivo	1.086.130																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Ubicación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>629993-028</td> <td>F1201</td> </tr> <tr> <td>819234-001</td> <td>F1709</td> </tr> <tr> <td>833260-010</td> <td>F2008</td> </tr> <tr> <td>820202-618</td> <td>F2514</td> </tr> <tr> <td>805899-001</td> <td>F2615</td> </tr> <tr> <td>616547-112</td> <td>F1506</td> </tr> <tr> <td>805942-408</td> <td>F2313</td> </tr> <tr> <td>334842-004</td> <td>F1810</td> </tr> <tr> <td>806772-500</td> <td>F2112</td> </tr> <tr> <td>684867-018</td> <td>F1304</td> </tr> <tr> <td>705353-010</td> <td>F2414</td> </tr> <tr> <td>649233-371</td> <td>F1609</td> </tr> <tr> <td>447125-006</td> <td>F2917</td> </tr> <tr> <td>447125-812</td> <td>F2716</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Ubicación	629993-028	F1201	819234-001	F1709	833260-010	F2008	820202-618	F2514	805899-001	F2615	616547-112	F1506	805942-408	F2313	334842-004	F1810	806772-500	F2112	684867-018	F1304	705353-010	F2414	649233-371	F1609	447125-006	F2917	447125-812	F2716
Material	Ubicación																															
629993-028	F1201																															
819234-001	F1709																															
833260-010	F2008																															
820202-618	F2514																															
805899-001	F2615																															
616547-112	F1506																															
805942-408	F2313																															
334842-004	F1810																															
806772-500	F2112																															
684867-018	F1304																															
705353-010	F2414																															
649233-371	F1609																															
447125-006	F2917																															
447125-812	F2716																															

Anexo Resultados obtenidos de SOLVER (simulación 14)

		Tabla de Costos																
	Distancia	66	66	66	66	68	67	68	67	68	67	68	67	68	67	69	68	
Ubicación	F1201	F1709	F2008	F2514	F1304	F1506	F1609	F1810	F2112	F2313	F2414	F2615	F2716	F2917				
Volumen																		
Material																		
1.182	629993-028	78.012	78.012	78.012	78.012	80.376	79.194	80.376	79.194	80.376	79.194	80.376	79.194	81.558	80.376			
1.178	819234-001	77.748	77.748	77.748	77.748	80.104	80.104	78.926	80.104	78.926	80.104	78.926	81.282	80.104				
1.176	833260-010	77.616	77.616	77.616	77.616	79.968	78.792	79.968	78.792	79.968	78.792	79.968	81.144	79.968				
1.170	820202-618	77.220	77.220	77.220	77.220	79.560	78.390	79.560	78.390	79.560	78.390	79.560	80.730	79.560				
1.169	805899-001	77.154	77.154	77.154	77.154	79.492	78.323	79.492	78.323	79.492	78.323	79.492	80.661	79.492				
1.166	616547-112	76.956	76.956	76.956	76.956	79.288	78.122	79.288	78.122	79.288	78.122	79.288	80.454	79.288				
1.161	805942-408	76.626	76.626	76.626	76.626	78.948	77.787	78.948	77.787	78.948	77.787	78.948	80.109	78.948				
1.158	334842-004	76.428	76.428	76.428	76.428	78.744	77.586	78.744	77.586	78.744	77.586	78.744	79.902	78.744				
1.156	806772-500	76.296	76.296	76.296	76.296	78.608	77.452	78.608	77.452	78.608	77.452	78.608	79.764	78.608				
1.154	684867-018	76.164	76.164	76.164	76.164	78.472	77.318	78.472	77.318	78.472	77.318	78.472	79.626	78.472				
1.139	705353-010	75.174	75.174	75.174	75.174	77.452	76.313	77.452	76.313	77.452	76.313	77.452	78.591	77.452				
1.128	649233-371	74.448	74.448	74.448	74.448	76.704	75.576	76.704	75.576	76.704	75.576	76.704	77.832	76.704				
1.114	447125-006	73.524	73.524	73.524	73.524	75.752	74.638	75.752	74.638	75.752	74.638	75.752	76.866	75.752				
1.112	447125-812	73.392	73.392	73.392	73.392	75.616	74.504	75.616	74.504	75.616	74.504	75.616	76.728	75.616				

Tabla de Variable de decisión

Material	Tabla de Variable de decisión																
	Ubicación	F1201	F1709	F2008	F2514	F1304	F1506	F1609	F1810	F2112	F2313	F2414	F2615	F2716	F2917		
629993-028	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
819234-001	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
833260-010	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
820202-618	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
805899-001	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
616547-112	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
805942-408	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
334842-004	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
806772-500	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
684867-018	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
705353-010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
649233-371	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
447125-006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
447125-812	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0