



Sistema de control de inventarios para el laboratorio corporativo (sede Medellín) de la empresa Postobón S.A.

Samuel Quitian Ballestas

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Industrial

Tutor

Daniel Andrés La Rotta Forero, Magíster (MSc) en Ingeniería Industrial

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Medellín, Antioquia, Colombia

2021

Cita	(Quitian Ballestas,2021)
Referencia	Quitian Ballestas, S. (2021). <i>Sistema de control de inventarios para el laboratorio corporativo (sede Medellín) de la empresa Postobón S.A.</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas.

Jefe departamento: Mario Alberto Gaviria Giraldo.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Índice de contenido

1	Resumen	1
2	Abstract	3
4.	Objetivos	7
4.1	Objetivo general.....	7
4.2	Objetivos específicos	7
5.	Marco teórico.....	8
5.1	Inventarios	8
5.2	Sistemas de inventarios	8
5.3	Tipos de inventarios	8
5.4	Punto de re-orden.....	10
5.5	Costos de inventario.....	10
5.6	Métodos de control de inventarios.....	12
5.7	Rotación de inventarios.....	28
5.8	Lead Time.....	28
5.9	Insumos fisicoquímicos.....	28
5.10	Insumos microbiología.....	28
5.11	Medios de cultivo.....	28
5.12	Reactivos	28
6	Metodología.....	29
7	Resultados.....	33
8	Conclusiones.....	49
9	Referencias bibliográficas	51

Índice de gráficos

Gráfico 1: Modelo periodo fijo.....	13
Gráfico 2: Influencia en cuanto y cuando pedir bajo jerarquización ABC y clasificación MTS ...	16
Gráfico 3: Influencia en cuanto y cuando pedir bajo jerarquización ABC y clasificación MTO ..	16
Gráfico 4: Influencia en cuanto y cuando pedir bajo jerarquización ABC y clasificación MTF ...	17
Gráfico 5: Escalas de medición para definir criticidades.....	19
Gráfico 6: Cuanto pedir en ítems tipo Frozen.....	23
Gráfico 7: Métodos de cuanto pedir según tipo de ítem	23
Gráfico 8: Características de abastecimiento en los diferentes tipos de ítem.....	24
Gráfico 9: Frecuencias de pedido	26
Gráfico 10: Formulario recepción de reactivos y medios de cultivo.....	33
Gráfico 11: Modelo control de inventarios división de repuestos.....	35
Gráfico 12: Clasificación y organización de materiales del inventario con sus demandas	36
Gráfico 13: Criticidad materiales del inventario.....	37
Gráfico 14: Puntajes de los periodos de tiempo	38
Gráfico 15: Calculo movilidad para reactivo “AGAR YGC 1160000500”.....	38
Gráfico 16: Cálculo variabilidad para material “AGAR YGC 1160000500”	39
Gráfico 17: Cálculo correlación para material “AGAR YGC 1160000500”.....	40
Gráfico 18: Clasificación para material “AGAR YGC 1160000500”	40
Gráfico 19: Jerarquización método ABC para material “AGAR YGC 1160000500”.....	41
Gráfico 20: Pronóstico demanda materiales	41
Gráfico 21: Demandas promedio, demandas diarias, desviaciones estándar diarias.....	43
Gráfico 22: Resultados de métodos de cantidades a pedir.....	44
Gráfico 23: Resultados de Lead time y valor Z.....	45
Gráfico 24: Resultados de ROP e Inventario máximo	46
Gráfico 25: Resultados de métodos de cantidades a pedir.....	47
Gráfico 26: Formulario de búsqueda y visualización en VBA.....	48

1 Resumen

El presente trabajo de grado se basó en el diseño e implementación de un sistema de control de inventarios en el laboratorio corporativo de la empresa Postobón S.A., compañía que se dedica a la fabricación de bebidas no alcohólicas en Colombia. Este laboratorio de la compañía es el más grande y sofisticado, en él se realizan el más alto volumen de pruebas y análisis en la organización, estos testeos verifican si los parámetros de calidad e inocuidad estipulados por el gobierno son cumplidos a cabalidad, por lo que retrasos en sus actividades puede comprometer la reputación de la empresa, la salud del consumidor y acarrear con sanciones legales.

Este laboratorio no contaba con un sistema de control de inventarios, por lo que frecuentemente se presentaban excesos y faltantes en sus insumos. Los excesos ocasionaban un aumento de stock en almacenamiento y los faltantes retrasos en sus actividades de análisis de productos. El objetivo primordial de este presente trabajo de grado, fue que, mediante metodologías de control de inventarios, formular un sistema que permitiera determinar las cantidades optimas a pedir de cada ítem del inventario, haciendo posible un control de los costos asociados a los materiales, al igual que permitir un continuo abastecimiento de materiales en el laboratorio y así disminuir la probabilidad de incurrir en retrasos de sus testeos por falta de insumos en el inventario.

Para lograrlo, se procedió a revisar la literatura existente sobre sistemas de control de inventarios, al igual que estipular las características específicas que debía tener el sistema para poder ser implementado en el laboratorio objetivo. Una vez determinado el sistema que cumpliera con las características deseadas, se estimaron los parámetros y valores que el sistema requirió. Los ítems del inventario se evaluaron bajo diferentes variables técnicas, como: Movilidad, variabilidad, criticidad y correlación; las cuales determinaron una clasificación exhaustiva de cada uno de los materiales, identificando las referencias más importantes que siempre debían tener existencias en stock.

Se siguió una metodología moderna enfocada en stock cero, denominada MTS, MTO y MTF de inventarios, la cual suministro los métodos y directrices mediante los cuales se determinaron las cantidades a pedir, puntos de reorden e inventarios máximos de cada ítem. Dentro de los métodos de pedido se encontraba el famoso EOQ (Economic Order Quantity), método de asignación múltiple y balance de masas; que junto a una clasificación ABC definieron el sistema para el control del inventario dentro del laboratorio corporativo. Por último, se utilizaron formularios de Excel

como métodos de búsqueda y visualización, los cuales permitieron mayor practicidad y rapidez al momento de realizar las inspecciones del inventario, espacio en el que se determinan las cantidades a pedir.

Palabras clave: sistema inventarios, control, método mts-mto-,mtf, , push-pull-frozen, laboratorio

2 Abstract

The present degree work was based on the design and implementation of an inventory control system in the corporate laboratory of the company Postobón S.A., a company dedicated to the manufacture of non-alcoholic beverages in Colombia. This laboratory of the company is the largest and most sophisticated, in it the highest volume of tests and analyses are carried out in the organization, these tests verify if the parameters of quality and safety stipulated by the government are fully met, therefore delays in its activities can compromise the reputation of the company, the health of the consumer and lead to legal sanctions.

This laboratory did not have an inventory control system, so there were often excesses and missing inputs. The excesses caused an increase in stock in storage and the lack of delays in their product analysis activities. The primary objective of this work of degree, was that through inventory control methodologies, to formulate a system that would determine the optimal quantities to be requested for each item of the inventory, making possible a control of the costs associated with the materials, as well as allowing a continuous supply of materials in the laboratory and thus decreasing the probability of incurring delays in their tests due to lack of inputs in the inventory.

To achieve this, we proceeded to review the existing literature on inventory control systems, as well as stipulate the specific characteristics that the system must have in order to be implemented in the target laboratory. Once the system was determined to meet the desired characteristics, the parameters and values required by the system were estimated. The inventory items were evaluated under different technical variables, such as: Mobility, variability, criticality and correlation; which determined an exhaustive classification of each of the materials, identifying the most important references that should always have stocks in stock.

A modern methodology focused on zero stock, called MTS, MTO and MTF inventories, was followed, which supplied the methods and guidelines by which the quantities to be ordered, reordering points and maximum inventories of each item were determined. Among the ordering methods was the famous EOQ (Economic Order Quantity), multiple allocation method and mass balance; which together with an ABC classification defined the system for inventory control within the corporate laboratory. Finally, Excel forms were used as search and display methods, which allowed for greater practicality and speed at the time of carrying out inventory inspections, space in which the quantities to be ordered are determined.

Keywords: inventory system, control, method mts-meto-,mtf, push-pull-frozen, laboratory

3. Introducción

Con un portafolio de más de 35 marcas y 400 referencias, la empresa Postobón S.A. ha logrado posicionarse como la empresa líder del sector de bebidas no alcohólicas en el país, quedándose con una participación del 56% en el sector de bebidas refrescantes compuesta por gaseosas, sodas y aguas. (Postobón S.A., 2020). Esta empresa caracterizada por su innovación, capacidad de adaptación y compromiso con la sociedad, cuenta con más de 111 años de trayectoria y es una de las organizaciones pioneras en el desarrollo de la mayoría de categorías de bebidas no alcohólicas existentes en el mercado colombiano. Además, en el 2020 fue reconocida como la décimo sexta empresa con la mejor reputación en el país (Postobón S.A., 2020).

Para lograr ser líder del mercado de bebidas en lo que va corrido del año 2021, Postobón S.A., cuenta con 69 sedes en el país, entre plantas de producción y centros de distribución, los cuales le permiten llegar al 90% del territorio nacional. Una parte fundamental del éxito de la compañía es su robusto sistema de laboratorios, donde se realizan rigurosas pruebas, las cuales identifican si los parámetros de calidad e inocuidad de los productos producidos por la compañía, son los estipulados legalmente por las autoridades sanitarias, para no causar daños a la integridad del consumidor.

Postobón S.A cuenta con 19 laboratorios alrededor del país y un laboratorio corporativo ubicado en la ciudad de Medellín, en el cual se llevan a cabo la mayoría de pruebas y testeos de los productos. La administración de los laboratorios, es una de las actividades primordiales para garantizar la optimización de los procesos, debido al gran volumen de recursos físicos, tecnológicos, informáticos, de materiales y humanos que manejan. Por lo tanto, el control de estos recursos necesita monitoreo constante para garantizar un control eficiente y estricto de los costos, los cuales están asociados a la compra de insumos, costos de almacenamiento y costos de producción.

El laboratorio corporativo es el más sofisticado de todos y el que posee el mayor volumen de producción de testeos, en él es imperativo realizar cerca de 3200 pruebas mensuales, utilizando diferentes materias primas, sin embargo, la compañía aún no tiene implementado un sistema de control de inventarios para administrar dichos recursos; es decir, este proceso es realizado de manera empírica y únicamente se toma en consideración la experiencia del encargado del proceso. Por esta razón, es frecuente encontrar problemas relacionados con la falta o sobra de cantidades de algunos insumos, puesto que, al no contar con una planificación adecuada de la cantidad de

materiales necesarios, ocasiona un abastecimiento interrumpido de sus insumos, causando retrasos en las pruebas, generando pérdida de dinero y también de productividad.

En consideración con todo lo anterior, se evidencia una gran oportunidad de mejora en el control del inventario de insumos de los laboratorios de la empresa Postobón S.A., razón por la cual el presente trabajo de grado, tiene como objetivo desarrollar e implementar como estrategia de solución a este problema, el diseño de un Sistema de Control de Inventarios enfocado principalmente en el laboratorio corporativo-sede Medellín- de la compañía. Este sistema proporcionará las políticas operativas para mantener y controlar los insumos en existencia, adicionalmente, será responsable de determinar la frecuencia con la que se pedirán dichos insumos para mantener un determinado nivel de inventario, al igual que, proporcionará una respuesta inmediata de las cantidades óptimas a ordenar de cada ítem del inventario.

La primera fase del trabajo, consistirá en hacer una revisión bibliográfica de las metodologías clásicas de control de inventarios, determinando la metodología que mejor se adapte a los requerimientos del laboratorio, así como también encontrar un área de la compañía que tenga conocimientos en la implementación de sistemas de control de inventarios, con el fin de respaldar en la práctica el desarrollo del sistema. Luego, se registrarán y clasificarán cada uno de los insumos manejados en el laboratorio estableciendo el nivel de criticidad de cada uno; esta criticidad establece la jerarquía de importancia con la que cada insumo debe existir en el laboratorio. Una vez culminado este paso, se definirán las cantidades a pedir y la frecuencia con la que se enviarán las ordenes de pedido.

Finalmente, se implementará el sistema y se retroalimentará de las lecciones aprendidas y oportunidades de mejora que se encontrarán durante la ejecución del sistema. Este sistema será la base para el futuro pueda ser replicado y estandarizado en los laboratorios restantes de la compañía, con el fin de lograr una sinergia en el control de los inventarios por parte del área de calidad de la empresa, la cual es la responsable de la supervisión de todos los laboratorios de Postobón S.A. Cabe resaltar que este sistema de control de inventarios no contempla llevar el seguimiento de los pedidos hechos al proveedor, pero si dejará información de los mismos para ser automatizados; de tal manera que, Postobón S.A. lleve un control estricto de los pedidos, fechas y flujograma para pedir o devolver mercancía defectuosa. De igual forma, este trabajo de grado crea un avance sólido para que en el futuro otras dependencias puedan implementar sistemas de control de inventarios, que fortalezcan sus labores y alcanzar un mayor control global dentro de la empresa.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de control de inventarios para el laboratorio corporativo de la empresa Postobón S.A -sede Medellín- como base para estandarizarlo en los laboratorios restantes de la compañía.

4.2 Objetivos específicos

- Revisar y analizar la literatura existente sobre sistemas clásicos de control de inventarios.
- Comprender la manera actual como controlan el inventario en el laboratorio corporativo (sede Medellín).
- Identificar dentro de la empresa Postobón S.A un área que se caracterice por tener buenas prácticas de control de inventarios y comprender la manera como la realizan.
- Identificar el sistema de control de inventarios más adecuado a implementar en el laboratorio corporativo (sede Medellín).
- Identificar y clasificar los insumos que componen el inventario del laboratorio (sede Medellín).
- Determinar la criticidad de los insumos que componen el inventario del laboratorio corporativo.
- Determinar y estimar los parámetros necesarios del sistema de control de inventarios seleccionado que se implementará en el laboratorio corporativo (sede Medellín).
- Desarrollar método de búsqueda y visualización rápida de materiales para el sistema diseñado.

5. Marco teórico

A continuación, se expondrán los conceptos teóricos que sustentarán el trabajo de grado:

5.1 Inventarios

Chase, Jacobs y Aquilano (2009) muestran una definición simple pero poderosa “Inventario son las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización”. Otra definición de inventario vinculada al ámbito económico según García, Iván (2017) es la relación ordenada de bienes de una organización o persona, en la que además de los stocks, se incluyen también otra clase de bienes. También el proceso que recoge la relación de dichos artículos se le conoce como inventario.

5.2 Sistemas de inventarios

Un sistema de inventario es el mecanismo (proceso) a través del cual una empresa lleva la administración eficiente del movimiento y almacenamiento de las mercancías y del flujo de información y recursos que surge a partir de esto. (Castro, J. (2021)).

5.3 Tipos de inventarios

En la literatura existen una gran variedad de tipos de inventarios de acuerdo a las funciones y necesidades de una empresa. La revista Entrepreneur (“Estos son los tipos de inventario que puede tener tu negocio”), los clasifica de la siguiente manera:

5.3.1 *Inventario Perpetuo*

Es el inventario que lleva un registro detallado de las existencias en el almacén, estos registros llevan los importes en unidades monetarias y las cantidades físicas. El inventario perpetuo ofrece un alto grado de control, porque los registros de inventario están siempre actualizados.

5.3.2 *Inventario Intermitente*

Es un inventario que se efectúa varias veces al año y no se puede introducir en la contabilidad del inventario contable permanente.

5.3.3 *Inventario Final*

Es aquel que realiza el comerciante al cierre del ejercicio económico, generalmente al finalizar un periodo, y sirve para determinar una nueva situación patrimonial en ese sentido, después de efectuadas todas las operaciones mercantiles de dicho periodo.

5.3.4 *Inventario Inicial*

Corresponde al que se realiza al dar comienzos a las operaciones.

5.3.5 *Inventario Físico*

Es el inventario real. Es contar, pesar o medir y anotar todas y cada una de las diferentes clases de bienes (mercancías), que se hallen en existencia en la fecha del inventario, y evaluar cada una de dichas partidas. Se realiza como una lista detallada y valorada de las existencias.

5.3.6 *Inventario en Tránsito*

Se utilizan con el fin de sostener las operaciones para abastecer los conductos que ligan a la compañía con sus proveedores y sus clientes, respectivamente. Existen porque el material debe moverse de un lugar a otro. Mientras el inventario se encuentra en camino, no puede tener una función útil para las plantas o los clientes, existe exclusivamente por el tiempo de transporte.

5.3.7 *Inventario de Materia Prima*

Representan existencias de los insumos básicos de materiales que abran de incorporarse al proceso de fabricación de una compañía.

5.3.8 *Inventario en Proceso*

Son existencias que se tienen a medida que se añade mano de obra, otros materiales y demás costos indirectos a la materia prima bruta, la que llegará a conformar ya sea un sub-ensamble o componente de un producto terminado; mientras no concluya su proceso de fabricación, ha de ser inventario en proceso.

5.3.9 Inventarios Estacionales

Los inventarios utilizados con este fin se diseñan para cumplir más económicamente la demanda estacional variando los niveles de producción para satisfacer fluctuaciones en la demanda. Estos inventarios se utilizan para suavizar el nivel de producción de las operaciones, para que los trabajadores no tengan que contratarse o despedirse frecuentemente.

5.3.10 Inventario Permanente

Método seguido en el funcionamiento de algunas cuentas, en general representativas de existencias, cuyo saldo ha de coincidir en cualquier momento con el valor de los stocks.

5.3.11 Inventario Cíclico

Son inventarios que se requieren para apoyar la decisión de operar según tamaños de lotes. Esto se presenta cuando en lugar de comprar, producir o transportar inventarios de una unidad a la vez, se puede decidir trabajar por lotes, de esta manera, los inventarios tienden a acumularse en diferentes lugares dentro del sistema.

5.3.12 Inventario de seguridad

Chase, Jacobs y Aquilano (2009) definen el inventario de seguridad como las existencias que se manejan además de la demanda esperada.

5.3.13 Inventario máximo

Es la cantidad tope de un determinado artículo que se debe tener en almacenamiento.

5.4 Punto de re-orden

Es el nivel de existencias donde se debe de realizar el pedido para resurtir el almacén contemplando los tiempos de los proveedores y no tener problemas de abastecimiento.

5.5 Costos de inventario

Los costos de inventario son aquellos que están relacionados con el almacenamiento, aprovisionamiento y mantenimiento del inventario en determinado período de tiempo. (Castro, J. (2021)).

Existen varios costos asociados a los inventarios; Chase, Jacobs y Aquilano (2009) definen los siguientes:

5.5.1 Costos de mantenimiento (o transporte)

Esta amplia categoría incluye los costos de las instalaciones de almacenamiento, manejo, seguros, desperdicios y daños, obsolescencia, depreciación, impuestos y el costo de oportunidad del capital. Como es obvio, los costos de mantenimiento suelen favorecer los niveles de inventario bajos y la reposición frecuente.

5.5.2 Costos de configuración (o cambio de producción)

La fabricación de cada producto comprende la obtención del material necesario, el arreglo de las configuraciones específicas en el equipo, el llenado del papeleo requerido, el cobro apropiado del tiempo y el material, y la salida de las existencias anteriores. Si no hubiera costos ni tiempo perdido al cambiar de un producto a otro, se producirían muchos lotes pequeños. Esto reduciría los niveles de inventario, con un ahorro en los costos. Un desafío actual es tratar de reducir estos costos de configuración para permitir tamaños de lote más pequeños (tal es la meta de un sistema justo a tiempo).

5.5.3 Costos de pedidos

Estos costos se refieren a los costos administrativos y de oficina por preparar la orden de compra o producción. Los costos de pedidos incluyen todos los detalles, como el conteo de piezas y el cálculo de las cantidades a pedir. Los costos asociados con el mantenimiento del sistema necesario para rastrear los pedidos también se incluyen en esta categoría.

5.5.4 Costos de faltantes

Cuando las existencias de una pieza se agotan, el pedido debe esperar hasta que las existencias se vuelvan a surtir o bien es necesario cancelarlo. Se establecen soluciones de compromiso entre manejar existencias para cubrir la demanda y cubrir los costos que resultan por faltantes.

5.6 Métodos de control de inventarios

5.6.1 Método de período fijo

Chase, Jacobs y Aquilano (2009). En un sistema de periodo fijo, el inventario se cuenta sólo en algunos momentos, como cada semana o cada mes. Los modelos de periodo fijo generan cantidades de pedidos que varían de un periodo a otro, dependiendo de los índices de uso. Por lo general, para esto es necesario un nivel más alto de inventario de seguridad que en el sistema de cantidad de pedido fija. Los modelos de periodo fijo estándar suponen que el inventario sólo se cuenta en el momento específico de la revisión. Es posible que una demanda alta haga que el inventario llegue a cero justo después de hacer el pedido. Esta condición pasará inadvertida hasta el siguiente periodo de revisión; además, el nuevo pedido tardará en llegar. Por lo tanto, es probable que el inventario se agote durante todo el periodo de revisión, T , y el tiempo de entrega, L . Por consiguiente, el inventario de seguridad debe ofrecer una protección contra las existencias agotadas en el periodo de revisión mismo, así como durante el tiempo de entrega desde el momento en que se hace el pedido hasta que se recibe.

En un sistema de periodo fijo, los pedidos se vuelven a hacer en el momento de la revisión (T), y el inventario de seguridad que es necesario volver a pedir es:

Ecuación 1

Inventario de seguridad modelo periodo fijo

$$\text{Inventario de seguridad} = z\sigma_{T+L}$$

Nota. Fuente: Chase, Jacobs y Aquilano (2009).

La cantidad a pedir, q , es:

Ecuación 2

Cantidad óptima a pedir modelo periodo fijo

$$\begin{array}{rclclcl}
 \text{Cantidad de pedido} & = & \text{Demanda promedio durante el periodo vulnerable} & + & \text{Inventarios de seguridad} & - & \text{Existencias disponibles (más el pedido, en caso de haber alguno)} \\
 q & = & \bar{d}(T+L) & + & z\sigma_{T+L} & - & I
 \end{array}$$

Nota. Fuente Chase, Jacobs y Aquilano (2009).

Donde

q = Cantidad a pedir

T = El número de días entre revisiones

L = Tiempo de entrega en días (tiempo entre el momento de hacer un pedido y recibirlo).

d = Demanda diaria promedio pronosticada

z = Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

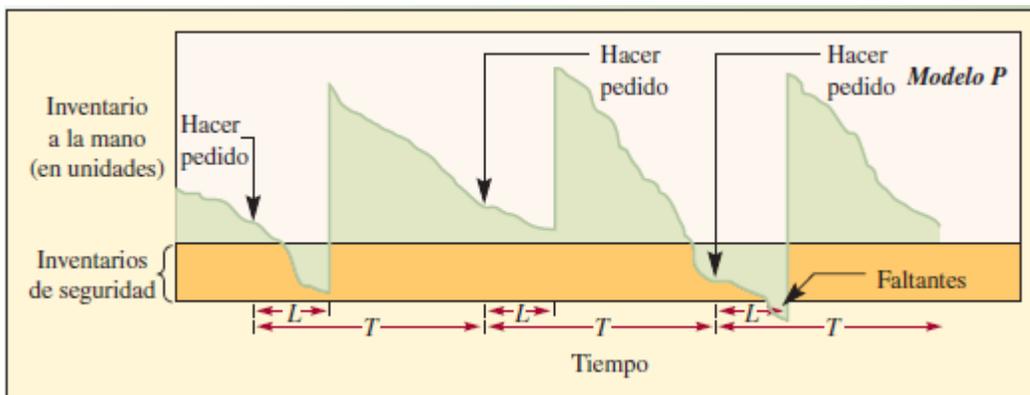
σ_{T + L} = Desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega

I = Nivel de inventario actual (incluye las piezas pedidas)

En el gráfico 1 se muestra un sistema de periodo fijo con un ciclo de revisión de T y un tiempo de entrega constante de L. En este caso, la demanda tiene una distribución aleatoria alrededor de una media d.

Gráfico 1

Modelo periodo fijo



Nota. Fuente Chase, Jacobs y Aquilano (2009).

5.6.2 Método MTS-MTO-MTF

5.6.2.1 Definiciones.

5.6.2.1.1 MTS - En inglés Make To Stock. Son referencias que por sus características, se mantienen y se desean tener en stock de forma permanente, con movimiento y rotación suficientes, al final del período o mes de abastecimiento se debe tener libres de compromiso (para atender cualquier fluctuación de la demanda) al menos el stock de seguridad (en el cual se recomienda por criterios ABC: de los Tipo A, al menos un 1.25% la demanda promedio, de los B al menos un 0.75% y de los Tipo C como mínimo un 0.30%), su nombre técnico en tecnología e innovación es Technology Push, son enviados o empujados hacia la demanda; en inventarios su denominación técnica es Control de Inventarios por Incrementos (Ballou, 2004).

5.6.2.1.2 MTO - En inglés Make To Order. Son ítem que no se desea tener en el almacén de forma permanente, solo se realiza con ellos un trasiego, se solicitan al proveedor cuando alguien de los responsables de procesos (Mantenimiento – producción – Abastecimiento) los demanda, su estancia en el almacén es temporal con tendencia a tiempos cero y es solo el instante, entre que arriban al inventario y se retiran por partes de los solicitantes. Su nombre en tecnología e innovación es demanda Pull, proceden netamente desde la demanda porque alguien los solicita, no son tan relevantes como los Push, su movimiento y rotación son bajos (nunca tan alta como los MTS). En inventarios se les especifica como Control de Inventarios por Demanda (Ballou, 2004).

5.6.2.1.3 MTF - Make To Frozen. Son elementos de inventarios totalmente en congelación, no se debe hacer nada con ellos, se procura eliminarlos de la lista de ítem del inventario, su movimiento y rotación tiene a ser ínfima o nula, solo se piden cuando se requieren de manera muy especial, solo se solicita la cantidad que se piden (lógico después de restar lo que se tenga de remanente en stock o en tránsito de pedidos), no hay abastecimiento con ellos, solo si hay una necesidad especial debidamente aprobada por el

GPI. Su denominación técnica es Play Frozen, con el fin de retirarlos o congelarlos en la lista de ítem de inventario, jamás se tendrán en tránsito temporal o en forma permanente en el almacén. En inventarios es un Control de Inventarios por Eliminación total del sistema (Mora, 2020).

5.6.2.2 Jerarquización ABC. (Se fundamenta en el principio de Pareto, el cual se denomina 80-20, donde el veinte por ciento (20%) de las referencias controlan el ochenta por ciento (80%) de la venta o demanda o consumo, con pocas referencias que representan el gran valor del inventario).

El deber ser de este proceso promulga que mediante el principio de que unos pocos artículos del stock del inventario, representan una gran cantidad del valor del mismo, es decir la relevancia de unos pocos ítems mueve e influye de manera muy significativa en la dinámica del inventario total de todas las referencias en el stock. El procedimiento consiste en establecer un criterio de priorización o jerarquización, que se denomina ABC, cuyo cálculo consiste en multiplicar la demanda media, que se obtiene por promedios móviles ((en inglés moving average) de al menos los últimos dieciocho (18) meses o su equivalente acorde a la unidad de tiempo que se maneje como período de abastecimiento) por su valor o costo, en función de que el GPI o la empresa cliente de inventarios, defina cuál de ellos es más relevante, para el cálculo de la categorización. (Mora, 2020).

5.6.2.3. Influencia en cuanto y cuando pedir bajo jerarquización ABC y clasificación MTS-MTO-MTF.

Gráfico 2

Influencia en cuanto y cuando pedir bajo jerarquización ABC y clasificación MTS

Tipo de Ítem <i>Jerarquización ABC</i>	Impacto en el Cuánto se pide	Impacto en el Cuándo se pide - Fórmula - Algoritmo
<i>Push A</i>	Requiere un 1.25 % de stock seguridad demanda promedio	No Impacta, siempre se hace periódicamente (cada mes, semana, etc.)
<i>Push B</i>	Requiere un 0.75 % de stock seguridad demanda promedio	
<i>Push C</i>	Requiere un 0.30 % de stock seguridad demanda promedio	

Nota. Fuente: Mora, (2020).

Gráfico 3

Influencia en cuanto y cuando pedir bajo jerarquización ABC y clasificación MTO

Tipo de Ítem <i>Jerarquización ABC</i>	Impacto en el Cuánto se pide	Impacto en el Cuándo se pide Fórmula - Algoritmo
<i>Pull A</i>	No Impacta el ABC, siempre es con EOQ o múltiplos positivos de el.	Demanda diaria * Tiempo de espera (<i>lead time</i> , en días) + Z * Desviación estándar censurada y queda así $dd * te + Z * DE * \sqrt{te * S_d^2 + dd^2 * S_{te}^2}$
<i>Pull B</i>		Demanda diaria * Tiempo de espera (<i>lead time</i> , en días) + Z * Desviación estándar corregida queda así $dd * te + Z * Desviación\ estándar * \sqrt{te}$
<i>Pull C</i>		Demanda diaria * Tiempo de espera (<i>lead time</i> , en días) + Z * Desviación estándar con <i>Lead Time</i> positivo
		Demanda diaria * Tiempo de espera (<i>lead time</i> , en días) con <i>Lead Time</i> cero

Nota. Fuente: Mora, (2020).

Gráfico 4

Influencia en cuanto y cuando pedir bajo jerarquización ABC y clasificación MTF

Tipo de <i>Ítem</i> <i>Jerarquización ABC</i>	Impacto en el Cuánto se pide	Impacto en el Cuándo se pide Fórmula - Algoritmo
<i>Frozen A</i>	Es un $1.07 * (\text{Pronóstico} - \text{Existencia})$. No se hace stock, ni tiene mínimos, solo se pide si lo que está es menor a lo pronosticado, solo se pide esa suma.	No Impacta el ABCD, siempre es en el mismo momento periódico coincidente, de revisión <i>Push</i> y del Criterio <i>T</i> del <i>TRM</i> de los <i>Pull</i>.
<i>Frozen B</i>	Es un $1.04 * (\text{Pronóstico} - \text{Existencia})$. No se hace stock, ni tiene mínimos, solo se pide si lo que está es menor a lo pronosticado, solo se pide esa suma.	
<i>Frozen C</i>	Es un $1.01 * (\text{Pronóstico} - \text{Existencia})$. No se hace stock, ni tiene mínimos, solo se pide si lo que está es menor a lo pronosticado, solo se pide esa suma.	

Nota. Fuente: Mora, (2020).

5.6.2.4 Criterios técnicos. En los inventarios la manera en que se demanda se convierte en un elemento esencial en la metodología MTS MTO MTF, por lo cual el criterio movilidad es de los más impactantes en las características Push, Pull y Frozen. El puntaje total de los cuatro (4) criterios técnicos, deben trabajar sobre una base numérica fácil de manejar, se sugiere sobre cien (100), aunque cada GPI de cada empresa determina la cifra que desea (Mora, 2020).

5.6.2.4.1 Movilidad. El fin último de este criterio es valorar el dinamismo en las demandas o consumos históricos y presentes de cada referencia, se efectúa en dos categorías. En la primera parte se determina el rango de tiempo a revisar, es decir el período en que se debe analizar si la referencia se mueve o no, es importante resaltar que este criterio no evalúa la cantidad de la demanda o consumo, es decir no vela por las cantidades o volúmenes demandados o solicitados, sino porque sí se mueva o no en ese lapso de tiempo (Mora, 2020).

5.6.2.4.2 Variabilidad. Se define variabilidad como la característica más relevante de inventarios, ella consiste en una relación matemática entre la desviación estándar y el promedio de la demanda histórica.

Ecuación 3

Variabilidad

$$\text{Variabilidad} = \frac{\text{Desviación estándar de la demanda histórica}}{\text{Promedio móvil de la demanda ocurrida}}$$

Nota. Fuente: Mora, (2020).

En los Push este valor siempre es inferior al 50% y en Pull (o Frozen) es mayor, hasta valores altos sin límite. No significa que haya más o menos variabilidad, porque los valores sean más altos o bajos, simplemente es, que si el valor de la variabilidad se ubica entre cero (0%) y cincuenta (50%) por ciento, se configura como Push y si está con valores superiores al 50%, su comportamiento es de Pull (o Frozen). En ocasiones es factible encontrar casos, donde la presencia del criterio técnico Variabilidad inferior al cincuenta por ciento (< 50%) es nula o escasa, en estas situaciones, es factible mejorarlo, mediante varias alternativas: la primera es aplicar la función logaritmo a los valores históricos de todas las series o referencias, la segunda es utilizar raíz octava y otra opción es sumar una constante. Cuando en las referencias de un stock del inventario, que implica un proceso (mantenimiento, operación o abastecimiento), no se cuenta con una cantidad suficiente y adecuada de ítems con variabilidades inferiores al cincuenta por ciento (50), la más adecuada e insigne de las herramientas de transformación, es la adición global y específica de una constante a todas las referencias (Mora, 2020).

5.6.2.4.3 ACF. La prueba se denomina Función de Auto-Correlación, es una metodología para ver la existencia o no de relaciones entre los mismos datos de una serie, es decir el grado relacional entre sus valores, es en una zona referencia. La función de autocorrelación, es la revisión sobre la existencia o no de correlación entre los datos propios (términos sucesivos de una serie de datos en el tiempo, retardados n (1, 2, 3, 4, ..., etcétera) períodos),

de una historia de la demanda (o consumo) de una referencia del stock del inventario, de la empresa cliente.

Desde la óptica de la Demanda, una referencia relevante, estratégica e importante para la empresa, presenta mucho dinamismo y por ende amerita estar permanentemente en el stock, esto se manifiesta con una tendencia que presenta contantemente cambios cortos en sus diferentes periodos de tiempo, a la vez que su pendiente en la tendencia, en la ecuación de regresión lineal $y = a + b \cdot t$ donde a es el intercepto, b es la pendiente y t es el tiempo donde se valora la demanda o consumo, la pendiente presenta valores significativamente altos con tendencia negativa o positiva, este valor se considera significativa cuando la pendiente es superior a $+ 0.25$ o inferior a $- 0.25$. (Mora, 2020).

5.6.2.4.4 Criticidad. Los responsables de los diferentes procesos que generan el inventario, tienen en este criterio, su espacio por excelencia para aplicar el orden jerárquico de importancia, que consideran pertinente para el momento que vive la referencia en cuestión, es acá donde plasman todas experiencias y conocimientos, que se tienen de los diferentes ítems del inventario, por lo tanto para evaluar la criticidad de los ítems del inventario según el rango que se desee escoger, se utilizan las escalas de referencia del grafico 5(Mora, 2020).

Gráfico 5

Escalas de medición para definir criticidades

Criticidad				SUGERENCIA - Puntos asignados en cada caso, sobre un máximo asumido de 10 Puntos por Criticidad		
Opciones de valoración sugeridas u otra consensuada por GPI Empresa Cliente y responsables de los procesos pertinentes, junto con empresa asesora				Para cinco (05) rangos	Para cuatro (04) rangos	Para tres (03) rangos
Importancia	Relevancia	Estrategia	Criticidad			
Muy alta	Muy relevante	Muy Estratégico	Muy Crítico	10	10	10
Alta	Relevante	Estratégico	Crítico	7	8	5
Mediana	Normal	Normal	Normal	5	4	0
Baja	Poco Relevante	Poco estratégico	Poco Crítico	3	0	
Ninguna	No Relevante	No Estratégico	No Crítico	0		

Nota. Fuente: Mora, (2020).

5.6.2.5 Clasificación del inventario en PUSH, PULL y FROZEN.

Los Rangos de Clasificación de Push, se determinan en este caso entre 100 y 47 para Push, entre 47 y 13 para Pull y los Frozen quedan entre 0 y 13 puntos. En la empresa cliente el deber ser señala que esta decisión es consensuada entre el panel de expertos, los responsables de los procesos pertinentes, otros funcionarios que la compañía cliente desee y la empresa asesora.

5.6.2.6 Métodos cuanto pedir.

5.6.2.6.1 Método de Asignación Múltiple.

Ecuación 4

Método de asignación múltiple

Cantidad a pedir por referencia individual =

- + Inventario disponible actual (en cada sitio) al final del periodo anterior calculado
- + Pedidos en tránsito que llegan en este periodo calculado
- Pronóstico (o estimado) de la demanda de este periodo en proceso
- Deudas de entrega de periodos anteriores de este ítem
- + Agotados que aún no se entregan
- + Error del periodo o mes anterior (Realidad mayor que Pronóstico)
- + Stock de seguridad estandar para cada caso si es Tipo A o B o C o D, según sea la Jerarquización ABC de tres o cuatro rangos.
- + Excesos (positivos) derivados de la asignación global
- Excesos (negativos) (recorte por presupuesto o capacidad de provisión) del global de la asignación

Nota. Fuente: Mora, (2020).

El procedimiento de cálculo en los Push, se fundamenta de la siguiente manera:

- El inventario actual de final de mes de cada referencia, viene en los datos de entrada al proceso.
- Los pedidos en tránsito, solicitados en meses anteriores, con correspondiente periodo de llegada, los traen los datos de entrada.

- El proceso de Pronósticos de demanda, da los valores de predicción de cada ítem para un número de meses futuros (incluido el del día inicial de cálculos, al principio del período) tan largo como un mes más del mayor Lead Time de todas las Referencias del stock.
- Las deudas de pedidos anteriores, que estén pendientes, vienen con los datos de entrada al proceso.
- La cantidad de agotados de cada uno de los meses anteriores (la mayor cantidad posible) es una de las cifras de los datos de ingreso a la metodología de cálculo de la cantidad a pedir en Push.
- El error del mes anterior solo existe cuando el pronóstico de demanda del mes anterior

Ecuación 5

Error del mes anterior

$$\text{Error del mes anterior} = \text{Nivel de Significancia } Z * \text{Error real mes anterior}$$

Nota. Fuente: Mora, (2020).

Donde:

- La Z se calcula a partir de la Disponibilidad asignada como deseo de tope máximo de no existencia, es decir si se desea atender en un caso extremo al menos al 85% de la Demanda o Consumo real, se selecciona un Z en la Distribución Normal si la demanda promedio es superior o igual a una (1) unidad mensual o periódica, si es inferior se utiliza el Z pero se toma de la Distribución de Poisson.
- El stock de seguridad en los *Push*, depende de la categorización ABC que se asigne a las referencias en cálculo.
- Los excesos (positivos o negativos) se trabajan a partir de la proporción de cada ítem, en el pedido global a partir de la proporcionalidad de la demanda de cada Referencia para el período en cuestión.

El método específico, consiste en valorar inicialmente el exceso (mayor o menor a la cantidad requerida de todas las referencias *MTS - Push* de ese período), luego el exceso se distribuye proporcionalmente a partir de la demanda pronosticada para el período en el cual existe el exceso o el defecto, mediante la utilización de un factor de ponderación equivalente

a la demanda de la referencia en particular, dividida entre la demanda global pronosticada (Mora, 2020).

5.6.2.6.2 Método EOQ.

Ecuación 6

Método EOQ

$$EOQ = \text{Cantidad óptima (directa o múltiplos de ella)} = \sqrt{\frac{2 * \text{Demanda Anual} * \text{Costo de Pedir}}{\text{Costo de Almacenar}}}$$

Nota. Fuente: Mora, (2020).

Donde:

La demanda anual es un promedio de n meses de pronósticos mensuales o periódicos hacia adelante y otros n meses o períodos históricos hacia atrás, para balancear el efecto.

5.6.2.6.3 Balance de masas. Es simplemente un cálculo plano, donde se debe estimar el valor a tener al final del período a calcular; si es futuro, con base a su *lead time*, pero cuando es en presente se tiene en cuenta todo lo que ha de llegar y lo que se ha de consumir en ese lapso de tiempo, en el evento de que el inventario que se tiene al final de período es negativo, solo se pide esa cantidad, para garantizar siempre un stock cero final del periodo evaluado. En el caso de que el inventario esperado al fin de período futuro o de cálculo sea cero o positivo, no se coloca ningún pedido, este método es utilizado para estimar cuanto se debe pedir en los ítems tipo Frozen, con parámetros diferentes dependiendo de su jerarquización ABC (Mora, 2020).

Gráfico 6*Cuanto pedir en ítems tipo Frozen*

Tipo de Ítem <i>Jerarquización ABC</i>	Cuánto se pide en Frozen con Jerarquización de 3 rangos ABC
<i>Frozen A</i>	Es un 1.07 *(Pronóstico – Existencia). No se hace stock, ni tiene mínimos, solo se pide si lo que está es menor a lo pronosticado, solo se pide esa suma.
<i>Frozen B</i>	Es un 1.04 *(Pronóstico – Existencia). No se hace stock, ni tiene mínimos, solo se pide si lo que está es menor a lo pronosticado, solo se pide esa suma.
<i>Frozen C</i>	Es un 1.01 *(Pronóstico – Existencia). No se hace stock, ni tiene mínimos, solo se pide si lo que está es menor a lo pronosticado, solo se pide esa suma.

*Nota. Fuente: Mora, (2020).***Gráfico 7***Métodos de cuanto pedir según tipo de ítem*

Tipo de Ítem	Método de cálculo de cuánto pedir
<i>MTS – Technology Push</i>	Asignación Múltiple Global frente al <i>EOQ</i>, el que de mayor valor
<i>MTO – Demand Pull</i>	<i>EOQ</i> - Economic Order Quantity o múltiplos de el.
<i>MTF – Play Frozen</i>	Balance de masas, estado dinámico.

Nota. Fuente: Mora, (2020).

5.6.2.7 Abastecimiento según tipo de ítem. En el gráfico 8 se definen los ítems que según sus características podrán estar en existencias dentro del almacén.

Gráfico 8*Características de abastecimiento en los diferentes tipos de ítem*

Tipo de Ítem	Objeto - Stock	Período de reabastecimiento
MTS - Technology Push	Dado que son relevantes e importantes - Mantener en stock	Periódico, constante - Mensual o semanal o diario según el caso
MTO - Demand Pull	Menos relevantes - Se pide cuando los solicitan y no hay en stock- No mantener en stock, solo de forma temporal, de trasiego.	No son periódicos, se superpone a los pedidos periódicos de los <i>Push</i> , por los controles <i>TRM</i> *
MTF - Play Frozen	Irrelevantes - Eliminarlos del portafolio Jamás mantener en stock	Nunca – Solo se piden cuando la demanda pronosticada es superior a lo que tiene.

* Control *TRM* – Time – ROP (ReOrder Point) – Maximum

Nota. Fuente: Mora, (2020).

Lo normal es que de los que se desea mantener en stock, de los Push, se pidan y se recalculen las cantidades requeridas para completar la demanda y el stock de seguridad, en ellos, es necesario que después de atender la demanda del período para el cual se estiman las cantidades que se requieren, quede totalmente libre un stock de seguridad, el cual se calcula con base en la categorización ABC, donde lo usual es, para los productos Push Tipo A, debe quedar libre al final del período un 1.25% de la demanda promedio, para los Tipo B un 0.75% y para los Tipo C, un 0.30%, en algunos casos se trabaja con cuatro o más categorías, en esos casos se distribuyen proporcionalmente entre un mínimo del 0.30% y un máximo del 1.20% de la demanda promedio.

Justamente como en los ítems tipo Push, se desea mantener stock, la cantidad a tener es el stock de seguridad, para atender cualquier fluctuación inesperada de la demanda o de los tiempos de espera (lead time) que son los dos factores que pueden alterar el pronóstico de la demanda.

De manera contraria en los Pull no se mantiene stock, las cantidades que permanecen en stock, solo trasiegan, es decir, están momentánea y temporalmente en el almacén mientras se retiran. (Mora, 2020).

5.6.2.8 Controles para los ítems MTO-PULL. Debido a que estos ítems tienen unas características de demandas bastante inestables y de manera fácil se convierten en cualquier instante en agotados o en excesos, se les controla, mediante un sistema denominado: P o Q, T, R M, o T R M; se puede coincidir el control requerido en los Pull, para que no se conviertan ni en excesos, ni en agotados, con el T R M. (Mora, 2020).

5.6.2.8.1 Q-Quantity constante-cantidad fija. Es para los casos en que la demanda es fija y los períodos o tiempos de abastecimiento P o T, varían, ocurre en los casos donde la demanda tiene unas formas de tamaños o volúmenes de tipo impositivo, por ejemplos las pipetas o bombonas de gas, de nitrógeno, de oxígeno, etcétera., en estos casos la compra siempre se hace por el tamaño de la pipeta o bombona, o sea su masa o volumen es constante. (Mora, 2020).

5.6.2.8.2 P o T-Period or Time. Tiempos o períodos constantes, son abastecimientos fijos en tiempo, ocurren cada cierto tiempo constante, por ejemplo la facturación de los servicios públicos, como: agua, energía eléctrica, gas, telefonía, etcétera. La cuenta siempre llega cada mes indiferente del consumo que tenga. (Mora, 2020).

5.6.2.8.3 R – M. Viene del inglés ROP (ReOrder Point) and Maximum, valor mínimo y máximo donde se enmarca el stock o inventario. (Mora, 2020).

5.6.2.8.4 T - R – M. En inglés Time - ROP - Maximum , en castellano es Tiempo - Punto de Re-Orden - Máximo, es la misma anterior, solo que se agrega un control por tiempo, dada la alta inestabilidad de los Pull, en cuanto a demanda, se les coloca un control por tiempo, es decir aparte de que se controla que se no pase hacia arriba del máximo (M), ni hacia abajo del Mínimo o ROP; se revisan periódicamente, entonces es allí donde se puede garantizar cierta estabilidad del stock, no de la demanda, mediante este tercer control de tiempo. (Mora, 2020).

5.6.2.9 Frecuencias de pedido. En el gráfico 9 se definen los momentos en los que se deben hacer los pedidos según las características del ítem.

Gráfico 9*Frecuencias de pedido*

Tipo de Ítem	Método de cuándo pedir – Frecuencia T (time)
<i>MTS – Technology Push</i>	Periódicamente con una frecuencia constante T
<i>MTO – Demand Pull</i>	Cuando esté el stock debajo del <i>ROP</i> , alguien solicite y ese instante T coincide con el T de los <i>Push</i>
<i>MTF – Play Frozen</i>	Cada tiempo T de los <i>Push</i> , que coincide con el de los <i>Pull</i>

Nota. Fuente: Mora, (2020).

5.6.2.10 Fórmulas estándares de ROP para categorías MTO-PULL.**5.6.2.10.1 Fórmula estándar de ROP en categorías Pull Tipo A.**

Características: Demanda y Lead time (LT) desconocidos o bastante.

Ecuación 7

Fórmula estándar de ROP en categoría Pull tipo A

$$ROP \text{ Tipo A} = dd * LT + Z * \sqrt{LT * DE \text{ de demanda}^2 + dd^2 * DE^2 \text{ de los LT}}$$

Nota. Fuente: Mora, (2020).

Dónde: dd es la demanda diaria y DE la desviación estándar.

5.6.2.10.2 Fórmula estándar de ROP en categoría Pull Tipo B.

Características: Demanda desconocidos o inestables y Lead time (LT) estable.

Ecuación 8*Fórmula estándar de ROP en categoría Pull tipo B*

$$ROP \text{ Tipo B} = dd * LT + Z * DE * \sqrt{\text{días de LT}}$$

Nota. Fuente: Mora, (2020).**5.6.2.10.3 Fórmula estándar de ROP en categoría Pull Tipo C.**

Características: Demanda inestables y Lead time (LT) estables y conocidos.

Ecuación 9*Fórmula estándar de ROP en categoría Pull tipo C*

$$ROP \text{ Tipo C} = dd * LT + Z * DE$$

Nota. Fuente: Mora, (2020).**5.6.2.11 Fórmula estándar de inventario máximo categoría MTO-PULL (Indiferentemente si es A,B o C).****Ecuación 10***Fórmula estándar de inventario máximo*

$$M = \text{Nivel máximo de inventario} = NP + Q^* - DE, \text{ con}$$

$$NP = d * LT + z * S_d + DE$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * D * S}{I * C}} = \text{Pedido óptimo al minimizar costos}$$

La Z se obtiene de la distribución normal para una probabilidad dada

DE = Déficit esperado en el peor de los eventos

S_d = desviación estándar de demanda

LT = Lead Time = Tiempo de entrega (o de espera)

Queda entonces así Máximo = ROP + EOQ + dd * LT + Z * DE

Nota. Fuente: Mora, (2020).

5.7 Rotación de inventarios

La rotación de inventario les permite a las empresas calcular la cantidad de veces en las cuales el inventario con el que dispone la compañía se vendió en un determinado periodo de tiempo. Este es uno de los indicadores más fiables para el control de gestión relacionado a la logística o para el departamento comercial de una empresa. Su utilidad radica en que permite evaluar la calidad de la gestión que se realiza en las bodegas, el proceso de abastecimiento y las prácticas de compra de la empresa. (“Rotación de Inventario: Indicador de Eficiencia”, 2020).

5.8 Lead Time

Hace referencia al tiempo que discurre desde que se genera una orden de pedido a un proveedor hasta que se entrega la mercancía de ese proveedor al cliente (puede ser un particular o una tienda) (“¿Qué es el 'lead time' en logística? Cómo optimizarlo”,2019).

5.9 Insumos fisicoquímicos

Son aquellos recursos utilizados dentro del laboratorio fisicoquímico, por ejemplo, guantes, membranas, filtros etc.

5.10 Insumos microbiología

Son aquellos recursos utilizados dentro del laboratorio microbiología, por ejemplo, guantes, hisopos, batas etc.

5.11 Medios de cultivo

Se le define como un sustrato o una solución de nutrientes que permite el desarrollo de microorganismos.

5.12 Reactivos

Son sustancias que se utilizan para llevar a cabo reacciones químicas deseadas dentro del laboratorio.

6 Metodología

A continuación, se describe cada uno de los pasos realizados y técnicas empleadas para el desarrollo del proyecto.

La etapa preliminar del trabajo consistió en revisar la literatura existente sobre sistemas de control de inventarios y de esta manera sustentar el desarrollo del presente trabajo de grado; para esto se recurrió a la búsqueda de información en repositorios y bases de datos institucionales, de igual forma los conceptos bases del trabajo se fundamentaron principalmente en varios libros reconocidos sobre control de inventarios, tales como: “Administración de operaciones producción y cadenas de suministros” Chase, Jacobs y Aquilano (2009) y “Stock cero” Mora (2020); adicionalmente se recurrió a diversos sitios web para complementar la revisión de literatura.

Posteriormente se tuvo la obligación de comprender la manera actual como se controlaba el inventario en el laboratorio corporativo, para lograr esto se acordaron dos reuniones con el jefe del laboratorio, en estas reuniones dicho jefe relató la manera como gestionaba los insumos requeridos para la realización de las actividades dentro del laboratorio, y de esa manera se pudo comprender como se realizaba en ese momento. Seguidamente se identificó un área dentro de la empresa Postobón S.A. que se caracterizara por buenas prácticas de control de inventarios, para que esta división sirviera de apoyo en el desarrollo del presente trabajo. Para lograr la identificación, se recurrió a hablar con el encargado del área de calidad a nivel nacional de la empresa, quien tiene a su cargo un gran número de empleados y posee contacto con las demás áreas de la compañía, por lo que era la persona idónea para encontrar información acerca de implementaciones ya hechas en la empresa sobre este tema en cuestión. Paralelamente se tuvo que establecer el sistema de control de inventarios que mejor se adaptara a las necesidades y requerimientos del laboratorio objetivo, por lo que se tuvo una reunión adicional con el encargado del laboratorio. De la mano con esta persona se definieron las características específicas o consideraciones, que debía tener el sistema de control de inventarios para el laboratorio corporativo, y luego con esta información se eligió el mejor sistema a implementar. Una vez ya escogido el sistema de control, se procedió a identificar cada uno de los insumos que eran parte del inventario; esto se logró extrayendo los nombres de cada uno de los materiales junto a sus respectivos códigos de identificación de un archivo de Excel, el cual fue suministrado por el jefe del laboratorio. En este archivo se encontraban los pedidos que se hacían mes a mes, en otras palabras, las demandas históricas de cada ítem, así como el respectivo

costo por unidad de cada material que también fue extraído para su posterior uso; seguidamente la información fue ubicada y organizada en un archivo de Excel diferente. Después de definir cada material que hacía parte del inventario, se determinó la criticidad de cada uno de estos, es decir, el nivel de importancia de cada ítem del inventario con respecto a las actividades diarias del laboratorio, lo que dio razón de cuáles eran los materiales imprescindibles para las actividades del laboratorio y con los que necesitaban contar siempre en stock; por lo cual se diseñó una encuesta en Excel que fue compartida con el jefe del laboratorio corporativo, en dicha encuesta debía marcar el nivel de importancia que tenían los materiales con respecto a las actividades diarias del laboratorio, basado en su experiencia y conocimiento. Estos niveles tenían una calificación cualitativa y cuantitativa, la cual fue otorgada basados en el gráfico 5 de escalas de medición de criticidad.

Luego de la etapa preliminar, se inició con una de las fases más importantes para el trabajo, la cual consistió en determinar y estimar los parámetros necesarios del sistema de control de inventarios, que se implementó en el laboratorio corporativo (sede Medellín). Como primer paso se le asignó a cada variable un puntaje sobre un máximo de cien (100) puntos, estos valores se escogieron en un consenso entre el jefe del laboratorio, la persona que brindó apoyo en la implementación del presente modelo y el encargado de replicarlo en el laboratorio corporativo (Autor del presente proyecto de grado). En el momento de estimar las variables técnicas se procedió de la siguiente manera:

Para valorar la **movilidad**, que da cuenta del dinamismo en las demandas o consumos históricos y presentes de cada referencia, primero se escogieron los rangos de tiempo a revisar, es decir el periodo de tiempo en que se analizó si la referencia de cada ítem se movía o no. Para esto se hizo un consenso entre el jefe del laboratorio, la persona que brindó apoyo en la implementación del presente modelo y el encargado de diseñarlo en el laboratorio corporativo (Autor del presente proyecto de grado). Como segundo paso se asignó a cada rango un valor máximo posible, distribuyendo el puntaje asignado del criterio movilidad entre dichos rangos; mientras menos meses tuviera el periodo de tiempo, mayor la calificación de ese rango, debido a que la movilidad estaría más actualizada.

En el cálculo de la **variabilidad** se utilizó la ecuación 3:

Ecuación 3*Variabilidad*

$$\text{Variabilidad} = \frac{\text{Desviación estándar de la demanda histórica}}{\text{Promedio móvil de la demanda ocurrida}}$$

Nota. Fuente: Mora, (2020).

Donde para calcular la desviación estándar al igual que el promedio móvil de la demanda, se utilizaron 36 meses de los 42 meses históricos, debido a que en los últimos meses la mayoría de materiales del inventario poseían demandas en cero. Cuando se calculó la variabilidad de los ítems del inventario, en la desviación estándar de la demanda histórica se utilizó la fórmula de Excel “DESVESTA”, y para el promedio móvil de la demanda ocurrida se procedió con la fórmula de Excel “PROMEDIO”, luego se le sumó una constante previamente definida. Una vez calculada, se le asignó a los ítems cuya variabilidad fuera menor a 50 % el puntaje máximo asignado a la variable variabilidad, y cero (0) a los materiales que su resultado de variabilidad fuera mayor a 50%.

Para realizar los cálculos de la función de **autocorrelación** se utilizó la fórmula de Excel “PENDIENTE()” la cual devuelve como resultado el valor de la pendiente de una serie de números. La pendiente presenta valores significativamente altos con tendencia negativa o positiva, este valor se considera significativo cuando la pendiente es superior a + 0.25 o inferior a - 0.25. En el presente trabajo se emplearon dos series de números para la demanda de cada material: La primera con la totalidad de la demanda histórica (42 meses) y la segunda con 24 meses. En el caso de que la pendiente de las dos o alguna de ellas arrojara un valor significativo, se le daba el puntaje asignado a la variable correlación, de lo contrario su puntaje era igual a cero.

Terminado la estimación de las variables técnicas, se sumaron los puntajes obtenidos por cada ítem del inventario respecto a cada una de las variables técnicas anteriormente mencionadas, para luego clasificar cada una de las referencias en “Push, Pull o Frozen” según la metodología MTO-MTS y MTF, la cual dictamina que entre 0 y 13 la referencia sería Frozen, entre 14 y 47 Pull y entre 48 y 100 Push. Luego se inició con una jerarquización en productos tipo A, B y C. Esto se hizo para cada clasificación de referencias, en la cual se determinó la participación porcentual de cada material respecto al valor total, después se sumaba los porcentajes acumulados hasta llegar a 80%, estos materiales se definieron como productos tipo A, del 80% al 95% se les clasificó como productos tipo B y el 5% restante como productos tipo C, aplicando así la clasificación ABC.

Más adelante se necesitó estimar los pronósticos de las futuras demandas para cada ítem del inventario, para esto se utilizaron las funciones de Excel “FORECAST.ETS” y “FORECAST.LINEAR”, escogiéndose el mayor de estos resultados. Paralelo a lo anterior se estimaron las demandas promedio, demandas diarias, así como sus respectivas desviaciones estándar para cada material del inventario. De igual forma se definieron los tiempos entre revisiones, que es el periodo en el que se volverá a examinar los niveles de stock, para decidir qué referencias se deben pedir y en qué cantidades. Así mismo se definió el valor Z con el cual se trabajó y de igual forma se escogió el leadtime a usarse, valores necesarios para los cálculos de los resultados que se encuentran plasmados en la siguiente sección.

Con todos los parámetros mencionados a lo largo de la metodología, se procedió a calcular los valores que alimentaron el sistema de control de inventarios del laboratorio corporativo, en esta etapa de implementación se acordaron 8 reuniones entre virtuales y presenciales con el asesor técnico del proyecto, en las cuales se presentaban avances parciales, al igual que se resolvían dudas respecto al sistema propuesto. Luego de la implementación, se diseñó un formulario en VBA de Excel, el cual fue acoplado al sistema de control de inventarios, este formulario permitió una rápida búsqueda y visualización de los materiales de los inventarios, así como posibilitó la exhibición de los stocks actuales, puntos de reorden y cantidades óptimas a pedir, brindándole mayor practicidad al sistema, reduciendo tiempos y esfuerzos en las inspecciones.

7 Resultados

En esta sección se detallarán todos los resultados obtenidos, así como sus respectivos análisis.

Los hallazgos obtenidos en la revisión de la literatura existente (objetivo específico 1), los cuales soportan la base de este trabajo de grado están plasmados detalladamente en el marco teórico. Seguido a la revisión de literatura, en las reuniones con el jefe de laboratorio para comprender la manera como controlaban el inventario (objetivo específico 2), esta persona informó que no contaban con un método establecido para gestionar el inventario, simplemente se tenía un formulario en Excel, el cual a final de mes llenaban con las posibles cantidades a necesitar de cada insumo. Estas cantidades eran determinadas de manera empírica, basados solamente en la experiencia e intuición del encargado, quien por sus años en el cargo conoce el comportamiento y posibles fluctuaciones de las demandas del inventario. Por lo tanto, estas cantidades a pedir estaban sujetas a gran incertidumbre y alta probabilidad de imprecisión, razón por la cual constantemente había faltantes o sobrantes de los materiales en el laboratorio. A continuación, en el gráfico 10 se observa el formulario de registro que se utilizaba en el laboratorio:

Gráfico 10

Formulario recepción de reactivos y medios de cultivo

CENTRO		RECEPCIÓN E INVENTARIO DE REACTIVOS Y MEDIOS DE CULTIVO						
		Clasificación y etiquetado de productos químicos Sistema globalmente armonizado (GHS - Globally Harmonized)						
		GHS03 - Oxidante	GHS05 - Corrosivo	GHS06 - Tóxico	GHS07 Tóxico, irritante, narcótico, peligroso	GHS08 Peligroso para el cuerpo, mutágeno, carcinógeno, tóxico para la reproducción		
Material	Referencia Proveed	Estado	Embalaj	Clasificación	Inspección en la Recepción	Fecha de recepci	Cantidad recibida	Cantidad en Stock
Sacarosa	1.316.211.210	Solido polvo	frasco de plástico	NA	Cumple	28/01/2021	1000g	100 g
Solución Tampon pH 2,00	1.09433.1000	Liquido	frasco de plástico	NA	Cumple	27/01/2021	1L	1L
Solución Tampon pH 2,00	1.09433.1000	Liquido	frasco de plástico	NA	Cumple	27/01/2021	2L	100 mL
Sacarosa	1.316.211.210	Solido polvo	frasco de plástico	NA	Cumple	28/01/2021	1000g	100 g
Tiras indicadoras del pH	109.530.001	tiras indicadora	Caja plastica	NA	Cumple	28/01/2021	100 Unidades	70 Unidades
Sodio hidróxido 0.1N Titripac®	1.091.411.000	Liquido	Caja carton	GHS05	Cumple	26/02/2021	10L	
Solución Tampon pH 2,00	1.09433.1000	Liquido	frasco de plástico	NA	Cumple	26/02/2021	1L	1L
Formazin Standard <0,1 NTU	2684701	Liquido	Caja plastica	GHS08	Cumple	26/02/2021	1 UNIDAD	1 UNIDAD
Formazin Standard 20 NTU	2684801	Liquido	Caja plastica	GHS08	Cumple	26/02/2021	1 UNIDAD	1 UNIDAD
Formazin Standard 100 NTU	2684801	Liquido	Caja plastica	GHS08	Cumple	26/02/2021	1 UNIDAD	1 UNIDAD

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia un formulario elemental, que cuenta con una formulación sencilla y a su vez no sigue ningún método preciso para determinar las cantidades óptimas a pedir. En conclusión, no tenían un método robusto para realizar el control del inventario, ya que no contaban con las actividades necesarias para gestionar cada material ni tampoco información sólida para la toma de decisiones. Después de la reunión con el encargado del área de calidad, cuyo fin era identificar el área con buenas prácticas en control de inventarios dentro de la compañía (objetivo específico 3), se decidió que la indicada para apoyar la realización y desarrollo del presente trabajo de grado, era la división de repuestos de la empresa. Esta división había implementado un modelo completo de control de inventarios, el cual había sido probado y testeado con gran éxito, permitiéndoles un mejor manejo y control del inventario en su respectiva área. Por lo tanto, se asignó a la persona encargada de la implementación del anterior modelo, servir como apoyo para formular el sistema idóneo de control de inventarios en el laboratorio corporativo.

Para comprender la manera como la división de repuestos desarrolló el sistema de control de inventarios aplicado en su área (objetivo específico 3), primero se procedió a conocer y estudiar el estado del arte, al igual que las teorías y autores que sirvieron como base y soporte para el desarrollo del sistema ya implementado en la división de repuestos. El anterior sistema mencionado fue basado principalmente en el libro “Stock cero” del autor Alberto Mora, el cual está enfocado en la metodología MTS, MTO y MTF expuesta en el marco teórico del presente trabajo.

Los pasos en la metodología MTS, MTO y MTF, se resumen de la siguiente manera:

1. Reconocimiento de problemas o deseo de mejoras en inventarios de repuestos, insumos, consumible de mantenimiento o de materias primas, productos terminados o en proceso de producción e insumos de operación.
2. Revisión y entendimiento de los puntos susceptibles de mejora en el sistema actual de inventarios.
3. Identificar todos los materiales que conforman el inventario.
4. Obtener las demandas históricas de los materiales que conforman el inventario.
5. Análisis total de todas las referencias. Evaluar mediante criterios técnicos, todas las referencias actuales en cuanto a rotación, movilidad, variabilidad, ACF, etc.
6. Clasificación de todas las referencias en MTS MTO MTF – Determinar cada grupo de las referencias en Push, Pull y Frozen, con valores de rangos para cada grupo, acorde a su valor de criterios técnicos, enunciados en Paso 5.

7. Estimación de las demandas de cada material del inventario.
8. Cálculos de las cantidades a pedir y el momento en el que se pedirán.

Adicionalmente, en el gráfico 11 se evidencia el modelo base con el que la división de repuestos realizaba sus controles de inventarios.

Gráfico 11

Modelo control de inventarios división de repuestos

COLUMNA #	2	5	46	47	48	49	50	51	52	53	98	113	115	118	119	126	127
Material	Texto Breve	DEMANDA	oct-20	nov-20	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	Clasificación	Jerarquización	1,019715 Valor Inventario Actual	PRONÓSTICO	SET Y RL 49	REQUERIMIENTO	ANALIZAR
1017374	RODAMIENTO 6002	16	1	0	10	0	1	0	15		B-PULL	C	\$ -	10	43	SI	
1017375	RODAMIENTO RIGIDO A BOLAS 6006	0	0	0	0	0	0	0	0		B-PULL	C	\$ -	-1	0	NO	
1017376	RODAMIENTO RIGIDO A BOLAS 6007	0	0	4	0	0	0	0	0		B-PULL	C	\$ -	0	0	NO	
1017423	RODAMIENTOS RIGIDOS DE BOLAS 6206 2RS	6	13	12	25	19	4	19	5		A-PUSH	A	\$ -	16	69	SI	
1017438	RODAMIENTO RIGIDO A BOLAS 608 2Z	0	0	1	100	4	0	0	0		B-PULL	C	\$ -	34	222	SI	
1017455	RODAMIENTO 6001Z2	10	0	0	4	0	0	34	2		B-PULL	C	\$ 15.886	2	6	SI	
1017456	RODAMIENTO 6002 2Z	10	0	0	0	0	18	0	0		B-PULL	C	\$ -	3	19	SI	
1017460	RODAMIENTO RIGIDO A BOLAS 6006-2Z	3	1	0	2	2	0	0	0		B-PULL	C	\$ 30.459	1	3	SI	
1017461	RODAMIENTO 6008 2Z C3	0	0	0	0	0	0	0	0		B-PULL	A	\$ 175.140	0	0	NO	
1017484	ROD. RIGIDO A BOLAS 6304-2Z	0	0	0	0	0	0	0	0		B-PULL	C	\$ -	0	0	NO	
1019635	VALVULA MARIPOSA 316 SS 2" BRAY SERIE 20	0	0	0	0	0	0	0	0		B-PULL	C	\$ 158.047	0	0	NO	
1019636	VALVULA MAR 316 SS EPDM 3" BRAY SERIE 20	0	0	0	0	1	0	1	0		B-PULL	A	\$ 437.000	0	0	NO	
1019715	VALVULA BOLA INOX. ROSCAR 114"	2	3	2	0	0	0	0	0		B-PULL	A	\$ 174.600	0	0	NO	

Nota. Fuente: Elaboración propia

Luego para identificar el sistema de control de inventarios que mejor se adaptara a las necesidades y requerimientos del laboratorio corporativo (objetivo específico 4), se definieron las características específicas o consideraciones que debía tener en cuenta el sistema a escoger, las cuales se establecieron a continuación:

- Los pedidos se deben realizar una vez al mes, máximo dos; esto debido a acuerdos ya establecidos de la empresa con los proveedores.
- Se deben tener la menor cantidad de stock de cada material en el laboratorio.
- En el laboratorio se realizan un gran número de pruebas y testeos en el mes, por lo tanto los empleados dentro del laboratorio ya tienen una carga elevada de trabajo, debido a esto no se hace prudente un sistema que tenga que ser revisado constantemente.

A partir de estas consideraciones y el estudio de los modelos clásicos de control de inventarios, se determinó elegir el modelo MTS, MTO y MTF adaptando conceptos del sistema clásico de control de inventarios de periodo fijo. Se escogió este modelo debido a que la metodología MTS, MTO y MTF está enfocada en tener el mínimo de stock en el inventario, además hace una clasificación muy rigurosa con un alto nivel de detalle, el cual determina cuales son las referencias más críticas y en las cuales hay que enfocarse con mayor atención, proponiendo solo inventario de seguridad en estas referencias críticas; apuntando a tener la menor cantidad de inventario. Este modelo cuenta

con controles periódicos, por lo que no es necesario realizar una revisión constante del modelo y tampoco realizar más de 2 pedidos de los ítems del inventario al mes, reduciendo carga laboral al personal del laboratorio. Adicionalmente se escogió esta metodología debido al gran impacto positivo del modelo MTS, MTO y MTF en el área de repuestos donde fue implementado el sistema mencionado.

Una vez se eligió el sistema de control de inventarios más adecuado (objetivo específico 4), se procedió a realizar la identificación y clasificación de los insumos del laboratorio (objetivo específico 5), tal como se relató en la metodología; se extrajeron los datos del archivo de Excel suministrado por el jefe del laboratorio y luego se ordenaron alfabéticamente de forma ascendente (A-Z), dando como resultado una lista con 221 ítems, donde se encuentran cada uno de los materiales que conforman el inventario del laboratorio corporativo con sus respectivas demandas históricas (42 meses). El gráfico 12, ilustra a manera de ejemplo, algunos de los materiales identificados y clasificados que componen el inventario del laboratorio.

Gráfico 12

Clasificación y organización de materiales del inventario con sus demandas

Texto Breve	DEMANDA	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19
ACEITE INMERSION ND 1.515 TIPO A NIKON		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ACIDO SULFURICO 0,02N AC20831000 SCHARLAU		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACIDO ACET GLACIAL 100% 1000632500 MERCK		0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
ACIDO ASCORBICO 1457799 HACH		0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACIDO CITRICO MONOHIDRA 1002440500 MERCK		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACIDO ORTOFOSFORICO 1005731000 MERCK		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ACIDO PERCLORICO 0.1N 1090651000 MERCK		0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
ADHES BARRA 40GR TESA STICK		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGAR BASE HC 01-298 SCHARLAU		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGAR CETRIMIDE 5284.0500 MERCK		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AGAR CHROMOCULT ES 100850.0500 MERCK		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AGAR MRS 1106600500 MERCK		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AGAR PATATA DEXTROSA 1.10130.0500 MERCK		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
AGAR PLATE COUNT 1054630500 MERCK		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
AGAR SPS 1102350500 MERCK		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AGAR SUERO DE NARANJA MERCK 1106730500		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0
AGAR YGC 1160000500		0	0	1	1	1	2	1	0	0	0	2	1	0	1	0	2	1	1
ALCOHOL ANTISEPTICO 700 ML		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALCOHOL CETONA 3:1 GRAM T5204 MOLLABS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
ALGODON		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ANAEROCULT ANAEROB 1138290001 MERCK		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
ANAEROCULT C CJX25 1162750001 MERCK		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ASAS BACTERIOLÓGICAS RECTAS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0
AUTOADHESIVOS (STICKER) (HOJA)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
AUX MACROPIPETEADOR GRIS 26200 BRAND		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Nota. Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con el objetivo de determinar la criticidad de los materiales del inventario (objetivo específico 6), se obtuvieron los resultados de la encuesta estructurada que se mencionó en la metodología, consiguiendo un valor de criticidad para cada ítem del inventario. El gráfico 13

muestra, a manera de ejemplo, se muestran algunos de los valores de criticidad asignados los ítems del inventario.

Gráfico 13

Criticidad materiales del inventario

MATERIALES INVENTARIO	Nivel de importancia				Valor cuantitativo
	Poco crítico	Normal	Crítico	Muy Crítico	
ACEITE INMERSION ND 1.515 TIPO A NIKON				X	30
ACID SULFURICO 0,02N AC20831000 SCHARLAU				X	30
ACIDO ACET GLACIAL 100% 1000632500 MERCK			X		20
ACIDO ASCORBICO 1457799 HACH		X			10
ACIDO CITRICO MONOHIDRA 1002440500 MERCK				X	30
ACIDO ORTOFOSFORICO 1005731000 MERCK				X	30
ACIDO PERCLORICO 0.1N 1090651000 MERCK			X		20
ADHES.BARRA 40GR TESA STICK		X			10
AGAR BASE HC 01-298 SCHARLAU		X			10
AGAR CETRIMIDE 5284.0500 MERCK		X			10
AGAR CHROMOCULT ES 100850.0500 MERCK		X			10
AGAR MRS 1106600500 MERCK			X		20
AGAR PATATA DEXTROSA 1.10130.0500 MERCK				X	30
AGAR PLATE COUNT 1054630500 MERCK				X	30
AGAR SPS 1102350500 MERCK				X	30
AGAR SUERO DE NARANJA MERCK 1106730500				X	30
AGAR YGC 1160000500 MERCK				X	30

Nota. Fuente: Elaboración propia

Continuando con el objetivo específico 7, se determinaron los parámetros del sistema de control de inventarios. Como primer paso se asignó el peso o puntajes a cada variable técnica sobre un máximo de cien (100) puntos, los cuales se establecieron de la siguiente manera: Movilidad 30 puntos, variabilidad 20 puntos, correlación 20 puntos y criticidad 30 puntos. Luego se calcularon las variables técnicas del proyecto de la siguiente forma:

Para obtener la variable **movilidad**, fruto del consenso entre: El jefe del laboratorio, la persona que brindó apoyo en la implementación del presente modelo y el encargado de replicarlo en el laboratorio corporativo (Autor del presente proyecto de grado), se eligieron 4 periodos de tiempo: 36 meses, 24 meses, 12 meses y 6 meses. Como segundo paso se asignó a cada rango un valor máximo posible, distribuyendo el puntaje asignado del criterio movilidad (30 puntos) entre dichos rangos, como se muestra en el gráfico 14:

Gráfico 14*Puntajes de los periodos de tiempo*

	Movilidad 36	Movilidad 24	Movilidad 12	Movilidad 6
Mínimo movimiento	50%, al menos 18 meses con movimiento	60%, al menos 15 meses con movimiento	70%, al menos 9 meses con movimiento	80%, al menos 5 meses con movimiento
Puntaje	2	3	6	9

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para poder otorgarle el puntaje estipulado a cada rango de tiempo, la referencia debe cumplir con un mínimo de movimientos en ese periodo. En el caso de la movilidad de 36 meses, para asignarle a la referencia evaluada el puntaje correspondiente (2), debe al menos tener movimiento el 50% de los meses, es decir, 18 de los 36 meses. Así mismo para las demás movilidades, se sigue el mismo proceso cumpliendo con el número mínimo de movimientos correspondientes a cada periodo de tiempo.

Posteriormente se analizó cada periodo de tiempo y se le asignó el puntaje según correspondiera, luego se sumó los resultados de cada puntaje de las movilidades 36, 24, 12 y 6 meses, obteniendo un puntaje total de movilidad. A modo práctico, en el gráfico 15, se observa un ejemplo calculando el puntaje de movilidad para el reactivo “AGAR YGC 1160000500”:

Gráfico 15*Calculo movilidad para reactivo “AGAR YGC 1160000500”*

Material	Movilidad 36	Movilidad 24	Movilidad 12	Movilidad 6	Puntaje Movilidad 36	Puntaje Movilidad 24	Puntaje Movilidad 12	Puntaje Movilidad 6	PUNTAJE TOTAL
AGAR YGC 1160000500	20	13	8	4	2	0	0	9	11

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que para el material “AGAR YGC 1160000500” en el periodo de 36 meses, se movió 20 veces, superando el mínimo movimiento de 18 meses; por lo tanto, el “puntaje movilidad 36” es de 2. En el periodo de 24 meses, se movió 13 veces, sin embargo, no alcanzó el mínimo de movimientos para ese periodo, por lo que su “puntaje movilidad 24” es 0. Así mismo se realiza el análisis para el periodo de 12 y 6 meses, cuyos puntajes fueron de 0 y 9 respectivamente. Dando como puntaje total de movilidad, un valor de 11 puntos para el reactivo “AGAR YGC 1160000500”.

En el proceso de determinar la variabilidad, se utilizó la ecuación 3 para su cálculo. Siguiendo con el ejemplo práctico, se utilizó el material “AGAR YGC 1160000500” y se calculó su variabilidad como se muestra en el gráfico 16 a continuación:

Gráfico 16

Cálculo variabilidad para material “AGAR YGC 1160000500”

Texto Breve	VARIABILIDAD	Desviación Estandar	Promedio móvil 42	Variabilidad	Puntaje Variabilidad
AGAR YGC 1160000500		0,84	50,75	1,66%	20

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se evidencia que la desviación estándar tiene un valor de 0,84 unidades, el promedio móvil un valor de 0,75 unidades que sumado a la constante escogida (50) se tuvo un valor de 50,75 unidades. Cabe resaltar que la constante podía ser cualquier número positivo, lo importante es que fuera aplicada a todos los ítems del inventario. La variabilidad para este caso arrojó un valor de 1,66%, la cual se obtuvo como se observa en la ecuación 11. Siendo menor que el 50%; se le asignó al ítem material “AGAR YGC 1160000500” el puntaje máximo de la variable técnica, el cual era 20.

Ecuación 11

Ejemplo obtención de variabilidad para reactivo AGAR YGC 1160000500

$$Variabilidad\ AGAR\ YGC\ 1160000500 = \frac{0,84}{50,75} = 0,0166 \approx 1,66\%$$

Nota. Fuente: Elaboración propia

Para hallar el valor de la correlación se ejemplificó con el material “AGAR YGC 1160000500”, en el gráfico 17 se muestran los resultados obtenidos en el sistema:

Gráfico 17

Cálculo correlación para material “AGAR YGC 1160000500”

Texto Breve	CORRELACIÓN	Pendiente 42	Pendiente 24	Puntaje correlación
AGAR YGC 1160000500		0,01	0,03	0

Nota. Fuente: Elaboración propia

Los resultados como se observa en el gráfico 17 son: Para la pendiente de 42 meses obtuvo un valor de 0,01 y para el periodo de 24 meses un valor de 0,03, en ambos casos no fue significativa ya que no fueron superiores a + 0.25 o inferiores a - 0.25. Por lo tanto, su puntaje de correlación fue igual a cero.

Posterior a tener los resultados de las variables técnicas, se hizo la clasificación de cada uno de los ítems del inventario. En el gráfico 18 se evidencia la clasificación obtenida por el material “AGAR YGC 1160000500”, a modo de ilustración.

Gráfico 18

Clasificación para material “AGAR YGC 1160000500”

Texto Breve	Puntaje Movilidad	Puntaje Variabilidad	Puntaje Criticidad	Puntaje correlación	Total Puntaje	Clasificación
AGAR YGC 1160000500	11	20	30	0	61	A-PUSH

Nota. Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el gráfico 18, el puntaje total para el material de ejemplo es de 61 unidades, ya que es la suma de sus variables técnicas. Según la metodología MTO, MTS y MTF, si el puntaje total esta entre 0 y 13 la referencia sería Frozen, entre 14 y 47 Pull y entre 48 y 100 Push. Por lo tanto, como la referencia obtuvo un puntaje total de 61, se concluye que es Push.

Una vez se categorizaron todas las referencias, se procedió a jerarquizarlas en productos tipo ABC. Esto se hizo obteniendo la participación porcentual de las referencias, después se sumaba los porcentajes acumulados hasta llegar a 80%, estos materiales se definieron como productos tipo A,

del 80% al 95% se les clasificó como productos tipo B y el 5% restante como productos tipo C. En el gráfico 19, a modo de ejemplificación se observa la clasificación para el material “AGAR YGC 1160000500”:

Gráfico 19

Jerarquización método ABC para material “AGAR YGC 1160000500”

	A-PUSH	\$ 838.058		Jerarquización
Texto Breve	Valor Total	Percentil	Orden	
AGAR YGC 1160000500	\$ 348.013	41,53%	1	A

Nota. Fuente: Elaboración propia

En el caso del material “AGAR YGC 1160000500” su participación fue de 41,53%, por lo tanto, su jerarquización se definió como tipo A ya que era menor al 80% acumulado. De igual forma se ordenaron todos los ítems según su participación de mayor a menor, siendo en este caso el material “AGAR YGC 1160000500” el primero, en otras palabras, obtuvo la mayor participación.

Posteriormente se calcularon los pronósticos para los materiales, utilizando las fórmulas de Excel. Se procedió con regresión lineal y suavización exponencial simple, ya que las demandas eran constantes en el tiempo y no tenían estacionalidades ni tendencias. A continuación, en el gráfico 20 se observa el pronóstico de las demandas de algunos materiales del inventario para el mes de Septiembre de 2021:

Gráfico 20

Pronóstico demandas materiales

	PRONÓSTICO
Texto Breve	Septiembre
ACEITE INMERSION ND 1.515 TIPO A NIKON	0
ACID SULFURICO 0,02N AC20831000 SCHARLAU	0
ACIDO ACET GLACIAL 100% 1000632500 MERCK	0
ACIDO ASCORBICO 1457799 HACH	0
ACIDO CITRICO MONOHIDRA 1002440500 MERCK	0
ACIDO ORTOFOSFORICO 1005731000 MERCK	0
ACIDO PERCLORICO 0.1N 1090651000 MERCK	0
ADHES.BARRA 40GR TESA STICK	0
AGAR BASE HC 01-298 SCHARLAU	0
AGAR CETRIMIDE 5284.0500 MERCK	0
AGAR CHROMOCULT ES 100850.0500 MERCK	0
AGAR MRS 1106600500 MERCK	0
AGAR PATATA DEXTROSA 1.10130.0500 MERCK	0
AGAR PLATE COUNT 1054630500 MERCK	0
AGAR SPS 1102350500 MERCK	0
AGAR SUERO DE NARANJA MERCK 1106730500	1
AGAR YGC 1160000500 MERCK	2
ALCOHOL ANTISEPTICO 700 ML	5
ALCOHOL CETONA 3:1 GRAM T5204 MOLLABS	0
ALGODON	0
ANAEROCULT ANAEROB 1138290001 MERCK	0,5
ANAEROCULT C CJX25 1162750001 MERCK	0
ASAS BACTERIOLÓGICAS RECTAS	0
AUTOADHESIVOS (STICKER) (HOJA)	743
AUX MACROPIPETEADOR GRIS 26200 BRAND	0

Nota. Fuente: Elaboración propia

Más adelante se calcularon las demandas promedios, demandas diarias y las desviaciones estándar diarias para cada material. Las demandas promedio se obtuvieron utilizando la función “=PROMEDIO (Rango de meses)”, la cual promedió las demandas de los últimos 36 meses. Después se dividió entre 30 para obtener las demandas diarias. Para conseguir las desviaciones estándar diarias se utilizó la fórmula de Excel “=DESVESTA(Rango de meses) utilizando los últimos 36 meses, luego se dividió entre 30 y así dio como resultado las desviaciones estándar diarias. En el gráfico 21 se puede observar los resultados para algunos de los materiales del inventario:

Gráfico 21*Demandas promedio, demandas diarias, desviaciones estándar diarias*

Texto Breve	Demanda promedio	Demanda diaria	Desviacion Estandar Demanda DIARIA
ACEITE INMERSION ND 1.515 TIPO A NIKON	0,03	0,001	0,006
ACID SULFURICO 0,02N AC20831000 SCHARLAU	0,03	0,001	0,006
ACIDO ACET GLACIAL 100% 1000632500 MERCK	0,08	0,003	0,012
ACIDO ASCORBICO 1457799 HACH	0,06	0,002	0,008
ACIDO CITRICO MONOHIDRA 1002440500 MERCK	0,06	0,002	0,008
ACIDO ORTOFOSFORICO 1005731000 MERCK	0,06	0,002	0,008
ACIDO PERCLORICO 0.1N 1090651000 MERCK	0,08	0,003	0,012
ADHES.BARRA 40GR TESA STICK	0,03	0,001	0,006
AGAR BASE HC 01-298 SCHARLAU	0,17	0,006	0,017
AGAR CETRIMIDE 5284.0500 MERCK	0,06	0,002	0,008
AGAR CHROMOCULT ES 100850.0500 MERCK	0,14	0,005	0,012
AGAR MRS 1106600500 MERCK	0,08	0,003	0,009
AGAR PATATA DEXTROSA 1.10130.0500 MERCK	0,11	0,004	0,011
AGAR PLATE COUNT 1054630500 MERCK	0,31	0,010	0,016
AGAR SPS 1102350500 MERCK	0,11	0,004	0,011
AGAR SUERO DE NARANJA MERCK 1106730500	0,44	0,015	0,024
AGAR YGC 1160000500	0,75	0,026	0,028
ALCOHOL ANTISEPTICO 700 ML	1,44	0,048	0,093
ALCOHOL CETONA 3:1 GRAM T5204 MOLLABS	0,06	0,002	0,008
ALGODON	0,22	0,007	0,021
ANAEROCULT ANAEROB 1138290001 MERCK	0,22	0,008	0,018
ANAEROCULT C CJX25 1162750001 MERCK	0,11	0,004	0,011
ASAS BACTERIOLÓGICAS RECTAS	0,42	0,014	0,061
AUTOADHESIVOS (STICKER) (HOJA)	1111,39	37,046	222,221
AUX MACROPIPETEADOR GRIS 26200 BRAND	0,03	0,001	0,006

Nota. Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se definió un tiempo entre revisiones de 30 días, el cual fue concertado entre el jefe del laboratorio, la persona que brindó apoyo en la implementación del presente modelo y el encargado de diseñarlo en el laboratorio corporativo (Autor del presente proyecto de grado). Luego se procedió a estimar el inventario de seguridad; para esto se utilizó la metodología MTO,MTS y MTF, la cual estipula que solo los ítems clasificados como push deben tener inventario de seguridad y este se calcula con base en la categorización ABC, donde los usual es que para los productos Push tipo A, debe quedar libre al final del período un 1.25% de la demanda promedio, para los tipo B un 0.75% y para los tipo C, un 0.30%. En el gráfico 22 se evidencia los inventarios de seguridad obtenidos para algunos ítems del inventario.

Gráfico 22*Resultados de métodos de cantidades a pedir*

Texto Breve	Clasificación	Jerarquización	Inventario Seguridad
ESTANDAR HIERRO 1,0mg/L 1330200100 MERCK	B-PULL	A	0
ESTANDAR MANGA 0,05mg/L 1322370100 MERCK	B-PULL	B	0
EXTRAN NEUTRO 1075535000 MERCK	B-PULL	B	0
FENOLFTALEINA INDICAD 1072330100 MERCK	B-PULL	B	0
FILTER WHITE 6550 NEOGEN X 50	A-PUSH	A	32,64
FILTRO AUXPIP ACCUJET 0.2 UM 26530 BRAND	A-PUSH	C	0,42
FILTRO UNIVERSAL CARBOQC 25483 ANTONPAAR	B-PULL	A	0
FILTROS X 20 UN 26-292 P/REFRACT. RFM340	B-PULL	B	0
FRAS.PLASTICO COLILERT SIN TIOSULF.100ML	A-PUSH	C	66,67
FRASCO DE VIDRIO READYCULT 100ML X24 ud	B-PULL	B	0
FRASCO LAVADOR 1L 144162 BRAND	B-PULL	C	0
FRASCO LAVADOR 500ML 1441 54 BRAND	B-PULL	C	0
FRASCO TAPA AZUL 100ML	B-PULL	C	0
FRASCO TAPA AZUL 1L	B-PULL	C	0
FRASCO TAPA AZUL 250ML	B-PULL	C	0
FRASCO VID TA 500 ml 218014401 DURAN	A-PUSH	C	0,42
GLICEROL (GLICERINA) GL00261000 SCHARLAU	B-PULL	B	0
GORRO REDONDO BLANCO PAQ X 100 UND	B-PULL	C	0
GRAPA 26X6MM GALVANIZADA X 5000 UND	B-PULL	C	0
GUANTE NITRILO KLEENGUARD G10 T:S X100 (jur	B-PULL	C	0
GUANTE NITRILO TALLA M CAJA X 100 UND	B-PULL	C	0
GUANTE NITRILO TALLA S CAJA X 100 UND	A-PUSH	C	0,33
GUANTE NITRILO TALLA L CAJA X 100 UND	A-PUSH	C	0,48
GUANTE VINILO TALLA S	B-PULL	C	0
HISOPO SLN SRK ANNAR 922C 10ml X50 COPAN	B-PULL	A	0

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se estipuló el valor de $Z = 1,84$ para todos los materiales, con base en un nivel de confianza de 95%; así mismo se estableció un Lead time para cada material, estos valores fueron suministrados por el jefe del laboratorio. En el gráfico 23 se observan los valores del Lead time y el valor Z para algunos ítems. Estos datos fueron utilizados en las fórmulas de ROP, Inventario máximo y los métodos de cuanto pedir.

Gráfico 23*Resultados de Lead time y valor Z*

Texto Breve	Leadtime	Valor Z: (95%)
ACEITE INMERSION ND 1.515 TIPO A NIKON	20	1,64
ACID SULFURICO 0,02N AC20831000 SCHARLAU	15	1,64
ACIDO ACET GLACIAL 100% 1000632500 MERCK	7	1,64
ACIDO ASCORBICO 1457799 HACH	7	1,64
ACIDO CITRICO MONOHIDRA 1002440500 MERCK	7	1,64
ACIDO ORTOFOSFORICO 1005731000 MERCK	10	1,64
ACIDO PERCLORICO 0.1N 1090651000 MERCK	10	1,64
ADHES.BARRA 40GR TESA STICK	7	1,64
AGAR BASE HC 01-298 SCHARLAU	7	1,64
AGAR CETRIMIDE 5284.0500 MERCK	7	1,64
AGAR CHROMOCULT ES 100850.0500 MERCK	7	1,64
AGAR MRS 1106600500 MERCK	7	1,64
AGAR PATATA DEXTROSA 1.10130.0500 MERCK	7	1,64
AGAR PLATE COUNT 1054630500 MERCK	7	1,64
AGAR SPS 1102350500 MERCK	7	1,64
AGAR SUERO DE NARANJA MERCK 1106730500	7	1,64
AGAR YGC 1160000500 MERCK	7	1,64
ALCOHOL ANTISEPTICO 700 ML	3	1,64
ALCOHOL CETONA 3:1 GRAM T5204 MOLLABS	3	1,64
ALGODON	2	1,64
ANAEROCULT ANAEROB 1138290001 MERCK	7	1,64
ANAEROCULT C CJX25 1162750001 MERCK	7	1,64
ASAS BACTERIOLÓGICAS RECTAS	7	1,64
AUTOADHESIVOS (STICKER) (HOJA)	2	1,64
AUX MACROPIPETEADOR GRIS 26200 BRAND	7	1,64

Nota. Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 24 se observan los valores arrojados en los cálculos de ROP e inventario máximo para una parte de los ítems, los valores del ROP se fundamentaron en las fórmulas estándares de ROP para categorías MTO-PULL, registradas en el marco teórico, y para los valores del inventario máximo se utilizó la fórmula estándar de inventario máximo categoría MTO-PULL (Indiferentemente si es A, B o C).

Gráfico 24*Resultados de ROP e Inventario máximo*

Texto Breve	Clasificación	ROP	Inventario Máximo
ACEITE INMERSION ND 1.515 TIPO A NIKON	B-PULL	0,73	0,77
ACID SULFURICO 0,02N AC20831000 SCHARLAU	B-PULL	0,28	0,32
ACIDO ACET GLACIAL 100% 1000632500 MERCK	B-PULL	1,62	1,71
ACIDO ASCORBICO 1457799 HACH	B-PULL	1,02	1,08
ACIDO CITRICO MONOHIDRA 1002440500 MERCK	B-PULL	1,02	1,08
ACIDO ORTOFOSFORICO 1005731000 MERCK	B-PULL	1,02	1,08
ACIDO PERCLORICO 0.1N 1090651000 MERCK	B-PULL	1,62	1,71
ADHES.BARRA 40GR TESA STICK	B-PULL	0,73	0,77
AGAR BASE HC 01-298 SCHARLAU	B-PULL	2,24	2,36
AGAR CETRIMIDE 5284.0500 MERCK	B-PULL	1,02	1,08
AGAR CHROMOCULT ES 100850.0500 MERCK	B-PULL	1,55	1,64
AGAR MRS 1106600500 MERCK	B-PULL	1,24	1,30
AGAR PATATA DEXTROSA 1.10130.0500 MERCK	B-PULL	1,41	1,49
AGAR PLATE COUNT 1054630500 MERCK	A-PUSH	0	0,11
AGAR SPS 1102350500 MERCK	B-PULL	1,41	1,49
AGAR SUERO DE NARANJA MERCK 1106730500	A-PUSH	0	1,18
AGAR YGC 1160000500 MERCK	A-PUSH	0	2,21
ALCOHOL ANTISEPTICO 700 ML	A-PUSH	0	5,69
ALCOHOL CETONA 3:1 GRAM T5204 MOLLABS	B-PULL	1,02	1,08
ALGODON	B-PULL	1,10	1,25
ANAEROCULT ANAEROB 1138290001 MERCK	B-PULL	2,40	3,04
ANAEROCULT C CJX25 1162750001 MERCK	B-PULL	1,41	1,49
ASAS BACTERIOLÓGICAS RECTAS	B-PULL	3,12	3,57
AUTOADHESIVOS (STICKER) (HOJA)	B-PULL	11192,58	13568,90
AUX MACROPIPETEADOR GRIS 26200 BRAND	B-PULL	0,73	0,77

Nota. Fuente: Elaboración propia

Finalizando la implementación del sistema de control de inventarios, se calcularon las cantidades a pedir según cada método expuesto en el marco teórico. En el caso del método MA se utilizó la ecuación 4. Para el caso de las cantidades a pedir por el método EOQ, se recurrió a la ecuación 6; y en el desarrollo del método de balance de masas, el cual solo es utilizado en las referencias catalogadas como Frozen, se emplearon las fórmulas del gráfico número 6. Los resultados de los métodos para algunos ítems del inventario se presentan en el gráfico 24, a continuación:

Gráfico 25

Resultados de métodos de cantidades a pedir

Texto Breve	Clasificación	Jerarquización	Método MA	Método EOQ	Método Balance Masas	CUANTO PEDIR
ACEITE INMERSION ND 1.515 TIPO A NIKON	B-PULL	B	0	0,00	0	0,00
ACID SULFURICO 0,02N AC20831000 SCHARLAU	B-PULL	C	0	0,00	0	0,00
ACIDO ACET GLACIAL 100% 1000632500 MERCK	B-PULL	B	0	0,59	0	0,59
ACIDO ASCORBICO 1457799 HACH	B-PULL	B	0	0,59	0	0,59
ACIDO CITRICO MONOHIDRA 1002440500 MERC	B-PULL	B	0	0,59	0	0,59
ACIDO ORTOFOSFORICO 1005731000 MERCK	B-PULL	A	0	0,59	0	0,59
ACIDO PERCLORICO 0.1N 1090651000 MERCK	B-PULL	A	0	0,59	0	0,59
ADHES.BARRA 40GR TESA STICK	B-PULL	A	0	0,00	0	0,00
AGAR BASE HC 01-298 SCHARLAU	B-PULL	A	0	1,10	0	1,10
AGAR CETRIMIDE 5284.0500 MERCK	B-PULL	A	0	0,59	0	0,59
AGAR CHROMOCULT ES 100850.0500 MERCK	B-PULL	A	0	0,96	0	0,96
AGAR MRS 1106600500 MERCK	B-PULL	A	0	0,00	0	0,00
AGAR PATATA DEXTROSA 1.10130.0500 MERCK	B-PULL	A	0	0,80	0	0,80
AGAR PLATE COUNT 1054630500 MERCK	B-PULL	A	0	1,21	0	1,21
AGAR SPS 1102350500 MERCK	B-PULL	A	0	0,00	0	0,00
AGAR SUERO DE NARANJA MERCK 1106730500	B-PULL	A	1	1,50	0	1,50
AGAR YGC 1160000500	A-PUSH	A	1	2,11	0	2,11
ALCOHOL ANTISEPTICO 700 ML	A-PUSH	C	5	3,88	0	4,57
ALCOHOL CETONA 3:1 GRAM T5204 MOLLABS	B-PULL	B	0	0,59	0	0,59
ALGODON	B-PULL	C	0	1,10	0	1,10
ANAEROCULT ANAEROB 1138290001 MERCK	B-PULL	B	1	0,96	0	0,96
ANAEROCULT C CJX25 1162750001 MERCK	B-PULL	B	0	0,96	0	0,96
ASAS BACTERIOLÓGICAS RECTAS	B-PULL	C	0	1,21	0	1,21
AUTOADHESIVOS (STICKER) (HOJA)	B-PULL	C	743	0,00	0	743,00
AUX MACROPIPETEADOR GRIS 26200 BRAND	B-PULL	B	0	0,00	0	0,00

Nota. Fuente: Elaboración propia

Se observa que dependiendo de la clasificación del ítem se escoge el método con el que se va a pedir, esta decisión es basada en el gráfico 7 expuesto en el marco teórico. Cabe resaltar que se hizo una modificación en cuanto a los productos catalogados como “B-PULL”, y fue que, al momento de pedir estas cantidades, se escogió el mayor valor entre el método MA y el método EOQ, así como se hace en los productos tipo “A-PULL”. Esta modificación se hizo para garantizar una mayor probabilidad de no tener agotados en estas referencias.

Finalmente, para facilitar el uso del sistema propuesto, se desarrolló un método de búsqueda y visualización de los datos (objetivo específico 8), se diseñó el formulario que se observa en el gráfico 26. Para su creación se utilizó el desarrollador de Excel denominado VBA. Este formulario permitió disminuir los tiempos y esfuerzos en la búsqueda de información acerca de las cantidades a pedir, los niveles de stock y los puntos de reorden de cada ítem del inventario; permitiendo mayor practicidad y eficiencia al sistema de control de inventarios del laboratorio corporativo.

Gráfico 26*Formulario de búsqueda y visualización en VBA*

FORMULARIO DE BÚSQUEDA X

ORDENAR COLUMNAS POR

Punto de Reorden

Cuanto Pedir

Texto

BÚSQUEDA POR NOMBRE

BÚSQUEDA POR CÓDIGO

Código	Texto	Stock Actual	Punto Reorden	Cuanto Pedir
1307202	ACEITE INMERSION ND 1.515 TIPO A N	0	3,17	0,29
1435251	ACID SULFURICO 0,02N AC20831000 S	0	0,80	0,15
1301095	ACIDO ACET GLACIAL 100% 10006325	0	1,78	0,53
1343265	ACIDO ASCORBICO 1457799 HACH	0	0,49	0,37
1319800	ACIDO CITRICO MONOHIDRA 1002440	0	2,11	0,48
1310292	ACIDO ORTOFOSFORICO 1005731000	0	5,24	2,87
1310292	ACIDO ORTOFOSFORICO 1005731000	0	2,09	0,48
1301101	ACIDO PERCLORICO 0.1N 1090651000	0	1,78	0,53
1301249	ADHES.BARRA 40GR TESA STICK	0	17,24	3,62
1301249	ADHES.BARRA 40GR TESA STICK	0	0,80	0,15
1444048	AGAR BASE HC 01-298 SCHARLAU	0	4,66	1,04
1197546	AGAR CETRIMIDE 5284.0500 MERCK	0	2,11	0,48
1347145	AGAR CHROMOCULT ES 100850.0500 M	0	2,93	0,69
1301108	AGAR MRS 1106600500 MERCK	0	3,65	0,44
1201270	AGAR PATATA DEXTROSA 1.10130.050	0	2,93	0,69
1301109	AGAR PLATE COUNT 1054630500 MERC	0	1,60	0,96
1301110	AGAR SPS 1102350500 MERCK	0	4,27	0,51

Nota. Fuente: Elaboración propia

8 Conclusiones

Es inesperado que una empresa de la jerarquía de Postobón, no haya implementado con anterioridad un sistema de control de inventarios en sus laboratorios, sin embargo, reconocieron la relevancia de tener un sistema que permitiera el control de las cantidades a pedir y así llevar un registro detallado de los costos asociados a estos insumos. A través del desarrollo de este trabajo de grado se evaluó la forma como se controlaban los inventarios en el laboratorio corporativo, además de sus procesos internos y gestiones de pedido de insumos; con esta información se estipularon las características específicas, consideraciones y parámetros que se debía tener en cuenta para diseñar un sistema completo de control de inventarios en el laboratorio objetivo. Se logró formular e implementar un sistema de control de inventarios, basado en métodos profesionales, que le permitirá a la compañía soportar las decisiones de pedidos de cada insumo, brindando una mejor precisión en los niveles adecuados de stock de cada material y esto a su vez permite un control de los costos asociados al inventario, adicionalmente ofrece un continuo abastecimiento de insumos evitando pausas en los análisis y testeos por falta de los mismos.

Uno de los obstáculos más grandes que se enfrentó al momento de diseñar el sistema de control de inventarios, fue no contar con implementaciones o aproximaciones previas de estos sistemas de control en el laboratorio corporativo, sin embargo, se logró adaptar una metodología moderna que ya había sido implementada en otra división de la empresa. Algo muy importante a tener en cuenta es que implementar las teorías y metodologías en la práctica, requiere que la persona encargada de diseñar el sistema de control de inventarios, posea elevado nivel de análisis y adaptabilidad. Debido a que cada sector, empresa y proceso, tiene características intrínsecas específicas, que ocasionan que las teorías clásicas y modernas de control de inventario sufran modificaciones. Por lo tanto, es importante determinar las consideraciones que requiera cada objeto de estudio. Adicionalmente muchas veces por practicidad se deben agregar, modificar o eliminar algunos parámetros de las ecuaciones o metodologías establecidas, ya sea porque no cuentan con cierta información o conseguirla es bastante complejo.

La base más importante al momento de diseñar e implementar un sistema de control de inventario es contar con información histórica de las demandas de los ítems, puesto que con estos valores se calculan la mayoría de parámetros que alimentan el sistema. Por lo tanto, se recomienda a las empresas documentar sus informaciones históricas para facilitar implementaciones futuras en

control de inventarios. Cabe resaltar que no importa el tamaño de la empresa u organización, un sistema de control de inventarios robusto y sofisticado puede implementarse en una herramienta que está al alcance de cualquier empresa como lo es Excel.

Dado que este sistema es una implementación nueva en el laboratorio, hay cierto grado de resistencia a confiar en los datos arrojados, algo que es normal y común; lo importante es darle la oportunidad y en cada revisión tomarse el tiempo de analizar las soluciones ofrecidas por el sistema y contrastarla con los requerimientos reales de materiales en el periodo a revisar. Cabe resaltar que, pese a que el sistema de control de inventarios posee bases metodológicas ampliamente estudiadas y comprobadas, los resultados arrojados deben ser tomados como una ayuda y soporte adicional a los métodos existentes. El encargado podrá tomar una decisión más certera apoyada en el análisis de los datos del sistema de control de inventarios.

Una vez implementado el sistema se hace necesario examinar las variables y parámetros obtenidos cada 4 meses, ya que el sistema se estará alimentando con nuevos datos y cada vez aumentará su precisión en las cantidades a pedir, puntos de reorden e inventarios de seguridad para así tener una respuesta más acorde a las demandas futuras.

Este sistema es una base sólida para ser estandarizado en los demás laboratorios de la compañía, incluso en otras dependencias y procesos. Se puede seguir la misma metodología, haciendo los correctos ajustes específicos de cada caso, ya que el sistema permite gran flexibilidad y existen varios mecanismos de control que pueden ser utilizados en diferentes casos. Adicionalmente una gran oportunidad de mejora que se evidencia es implementar métodos de pronósticos cada vez más precisos y sofisticados, con el fin de aumentar la exactitud de los resultados arrojados y aumentar la probabilidad de satisfacer las demandas futuras.

9 Referencias bibliográficas

- Altosempresarios.com. 2020. *Rotación de Inventario: Indicador de Eficiencia*. [online] Available at: <<https://www.altosempresarios.com/noticias/rotacion-de-inventario-indicador-de-eficiencia#:~:text=La%20rotaci%C3%B3n%20de%20inventario%20es,buena%20gesti%C3%B3n%20de%20los%20inventarios.>> [Accessed 15 July 2021].
- Ballou, R., 2004. *LOGISTICA Administración de la cadena de suministro*. 5th ed. [Place of publication not identified]: PEARSON EDUCACION.
- Castro, J., 2021. *Beneficios de un sistema de control de inventarios [2021]*. [online] Blog.corponet.com.mx. Available at: <<https://blog.corponet.com.mx/beneficios-de-un-sistema-de-control-de-inventarios>> [Accessed 15 July 2021].
- Español, E., 2021. *Estos son los tipos de inventario que puede tener tu negocio*. [online] Entrepreneur. Available at: <<https://www.entrepreneur.com/article/262417>> [Accessed 15 July 2021].
- García, I., 2017. *¿Qué es un inventario? | Definición de inventario | Tipos de inventario*. [online] Economía Simple. Available at: <<https://www.economiasimple.net/glosario/inventario>>.
- Jacobs, F. and Chase, R., 2009. *Administración de operaciones Producción y cadenas de suministros*. 10th ed.
- Larrañeta, J., Lozano, S. and Onieva, L., 1988. *Métodos modernos de gestión de la producción*. Madrid: Alianza.
- Mecalux.com.co. 2019. *¿Qué es el 'lead time' en logística? Cómo optimizarlo*. [online] Available at: <<https://www.mecalux.com.co/blog/lead-timelogistica#:~:text=C%C3%B3mo%20optimizarlo,-LinkedIn&text=Lectura%20de%208%20min.&text=El%20lead%20time%20%E2%80%93o%20tiempo,un%20particular%20o%20una%20tienda.>> [Accessed 15 July 2021].
- Mora Gutiérrez, A., 2020. *Stock Cero*. 1st ed. CIMPRO SAS.