

**DISEÑO Y APLICACIÓN DE SLOTTING (ASIGNACIÓN DE
LOCALIZACIONES A LOS PRODUCTOS) EN MÓDULOS DE PICKING
(ALISTAMIENTO DE PEDIDOS) EN EL SERVICIO FARMACÉUTICO DEL
HOSPITAL PABLO TOBÓN URIBE.**

MARTÍN FEDERICO VIEIRA VIRGÜEZ

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEDELLÍN

2014

DISEÑO Y APLICACIÓN DE *SLOTTING* (ASIGNACIÓN DE LOCALIZACIONES A LOS PRODUCTOS) EN MÓDULOS DE *PICKING* (ALISTAMIENTO DE PEDIDOS) EN EL SERVICIO FARMACÉUTICO DEL HOSPITAL PABLO TOBÓN URIBE.

MARTIN FEDERICO VIEIRA VIRGÜEZ

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial

Director

SAMIR KATTOUR SOTOMAYOR

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERIAS

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

MEDELLIN

2014

Nota de Aceptación

Firma
Nombre
Presidente del jurado

Firma
Nombre:
Jurado

Firma
Nombre:
Jurado

AGRADECIMIENTOS

Aprovecho este espacio para hacerle extensiva mis infinitas palabras de agradecimiento a todas aquellas personas quienes, de una u otra forma, contribuyeron e hicieron posible la realización de este trabajo de grado. Especialmente a Samir Kattour por su extraordinario trabajo de acompañamiento y su valioso aporte en la dirección del mismo.

Igualmente, agradezco a familiares y amigos quienes con su voz de aliento fueron fundamentales para motivarme e incentivar me a desempeñarme al máximo en este trabajo, y en general, en todos los aspectos de mi vida.

CONTENIDO

GLOSARIO.....	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN.....	15
1 OBJETIVOS.....	17
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2 MARCO TEORICO.....	18
2.1 IMPORTANCIA DE UN ALMACÉN	18
2.1.1 Almacén.....	18
2.1.2 Zonas del almacén.....	18
2.1.2.1 Zona de recepción y control:.....	18
2.1.2.2 Zona de almacenamiento:	19
2.1.2.3 Zona de picking y preparación:.....	19
2.1.2.4 Zona de despacho:	19
2.1.2.5 Zonas auxiliares:.....	19
2.1.2.6 Zona de devoluciones:.....	20
2.2 PREPARACIÓN DE PEDIDOS	21
2.2.1 Recopilación de pedidos	21
2.2.2 Elaboración de los documentos de preparación	21
2.2.3 Picking	22
2.2.3.1 Sistemas de picking.....	22

2.2.4	Traslado a zona de expedición	23
2.2.5	Verificación y acondicionamiento de los pedidos	23
2.3	ANÁLISIS DE OPERACIONES DEL ALMACÉN	24
2.3.1.1	Estudio de Métodos	24
2.3.1.2	Diagrama de Flujo.....	24
2.3.1.3	Muestreo Aleatorio Simple.....	25
2.4	SLOTTING	26
2.4.1	Base de datos para el acomodo inteligente	27
2.4.2	Datos estadísticos del acomodo inteligente	28
2.4.3	Perfil de actividades del almacén.....	28
2.4.4	Asignación de los artículos a zonas de almacenamiento.....	29
2.4.5	Reglas para el reacomodo.....	29
2.5	CLASIFICACION ABC.....	30
2.5.1	Familias de artículos	32
2.5.2	Familias por actividad del artículo y familias por modo de almacenamiento	32
2.5.3	Mapa de zonas de actividades del almacén	32
2.5.3.1	Zona de productos A.....	32
2.5.3.2	Zona de productos B.....	33
2.5.3.3	Zona de productos C	33
3	DESCRIPCION DEL PROCESO DE PREPARACION DE PEDIDOS	34
4	DESCRIPCIÓN DEL PICKING.....	35
5	CLASIFICACION ABC DE PRODUCTOS	37
5.1	BASE DE DATOS	37

5.2	ESTADISTICOS DE ACOMODO	37
5.3	CLASIFICACIÓN ABC.....	38
6	FAMILIAS DE ARTICULOS.....	41
6.1	Familias por modo de almacenamiento.....	41
6.1.1	Pastilleros.....	41
6.1.2	Estantería selectiva.....	42
6.1.3	Cajoneras.....	43
6.2	Familias por popularidad	46
6.3	Clasificación general.....	48
7	DISEÑO DE SLOTTING	50
7.1	ZONAS DEL ALMACEN	50
8	IMPLEMENTACION DE SLOTTING	53
8.1	ASIGNACION DE UBICACIONES.....	53
9	EVALUACION DE IMPACTO EN PROCESO DE PICKING	55
10	RESULTADOS	57
11	CONCLUSIONES.....	59
12	RECOMENDACIONES	60
13	ANEXO A. SIMBOLOGIA DIAGRAMA DE FLUJO	61
14	ANEXO B. TIEMPOS MUESTRALES INICIALES DE PICKING	61
15	ANEXO C. TIEMPOS INICIALES DE PICKING.....	61
16	ANEXO D. HISTORIAL DE TRANSACCIONES.....	61
17	ANEXO E. CLASIFICACION ABC.....	61

18ANEXO F. CLASIFICACION GENERAL	61
19ANEXO G. MODO DE ALMACENAMIENTO Y ZONA DE ALMACEN POR ARTÍCULO	61
20ANEXO H. TIEMPOS FINALES MUESTRALES DE PICKING.....	61
21ANEXO I. TIEMPOS FINALES DE PICKING.....	61
22 BIBLIOGRAFÍA.....	62

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen clasificación ABC en función de Salidas	38
Tabla 2. Número de referencias por tamaño.....	45
Tabla 3. Número de referencias por popularidad	46
Tabla 4. Número de referencias por tamaño y popularidad.....	47
Tabla 5. Numero de referencias por clasificación general.....	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución de zonas de un almacén	20
Figura 2. Diagrama de Pareto basado en la rotación de un almacén	31
Figura 3. Diagrama de flujo.....	34
Figura 4. Diagrama de Pareto (Salidas del almacén)	40
Figura 5. Pastilleros	42
Figura 6. Estantería convencional.....	43
Figura 7. Layout del Almacén con clasificación de zonas	51

GLOSARIO

ALMACÉN: Instalación o espacio destinado a ubicar materiales y productos con la función de coordinar los desequilibrios entre la oferta y la demanda.

CLASIFICACIÓN ABC: Herramienta de gestión basada en la Ley de Pareto.

ESTACIONALIDAD: Propiedad de una serie cronológica que toma durante unos periodos, año tras año unos valores significativamente distintos a su valor medio anual.

DEMANDA: Cantidad de productos o mercancías que el mercado adquiere.

DEVOLUCIÓN: Retorno de un envío o material del cliente al proveedor de origen.

DIAGRAMA DE FLUJO: Representación gráfica del flujo o movimiento de materiales.

LAYOUT: Plano de la distribución de los recursos de un área determinada.

LEY DE PARETO: Concepto desarrollado por el economista italiano Vilfredo Pareto el cual señala que el 80% de la riqueza de la sociedad estaba en manos del 20% de la población.

LISTA DE PREPARACIÓN: Lista de materiales y cantidades que deben recogerse para preparar un pedido, ordenados de forma que minimice los recorridos a realizar.

NIVEL DE SERVICIO: Probabilidad de tener un stock disponible cuando surge la demanda.

PICKING: Fase de la preparación de pedidos que consiste en la extracción de las mercancías de sus lugares de almacenaje en las cantidades solicitadas por los clientes.

PREPARACIÓN DE PEDIDOS: Conjunto de actividades destinadas a extraer y acondicionar exactamente aquellas cantidades que satisfacen las necesidades de los clientes, manifestadas a través de sus pedidos.

RECEPCIÓN: Aceptación física de la entrada de un ítem.

SLOTTING: asignación de ubicaciones a las referencias de acuerdo a su clasificación ABC.

STOCK: Cantidad disponible de un ítem.

RESUMEN

Este proyecto presenta la implementación de un *slotting* en el Servicio Farmacéutico del Hospital Pablo Tobón Uribe de Medellín, y su impacto en el proceso de preparación de pedidos.

La asignación de ubicaciones a los productos se fundamentó en una clasificación ABC con respecto a las salidas que tuvieron las referencias a lo largo de 3 meses, información que se obtuvo del historial de transacciones del hospital.

La clasificación ABC se complementó con información cualitativa que permitió obtener más argumentos para la asignación de las ubicaciones a las referencias. A los productos de clasificación "A", se les adicionó características de tamaño, y de popularidad. El tamaño de cada producto se estableció validando su modo de almacenamiento en los tipos de estanterías disponibles en el Servicio Farmacéutico, y la popularidad mediante la percepción de los operarios encargados de la preparación de pedidos.

Para medir el impacto se cronometraron tiempos de preparación de pedidos antes y después de la implementación del *slotting*, con lo que se pudo observar una mejoría del 19% en la productividad de la operación.

Por último, apoyados en los resultados y las conclusiones obtenidos en el actual proyecto, se ofrece una serie de recomendaciones con el fin de mejorar la eficiencia de la operación logística en este servicio del hospital.

Palabras claves: *Slotting*, Preparación de Pedidos, *Picking*, Clasificación ABC, Logística.

ABSTRACT

This project presents the implementation of slotting in the Pharmaceutical Service of the Pablo Tobón Uribe Hospital and its impact on the process of order preparation.

The slots assigned to the products were based on an ABC classification according to the output each reference had over a period of three months, information that was obtained from the historical transactions data of the Hospital.

The ABC classification was supplemented by qualitative data that allowed more arguments for assigning slots to references. Characteristics of size and popularity were added to the products classified under the "A" group. The size of each product was determined by validating their way of storage on the available shelf types on the Pharmaceutical Service, and its popularity on the perception of order picking operators. In order to measure impact, picking times were taken before and after slotting implementation, to what we observed a 20% increase on the productivity of the operation.

Finally, supported by the results obtained, a series of conclusions and recommendations are offered in order to enhance the logistic operations of the Hospital.

Keywords: Slotting, Order Picking, Order Preparation, ABC classification, Logistics.

INTRODUCCIÓN

La competencia generada por la globalización, ha impulsado a las empresas a gestionar sus cadenas de suministro con un enfoque dirigido a elevar los niveles de servicio para con el cliente final, obteniendo con ello ventajas significativas, y haciendo de este proceso un componente estratégico para el logro de los objetivos de las organizaciones.

Es por esto que el Hospital Pablo Tobón Uribe, el cual tiene como visión ser el Hospital líder en excelencia entre los centros de alta complejidad, y como misión el brindar la mejor atención en salud de alta complejidad, está permanentemente en la búsqueda de elevar sus estándares de servicio al cliente, que debido a la naturaleza sensible del sector impactan positivamente en la imagen del servicio ofrecido. La gestión óptima de los suministros y los procesos logísticos son un factor decisivo para alcanzar la más alta calidad en la atención hospitalaria y conseguir además, la reducción de costos.

Dentro de la cadena de suministro encontramos el Almacén de Servicios Farmacéuticos como un elemento clave para mejorar el servicio al cliente, ya que este debe garantizar en todo momento el suficiente nivel de inventario que permita dar respuesta oportuna y puntal a las necesidades de los clientes, reduciendo plazos de respuesta.

Actividades como el procesamiento de órdenes, almacenamiento, transporte y manejo de materiales, permiten al almacén actuar como puente eficaz entre productores y consumidores y representan gran parte de los costos logísticos de las empresas. La mayoría de estas actividades de manejo de materiales requieren de unas rutinas intensivas y repetitivas, de ahí que la localización de los productos y el sistema de *picking* en los almacenes, definen la eficiencia e influyen directamente en el costo total de la operación logística.

En cuanto a instalaciones logísticas se refiere, la gran mayoría de los centros hospitalarios de la ciudad disponen de unas locaciones obsoletas que han sido superadas ampliamente por la dinámica diaria y no cumplen con los parámetros necesarios para llevar a cabo y con eficiencia, los procesos de almacenamiento, recepción y distribución de materiales a los distintos puntos consumidores de dichos centros. Muchos de los almacenes generales los encontramos en plantas de sótano, sin accesos a la calle, sin muelles, con altura útil insuficiente, con ausencia de elementos de manutención y sistemas de gestión de pedidos que no funcionan correctamente. Todos estos factores hacen que el panorama no sea el mejor, lo que debe ser visto como una margen de oportunidad para efectuar mejoras tangibles que repercutan en toda la organización del sistema logístico.

El presente trabajo presenta la implementación de un *slotting* o acomodo inteligente en el almacén del Servicio Farmacéutico del Hospital Pablo Tobón Uribe y su impacto en la productividad del sistema de preparación de pedidos.

La disposición de los productos en los almacenes debe cumplir con ciertas restricciones sobre la ubicación relativa de los artículos, que se conserve su seguridad y la compatibilidad entre los mismos, y además cumplir con los requerimientos para la preparación eficiente y oportuna de los pedidos. El principal objetivo de la asignación de ubicaciones, es minimizar la distancia o el tiempo de recorrido dentro del almacén para el cumplimiento de las órdenes de los clientes.

Otra cuestión relacionada con el diseño de almacenamiento es la naturaleza dinámica de la demanda de órdenes del cliente, para con base en esto determinar la forma de agrupar y secuenciar los productos en el almacén. El enfoque tradicional de diseño de almacenamiento dentro de un almacén ignora la naturaleza dinámica de la demanda de los clientes, la cual varía dramáticamente con las temporadas.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseño y aplicación de *slotting* (asignación de localizaciones a los productos) en módulos de *picking* (alistamiento de pedidos) en el Servicio Farmacéutico del Hospital Pablo Tobón Uribe.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la operación actual del proceso de *picking* en el Servicio farmacéutico.
- Realizar clasificación ABC de los productos de Servicios Farmacéuticos.
- Diseñar *slotting* en módulos de preparación de pedidos de acuerdo con la clasificación de los productos.
- Implementar diseño de *slotting* en los módulos de preparación de pedidos.
- Describir operación de *picking* después del *slotting*.
- Evaluar las mejoras obtenidas en el proceso de *picking* luego de la implementación de *slotting*.

2 MARCO TEORICO

2.1 IMPORTANCIA DE UN ALMACÉN

Los almacenes nacen como una solución eficaz para atender los problemas asociados a la incertidumbre de la demanda, al costo y la duración de los transportes y a las exigencias de rentabilizar los procesos productivos. Pues estos se convierten en nodos entre productores y consumidores que permiten coordinar los desequilibrios entre la oferta y la demanda y manejar cantidades económicas de producto, mejorando así la capacidad de respuesta de las cadenas de suministro e impactando directamente la calidad de servicio al cliente.

2.1.1 Almacén

Es un lugar especialmente proyectado para recibir, guardar, manipular, reacondicionar y expedir productos, con el objetivo de estabilizar la oferta y la demanda, reducir costos y garantizar una buena calidad de servicio al cliente.

2.1.2 Zonas del almacén

Determinar zonas dentro del almacén permite mejorar el flujo de la operación y reducir los costos de la misma. Cos (1998) señala que las zonas más comunes en los almacenes son:

2.1.2.1 Zona de recepción y control:

Área en donde se procede a recibir la mercancía e inspeccionarla, tanto cuantitativa como cualitativamente. De tal forma que esta será la zona donde se decide el rechazo

y devolución de los productos o su aceptación, para luego asignarles una ubicación en el almacén.

2.1.2.2 Zona de almacenamiento:

Esta zona está destinada a alojar los productos en espera de que sean solicitados por los clientes.

2.1.2.3 Zona de *picking* y preparación:

En esta zona se hace la recuperación de los productos de sus lugares primarios de almacenamiento y la preparación de los mismos para ser distribuidos. Es muy utilizada cuando la mercancía de entrada tiene una presentación y composición unitaria diferente a la de salida, es decir se manejan unidades diferentes. Esta zona no es necesaria cuando la operación se realiza en la propia zona de almacenaje.

2.1.2.4 Zona de despacho:

La zona de despacho es utilizada para la consolidación de pedidos, pero también sirve para realizar una verificación final y preparar la documentación pertinente para el transporte de los pedidos.

2.1.2.5 Zonas auxiliares:

El tipo, volumen y organización logística de las operaciones administrativas a realizar en el almacén, exigen la dedicación de espacios adecuadamente equipados para alojar oficinas, así como los servicios auxiliares que necesitan tanto el personal administrativo como el operativo.

2.1.2.6 Zona de devoluciones:

Si el volumen de devoluciones es importante, se debe contar con un área destinada para ubicar temporalmente estos productos. En esta área se realizan operaciones de desembalaje, selección y clasificación de los productos para posteriormente tomar las medidas requeridas.

La Figura 1, presenta como deben ir distribuidas estas zonas en los almacenes con el objetivo de tener un flujo continuo de las operaciones y evitar contraflujos que afecten la productividad.

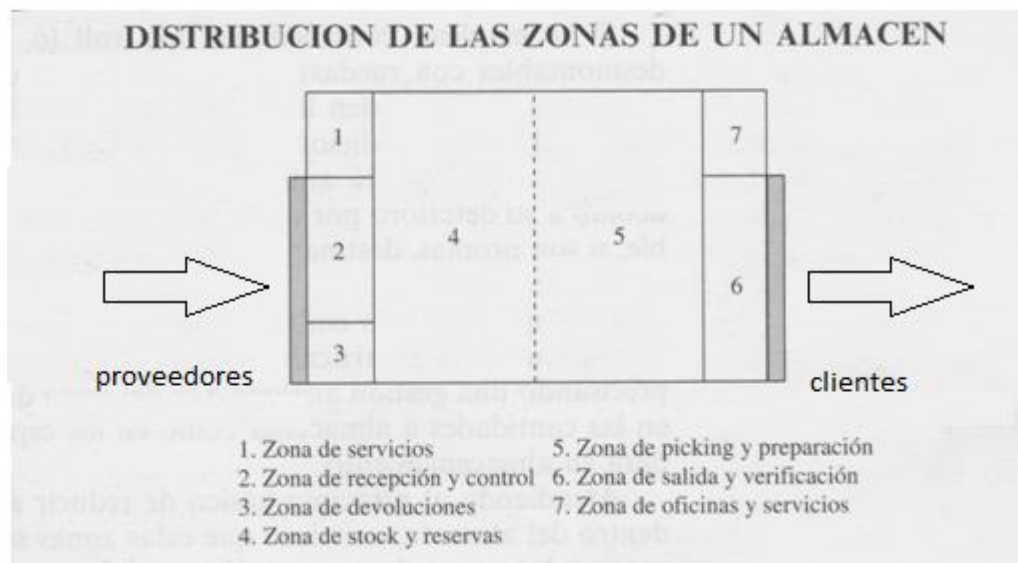


Figura 1. Distribución de zonas de un almacén (Cos, 1998)

2.2 PREPARACIÓN DE PEDIDOS

Entre todas las operaciones que se realizan en un almacén, la más costosa es la dedicada a la preparación de pedidos.

La preparación de pedidos es el conjunto de actividades destinadas a extraer y acondicionar exactamente las cantidades de productos que satisfacen las necesidades de los clientes, manifestadas a través de sus pedidos.

Ballou (2004) destaca las siguientes actividades como las más comunes en la preparación de pedidos :

- Recopilación de pedidos
- Elaboración de los documentos de preparación
- Picking
- Traslado a zona de expedición
- Verificación y acondicionamiento de los pedidos

2.2.1 Recopilación de pedidos

Consiste en la captación de los pedidos ya sea de forma física o electrónica. En esta etapa se obtiene el detalle de los requerimientos de cada cliente.

2.2.2 Elaboración de los documentos de preparación

La elaboración de los documentos se realiza según el sistema de preparación elegido. Como resultado se debe obtener el "*picking list*" o lista de preparación de pedidos, el cual debe contener de forma ordenada las referencias y las cantidades de artículos a extraer del almacén.

El sistema de recogida de pedido debe contemplar tres variables:

- La distribución: Se pueden generar listas de preparación por zonas del almacén.
- La ejecución: Consiste en determinar si la preparación se realizará pedido por pedido o si se agruparán pedidos y se generarán listas por artículos (Esta debe contar con una zona física para separar los artículos por pedidos).
- El sistema de recogida: los pedidos se ejecutan de forma consecutiva o de forma simultánea donde se ejecutan varios pedidos al mismo tiempo.

2.2.3 Picking

Actividad que consiste en seleccionar y extraer de sus lugares de almacenaje las referencias que han sido solicitadas por los clientes.

Esta actividad se compone de subtareas como pueden ser:

- Desplazamientos del personal por el almacén
- Búsqueda de ubicaciones e identificación de productos a extraer
- Extracción de productos
- Actualización inmediata del stock

2.2.3.1 Sistemas de picking

Existe una multitud de sistemas de *picking*, que pueden ser clasificados en dos grandes grupos o familias:

- Sistemas operario a producto: el operario se desplaza físicamente a lo largo del almacén para la selección de las referencias.
- Sistemas producto a operario: los productos se desplazan de forma mecánica o automática hacia el operario y la zona de preparación de pedidos.

2.2.4 Traslado a zona de expedición

Consiste en el recorrido que se debe hacer para trasladar los pedidos desde la zona de preparación de pedidos, hasta el punto donde se consolidan los mismos.

2.2.5 Verificación y acondicionamiento de los pedidos

La zona de expedición sirve además para realizar una verificación final donde se chequea el estado físico del producto y se contrastan las cantidades y referencias separadas con las pedidas por el cliente. Adicionalmente se realiza el acondicionamiento de los pedidos para su transporte y entrega, de acuerdo a las exigencias de cada cliente.

Dentro de la preparación de pedidos se puede observar que el *picking* es una actividad clave en la gestión de la cadena de suministro. Esto hace que el *picking* se convierta en una actividad en la que se pueden extrapolar nuevas fuentes de ventaja competitiva, tanto en términos de costos, como de niveles de servicios ofrecidos a los clientes.

Es por esto que en la actualidad, dentro de los objetivos principales de la preparación de pedidos busquemos conseguir la minimización de recorridos y manipulaciones, para con ello aumentar la rapidez en el proceso. Para esto resulta muy útil tener una correcta ubicación de los productos dentro del almacén, lo cual se puede lograr mediante un *slotting*.

Investigaciones recientes sugieren que menos del 15% de los artículos en un almacén típico se almacenan correctamente, por lo cual la mayoría de almacenes están gastando entre 10% y 30 % más de lo debido en costos y tiempo por año, por no tener un correcto e inteligente acomodo de los mismos.

2.3 ANÁLISIS DE OPERACIONES DEL ALMACÉN

Para el análisis del proceso se contará con el estudio de métodos, el cual la OIT (1996), los presenta de la siguiente forma :

2.3.1.1 Estudio de Métodos

Es el registro y examen crítico sistemático de los modos de realizar actividades con el fin de efectuar mejoras. Con esta técnica lo que principalmente se busca es identificar soluciones y mejoras potencialmente aplicables al proceso estudiado.

2.3.1.2 Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo es la representación gráfica de la secuencia de pasos que se deben seguir para obtener un cierto resultado o para llevar a cabo una determinada actividad. Este diagrama está compuesto por figuras que representan las operaciones realizadas dentro de cada paso de la actividad, como se pueden observar en el anexo A. Esto con el fin de entender el flujo del proceso de la actividad que va a ser analizada y poder determinar la dependencia de las operaciones realizadas.

El *picking* que es la actividad que se pretende mejorar, no es un ente aislado del proceso de preparación de pedidos, es por esto que para realizar un cambio se debe conocer la forma como interactúa con el resto de actividades del proceso.

Otra forma de conocer la actividad de *picking*, puede ser evaluando su productividad. Con lo cual se puede tener una referencia estadística del impacto que se logra con cualquier cambio en la forma de realizar la actividad.

Como no todos los pedidos son iguales, la operación de *picking* presenta diferentes tiempos. Por consiguiente para tener una idea del comportamiento de esta operación, tanto antes como después de la implementación de un *slotting*, se debe realizar un muestreo.

2.3.1.3 Muestreo Aleatorio Simple

Este tipo de muestreo permite la selección aleatoria de elementos de una población, y es útil cuando no se debe estratificar la población de referencia. Es por esto que para la operación de *picking* que tiene muchas variables, resulta muy práctica.

En una muestra es fundamental garantizar aleatoriedad y representatividad de los datos que se desean analizar. Para determinar el tamaño de la muestra se puede iniciar con una muestra piloto, que permita conocer la varianza del conjunto de datos y su media.

Esto con el fin de estimar el error máximo admisible que se va a tener sobre la estimación del tamaño muestral (Moore, 2000).

Para operaciones como el *picking* que se realizan a diario, basta con determinar la media, la varianza y establecer un porcentaje de error en la estimación, de esta forma y basándose en la tabla de la distribución normal estándar, para con ello seleccionar el nivel de confianza, se puede determinar el tamaño de muestra de la siguiente forma:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}{e^2}$$

dónde:

n= Tamaño de la muestra

$Z_{1-\alpha/2}$ = Valor de la tabla de la distribución normal estándar. Comúnmente 1.96 lo cual garantiza una confianza del 95%.

σ = Varianza de la muestra

e= Error sobre la estimación

Luego de determinar el tamaño de muestra y tomar los datos, se puede determinar la productividad de la operación teniendo una confiabilidad alta de los datos analizados.

2.4 SLOTTING

Slotting o acomodo inteligente es la asignación de ubicaciones a las referencias de acuerdo a su clasificación ABC, el cual debe hacerse teniendo en cuenta los factores que condicionan el funcionamiento óptimo del almacén, tales como los señalados a continuación:

- Máxima utilización del espacio disponible. La organización de los productos en el almacén debe garantizar el óptimo aprovechamiento del espacio físico disponible para el almacenamiento.
- Mínimos costos de manipulación. La ubicación de las referencias deben buscar reducir la manipulación de los productos.
- Mínimos recorridos del personal operario. La distribución de los productos debe reducir al mínimo, los desplazamientos realizados por los operarios.
- Compatibilidad/Complementariedad. Se deben tener en cuenta las restricciones de almacenamiento cercano entre productos por su naturaleza y características, para buscar agrupar aquellos que son compatibles, y por tanto sea beneficioso y aconsejable su almacenamiento en común.
- Máxima seguridad. El sistema de almacenamiento debe garantizar la seguridad para el personal, las instalaciones y el mismo producto. (Inza, 2006)

Para realizar el *slotting* es fundamental contar con los datos de la administración del almacén y con el apoyo de un equipo de cómputo, que permitirá mantener el acomodo inteligente alineado con el perfil actualizado de las actividades en el almacén.

Frazelle & Sojo (2007), sugieren una metodología para realizar un acomodo inteligente, la cual contiene 9 pasos:

1. Realizar una auditoría de las operaciones del almacén.
2. Alimentar la base de datos para el acomodo inteligente.
3. Calcular los estadísticos del acomodo inteligente.
4. Construir el perfil de actividades del almacén.
5. Establecer familias de artículos.
6. Asignar familias por actividad del artículo a otras familias por modo de almacenamiento.
7. Hacer un mapa de zonas de actividades de preparación para sitios individuales del almacén, dentro de cada modo de almacenamiento.
8. Con base en la densidad de preparación, asignar los artículos a zonas de actividad por modo de almacenamiento.
9. Especificar las reglas para el reacomodo.

2.4.1 Base de datos para el acomodo inteligente

Para realizar el *slotting* es necesario contar con los datos de la administración del almacén y con el apoyo de un equipo de cómputo, lo que permite mantener el acomodo inteligente alineado con el perfil actualizado de las actividades en el almacén.

Los datos deben permitir el análisis del comportamiento reciente de los productos, ya que estos pueden cambiar dinámicamente debido a fenómenos del mercado como la estacionalidad y el ciclo de vida de los productos.

Además del comportamiento, es necesario contar con información como el código del producto, el ambiente de almacenamiento, las dimensiones y el peso.

2.4.2 Datos estadísticos del acomodo inteligente

Consiste en calcular mediante la base de datos las características cuantitativas de los productos, con respecto a factores de interés como la rotación, utilidad, volumen y costo, elementos que son claves para el mejoramiento del proceso de preparación de pedidos.

Además de calcular los datos estadísticos, se deben identificar cuáles de estos factores son los apropiados para realizar el *slotting*, con el fin de realizar el análisis únicamente a los datos que realmente impactan el proceso.

2.4.3 Perfil de actividades del almacén

El proceso de crear perfiles por actividad, permite identificar rápidamente la raíz de los problemas en el flujo de información y los materiales, además revela oportunidades de diseño y planificación de los almacenes. Con los perfiles se busca captar en forma pictórica las actividades del almacén.

Para la creación de perfiles hay que involucrar al personal clave, es decir las personas que están al tanto de la operación, con el fin de tener una mejor interpretación de los resultados, cuando no es así existe el riesgo de conseguir una información sesgada acerca de la realidad operativa del almacén.

La clasificación ABC es en una herramienta útil que permite construir perfiles de las actividades del almacén, con respecto a los datos estadísticos asociados a los factores de interés.

2.4.4 Asignación de los artículos a zonas de almacenamiento.

Por último se deben asignar los productos a cada zona, de tal forma que cada ubicación responda óptimamente a las características de los artículos. Para esto se debe iniciar con el artículo que tenga mayor densidad de almacenamiento y continuar en orden descendente, para cada zona de productos A, B o C. (Byung Soo Kim, 2011)

2.4.5 Reglas para el reacomodo.

Como el perfil de actividades cambia constantemente, se debe estar actualizando periódicamente según el comportamiento de cada almacén, con el objetivo de conservar las ganancias en densidad y productividad. Las cuáles serán el parámetro para decidir en qué momento se debe realizar un “*reslotting*” o reacomodo. (Frazelle & Sojo, 2007)

Realizar mediciones periódicas de tiempos y generar indicadores de densidad del almacén, permiten monitorear la vigencia del acomodo realizado.

La disminución en la productividad o la densidad deben ser evaluadas contra el costo de realizar los movimientos para asignar nuevas ubicaciones. Estos movimientos resultan más económicos cuando el inventario en su sitio de preparación cae a cero, de este modo se deberá simplemente reabastecer en la nueva ubicación asignada al producto.

2.5 CLASIFICACION ABC

Esta se basa en la ley de Pareto, la cual señala que el 80% de la riqueza de la sociedad estaba en manos del 20% de la población.

La clasificación ABC de los productos consiste en estructurar tres categorías denominadas A, B y C, apoyándose en el principio según el cual, generalmente los productos tienen una distribución parecida a la realizada por Pareto con las rentas de los individuos (Cos, 1998).

Es posible la aplicación de la clasificación ABC atendiendo a diferentes criterios, como:

- Rotación
- Utilidad
- Volumen del stock
- Costo

Para impactar de manera positiva el proceso de *picking*, el principal dato estadístico del acomodo inteligente es la rotación, por lo cual este argumento es muy útil para realizar una clasificación ABC.

Es por esto que haciendo una analogía con respecto a la ley de Pareto, se puede observar que alrededor del 20 % del número de artículos en stock representan cerca del 80 % de la rotación total de este inventario.

Los aportes de cada categoría a la rotación, según el principio de la clasificación ABC son:

- Los ítems A, contribuyen aproximadamente con el 80% de la rotación del almacén.
- Los ítems B, contribuyen cerca al 15% de la rotación del almacén.
- Los ítems C, contribuyen aproximadamente con el 5% de la rotación del almacén.

La Figura 2 permite visualizar el aporte de cada uno de los ítems con respecto a el volumen de rotación, con lo cual se puede dimensionar la demanda de recursos de cada tipo de productos dentro de la actividad de *picking*.

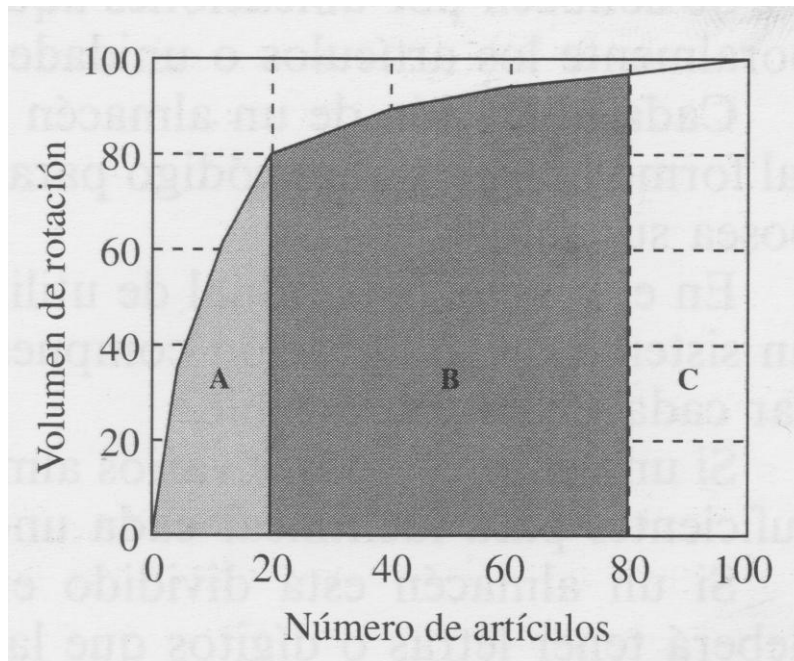


Figura 2. Diagrama de Pareto basado en la rotación de un almacén (Cos, 1998)

Para llevar a cabo una clasificación ABC de referencias Inza (2006) sugiere :

1. Ordenar todas las referencias de mayor a menor en función del criterio seleccionado.
2. Atendiendo al criterio seleccionado, calcular el porcentaje de cada referencia sobre la suma total.
3. Calcular los acumulados de los porcentajes conseguidos en el paso anterior.
4. Establecer la clasificación ABC.

2.5.1 Familias de artículos

La clasificación de productos depende del criterio que se elija para ello. Para establecer una familia, se deben tener en cuenta las características inherentes a cada producto como el peso, las dimensiones, las propiedades químicas, el valor y la temperatura de almacenaje. (Frazelle & Sojo, 2007)

2.5.2 Familias por actividad del artículo y familias por modo de almacenamiento

El objetivo de la asignación es poder identificar el modo de almacenamiento de las referencias, dentro de cada clase de la clasificación ABC; para así poder seleccionar la ubicación de cada referencia en su modo de almacenamiento. Esto permitirá elegir el mejor modo de almacenamiento para los productos teniendo en cuenta los dos criterios analizados.

2.5.3 Mapa de zonas de actividades del almacén

Atendiendo a la clasificación ABC de los artículos, conviene dividir el almacén en zonas diferenciadas de acuerdo a la accesibilidad. Zonas que explica Cos (1998) de la siguiente forma:

2.5.3.1 Zona de productos A

Ya que la principal característica de este tipo de productos es su elevado número de pedidos, es primordial ubicarlos en una zona de alta accesibilidad y muy cercana a la zona de expedición de los pedidos.

2.5.3.2 Zona de productos B

El principal problema de esta clase de productos es que poseen un índice de salida medio, pero afecta a un volumen considerable de referencias (30-50%), es por esto que hay que dedicarles una zona con buena accesibilidad a las cargas individuales.

2.5.3.3 Zona de productos C

Esta clase de artículos tienen la particularidad de que sus pedidos son escasos, pero la cantidad de referencias es muy elevada, lo que obliga a dedicar a ellos gran parte del volumen del almacén. Estos productos se deben almacenar en zonas de accesibilidad normal y que no dificulten las operaciones habituales del almacén.

3 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PREPARACION DE PEDIDOS

Para realizar la descripción del proceso de preparación de pedidos se presenta un diagrama de flujo en la Figura 3, con el cual se identifican paso a paso las operaciones realizadas y sus relaciones.

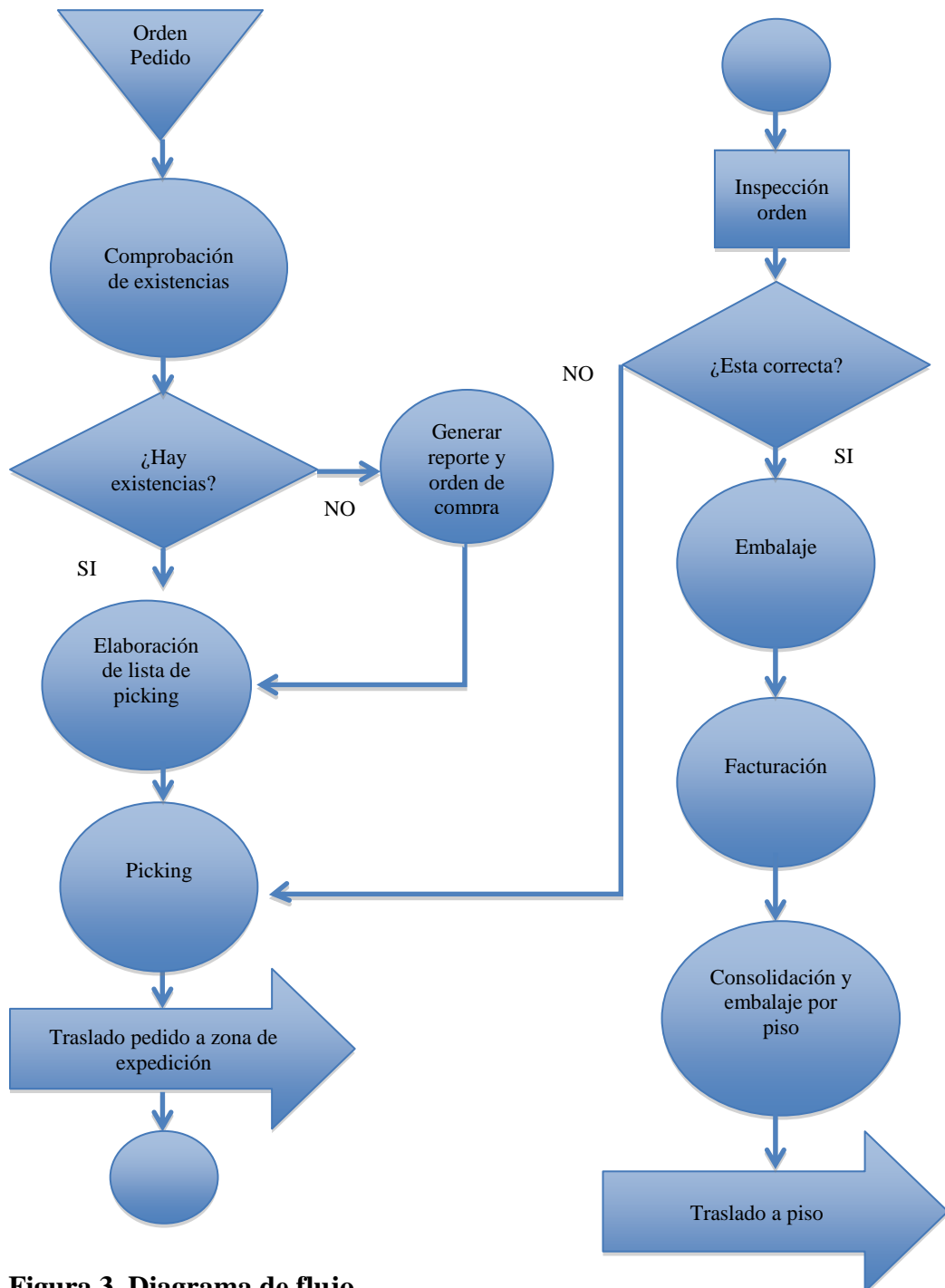


Figura 3. Diagrama de flujo

4 DESCRIPCIÓN DEL PICKING

Se cronometraron 30 tiempos con el fin de obtener una varianza muestral y una idea de la media del tiempo de *picking*. Lo anterior permitió establecer el tamaño de muestra, lo que garantizó la representatividad de los tiempos que se iban a tomar, para establecer la productividad de la operación.

Los tiempos de *picking* fueron tomados en dos días diferentes a operarios enumerados del 1 al 15, de forma aleatoria como se muestra en el Anexo B.

Con lo cual obtuvimos una media de 95,41 segundos por pedido y una varianza de 290,32 segundos. Datos que suponiendo un error del 5% sobre la estimación y estableciendo un nivel de confianza del 95%, permitió determinar que un tamaño mínimo de muestra representativo de los tiempos de preparación de pedidos, es de 49 datos, cálculo que se realizó con la ayuda de la fórmula para muestreo de poblaciones infinitas:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}{e^2}$$

Reemplazando con los valores mostrados en el anexo B:

$$n = \frac{(1,96)^2 (290,32)}{(0,05 * 95,4)^2}$$

$$n = 49,00$$

Sin embargo se procedió a tomar 50 datos con el fin de tomar 10 tiempos de *picking* por día durante 5 días, lo cual hace que se tenga una mayor confiabilidad sobre el resultado. Además se registro el número de referencias, y el operario que realizo cada pedido. Los datos fueron registrados en la tabla que se muestra en el anexo C.

Adicionalmente se calculó para cada pedido, un indicador del número de segundos por referencia alistada, dividiendo el tiempo total del pedido entre el número de referencias alistadas. Esto con el fin de obtener un indicador de productividad del *picking*, que permitiera comparar los tiempos antes y después del *slotting*.

Para tener una idea global de la operación se calculó un promedio general de productividad, con el cual se pudo visualizar un tiempo de 13,16 segundos/ referencia.

Así las cosas, se realizó una auditoria que permitió conocer el proceso de preparación de pedidos y el nivel de productividad de la actividad del *picking*, la cual es el principal objeto de estudio, debido al impacto que tiene en el desempeño de los almacenes.

5 CLASIFICACION ABC DE PRODUCTOS

5.1 BASE DE DATOS

Del historial de transacciones (Ver Anexo D) del almacén de Servicios farmacéuticos, se tomaron tres (3) meses de operaciones, ya que la variación de la demanda a través del año es variable y tomar un mayor número de meses, puede reducir el impacto del *slotting* en la preparación de pedidos.

El historial maneja datos como el código del artículo, el nombre, entradas y salidas, pero no cuenta con el registro de las dimensiones de los productos ni con el detalle de popularidad de los mismos en los pedidos.

Los artículos de la cadena de frío no fueron tomados en cuenta, debido a que solo existe un punto para la conservación de estos productos en el almacén y está en capacidad de almacenar la totalidad de productos con estas características. Esto se convierte en una restricción para la implementación del *slotting*.

Así las cosas, el historial está compuesto por 3.144 referencias y los movimientos que han tenido en los últimos 3 meses.

5.2 ESTADISTICOS DE ACOMODO

El historial de transacciones no cuenta con el detalle por pedidos, por lo cual no se puede establecer la popularidad de un artículo, tampoco se pueden observar las dimensiones en la base de datos lo que no permite establecer un estadístico con respecto al volumen ocupado en el almacén.

Sin embargo las salidas que tienen los productos permitieron medir la demanda de cada uno de ellos en los últimos tres (3) meses y levantar un dato estadístico sobre el comportamiento de esta variable, con la cual se tuvo argumentos numéricos para realizar una clasificación ABC de los artículos.

Adicionalmente para complementar este análisis estadístico se levantó información de características tanto de popularidad como de dimensiones, para las referencias de clase “A” según la clasificación ABC ya que estas son las que más impacto tienen en la preparación de pedidos. Información que sirvió como herramienta para la posterior asignación de ubicaciones de estos artículos en el almacén.

5.3 CLASIFICACIÓN ABC

Para realizar la clasificación ABC de los productos (Ver Anexo E), se ordenaron todas las referencias de mayor a menor en función de las salidas que tuvieron en los últimos 3 meses.

Para dimensionar el peso de cada referencia con respecto a las salidas del almacén se calculó el porcentaje de cada referencia sobre la suma total de salidas del almacén, y se calcularon los porcentajes acumulados.

Con respecto a los porcentajes acumulados se pudo establecer la clasificación de cada referencia, considerando con clasificación “A” a las referencias que acumulaban el 80% de las salidas del almacén, con clasificación “B” aquellas que acumulaban el 15%, y con clasificación “C” las referencias con el 5% restante.

El porcentaje de referencias por clasificación obtenido se encuentra resumido en la Tabla 1.

Tabla 1. Resumen clasificación ABC en función de Salidas

Clasificación ABC (Salidas)	% Salidas	Número de referencias	% De referencias
A	80%	114	3,63%
B	15%	293	9,32%
C	5%	2737	87,05%
Total general	100%	3144	100,00%

Se puede observar que el 5% de las salidas que presenta el almacén corresponden a 2737 referencias es decir 87,05% del total de referencias manejadas, lo cual indica que los artículos clasificados como de clase "C" a pesar de tener bajo movimiento, representan el mayor número de referencias del almacén. Mientras que los artículos de clase "B" solo son el 9,32% de las referencias y representan el 15% de las salidas. Las referencias clasificadas como "A" son las de mayor movimiento pues constituyen el 80% de las salidas del almacén, sin embargo solo son 114 artículos es decir el 3,63% de las referencias del almacén.

Es por esto que las referencias clase "A" son las referencias estratégicas para aumentar la productividad y reducir los tiempos y movimientos en la actividad de *picking*, ya que tienen un alto impacto en la operación, debido a que la cantidad de salidas que tienen estos productos requieren de una mayor utilización de los recursos. Es por esto que para realizar el *slotting* solo se tomaron en cuenta las referencias de clase "A" por salidas, ya que centrándose únicamente en estas 114 referencias se impactaría la operación de *picking* en el 80% de las salidas del almacén.

Adaptando el principio de Pareto podemos establecer que el 80% de la operación de *picking* se puede impactar acomodando correctamente el 3,63% de las referencias.

El gran impacto que tienen las referencias de clasificación pueden ser dimensionadas mejor mediante un diagrama de Pareto.

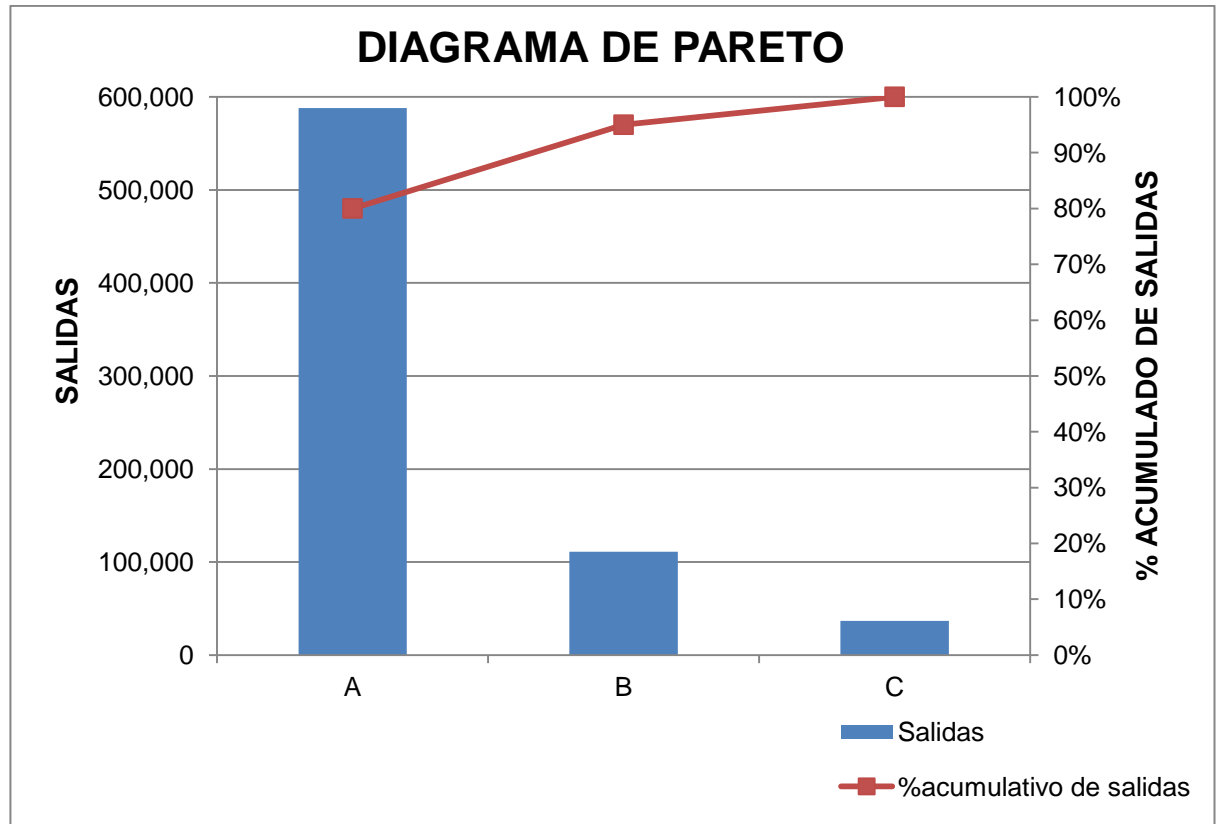


Figura 4. Diagrama de Pareto (Salidas del almacén)

Podemos observar que el 3.63% de las referencias representan el 80% de las salidas, del almacén y por lo tanto son clasificados como clase "A". Es un porcentaje bastante bajo de referencias con respecto a lo sugerido por la Ley de Pareto, la cual señala porcentajes del 20%.

6 FAMILIAS DE ARTICULOS

Con el objetivo de complementar el análisis estadístico de salidas utilizado para la clasificación ABC, se conformaron familias por modo de almacenamiento y por popularidad de forma que se tuvieran mayores herramientas para la asignación de ubicaciones a los productos.

Como se explicó anteriormente solo se analizaron los productos de clasificación "A" para la realización del *slotting*, debido al gran peso que tienen estas referencias en la operación de *picking*. Es por esto que se clasificaron en familias únicamente las 114 referencias de esta clasificación.

6.1 Familias por modo de almacenamiento

Servicios Farmacéuticos cuenta con tres (3) tipos de estantería: pastilleros, estanterías selectivas y cajoneras.

6.1.1 Pastilleros

Los pastilleros son estanterías de alta accesibilidad, ya que permiten visualizar y acceder directamente a los productos que están almacenados. En estos se almacenan artículos de tamaño pequeño como las tabletas y las ampollas, tal como se observa en la Figura 5.



Figura 5. Pastilleros

Servicios Farmaceuticos cuenta con cuatro modulos de pastilleros, cada uno con 64 ubicaciones, de las cuales 7 son compartidas entre dos modulos.

Estas estanterias son ideales para ubicar los productos de mayor movimiento, que en este caso son los que anteriormente en la clasificacion ABC, determinamos como clase "A", ya que este diseño permite una mejor visualización de las existencias y un acceso directo agil, lo que facilita la operación de *picking*.

6.1.2 Estantería selectiva

Servicios farmaceuticos tambien cuenta con estanterias convencionales las cuales permiten el almacenamiento en canastas de productos de diferentes dimensiones. Actualmente se tienen cinco (5) módulos de este tipo de estantería con capacidad de almacenamiento de 24 canastas, y otro (1) modulo con capacidad de 12 canastas.

Este tipo de de estanterías tienen buena accesibilidad y capacidad, pero no tan buena visualización como lo pastilleros, tal como se puede observar en la Figura 6.



Figura 6. Estantería convencional

6.1.3 Cajoneras

Este tipo de estantería facilita el almacenamiento de alta densidad, es decir permite almacenar gran cantidad de referencias por la gran cantidad de ubicaciones que ofrece.

Las ubicaciones en esta estantería se asignan por orden alfabético de los productos, permitiendo identificar la ubicación de cada artículo en el cajón marcado con su letra inicial.

Servicios farmacéuticos cuenta con una cajonera que permite almacenar cerca de 3.000 referencias que pueden ser modificadas, dependiendo de las divisiones que se realicen dentro de cada cajón, según los niveles de inventario que se tengan por

artículo. Además tiene cajones con diferentes dimensiones que permiten almacenar productos de gran variedad de tamaños.

La accesibilidad a este tipo de estantería no es directa debido a que se almacena en cajones, además requiere de dos búsquedas, una para identificar cajón con la letra inicial del producto y la segunda dentro del mismo cajón porque hay diferentes referencias con las mismas iniciales. Es por eso que se convierte en una operación mucho más compleja y no es recomendable almacenar productos de alto movimiento en este tipo de estanterías.



Figura 7. Cajonera

Para establecer familias por modo de almacenamiento, se clasificaron las referencias según sus dimensiones. Debido a que no se tenía información de las dimensiones de las referencias, se procedió a identificar el tamaño referencia por referencia de los productos que son de clasificación “A”. Considerando productos “PEQUEÑOS” a las referencias que permiten ser almacenadas en los pastilleros, y “MEDIANOS” a los productos que por sus dimensiones no pueden ser almacenados en este tipo de estantería (ver anexo F).

Para realizar una clasificación más sencilla a los artículos por modo de almacenamiento, se estableció que las referencias consideradas de tamaño “PEQUEÑOS” serían de familia “A” y a las consideradas “MEDIANOS” familia “B”.

Quedando las familias distribuidas como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Número de referencias por tamaño

Tamaño	Numero de referencias	% De referencias
A (PEQUEÑOS)	85	74,56%
B (MEDIANOS)	29	25,44%
Total general	114	100,00%

En la clasificación por modo de almacenamiento, que se estableció mediante el tamaño de los productos, solo 29 artículos no permiten ser almacenados en pastilleros, es decir el 25% de las referencias analizadas para realizar el *slotting*. Mientras que el 74,56% de las referencias es decir, 85 referencias si pueden ser almacenadas en este tipo de estantería.

6.2 Familias por popularidad

Adicionalmente con el fin de obtener datos de la popularidad de las referencias Pareto, se consultó con los operarios de preparación de pedidos su percepción con respecto a este factor, para cada referencia. Lo cual permitió identificar aquellas referencias que presentan un gran número de salidas pero en pocos pedidos.

De igual forma para identificar la popularidad de cada referencia, se estableció como parte de la familia "A" a las referencias consideradas por los operarios como de alta popularidad y parte de la familia "B" a las señaladas como de baja popularidad.

Para esto, los operarios identificaron la forma de salida de cada una de las referencias señalando como de alta popularidad a las referencias que según su percepción tenían salidas en gran número de pedidos y como de baja popularidad a las referencias que presentaban grandes salidas en pocos pedidos.

En la Tabla 3 se puede visualizar como quedaron conformadas las familias de acuerdo a su popularidad (ver anexo F).

Tabla 3. Número de referencias por popularidad

Popularidad	Numero de referencias	% De referencias
A	100	87,72%
B	14	12,28%
Total general	114	100,00%

Se puede observar que la gran mayoría de referencias presentan una alta popularidad ya que son el 87,72 % del total de ellas, lo que corresponde a 100 artículos. Mientras que los restantes 14 artículos, que solo representan el 12,28 % fueron clasificados como de baja popularidad.

Los artículos de alta popularidad tienden a repetirse en gran cantidad de pedidos, por lo cual demandan de un gran número de visitas a la ubicación, a la hora de realizar el *picking*, mientras que los artículos de baja popularidad tienen la característica de ser solicitados en muy pocos pedidos y por eso las visitas a sus ubicaciones tienen una menor frecuencia.

Como el objetivo era impactar la operación de *picking*, la frecuencia de visitas a la ubicación de los artículos se convirtió en un factor determinante. Por lo cual se levantó información para establecer la popularidad de los artículos, y con ello permitir identificar información que sería sesgada, si solo se analiza el estadístico de salidas.

Con los datos de popularidad se pudo identificar que hay 14 referencias que tienen un gran número de salidas pero que no requieren de un gran número de visitas a la ubicación, debido a que salen grandes volúmenes en pocos pedidos.

En la Tabla 4 se muestra el número de referencias que existen, de acuerdo a la familia por tamaño y a la familia por popularidad (ver anexo F).

Tabla 4. Número de referencias por tamaño y popularidad

	Tamaño "B"	Tamaño "A"	Total
Popularidad "A"	21	79	100
Popularidad "B"	8	6	14
Total general	29	85	114

Esta tabla es muy útil para la asignación de ubicaciones, ya que permite identificar la popularidad de los artículos según su modo de almacenamiento, lo cual es un parámetro para realizar este proceso.

Por ejemplo, nos muestra al detalle que dentro de los productos de la familia "A" por modo de almacenamiento, es decir las 85 referencias que permiten ser almacenadas

en los pastilleros, hay 6 referencias que son de baja popularidad por lo cual en el proceso de asignación de ubicaciones a este tipo de estantería, serían las últimas en ser asignadas.

6.3 Clasificación general

Finalmente se realizó una clasificación general compuesta por tres letras (ver anexo F). De tal forma que la primera letra representa la clasificación ABC por salidas, la segunda letra la familia por popularidad y la tercera letra la familia por tamaño, con el fin de poder identificar más ágilmente las características de cada artículo y facilitar con ello, el ordenamiento de los datos según los criterios seleccionados para la asignación de ubicaciones.

La Tabla 5 muestra el número de referencias que hay de acuerdo a la clasificación general que contempla la clasificación ABC, la familia por popularidad y la familia por tamaño de cada artículo.

Tabla 5. Numero de referencias por clasificación general

Clasificación General (Salidas, Popularidad, Tamaño)	Numero de referencias
AAA	79
AAB	21
ABA	6
ABB	8
Total general	114

Esta clasificación general permite sintetizar en solo cuatro clases el total de referencias, e identificar de forma abreviada las características de cada clase, en términos de la clasificación ABC y las familias a las cuales pertenecen un conjunto de artículos.

Por último, la clasificación general es un resumen que permite tener herramientas para el diseño del *slotting*.

7 DISEÑO DE SLOTTING

7.1 ZONAS DEL ALMACEN

Para realizar el diseño de un *slotting* se identificaron las zonas del almacén de acuerdo a las operaciones y actividades que se realizan en cada una de las áreas, con el fin de entender el flujo del proceso. Adicionalmente se realizó una clasificación ABC, dentro de la zona de preparación de pedidos, teniendo en cuenta parámetros de accesibilidad y cercanía al inicio del recorrido de *picking*.

La idea era configurar cuatro (4) módulos de *picking* de forma que se tuviera capacidad de tener a cuatro (4) personas haciendo *picking* al tiempo, y que cada módulo contará con exactamente las mismas referencias. Por lo cual, la cercanía al inicio del recorrido de *picking* se determinó de acuerdo a cada uno de los 4 puestos de los operarios que realizan las labores de *picking*.

En la Figura 7 se muestra el *layout* del almacén con la clasificación ABC por zonas.

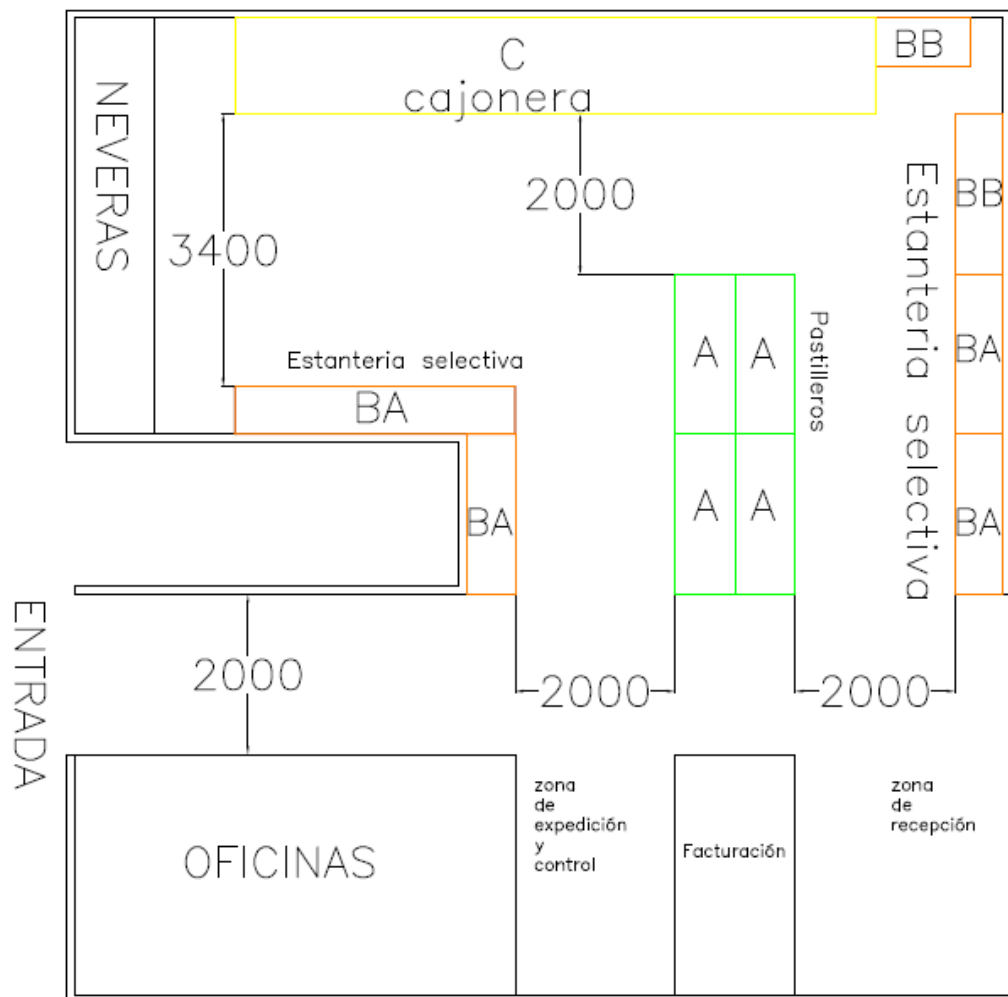


Figura 7. Layout del Almacén con clasificación de zonas

Para la configuración de los 4 módulos de *picking* se determinó como zona inicial del recorrido cada módulo de pastilleros debido a su accesibilidad, las características de popularidad y número de salidas de los productos que este tipo de estantería debe almacenar. Quedando los módulos de pastilleros con una clasificación de zona "A".

A las estanterías selectivas se les clasifico por su accesibilidad como "B", pero de acuerdo a la proximidad con los pastilleros se les adiciono una segunda letra dentro de la clasificación, de modo que a aquellas estanterías que están cerca de los módulos de pastilleros se les clasificó como "BA" y a los que se encuentran a una mayor distancia como "BB". También se tuvo en cuenta para esta clasificación, asignar un

cuerpo de estantería selectiva a cada módulo de preparación, con el objetivo de tener los 4 módulos de preparación, cada uno con una estantería selectiva y un pastillero, y que contaran exactamente con las mismas referencias.

Luego de conformar 4 módulos de *picking* con un pastillero de clase "A" y un módulo de estantería selectiva de clasificación "BA", quedaron dos módulos de estantería selectiva de clasificación "BB" que fueron utilizados como ubicaciones compartidas entre los 4 puestos de *picking*.

La cajonera también quedó con ubicaciones compartidas para los 4 puestos de *picking*, ya que esta permite almacenar gran cantidad de referencias y tiene una accesibilidad baja. Con lo cual se pudo asignar ubicaciones a las referencias que fueron clasificadas como "B" y "C" en la clasificación ABC, debido a bajo impacto en las salidas del almacén.

8 IMPLEMENTACION DE SLOTTING

8.1 ASIGNACION DE UBICACIONES

Para la asignación de ubicaciones se utilizó tanto la clasificación ABC de zonas del almacén como la clasificación general de las referencias con respecto al tamaño, la popularidad y las salidas que presentaron en los meses analizados (Ver detalle en Anexo G).

Para los artículos de clase “A” de la clasificación ABC de salidas, que son los de interés, es necesario contar con 114 ubicaciones, 85 de ellos pueden ser almacenados en los pastilleros, y 29 deben ser almacenados en estantería convencional.

Inicialmente se utilizó la clasificación por modo de almacenamiento, y dentro de cada modo de almacenamiento se asignó la ubicación según las salidas y popularidad de cada artículo.

Se tienen a disposición 4 pastilleros, y cada uno cuenta con 64 ubicaciones, estas ubicaciones fueron asignadas a los 64 artículos de categoría “AAA”, que presentan el mayor número de salidas.

Luego de asignar las ubicaciones en los pastilleros, el parámetro de tamaño del artículo deja de ser determinante, debido a que el resto de ubicaciones disponibles pueden almacenar cualquier referencia de las que están siendo analizadas para el *slotting*.

Servicios Farmacéuticos cuenta con seis módulos de estantería selectiva, de los cuales cinco pueden almacenar hasta 24 artículos, y el restante módulo almacena 12 artículos.

A las estanterías selectivas clasificadas como “BA”, fueron asignadas el resto de referencias teniendo en cuenta primero las salidas y luego la popularidad de cada una. De esta forma se conformaron 4 cuerpos de estantería convencional que tendrían

exactamente los mismos 24 artículos y 4 estanterías tipo pastilleros conformados por las mismas 64 referencias.

Los 26 artículos restantes fueron ubicados en las estanterías selectivas de clase "BB". Estas ubicaciones serían compartidas por los cuatro módulos de preparación de pedidos.

Las ubicaciones de la cajonera también fueron compartidas para los 4 módulos de preparación, en estas se almacenaron las referencias de clasificación "B" y "C", pero teniendo en cuenta únicamente el orden alfabético de los nombres de esos productos.

Dentro de cada modo de almacenamiento, se asignó la posición exacta de cada artículo, de acuerdo a las estadísticas de salidas y a la popularidad.

Para la asignación en los pastilleros, se acomodaron las referencias desde las posiciones centrales hacia los extremos, teniendo en cuenta el número de salidas, asignando entonces a la zona central los productos con mayor número salidas y a los extremos, los de menor número salidas.

En la estantería selectiva se tomó exactamente el orden que se establece en el anexo G, ubicando a los artículos de mayor número de salidas y popularidad en los niveles dos y tres, mientras que los niveles uno y cuatro se asignaron a los artículos de menor número de salidas y baja popularidad.

9 EVALUACION DE IMPACTO EN PROCESO DE PICKING

Luego de haber implementado el *slotting* se esperó una semana para tomar tiempos de *picking* con el fin de que los operarios se familiarizaran con la nueva ubicación de los productos.

Para garantizar la representatividad de los tiempos que se iban a cronometrar con el fin de establecer la productividad de la operación, se tomaron 30 datos (Ver Anexo H) que permitieran establecer una varianza muestral y una media de los tiempos de *picking*.

Con lo cual obtuvimos una media de 81,13 segundos por pedido y una varianza de 121,70 segundos, datos que suponiendo un error del 5% sobre la estimación y estableciendo un nivel de confianza del 95%, permitió determinar que un tamaño mínimo de muestra representativo de los tiempos de preparación de pedidos es de 29 datos, calculo que se realizó con la ayuda de la fórmula para muestreo de poblaciones infinitas:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}{e^2}$$

Reemplazando con los valores mostrados en el anexo H:

$$n = \frac{(1,96)^2 (121,70)}{(0,05 * 81,13)^2}$$

$$n = 28,41$$

Sin embargo se tomaron 50 tiempos de preparación de pedidos, lo cual garantiza una confiabilidad mayor en los resultados. Al igual que los tiempos que se cronometraron antes del *slotting*, se adicionó información sobre el número de referencias preparadas

por pedido y el operario que realizaba el *picking* como se puede observar en el Anexo I.

Nuevamente se calculó el tiempo de *picking* por referencia, y se obtuvo un tiempo promedio general de 10.68 segundos por referencia, que frente a los 13.16 segundos por referencia que se tenían inicialmente, representa una reducción aproximada de tiempo de *picking*, del 19%.

10 RESULTADOS

- Previo a la implementación del *slotting*, se realizó un diagnóstico al proceso de *picking* mediante un indicador de productividad con el cual se estableció un tiempo de alistamiento de 13,16 segundos por referencia.
- Se realizó una clasificación ABC basada en el histórico de transacciones de salidas del almacén, obteniendo como resultado que de las 3144 referencias, 114 (3,63%) referencias pertenecen a la clasificación “A”, 293 (9,32%) a la clasificación “B” y 2737 (87,05%) a la clasificación “C”.
- Se pudo observar que solo el 3,69% de las referencias del inventario, representan el 80% de las salidas del almacén, un porcentaje de referencias que es bastante bajo con respecto al 20% que se plantea en el principio de Pareto.
- Las referencias de clasificación “A” fueron divididas en dos (2) familias según su popularidad en los pedidos, popularidad que fue determinada por la percepción de los operarios, obteniendo que de las 114 referencias, 100 pertenecen a la Familia “A” o de alta popularidad (87,72 %), y 14 referencias a la Familia “B” o de popularidad baja (12,28 %).
- Las referencias de clasificación “A” también a su vez, fueron divididas en dos (2) familias según el tamaño, referenciando este tamaño a las características de la estantería en la cual podían ser almacenadas. Se determinó que 85 referencias (74,56%) clasifican como de **tamaño pequeño** ya que permiten ser almacenadas en los pastilleros y por tanto pertenecen a la Familia “A”. mientras que las 29 referencias restantes (25,44%) que por su tamaño no permiten ser almacenadas en los pastilleros, se clasificaron como de **tamaño mediano** y por tanto pertenecen a la Familia “B”.

- Basados en la clasificación general de los productos, la cual contempla las familias a las que pertenece cada referencia, y la clasificación de las zonas de almacenaje según su accesibilidad, se diseñaron cuatro (4) módulos de preparación de pedidos, los cuales, debido a la capacidad de las estanterías disponibles y a la cantidad de referencias, deben compartir ubicaciones de *picking*.
- Las estanterías de Servicios farmacéuticos con mayor accesibilidad son los pastilleros y la estantería selectiva. Los pastilleros cuentan con una restricción de almacenamiento debido a que el tamaño de sus ubicaciones solo permite productos de dimensiones pequeñas, tales como las tabletas y las ampollas.
- En la implementación del *Slotting* de productos, se pudo evidenciar que referencias con gran número de salidas y alta popularidad, se encontraban en ubicaciones de difícil acceso, generando un mayor tiempo de operación.
- Se determinó después de la implementación del *slotting*, un indicador de productividad del proceso de *picking*, con un resultado de 10,68 segundos/referencia. Así que la nueva asignación de ubicaciones a los artículos, teniendo en cuenta variables como las salidas, popularidad y tamaño, permitió reducir en un 19% el tiempo de *picking* por referencia, lo que representa un ahorro de aproximadamente \$96000 COP por mes .

11 CONCLUSIONES

- El diseño y la implementación del *slotting* en el Servicio farmacéutico del Hospital Pablo Tobón Uribe permito observar cómo sin grandes inversiones de capital se pueden hacer más eficientes las operaciones críticas de los almacenes.
- Establecer las variables de mayor influencia en la operación para realizar la clasificación ABC, permite obtener un mayor impacto en la misma , además complementar los datos estadísticos con la percepción de las personas que están en la operación permite identificar información que muchas veces esta sesgada por la forma en que se maneja la información de las operaciones.
- La implementación de un *slotting* debe realizarse paso a paso para no afectar de forma drástica la operación y darle un tiempo de adaptación a las personas que están a cargo de esta. además se debe tener claro el método de evaluación al proceso antes de la implementación del *slotting* para lograr ver el verdadero impacto sobre la operación.
- Se pudo observar la importancia de la calidad de la información y de los indicadores que se deben manejar en los almacenes ya que estos son la base para realizar cualquier mejora en los procesos dentro del mismo.

12 RECOMENDACIONES

- Adicionar al sistema de información, datos que permitan tener el detalle de las transacciones por pedido. Con los cuales se puedan generar más datos estadísticos para realizar un *reslotting* de manera adecuada.
- Se recomienda a Servicios farmacéuticos manejar un indicador de productividad en el proceso de *picking*, con el objetivo de monitorear los niveles de productividad de esta operación e identificar el momento de hacer un *reslotting*.

- 13 [ANEXO A. SIMBOLOGIA DIAGRAMA DE FLUJO](#)
- 14 [ANEXO B. TIEMPOS MUESTRALES INICIALES DE PICKING](#)
- 15 [ANEXO C. TIEMPOS INICIALES DE PICKING](#)
- 16 [ANEXO D. HISTORIAL DE TRANSACCIONES](#)
- 17 [ANEXO E. CLASIFICACION ABC](#)
- 18 [ANEXO F. CLASIFICACION GENERAL](#)
- 19 [ANEXO G. MODO DE ALMACENAMIENTO Y ZONA DE ALMACEN POR ARTÍCULO](#)
- 20 [ANEXO H. TIEMPOS FINALES MUESTRALES DE PICKING](#)
- 21 [ANEXO I. TIEMPOS FINALES DE PICKING](#)

22 BIBLIOGRAFÍA

Byung Soo Kim, J. S. (2011). Slotting methodology using correlated improvement for a zone-based carton. *Elsevier* , 286-295.

Cos, J. P. (1998). *Manual de Logística Integral*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.

Frazelle, E. H., & Sojo, R. (2007). *Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial*. Bogota, Colombia: Norma.

H.Ballou, R. (2004). *Logística. Administración de la Cadena de Suministro*. Mexico: Pearson Educación.

Inza, A. U. (2006). *Manual Básico De Logística Integral*. Mexico: Ediciones Diaz de Santos.

Moore, D. S. (2000). *Estadística Aplicada Básica*. New York: Antoni Bosch Editor.

OIT. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (Cuarta (Revisada) ed.). (G.

Kanawanty, Ed.) Ginebra: OIT.