



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA EN SISTEMAS – INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

**PROPUESTA DE GESTIÓN DE INVENTARIOS Y PLANIFICACIÓN DE
REQUERIMIENTOS DE MATERIAL
EL CASO DE UNA EMPRESA PRODUCTIVA EN LA CDMX**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
GLORIBELLA PRIEGO GARCÍA

TUTOR:
DRA. PATRICIA ESPERANZA BALDERAS CAÑAS, FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX NOVIEMBRE 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Aceves García Ricardo
Secretario: Dr. Suárez Rocha Javier
1 er. Vocal: Dra. Balderas Cañas Patricia E.
2 do. Vocal: Dra. Huerta Barrientos Aida
3 er. Vocal: M. en C. Milla López Andrés

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX NOVIEMBRE 2022

TUTOR DE TESIS:

PATRICIA ESPERANZA BALDERAS CAÑAS

FIRMA

*El éxito no es definitivo,
el fracaso no es fatal
lo que cuenta es el valor para continuar
Winston Churchill*

Agradecimientos

A mi mamá Julia García por empujar mi voluntad de trabajar diariamente para ser una mujer independiente.

A mi papá Evencio Priego por moldearme con enterezas y apoyarme en todos mis nuevos proyectos.

A mi hermano Crescencio Priego por enseñarme con el ejemplo.

A Mario Mayé Hernández y familia por acompañarme siempre.

A la Doctora Patricia Balderas Cañas por su paciencia y enseñanzas, sin las cuales este trabajo no habría podido ser culminado.

A la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la educación gratuita que me ha abierto las puertas hacia un camino profesional de grandes recompensas.

Contenido

Resumen.....	1
Introducción	2
Planteamiento del Problema.....	6
Justificación	6
Objetivos	8
Preguntas de Investigación.....	9
1. Sistema de Estudio y su Entorno	10
2. Elementos Teóricos de la Gestión de Inventarios	12
2.1 Componentes de un Modelo de Inventarios.....	14
2.2 Modelos de Inventario.....	17
2.2.1 Sistema de Clasificación ABC	18
2.2.2 Modelo de Producción con Déficit	18
2.2.3 Modelo de Producción sin Déficit.....	20
2.2.4 Modelo de Compra sin Déficit	21
2.2.5 Modelo de Compra con Déficit	22
2.2.6 Modelo de Descuentos por Cantidad	24
2.2.7 Modelo para Varios Productos con Restricciones.....	25
2.3 Sistemas de Inventarios.....	26
2.3.1 Sistemas de Inventarios de Revisión Continúa	26
2.3.2 Demanda Variable y Tiempo de Anticipación Constante	27
2.3.3 Demanda Constante y Tiempo de Anticipación Variable	28
2.3.4 Demanda Variable y Tiempo de Anticipación Variable	29
2.3.5 Sistemas de Inventarios de Revisión Periódica.....	29
2.3.6 Demanda Variable y Tiempo de Anticipación Constante:.....	29
2.3.7 Demanda Constante y Tiempo de Anticipación Variable:.....	30
2.3.8 Demanda Variable y Tiempo de Anticipación Variable	31
2.4 Gestión de los Inventarios	32
3. Elementos Teóricos de la Gestión de Materiales	36
3.1 Definición de la Programación de Producción (DPP)	41
3.2 Definición de la Programación Maestra de Producción (MPS)	42
3.3 Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)	43

3.3.1	Parámetros de la Planificación de Requerimiento de Materiales	45
3.3.2	Funcionamiento de un Sistema Software MRP	50
3.3.3	Parámetros de la MRP	53
3.3.4	Resultados de la MRP	54
3.4	Proceso de Adquisición Recepción	55
3.5	Cálculo de Turnos de Inventario.....	57
4.	Determinación de los parámetros del caso.....	60
4.1	Determinación de la Gestión de Inventarios.....	66
4.2	Determinación de la Planificación de Requerimiento de Materiales	76
	Conclusiones	93
	Glosario.....	97
	Referencias y Bibliografía	99

Resumen

La presente tesis tiene como objetivo realizar una propuesta de gestión de inventarios y planificación de requerimiento de materiales para la producción de solución base alcohol (SBA) al 75% y solución base alcohol con clorhexidina (SBA Clorhexidina) al 2%, en una empresa ubicada en la Ciudad de México, cuyo cliente final es un hospital perteneciente al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). El servicio de abastecimiento debe realizarse según las bases sentadas en una licitación pública y bajo las variantes que se presentan en el entorno exterior y la dinámica interior de la empresa, destacando principalmente la escasez de materia prima y tiempos de entrega largos. A lo largo del trabajo se repasan los fundamentos de la teoría de inventarios y MRP para armar una metodología concreta de gestión de materiales, donde se conjuguen ambos conocimientos para mejorar el control dentro de la cadena de suministro.

The objective of this thesis is to make a proposal for inventory management and material requirements planning to produce alcohol-based (SBA) at 75% and alcohol-based solution with chlorhexidine (SBA Chlorhexidine) at 2%, in a company located in Mexico City, whose end customer is a hospital belonging to the Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). The supply service must be carried out according to the bases established in a public tender and under the variants that arise in the external environment and the internal dynamics of the company, mainly highlighting the scarcity of raw material and delivery times long. Throughout the document, the fundamentals of inventory theory and MRP are reviewed in order to put together a specific material management methodology, that combine both knowledge to improve control within the supply chain.

Introducción

El abastecimiento de materiales en una cadena productiva se enfrenta a diversas variables de gran impacto como cambios en la demanda, variación en las materias primas para manufactura, plazos de entrega acelerados o retrasados, incremento de precios; etc. La variabilidad de la demanda, por ejemplo, es uno de los principales fenómenos que afectan los niveles de inventario, causando desde faltantes imprevistos hasta altos costos por mantener y costos por obsolescencia; sobre todo para aquellas compañías cuya dinámica aún no está clara. Para el caso específico de empresas que son proveedoras, disminuir su capacidad de oferta debido a stock insuficiente o retrasos en la producción, conduce a niveles de servicio bajos y pérdida de ventas.

Es por ello por lo que la gestión de materiales es una de las principales preocupaciones de los administradores de negocio, principalmente tratándose de empresas comerciales (ya sean mayoristas, minoristas o comisionistas). La exigencia no sólo radica en determinar los niveles de stock óptimos, si no en implementar un sistema que controle dichos niveles y que permita su suministro de manera constante, lo que se traduce finalmente, en propuestas para ejercer una mejora continua (Ptak, 2013).

La teoría de inventarios nos brinda una herramienta para sobrepasar los inconvenientes de precisión de stock en base a indicadores como el punto de reorden, la cantidad óptima de pedido, los plazos óptimos de revisión, los costos promedios anuales, etc.; sin embargo deja de lado el tiempo de entrega estimado del abastecimiento, la gestión de las órdenes de compra, el suministro regulado de las necesidades para manufactura o para entrega a los clientes finales y el control general del flujo de materiales para los procesos operativos de la organización. De ahí que sea menester implementar “modelos de planificación de requerimiento de materiales”, que permiten a fabricantes y a proveedores mantener un buen flujo de abastecimiento hacia el usuario final, sin generar aumentos abruptos en la cantidad de pedidos, escasez de mercancías, “*efectos látigo*”, o en su otro extremo, sobre stock, baja rotación, etc., lo que finalmente se traduce en aumento de los costos y disminución de la rentabilidad (Akhtar,2020).

La problemática de la presente Tesis se centró en un caso específico de una empresa productiva ubicada en la Ciudad de México (que en adelante llamaremos LA EMPRESA) y cuya actividad económica tiene como objetivo ofrecer insumos y equipo médico especializado, así como Servicios Integrales de Salud a los clientes de Instituciones Públicas o Privadas, con el fin de satisfacer sus necesidades. Estos

servicios comprenden desde el abastecimiento de material de curación hasta el surtimiento de insumos médicos que la misma empresa fabrica como lo es el alcohol en gel para la desinfección de manos. Los servicios de suministro únicamente se otorgan una vez ganada alguna licitación Pública o mediante contratos con empresas privadas.

Antes de pasar a ser una empresa concursante de licitaciones a nivel estatal o de adjudicaciones mayores al millón de pesos, a LA EMPRESA por lo general se le contrataba para servicios regionales con cantidades bien definidas y periodos limitados, desde bimestrales hasta semestrales. Durante un tiempo los contratos iban desde la entrega de ciertos lotes de insumos médicos por mes hasta el abastecimiento de insumos quirúrgicos especializados por cuotas semanales en hospitales regionales (material que le vendía a su vez su empresa Controladora que era la encargada en ese momento de la producción). Por tanto, la experiencia que se tuvo en un principio con respecto al aprovisionamiento estaba caracterizada por una demanda conocida, en un plazo determinado, con un ciclo de compras preciso y un mantenimiento de mercancías relativamente periódico. Sin embargo, con la expansión de la empresa y su incursión en nuevos mercados, parte de la producción de insumos médicos que pertenecía a la compañía controladora pasó a formar parte de sus actividades operativas y no sólo ello, sino que también la distribución, venta y publicidad del producto terminado.

En un inicio la gestión de la producción era clara, ya que siendo los años 2017 y 2018 se consensuaron varias ventas directas que supusieron abastecimientos determinados y por tanto cuotas bien definidas de fabricación sin que se presentaran problemas de faltantes de materia prima (ya que hay que recordar que durante estos años la demanda de insumos básicos para la creación de soluciones desinfectantes, gasas, analgésicos, diuréticos y otros medicamentos de venta libre aún no había tomado ritmos acelerados). El verdadero conflicto surgió cuando en 2020 después del inicio de la pandemia por coronavirus (COVID-19), enfermedad infecciosa provocada por el virus SARS-CoV-2, la empresa comenzó a participar en licitaciones hospitalarias que demandaban cantidades inciertas de insumos médicos como cubrebocas, guantes y soluciones desinfectantes durante periodos más prolongados y con penalizaciones considerables por incumplimientos en el suministro.

En una adjudicación estatal en particular, cuyo propósito era el abastecimiento de soluciones antisépticas de higiene de manos para uso médico en un hospital de la Ciudad de México, el escenario operativo de la compañía se vio plagado de errores y stockout (ausencia de stock) en repetidas ocasiones, debido a que: la demanda del hospital comenzó a crecer exponencialmente y el stock de seguridad con el que

se contaba en los amacenes cayó a cero, la materia prima para la producción comenzó a escasear y por tanto el precio del producto final no pudo sostenerse; los faltantes en el suministro se suplieron con compras apresuradas que implicaron mayores gastos administrativos y la logística interna tuvo que redoblar esfuerzos para cumplir con los requerimientos semanales de la unidad médica.

Cuando no se posee un estricto control de la gestión de inventarios y compra de materias primas (MP), es bastante común que sucedan este tipo de escenarios, ya que para no caer en desabasto, las empresas comienzan a realizar pedidos pequeños e individuales, pero frecuentes, lo que causa que los proveedores observen un aumento significativo en los costos totales debido al transporte de cada lote, el costo de preparación de la orden y las urgencias por los tiempos de entrega que presionan la operatividad; mientras que, de realizarse la compra por determinados volúmenes óptimos bajo un periodo perfectamente planificado considerando el *lead time* (o tiempos de espera en español) y manteniendo al proveedor informado a través de proyecciones, se aprovechan desde descuentos por cantidad hasta beneficios generados por ahorros logísticos.

En el caso de LA EMPRESA, sin duda se observaron presiones en la cadena de suministro que en el largo plazo no pudrían sostenerse y que debían mitigarse si se quería volver a ser competitivo en las licitaciones futuras. Para ello tuvieron que implementarse acciones de mejora como medidas de gestión en la provisión de materiales que no sólo contemplaron aumentos en los niveles de inventario, sino conformar un stock de seguridad tanto de producto terminado para la venta como de materia prima para la producción ante los repuntes de la demanda, estableciendo puntos de reordenamiento con bastante anticipación para enfrentar los largos tiempos de entrega de los insumos básicos, satisfacer en tiempo y forma las necesidades de material de las líneas productivas, alinear calendarios operativos que fueran la guía de reaprovisionamiento de materiales a nivel licitación, entre otros detalles.

Para lograr todas estas metas no sólo bastó con implementar un modelo básico de inventarios, si no que debió aplicarse también una metodología robusta que implicara no sólo el cálculo óptimo de stock, si no la planificación del suministro de este.

Los requerimientos de materiales, los niveles de inventario, las órdenes de compra, las capacidades productivas instaladas, los procesos internos de gestión logística y los plazos de entrega a los clientes son variables que han tenido que mirarse desde un enfoque integrador, es por ello que, a lo largo de la historia de la administración de la cadena de suministro, se trabajó para conseguir una herramienta que empleara eficientemente el conjunto de estas y produjera los resultados esperados

para la satisfacción de los clientes (Zuckerman, 2002). Una de estas herramientas fue el software WinQS, el cual permitió asentar el control de todos los parámetros mencionados anteriormente con ayuda de bases de datos bien estructuradas, modelaciones adaptadas, procesamiento estadístico y consultas oportunas.

En la presente tesis se estudió la teoría de gestión de inventarios como primer paso, para describir la planificación de requerimiento de materiales en segundo lugar, y así, con ambas corrientes desarrollar un caso de aplicación mediante el uso de software WinQSB como sistema operativo, a partir de los datos extraídos de la Solicitud de Cotización para adjudicar el Servicio Integral Programa Institucional de Higiene de Manos para el abastecimiento de soluciones antisépticas en la Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital “Dr. Antonio Fraga Mouret” del Centro Médico Nacional La Raza, Ciudad de México (Dirección de la UMAE, 2022)

Planteamiento del Problema

En estos últimos años, la pandemia obligó a las cadenas de suministro (sobre todo farmacéuticas) a ser más rápidas y efectivas en el servicio al cliente, lo que a su vez presionó a que los sistemas de gestión de materiales de las organizaciones trabajaran con mayor sincronía y exactitud. Este fue el caso de LA EMPRESA, cuya etapa de reaprovisionamiento de materia prima en su cadena de suministro, se vio fuertemente impactada ante los vaivenes de la demanda en el mercado de las soluciones antisépticas de carácter hospitalario; teniendo que adecuar el uso tanto de nuevos sistemas de inventarios como de técnicas de reposición de materiales de mayor robustez y adaptabilidad que permitieran en conjunto mejores reacciones ante el nuevo contexto internacional.

Justificación

Establecer estrategias de respuesta al aumento acelerado de la demanda de los bienes y servicios a nivel global, es lo que las organizaciones deben realizar para poseer ventajas competitivas sobre el resto de los contrincantes. Estas estrategias deben estar guiadas en herramientas tecnológicas de gestión y métodos analíticos que puedan controlar el mayor número de datos en una cadena de suministro, y cuya eficiencia sea el valor añadido que diferencie al producto en su decisión de compra (Guardiet, 1999).

Hablando específicamente de la esfera de gestión de materiales en una organización, es necesario contar con ciclos de aprovisionamiento claramente definidos y detallados, desde la etapa de detección de necesidades de producción o de compra, hasta la colocación de productos en almacén ya sea para su venta o para llevar a cabo las actividades operativas del negocio, y que evidentemente se cuenten con los sistemas más adecuados y eficaces para su realización.

El suministro tardío de materiales en cualquier etapa de una cadena productiva puede suponer consecuencias graves, como incrementos en los costos de almacenamiento o logísticos, posibles mermas en materiales por riesgo de caducidad o deterioro, así como pérdida de ingresos. Para lograr una asignación y gestión eficiente de estos, es posible usar la Teoría de Inventarios, así como la Planificación de Requerimiento de Materiales o MRP (por sus siglas en inglés

Material Requirements Planning) con ayuda de software especializado para organizar y controlar las necesidades de material según la demanda y la capacidad de producción de las empresas, tomando como principales parámetros el stock, el tamaño de lote y los tiempos de entrega.

Tratándose de software MRP desde hace tiempo se sentaron las bases para su desarrollo, las cuales se dieron mediante la Sociedad Estadounidense de Control de Producción e Inventario (APICS), una organización dedicada a la capacitación y educación de personas en el campo de los materiales, que comenzó con una pequeña membresía y rápidamente ganó popularidad en la década de 1970 a 1980. (Sheldon, 2008). En el pasado, muchas corporaciones importantes requerían que los empleados de administración de materiales tuvieran la certificación APICS. Hoy en día, aunque muchas empresas aún prefieren contratar personas con certificación, ya no es un requisito común.

Oliver Wright, el desarrollador de software para MRP, pensó que con su tecnología había descubierto el proceso idóneo para eliminar los problemas de escasez de stock en el suministro; sin embargo, lo que no se dio cuenta fue que el sistema no era a prueba de errores y que dependía totalmente de información perfecta (Sheldon, 2008). Al igual que otros sistemas, cualquier sistema MRP es lógico y se vuelve prácticamente inútil cuando la falta de precisión en los datos provoca problemas de abastecimiento y producción. Si una empresa pudiera proporcionar a su administración operativa entradas totalmente exactas, no habría necesidad de intentar desarrollar sistemas para aumentar su control; pero dado que es muy improbable que una organización haya alcanzado finura en sus datos ingresados y recuperados de sus procesos productivos, se deben implementar métodos para un mayor nivel de precisión.

El problema de la exactitud de abastecimiento de materiales a menudo se complica por los programas que se cree que mejoran su control, aunque en realidad, si no se usan de la forma correcta y con la experiencia suficiente pueden causar desviaciones. Muchas compañías permiten que trabajadores no especializados determinen por ejemplo la cantidad de inventario de materia prima y de productos terminados (PT), sin embargo, sin un sistema tanto de cálculo de inventarios como de MRP, los cálculos suelen estar propensos a errores que generalmente darán como resultado imprecisiones (Ashfaque, 2014). Lo mismo sucede cuando únicamente se utiliza la gestión de inventarios sin la planificación de requerimiento de materiales, ya que una no funciona sin la otra. Si se desea una administración completa en cuanto a las operaciones de una empresa, la teoría de inventarios puede precisar el conjunto de materiales que se almacenan para la producción o para su venta, mientras que la MRP precisa el suministro de dichos materiales para

los procesos de fabricación, distribución y comercialización de PT según la demanda de los clientes. Además, el cálculo de inventarios en general es una entrada imprescindible para la planificación de requerimiento de materiales.

La puntualidad y gestión eficiente del inventario también dependen de la entrada perfecta, la salida y la configuración perfectas de los parámetros de planificación, si el resultado es negativo, entonces con frecuencia se provocan presiones en la cadena de suministro y los problemas continúan enconándose hasta que todo el sistema colapsa.

Una empresa cuyos empleados encargados del suministro se la pasan la mayor parte de su tiempo persiguiendo y acelerando el abastecimiento de materiales dentro de la planta y de los proveedores, es una empresa que ha alcanzado el nivel más bajo de control de materiales; y en este punto, es difícil cambiar el proceso y el pensamiento de la compañía (Akhtar,2020). La única forma de detener los “apagones de incendios” es capacitar a los líderes de suministro sobre ambos temas, el control de inventarios y el proceso de MRP.

Con los argumentos anteriores en mano, la presente tesis se realizó para aplicar un modelo MRP en conjunto con un sistema de inventarios y mediante el uso de software especializado, para gestionar el suministro de materiales en la fabricación de dos productos (solución base alcohol y gluconato de clorhexidina) para una empresa productiva en la CDMX, y que serán consumidos, durante el plazo de un año, como parte de la rutina de higiene de manos en un hospital bajo el ejercicio de una licitación pública (2022).

Objetivos

Elaborar una propuesta de gestión de inventarios y planificación de requerimientos de material que se adapte a las necesidades del servicio de abastecimiento de alcohol gel y gluconato de clorhexidina como parte del Programa Institucional de Higiene de manos para la unidad hospitalaria del IMSS “Dr. Antonio Fraga Mouret” del cual se encargará LA EMPRESA por ser ganadora de una licitación pública estatal emitida por el IMSS.

Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las señales de que una organización se encuentra cayendo en inexactitudes de suministro a lo largo de su cadena productiva?
- ¿Qué tipo de gestión de inventarios se adaptan mejor en una empresa productiva?
- ¿Cómo puede implementarse la gestión de inventarios en el caso de LA EMPRESA?
- ¿De qué depende que la gestión de inventarios funcione correctamente?
- ¿La gestión de inventarios sirvió por sí misma para el abastecimiento eficaz en la cadena de suministro de LA EMPRESA?
- ¿En qué ayuda la Planificación de Requerimiento de Materiales o MRP al abastecimiento?
- ¿Cómo se usa implementa un MRP?
- ¿Cómo se complementan la Planeación de Requerimiento de Materiales o MRP y la teoría de inventarios? ¿En qué se parecen y en que difieren?
- ¿Qué impactos tiene sobre la cadena de suministro usar una u otra metodología en particular?
- ¿Qué tecnologías pueden ejecutarse que conjuguen ambos, sistema de inventarios y MRP?
- ¿Qué propuestas metodológicas de control de inventarios y MRP pueden generarse según el tipo de problemática organizacional?

1. Sistema de Estudio y su Entorno

El sector farmacéutico es aquel que se encarga de la investigación, desarrollo, preparación, fabricación y comercialización de productos químicos o bioquímicos para el tratamiento y la prevención de enfermedades.

Según la AMEIFAC (asociación de médicos especialistas y profesionales en la industria farmacéutica) en México se encuentran ubicadas 14 empresas de las 15 principales a nivel internacional, entre las que destacan Merck, Boehringer Ingelheim, Schering Plough y Bayer, entre otras. Así mismo se poseen corporativos nacionales que incluso exportan al extranjero como: Liomont, Sanfer, Laboratorios Armstrong y Laboratorios Hormona (2020).

México es el segundo mercado más grande de América Latina en la industria farmacéutica. En el país existen un total de 678 unidades económicas especializadas en la industria farmacéutica (Pérez, 2020). Para el caso de establecimientos de venta farmacéutica, según cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) tres entidades federativas concentran el 61.5%: Ciudad de México con 32%, Jalisco y el estado de México, con 20 y 9.5 por ciento respectivamente. Y hablando en términos de producción la industria farmacéutica representa en promedio 1.2% del PIB nacional y 7.2% del PIB manufacturero (AMEIFAC, 2020).

En México, durante la pandemia, las empresas farmacéuticas que presentaron mayor saturación de producción y aumento de la mano de obra fueron aquellas ofertantes de artículos demandados para mitigar los efectos de la infección por Sars-cov-2. Entre los artículos más consumidos se encontraron el gel antibacterial y desinfectantes que tuvieron que ser colocados, como parte del protocolo de higiene de manos dictado por el gobierno, tanto en dependencias públicas como privadas. Algunas farmacéuticas pasaron de fabricar cientos de litros a miles de litros de gel antibacterial a la semana, por lo que algunos administradores del giro tuvieron que adaptar e invertir en innovación tecnológica para no quedarse estancados (Hernández, 2022).

En el punto álgido de la pandemia se presentó una fuerte escasez de materia prima para la producción de alcohol en gel, soluciones antibacteriales y cubrebocas, por lo que poco a poco se empezaron a notar faltantes en los anaqueles de las farmacias, y retrasos en el abastecimiento al sector salud. Esto hizo que los precios de los componentes se dispararan y que varios riesgos en la cadena de suministro de los corporativos estuvieran más latentes.

La pandemia afectó retrasando el envío de bienes, paralizando temporalmente la producción, obligando a establecer restricciones de transporte e incrementando drásticamente los precios de operación y producción.

Esto sucedió con LA EMPRESA, quien es objeto de estudio de la presente tesis, corporación cuya razón social se ha encargado de distribuir insumos y equipos médicos de alta calidad, así como realizar Servicios Integrales para instituciones públicas y privadas. Fue constituida en la Ciudad de México bajo la filosofía de contribuir a la sociedad mediante sus productos y su preocupación principal ha sido innovar constantemente en beneficio de pacientes e instituciones al cuidado de la salud.

Durante los años 2009 a 2021 LA EMPRESA se enfrentó al desabasto de materia prima ocasionado por la alta demanda para producir artículos de carácter médico dedicados a atacar la enfermedad ocasionada por el virus Sars-cov-2.

LA EMPRESA ha participado en múltiples licitaciones nacionales, ofreciendo una amplia gama de productos con marcas conocidas de medicamentos, material de curación, material radiológico, instrumental quirúrgico, odontológico, de laboratorio, equipo y mobiliario médico, artículos y químicos de aseo de fabricación nacional; y durante la pandemia no dejó de participar en las licitaciones que promovían programas de higiene de manos y servicios de suministro de material especializado o medicamento para la prevención y cura del Covid-19.

La misión de LA EMPRESA se centra en distribuir Material De Curación, Equipo Médico, Quirúrgico, Radiológico, de Laboratorio que sea Confiable, Rentable y de la Más Alta Calidad, proporcionando bienestar al consumidor final y desarrollo a la salud en México (Corporación Armo, 2021).

La visión de LA EMPRESA es ser distribuidor líder de insumos médicos garantizando servicios y productos de primera calidad; mientras que su objetivo es adecuarse a las necesidades del Cliente, enfocándose a la Salud como prioridad (Corporación Armo, 2021).

2. Elementos Teóricos de la Gestión de Inventarios

El inventario se define como un conjunto de recursos almacenados al que se recurre para satisfacer una necesidad actual o futura. Las funciones más utilizadas son permitir la continuidad de las operaciones, proporcionar fuentes de venta para satisfacer la demanda, salvaguardar los procesos de producción, brindar ventajas adquisitivas entre competidores de mercado, enfrentar dificultades o cambios drásticos por escasez de recursos, mal tiempo, políticas comerciales abruptas, crisis económicas, etc.

De acuerdo con Guerrero (2011) el inventario se clasifica según:

- La demanda: determinística (que se conoce con exactitud) y probabilística (en el caso que no se conozca con certeza).
- Tipo de producto (sustituto o complementario)
- Cantidad de productos (un solo artículo o múltiples)
- Modelos que permiten o no déficit.
- Los tiempos de entrega (por anticipos o no)
- Modelos que involucran o no costos fijos.
- Tipo de revisión (continua o periódica).
- Tipo de reposición.
- Horizonte de planeación.

Así mismo existen medidas del nivel del servicio de este, como (Waller, 2017):

- 1) Inventario por periodo de protección PPIS (proteccion period in-stock): inventario de tiempo durante el cual es posible que el inventario quede en cero.
- 2) Índice de reabastecimiento a nivel de artículo ILFR (item level fill rate): mide la cantidad entregada de un artículo con respecto a la que fue pedida.
- 3) Entrega en tiempo y forma OTIF (on time in full): mide la puntualidad y la calidad de entrega.

En específico, los tipos de inventario pueden ser detallados según Muller (2003) como sigue:

- 1) Inventario de ciclo: es igual a la cantidad de material usado entre reabastecimientos, es decir la cantidad que se debe tener en existencia durante un periodo o ciclo determinado, ya sea de manera mensual, bimestral o semestral y su determinación depende de la operatividad de la empresa.

- 2) Inventario de seguridad: número esperado de unidades disponibles en el momento en que se reabastece. El prospectivo difiere del histórico debido a la distribución calculada en el plazo de entrega.
- 3) Inventario en tránsito: es aquel que no se almacena para su uso posterior, si no que se encuentra en ruta hacia un nodo de almacenamiento. Se calcula como la demanda anual de una unidad específica por el plazo de entrega en días previsto, dividido entre 365 días.
- 4) Inventario de demostración: el que se denomina para exhibición y debe formar parte del inventario de seguridad para cálculos de costos y servicios.
- 5) Inventario minorista en bodega: es aquel que se abastece desde un CEDIS (centro de distribución) y es una combinación del inventario ciclo y del de seguridad.
- 6) Inventario estacional: es aquel que se mantiene durante una temporada y puede reabastecerse o no para la misma. El modelo del vendedor de periódicos es uno de los métodos para calcular la cantidad de pedido.
- 7) Inventario de materias primas: aquel que se mantiene para la producción.
- 8) Inventario de producción en proceso: es aquel en proceso de transformación al producto terminado. Permite la visualización del inventario en la unidad de medida más común utilizada en el mercado.
- 9) Inventario de productos terminados: aquel que se almacena para destinarse a su venta o consumo posterior.
- 10) Inventario de piezas de repuesto: componentes que se usan para reparar productos terminados.

Así mismo, las formas de medir inventarios son (Muller, 2003):

- Por Volumen: Permite la visualización del inventario en la unidad de medida más común utilizada en el mercado y ayuda a identificar cualquier problema relacionado con el espacio del almacén y las limitaciones relacionadas con la capacidad de producción.
- Por valor: Convierte el volumen en una moneda local / global, y captura el impacto financiero del inventario almacenado en ubicaciones y, por lo tanto, ayuda a priorizar las mejoras.
- Por días: Una medida financiera y operativa que indica cuánto tiempo lleva convertir el inventario en ventas a clientes. Ayuda a identificar problemas con elementos de movimiento lento, obsolescencia e inventario inmovilizado. Para esta última forma se poseen los siguientes indicadores:
 - Days in Inventory (DII): DII es predominantemente una métrica financiera para analizar la posición del inventario después de las ventas al cliente. Esta métrica analiza la posición del inventario de acuerdo con los volúmenes históricos de ventas y es crítica para el

desempeño financiero para ayudar a administrar objetivos de inventario.

$$DII = \frac{(Ending\ Inventory\ Value)}{(Average\ Daily\ Cost\ of\ Goods\ Sold)}$$

- Days on Hand (DOH): DOH representa el inventario realizado durante un período de tiempo para contabilizar el pronóstico del cliente planificado. Esta métrica está basada en pronósticos a futuro que representa mejor la vista de planificación. Proporciona una perspectiva clave para los esfuerzos continuos de toda la compañía para reducir los costos asociados con la retención de inventario.

$$DOH = \frac{(Average\ Inventory\ Value)}{(Average\ Daily\ Forecast\ Value)}$$

En cuanto a los procesos de reabastecimiento están (Waller, 2017):

- 1) Cantidad fija de pedido (Q, ROP): se realiza un pedido (Q), en cuanto el inventario alcance un ROP (fixed order point), o punto de reorden, cuyo PPIS es la probabilidad de quedarse sin inventario durante el periodo de entrega.
- 2) Intervalo de pedido fijo (T, OUL), sólo se coloca el pedido en los tiempos (T) al llegar a un determinado nivel de inventario OUL (order up to level). Para este el periodo de protección es T+LT y el PPIS es la probabilidad que un inventario se agote durante T+LT.
- 3) Híbridos, aquellos que combinan ambos reabastecimientos.

Para estudiar cada uno de ellos es necesario conocer cada uno los elementos de un modelo de inventarios, los cuales se exponen a continuación.

2.1 Componentes de un Modelo de Inventarios

Los componentes que constituyen los modelos de inventarios (Guerrero, 2011) son:

Costo por mantener: El costo por mantener refiere el costo de oportunidad que se tiene por el valor monetario invertido en inventario durante un intervalo de tiempo en el que se considera una determinada demanda. Por ejemplo, si el valor monetario de un inventario es de 10 mil pesos en un año, lo que refiere el costo de oportunidad es la posibilidad de poseer tal dinero para otros fines más rentables. Dado de que los costos de oportunidad son difíciles de evaluar en ocasiones las empresas usan el costo ponderado de capital (WAAC por sus siglas en inglés) para determinar el costo asociado al inventario.

El costo por mantener también puede expresarse como un porcentaje del valor del inventario para un año, (M). Si g es el valor unitario del inventario, entonces el costo de una unidad en inventario por año es $Cm = Mg$. El inventario representa un activo en el balance general y es el valor al momento del inventario, mientras que el costo del inventario no aparece en los estados financieros.

Costo por ordenar: (C_o) Es el costo que implica reabastecer el inventario y está asociado con todos los procesos de preparación para hacer un pedido que en última etapa será surtido; por esta razón se incluyen los costos administrativos, el procesamiento de compra, la recepción de orden, el procesamiento de pagos, etc. Cuando es la propia empresa la que produce la mercancía en lotes y lo almacena entonces se habla de costo de preparación de un lote o costo por ordenar por lote de producción e incluye la mano de obra, los gastos generales requeridos para preparar las máquinas o el área productiva donde se elabora el producto.

Costo por faltante: Es aquel que se genera por no poseer el inventario y se traduce en ventas perdidas, por lo que el costo por faltante refiere el precio de venta por unidad del artículo no encontrado en existencia.

Plazo de entrega o Lead Time: (LT) Tiempo que transcurre entre la recepción de la Orden de Compra por parte del proveedor y la llegada del material, integrándose al inventario y por tanto estando disponible para su uso. Está incluido en el tiempo entre pedido, ya que este último proceso integra el proceso administrativo de disparar una orden de compra, realizar los pagos establecidos, revisar stock del proveedor, etc.

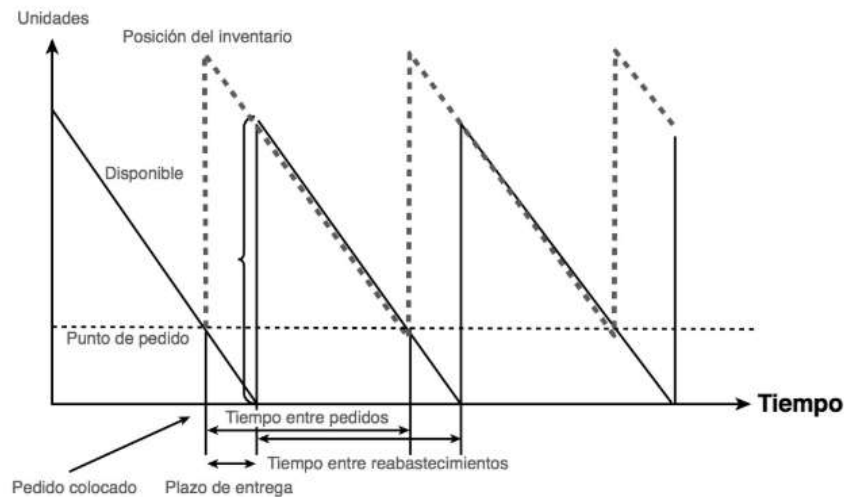


Figura 1.1 Representación gráfica de un sistema de inventario de revisión continua, inventario continuo (Q, ROP). Tomado Administración de Inventarios (p.37) por Waller, Matthew A., 2017, Pearson Education.

La pendiente de la recta es la tasa a la que se agota el inventario (tasa negativa de la demanda), por ejemplo 3 unidades diarias. A mayor tiempo entre reabastecimientos mayor inventario.

POS: Punto de venta (qué productos se venden, y que precio, en qué tiendas y en qué cantidades).

Posición del inventario: Refiere las unidades de Inventario disponible, más las unidades pedidas, menos las unidades pedidas retrasadas.

PPIS: Periodo de protección en stock.

Stock de seguridad: (SS) se puede calcular a partir de la desviación estándar de la demanda durante el plazo de entrega, mediante la siguiente fórmula (Shah, 2019):

$$SS = Z * \sqrt{\text{Effective } LT * (\text{Daily Demand Standard Deviation})^2 * (\text{Mean Daily Demand})^2 * (LT \text{ Variation})^2}$$

Donde Z es el factor de seguridad en función de nivel del servicio deseado, LT es el tiempo de espera o lead time medido en días.

Punto de reorden: El punto de reorden se puede obtener mediante (Waller, 2017):

$$\text{Normal Estándar } n(z, \sigma, \mu)$$

Siendo la desviación estándar y la media las pronosticadas u observadas. Con la variable aleatoria z (nivel de confianza que se desee asignar en términos estandarizados) de acuerdo con:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Y mediante:

$$\sigma_{DDL T} = \sqrt{\overline{LT} * \sigma_{FE}^2 + \bar{d}^2 * \sigma_L^2}$$

Donde:

$\sigma_{DDL T}$: desviación estándar de la demanda durante el plazo de entrega

\overline{LT} : plazo de entrega promedio

σ_{FE}^2 : desviación estándar del error pronosticado

\bar{d} : demanda pronosticada por periodo

σ_L : desviación estándar del plazo de entrega

Scrap %: es el porcentaje de desecho que se tiene por componente o línea productiva al fabricar un producto, por ejemplo, al fabricar botanas picantes una parte del picante en polvo puede no adherirse al cuerpo de la botana y al finalizar el proceso determinado porcentaje de polvo picante sobraría. Entonces el sistema de planificación debería aumentar, según el nivel de scrap calculado, las necesidades de los componentes para una corrida de producción.

Numero de reabastecimientos por año: el número de veces para colocar un pedido es la demanda anual R entre la cantidad de pedido óptima Q :

$$N = \frac{R}{Q}$$

Tamaño óptimo de pedido: es la cantidad que satisface la necesidad de material para un venta u operatividad y por lo general se calcula mediante el modelo EOQ (Economic Order Quantity en inglés) o CEP (Cantidad Económica de Pedido en español) obteniéndose muy básicamente de la siguiente forma:

$$Q = \sqrt{\frac{2rCo}{Cm}}$$

Donde r es la tasa de demanda por unidad de tiempo.

Cada vez que un producto alcance un punto de reorden (ROP), entonces se coloca un pedido por la cantidad Q . Si se tiene un alto costo de mantenimiento de inventario, entonces este modelo puede ser el ideal, sin embargo ante costos mínimos, entonces podría convenir un modelo de reabastecimiento (T, OUL); y ante otras características predominantes se pueden implementar otros modelos de inventario que se describen a continuación.

2.2 Modelos de Inventario

Uno de los aspectos más importantes para las empresas manufactureras o comerciales, es contar con un sistema de inventarios que marque los ciclos de reaprovisionamiento y la organización de los materiales. Existen distintos modelos de inventarios que pueden ser utilizados como los que se describen enseguida:

2.2.1 Sistema de Clasificación ABC

Funciona bajo supuesto de Pareto. Por lo general de un 10 a 15% del total de los productos representan aproximadamente el 70% del valor del inventario, es por ello imprescindible aplicar selectividad (Guerrero, 2011).

- Tipo A: Aportan casi el 80% de las utilidades.
- Tipo B: Aquellos productos que aporten el restante de utilidad.
- Tipo C: artículos que son mínimamente rentables, pero no pueden ser descartados del giro del negocio.

La clasificación también puede ser realizada por:

- ✓ Por precio unitario
- ✓ Por valor total
- ✓ Por consumo y valor
- ✓ Por su participación en utilidades como ya se mencionó.

2.2.2 Modelo de Producción con Déficit

La demanda y producción se conocen con certeza y esta última debe ser mayor a la demanda. Se permiten diferir pedidos para el futuro.

Parámetros y variables del modelo (Guerrero, 2011):

T : tiempo total del periodo u horizonte de planeación

R : Demanda total del periodo.

r : tasa de demanda por unidad de tiempo.

k : tasa de producción por unidad de tiempo.

C_o : costo por ordenar por lote de producción.

S : nivel máximo de inventario o superávit

D : nivel mínimo o déficit

t_1 : tiempo de producción y demanda hasta generar el superávit.

t_2 : tiempo de producción y demanda hasta cubrir el déficit.

T_c : tiempo total del ciclo.

C_p : costo unitario de penalización por unidad de tiempo.

Q : cantidad óptima a producir por ciclo.

C_v : costo variable por unidad.

C_t : costo total promedio por unidad de tiempo.

CT : costo total por unidad de tiempo.

N : número de ciclo en el periodo.

UMC: unidades mantenidas por ciclo
Cm: costo por mantener
Cmc: costo de mantenimiento por ciclo.
UPC: unidades penalizadas por ciclo.
Cpc: Costo de penalización por ciclo.

Se inicia con cero unidades en inventario, con una orden de producción en el instante cero, y dicha orden de producción se completa en t_1 , con una producción a razón de k unidades por unidad de tiempo y se consume a razón de r unidades por unidad de tiempo, existen en inventario S unidades. Cuando se llega al inventario máximo se suspende la producción y durante un tiempo t_2 , se supe la demanda. Durante t_3 unidades de tiempo la demanda no es satisfecha hasta llegar a un déficit máximo y al final se coloca una nueva orden de producción y la estructura se repite (Guerrero, 2011).

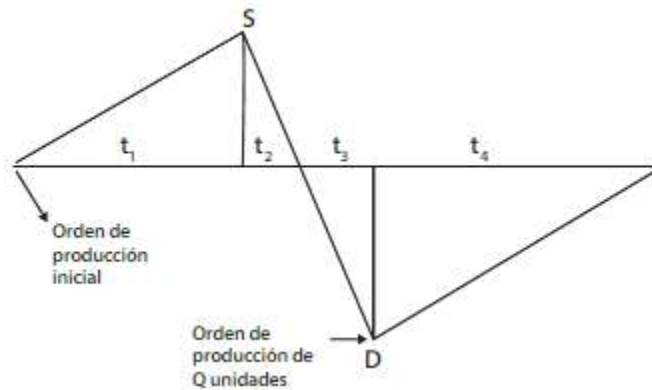


Figura 2.1 Modelo de producción con déficit. Tomado de Inventarios, manejo y control (p.21) por Guerrero Salas, Humberto, 2011), ECOE Ediciones.

La formulas del modelo de producción se pueden resumir en la siguiente tabla:

Formulas del modelo de producción con déficit	
Tiempo 1. $t_1 = \frac{rt_2}{k - r}$	Tiempo 2. $t_2 = \sqrt{\frac{2CpCo(1 - r/k)}{r(Cp + Cm)Cm}}$
Tiempo 3. $t_3 = \sqrt{\frac{2mCo(1 - r/k)}{r(Cp + Cm)Cp}}$	Tiempo 4. $t_4 = \frac{rt_3}{k - r}$

<p>Superávit.</p> $S = \sqrt{\frac{2rCpCo(1 - r/k)}{(Cp + Cm)Cm}}$	<p>Déficit.</p> $D = \sqrt{\frac{2rCmCo(1 - r/k)}{(Cp + Cm)Cp}}$
<p>Cantidad a producir por ciclo.</p> $Q = \sqrt{\frac{2rCo(Cp + Cm)}{Cm(1 - r/k)Cp}}$	<p>Costo total promedio por unidad de tiempo.</p> $Ct = \sqrt{\frac{2rCmCpCo(1 - r/k)}{(Cp + Cm)}}$
<p>Costo total por unidad de tiempo.</p> $CT = Ct + Cv(r)$	<p>Números de ciclos en el periodo.</p> $N = \frac{R}{Q} \quad N = \frac{T}{Tc}$
<p>Unidades mantenidas por ciclo:</p> $UMC = \frac{(t_1 + t_2)S}{2}$	<p>Unidades penalizadas por ciclo:</p> $UPC = \frac{(t_3 + t_4)D}{2}$
<p>Costo de mantenimiento por ciclo:</p> $Cmc = \frac{Cm(t_1 + t_2)S}{2}$	<p>Costo de penalización por ciclo:</p> $Cpc = \frac{Cp(t_3 + t_4)D}{2}$
<p>Tiempo total del ciclo:</p> $Tc = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$	

Tabla 2.1 Formulas del modelo de producción con déficit. Tomado de Inventarios, manejo y control (p.21) por Guerrero Salas, Humberto, 2011), ECOE Ediciones.

2.2.3 Modelo de Producción sin Déficit

En este modelo, tanto la demanda como la producción son conocidas y ocurren a una tasa constante. La tasa de producción debe ser mayor a la tasa de demanda. Los costos de producción, mantenimiento y fijo son conocidos y constantes. No se permite diferir demanda al futuro.

Se inicia con cero unidades en inventario, y se emite una orden de producción que se completa en t_1 unidades de tiempo. Se produce a razón de k unidades por unidad de tiempo y se consume a razón de r unidades por unidad de tiempo. Existe en inventario S unidades en el inventario. Durante el tiempo t_2 unidades se supe la

demanda y por tanto se coloca una nueva orden de producción. El costo de penalización es muy caro para la empresa (Guerrero, 2011).

Formulas del modelo de producción sin déficit	
<p>Tiempo 1.</p> $t_1 = \frac{rt_2}{k-r}$	<p>Tiempo 2.</p> $t_2 = \sqrt{\frac{2Co(1-r/k)}{rCm}}$
<p>Superávit.</p> $S = \sqrt{\frac{2rCo(1-r/k)}{Cm}}$	<p>Cantidad a producir por ciclo.</p> $Q = \sqrt{\frac{2rCo}{Cm(1-r/k)}}$
<p>Costo total promedio por unidad de tiempo.</p> $Ct = \sqrt{2rCmCo(1-r/k)}$	<p>Costo total por unidad de tiempo.</p> $CT = Ct + Cv(r)$
<p>Números de ciclos en el periodo.</p> $N = \frac{R}{Q} \quad N = \frac{T}{Tc}$	<p>Unidades mantenidas por ciclo:</p> $UMC = \frac{(t_1 + t_2)S}{2}$
<p>Costo de mantenimiento por ciclo:</p> $Cmc = \frac{Cm(t_1 + t_2)S}{2}$	<p>Tiempo total del ciclo:</p> $Tc = t_1 + t_2$

Tabla 2.2 Formulas del modelo de producción con déficit. Tomado de Inventarios, manejo y control (p.21) por Guerrero Salas, Humberto, 2011), ECOE Ediciones.

2.2.4 Modelo de Compra sin Déficit

Este modelo es el precisamente conocido como cantidad económica de pedido (CEP), economic order quantity (EOQ) o modelo de dientes de sierra. La demanda se conoce y ocurre a una tasa constante. Los costos de compra, mantenimiento y fijo o por ordenar deben ser conocidos y constantes. No se permite diferir demanda al futuro. La reposición al inventario se realiza de forma instantánea.

Se usan los mismo parámetros y variables anteriores.

El modelo inicia con cero unidades en inventario y se coloca una orden de compra, lo que incrementa el inventario. El producto se consume a r unidades hasta agotarse el inventario, colocándose una nueva orden de compra (para ello se supone una tasa de producción que tiende a infinito), $k \rightarrow \infty$ (Waller, 2017).

Para calcular el costo total óptimo en cualquier unidad de tiempo, se usa la siguiente ecuación:

$$CT = Cv(R) + Co \left(\frac{R}{Q} \right) + Cm \left(\frac{Q}{2} \right)$$

Formulas del modelo de compra sin déficit	
Tiempo 2. $t_2 = \sqrt{\frac{2Co}{rCm}}$	Superávit. $S = \sqrt{\frac{2rCo}{Cm}}$
Cantidad a comprar por ciclo. $Q = \sqrt{\frac{2rCo}{Cm}}$	Costo total promedio por unidad de tiempo. $Ct = \sqrt{2rCmCo}$
Costo total por unidad de tiempo. $CT = Ct + Cv(r)$	Números de ciclos en el periodo. $N = \frac{R}{Q}$
Unidades mantenidas por ciclo: $UMC = \frac{t_2 S}{2}$	Costo de mantenimiento por ciclo: $Cmc = \frac{Cm t_2 S}{2}$
Tiempo total del ciclo: $Tc = t_2$	

Tabla 2.3 Formulas del modelo de producción con déficit. Tomado de Inventarios, manejo y control (p.21) por Guerrero Salas, Humberto, 2011), ECOE Ediciones.

2.2.5 Modelo de Compra con Déficit

Se establece la suposición de demanda conocida y tasa constante. Los costos de adquisición de cada unidad, mantenimiento, penalización y fijo o por ordenar también deben ser conocidos y constantes. Se puede diferir demanda al futuro. La

reposición es instantánea. Los parámetros y variables son los mismos a los manejados con anterioridad.

Al tenerse cero unidades en inventario, se coloca una orden de producción por S unidades, y dado que la reposición es al instante se alcanza dicho superávit. Durante t_2 se cumple la demanda del cliente y se llega a cero nuevamente. Durante t_3 la demanda no se satisface hasta alcanzar un déficit máximo, y al final de este periodo se coloca una nueva Orden de Compra por Q unidades, de las cuales se toma la cantidad D , déficit y se le entrega la deuda al cliente. Las unidades restantes (S) satisfacen la demanda en t_2 . Por tanto, la cantidad a comprar (Q) es exactamente igual a la suma del superávit más el déficit D (Guerrero, 2011).

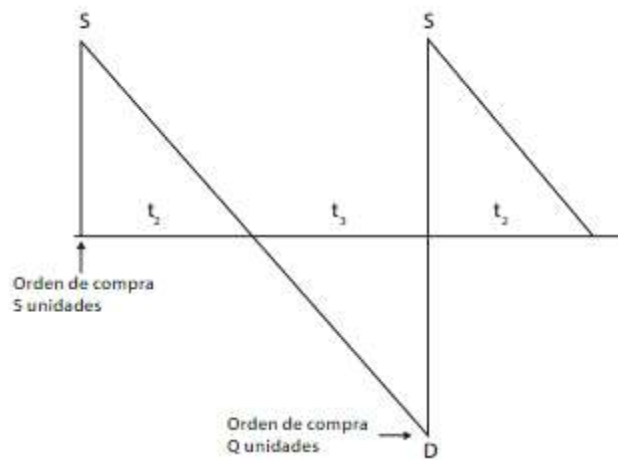


Figura 2.2 Modelo de compra con déficit. Tomado de Inventarios, manejo y control (p.21) por Guerrero Salas, Humberto, 2011), ECOE Ediciones.

Las fórmulas se resumen como sigue:

Formulas del modelo de compra con déficit	
<p>Tiempo 2.</p> $t_2 = \sqrt{\frac{2CpCo}{r(Cp + Cm)Cm}}$	<p>Tiempo 3.</p> $t_3 = \sqrt{\frac{2CmCo}{r(Cp + Cm)Cp}}$
<p>Superávit.</p> $S = \sqrt{\frac{2rCpCo}{(Cp + Cm)Cm}}$	<p>Déficit.</p> $D = \sqrt{\frac{2rCmCo}{(Cp + Cm)Cp}}$

<p>Cantidad a producir por ciclo.</p> $Q = \sqrt{\frac{2rCo(Cp + Cm)}{CmCp}}$	<p>Costo total promedio por unidad de tiempo.</p> $Ct = \sqrt{\frac{2rCmCpCo}{(Cp + Cm)}}$
<p>Costo total por unidad de tiempo.</p> $CT = Ct + Cv(r)$	<p>Números de ciclos en el periodo.</p> $N = \frac{R}{Q} \quad N = \frac{T}{Tc}$
<p>Unidades mantenidas por ciclo:</p> $UMC = \frac{t_2S}{2}$	<p>Unidades penalizadas por ciclo:</p> $UPC = \frac{t_3D}{2}$
<p>Costo de mantenimiento por ciclo:</p> $Cmc = \frac{Cmt_2S}{2}$	<p>Costo de penalización por ciclo:</p> $Cpc = \frac{t_3D}{2}$
<p>Tiempo total del ciclo:</p> $Tc = t_2 + t_3$	

Tabla 2.4 Formulas del modelo de producción con déficit. Tomado de Inventarios, manejo y control (p.21) por Guerrero Salas, Humberto, 2011), ECOE Ediciones.

2.2.6 Modelo de Descuentos por Cantidad

Resulta cuando los proveedores ofrecen a sus clientes descuentos en el valor unitario sobre cierta cantidad de producto. Existen dos casos: con costo variable fijo para cada intervalo de cantidades y con costo de mantenimiento como porcentaje del costo variable del artículo.

La demanda es conocida y a una tasa constante. Los costos de adquisición, mantenimiento y fijo o por ordenar son constantes. No es posible diferir demanda al futuro. La reposición es instantánea. Es exclusivo para compras.

Las variables y parámetros son los anteriormente manejados (Guerrero, 2011):

Cantidad óptima:

$$Q = \sqrt{\frac{2rCo}{Cm}}$$

O en su caso:

$$Q = \sqrt{\frac{2rCo}{iCm}}$$

Donde i representa el costo variable.

Fórmula para calcular el costo total:

$$CT = Cv(R) + Co\left(\frac{R}{Q}\right) + Cm\left(\frac{Q}{2}\right)$$

Fórmula para el tiempo entre pedidos o tiempo del ciclo:

$$t = \frac{Q^*}{r}$$

Fórmula para establecer el número de ciclos cantidad de pedidos.

$$N = \frac{R}{Q^*}$$

2.2.7 Modelo para Varios Productos con Restricciones

En este modelo se limita la cantidad a comprar. Entre los varios motivos se encuentran el espacio de almacén, los recursos monetarios, etc.

La demanda es conocida y a una tasa constante. Los costos de adquisición de cada unidad, mantenimiento y fijo o por ordenar deben ser conocidos y constantes. Deben conocerse los recursos disponibles. No se permite diferir demanda al futuro. La reposición es instantánea.

Parámetros y variables (Guerrero, 2011):

R_j : tasa de demanda por unidad de tiempo para el producto j .

Co_j : costo por ordenar una compra del producto j .

Cm_j : costo unitario de mantenimiento del producto j por unidad de tiempo.

Q_j : cantidad óptima del producto j a comprar.

Cv_j : costo variable o de adquisición por unidad de producto j .

λ_i : multiplicador de Lagrange para el recurso o restricción i .

b_i : disponibilidad del recurso i .

a_{ij} : cantidad de recurso i necesario por unidad de producto j .

CT : costo por unidad de tiempo.

Es necesario plantear este problema como uno de programación lineal, para finalmente despejar Q :

$$Q_i = \sqrt{\frac{2R_j C o_j}{C m_j - 2 \sum_{i=1}^m \lambda_i a_{ij}}}$$

Para hallar la cantidad óptima se usa el método de ensayo y error, dándole valores a λ (menores que cero), de tal forma que se satisfaga:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} Q_j \leq b_i \dots \forall_i = 1, 2, 3, \dots m$$

2.3 Sistemas de Inventarios

Un sistema de inventario es una estructura que sirve para controlar la existencia, el cuándo y cuánto pedir de material, existen dos tipos (Guerrero, 2011):

- Continuo o cantidad fija de pedido.
- Periódico, o de periodos constantes.

Las variantes son las siguientes:

- Demanda variable y tiempo de anticipación constante.
- Demanda constante y tiempo de anticipación variable.
- Demanda variable y tiempo de anticipación constante.

2.3.1 Sistemas de Inventarios de Revisión Continúa

Cuando las existencias descienden al denominado punto de pedido (PP) o punto de reorden, se coloca una orden por una cantidad fija (o cantidad económica de pedido) para reponer el inventario. El costo de mantener, debido a la revisión constante puede ser alto. Después de transcurrido un tiempo de antelación (TA), llega el pedido.

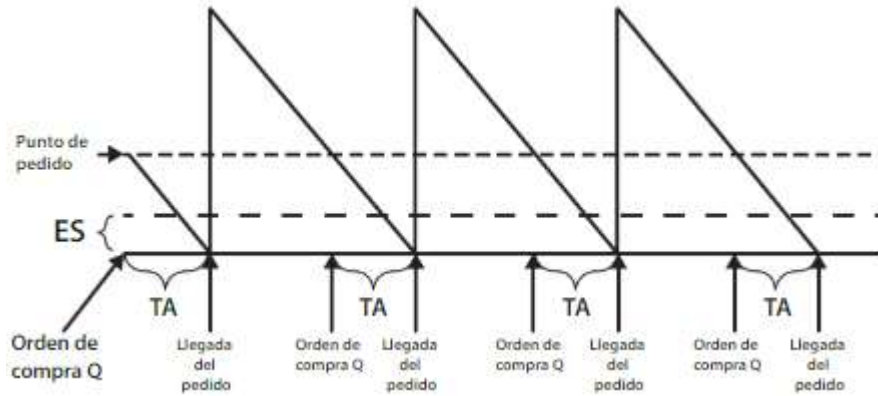


Figura 2.3 Sistema de revisión continua. Tomado de Inventarios, manejo y control (p.21) por Guerrero Salas, Humberto, 2011), ECOE Ediciones.

2.3.2 Demanda Variable y Tiempo de Anticipación Constante

Para este modelo la demanda posee una distribución empírica de probabilidad. Para esta estructura se debe (Guerrero, 2011):

1. Determinar la demanda promedio:

$$\bar{r} = r_1(\Phi_1) + r_2(\Phi_2) + r_3(\Phi_3) + \dots + r_n(\Phi_n)$$

Donde r representa la demanda y Φ representa la probabilidad de la demanda.

2. Se calcula la cantidad a pedir mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2\bar{r}C_o}{C_m}}$$

3. La probabilidad de ocurrencia de la demanda se determina:

$$IP = \frac{Q}{r}$$

4. Es posible especificar un riesgo de déficit, mediante la distribución de probabilidad acumulada.
5. Calcular el punto de pedido o reorden, determinado por la demanda probable y el riesgo de déficit asumido o aceptado. Si el nivel de riesgo es 0%, el punto de reorden es la demanda en el tiempo de anticipación.
6. Con ello se define la política de pedido
7. De esta manera se establecen las existencias de seguridad.

$$ES = r_{m\acute{a}x} - \bar{r}(TA)$$

8. Se determina el costo total promedio.

$$Ct = \sqrt{2\bar{r}CmCo} + Cm(ES)$$

9. Se calcula el costo total:

$$CT = Ct + Cv(\bar{r})$$

O la siguiente ecuación:

$$CT = Cv(\bar{r}) + Co\left(\frac{\bar{r}}{Q}\right) + Cm\left(\frac{Q}{2}\right) + Cm(ES)$$

2.3.3 Demanda Constante y Tiempo de Anticipación Variable

En este modelo la demanda es fija, y el tiempo de anticipación varía. Es necesario determinar lo siguiente (Guerrero, 2011):

1. Se determina el tiempo de anticipación promedio.

$$\bar{TA} = TA_1(\Phi_1) + TA_2(\Phi_2) + TA_3(\Phi_3) + \dots + TA_n(\Phi_n)$$

2. Se calcula la cantidad a pedir:

$$Q = \sqrt{\frac{2rCo}{Cm}}$$

3. Se determina la demanda en el tiempo de anticipación probable.

4. Especificar un riesgo de déficit mediante la distribución acumulada.

5. Calcular el punto de pedido o reorden.

6. Definir la política de pedido.

7. Se establecen las existencias de seguridad.

$$ES - r_{m\acute{a}x} - r(\bar{TA})$$

Donde ES son las existencias de seguridad, $r_{m\acute{a}x}$ es la demanda en el nivel de riesgo aceptado.

8. Se determina el costo total promedio.

$$Ct = \sqrt{2rCmCo} + Cm(ES)$$

9. Se calcula el costo total:

$$CT = Ct + Cv(r)$$

O mediante la siguiente ecuación:

$$CT = Cv(r) + Co\left(\frac{r}{Q}\right) + Cm\left(\frac{Q}{2}\right) + Cm(ES)$$

2.3.4 Demanda Variable y Tiempo de Anticipación Variable

Tanto la demanda como el tiempo de anticipación son variables, consecuentemente (Guerrero, 2011):

1. Se determina la demanda promedio:

$$\bar{r} = r_1(\Phi_1) + r_2(\Phi_2) + r_3(\Phi_3) + \dots + r_n(\Phi_n)$$

2. Determinar el tiempo de anticipación promedio:

$$\overline{TA} = TA_1(\Phi_1) + TA_2(\Phi_2) + TA_3(\Phi_3) + \dots + TA_n(\Phi_n)$$

3. Cálculo de la demanda a pedir:

$$Q = \sqrt{\frac{2\bar{r}Co}{Cm}}$$

4. Se determina la demanda probable en el tiempo de anticipación probable, todo ello asociado a su probabilidad.
5. Se especifica un riesgo de déficit.
6. Se calcula el punto de pedido o reorden.
7. Se define la política de pedido.
8. Se establecen las existencias de seguridad.

$$ES - r_{m\acute{a}x} - r(\overline{TA})$$

9. Se determina el costo promedio

$$Ct = \sqrt{2\bar{r}CmCo} + Cm(ES)$$

10. Se calcula el costo total.

$$CT = Ct + Cv(\bar{r})$$

O la siguiente ecuación:

$$CT = Cv(\bar{r}) + Co\left(\frac{\bar{r}}{Q}\right) + Cm\left(\frac{Q}{2}\right) + Cm(ES)$$

2.3.5 Sistemas de Inventarios de Revisión Periódica

No hay una cantidad fija de pedido, es por lo que, se realizan revisiones cada determinado momento, lo cual se denomina intervalo entre pedidos. Una vez realizada la revisión se determina cuánto pedir. El coste de revisión es reducido, dado que no se revisan las existencias, más bien que se alcancen los niveles de inventario, con el incremento del costo (Guerrero, 2011).

2.3.6 Demanda Variable y Tiempo de Anticipación Constante:

En este sistema (Guerrero, 2011):

1. Se determina la demanda promedio.

$$\bar{r} = r_1(\Phi_1) + r_2(\Phi_2) + r_3(\Phi_3) + \dots + r_n(\Phi_n)$$

2. Se calcula

$$Q = \sqrt{\frac{2\bar{r}C_o}{Cm}}$$

3. Se calcula el inventario entre pedidos:

$$IP = \frac{Q}{r}$$

4. Se determina la demanda probable en el tiempo de anticipación más el intervalo entre pedidos.
5. Se especifica el riesgo de déficit
6. Se establecen las existencias de seguridad.

$$ES = r_{m\acute{a}x} - \bar{r}(TA)$$

7. Se define la cantidad de pedido Qp mediante lo siguiente:

$$Qp = Q + ES - INV - UP + r(TA)$$

INV es el inventario existente en el momento de la revisión.

UP son las unidades que ya se pidieron al proveedor pero que no han llegado en el momento de la revisión.

8. Se determina el coto total promedio.

$$Ct = \sqrt{2\bar{r}CmC_o} + Cm(ES)$$

9. Se calcula el costo total:

$$CT = Ct + Cv(\bar{r})$$

O:

$$CT = Cv(\bar{r}) + C_o \left(\frac{\bar{r}}{Q} \right) + Cm \left(\frac{Q}{2} \right) + Cm(ES)$$

2.3.7 Demanda Constante y Tiempo de Anticipación Variable:

Nuevamente se ejecuta el siguiente procedimiento (Guerrero, 2011).

1. Se determina el tiempo de anticipación:

$$TA = TA_1(\Phi_1) + TA_2(\Phi_2) + TA_3(\Phi_3) + \dots + TA_n(\Phi_n)$$

2. Se calcula Q

$$Q = \sqrt{\frac{2rC_o}{Cm}}$$

3. Se halla el intervalo entre pedidos:

$$IP = \frac{Q}{r}$$

4. Se determina la demanda en el tiempo de anticipación probable más el intervalo entre pedidos, asociado a la probabilidad de ocurrencia para cada tiempo.
5. Se especifica un riesgo de déficit.
6. Se establecen las existencias de seguridad.

$$ES = r_{m\acute{a}x} - \bar{r}(TA + IP)$$

7. Se define la política de pedido:

$$Qp = Q + ES - INV - UP + \bar{r}(TA)$$

8. Se determina el costo total promedio.

$$Ct = \sqrt{2rCmCo} + Cm(ES)$$

9. Se calcula el costo total:

$$CT = Ct + Cv(\bar{r})$$

2.3.8 Demanda Variable y Tiempo de Anticipación Variable

Para este sistema (Guerrero, 2011):

1. Se determina la demanda promedio:

$$\bar{r} = r_1(\Phi_1) + r_2(\Phi_2) + r_3(\Phi_3) + \dots + r_n(\Phi_n)$$

2. Determinar el tiempo de anticipación promedio:

$$\overline{TA} = TA_1(\Phi_1) + TA_2(\Phi_2) + TA_3(\Phi_3) + \dots + TA_n(\Phi_n)$$

3. Cálculo de la demanda a pedir:

$$Q = \sqrt{\frac{2\bar{r}Co}{Cm}}$$

4. Se halla el intervalo entre pedidos, sabiendo que se cuenta con Q en inventario y se establece para cuanto tiempo alcanza esta cantidad.

$$IP = \frac{Q}{r}$$

5. Se determina la demanda probable en el tiempo de anticipación probable más el intervalo entre pedidos. Como el tiempo de anticipación es variable se establecen todos los posibles consumos en cada uno de los tiempos de anticipación, más el intervalo entre pedidos. También se debe determinar la probabilidad de ocurrencia de la demanda.
6. Se especifica el riesgo de déficit.
7. Se establecen las existencias de seguridad.

$$ES = r_{m\acute{a}x} - r(\overline{TA})$$

8. Se define la política de pedido.

$$Qp = Q + ES - INV - UP + \bar{r}(\overline{TA})$$

9. Se determina el costo promedio

$$Ct = \sqrt{2\bar{r}CmCo} + Cm(ES)$$

10. Se calcula el costo total.

$$CT = Ct + Cv(\bar{r})$$

2.4 Gestión de los Inventarios

La gestión de inventarios consiste en tener stock de material listo para ser entregado en el momento que es solicitado. Para ello debieron de existir procesos previos como una correcta recepción de los pedidos de compra, registro del material ingresado a almacén, resguardo de este bajo condiciones óptimas, contabilización para su uso futuro y control de salidas.

Para el caso de las entregas de pedidos, debe verificarse que el material cumpla con las normas estandarizadas de calidad y esté acompañado por la documentación correspondiente como factura comercial, certificado de calidad, orden de compra, etc., o en su caso lista de embarque, certificado de origen y manifiesto de valor si se trata de una importación. El material recibido deberá ser ingresado o registrado en una base de datos o sistema en el que se especifique su descripción detallada, cantidad, unidad de medida, fecha de caducidad, posición en el almacén, valor y otros datos necesarios para poder identificarlo de la manera más rápida y precisa. A su vez, el material deberá resguardarse de acuerdo con las normas de manejo y almacenamiento dictadas por la localidad en donde se encuentre ubicada la bodega, así como a las condiciones prescritas por la ficha técnica del producto.

La contabilización del stock deberá analizar los saldos de material cada determinado periodo. El punto de referencia habitual es el valor monetario o el recuento del stock total disponible, sin embargo, en empresas más maduras, el punto de referencia para contabilizar el inventario es aún más detallado, ya que no sólo incluye el balance final de artículos, sino también su recuento en cada ubicación de manera física. Por ejemplo, si hay un total de 100 piezas del artículo "123" la precisión está en saber cuánto hay ubicado en cada parte del almacén, por ejemplo, 30 piezas en la ubicación A, 30 en la ubicación B y 40 en la ubicación C (B.Chase, 2006).

Muchas aplicaciones comerciales son poco sofisticadas y el inventario se enumera en una ubicación general del sistema, sin embargo, en ocasiones esto provoca que, sin un conocimiento específico de toda la bodega, algunos empleados requieran de una búsqueda compleja para ejecutar las salidas requeridas de la operatividad

normal. En algunas empresas, este modo de trabajar hace que los encargados de las existencias desarrollen aplicaciones en hojas de cálculo independientes del software utilizado que no refleja una gestión de inventarios eficaz (B.Chase, 2006). La secuencia de rotación es más eficiente si el sistema conoce las ubicaciones, entonces es fácil mantener saldos precisos.

La salida o distribución de materiales puede controlarse mediante las siguientes técnicas (Cerca Technology, 2021):

- **FIFO:** (First in First out) Primeras entradas, primeras salidas.
- **FEFO:** (First Expired, First Out) Primeras expiraciones, primeras salidas.
- **LIFO:** (Last in First out) La última existencia en entrar, la primera en salir.
- **PMP:** Precio medio ponderado.

El seguimiento del inventario va desde los fabricantes hasta la logística para los almacenes y luego desde las instalaciones hasta el punto de la venta (Cerca Technology, 2021). Administrar el inventario, además de conocer a la perfección los modelos mencionados en las secciones anteriores, requiere de conciencia de los movimientos y el estado del stock, incluso cuando el gerente de inventario no controle directamente los pedidos. De hecho, los líderes de almacén deben mantener rutinas mensuales que se conviertan en guía de las personas que planifican y pronostiquen el inventario del negocio. Estas rutinas que a veces se pasan por alto incluyen (Correll, 2021):

- ✓ Evaluar todo el inventario obsoleto cada mes, así como investigar y analizar la causa raíz de esta obsolescencia (excepto en las raras operaciones en las que no se tienen vencimientos en el largo plazo, todos los meses gastan y eliminan el exceso de inventario de forma rutinaria). Comunicar una métrica de las causas a la gerencia también es apropiado. Esto podría incluir ingeniería, marketing, ventas e incluso producción. El análisis y la causa raíz deben estar vinculados al proceso, lo que da como resultado mejoras en los flujos de trabajo y, por lo tanto, una disminución de la creación de obsolescencia.
- ✓ Mensualmente, enumerar cada artículo inventariado en el almacén. Se puede ordenar este informe por días de inventario actuales disponibles, incluyendo el valor de la unidad monetaria, el valor total, la fecha de la última transacción, y si se usa, el código ABC en el informe de cada artículo. Los artículos con pocos días disponibles deben ser clasificados como riesgo, especialmente si estos artículos son artículos A o B.
- ✓ Evaluar el cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo (PM) para el período al final de cada mes (sobre todo tratándose de cámaras de

refrigeración de material, máquinas transportadoras, racks, transportes de carga, etc.). Es necesario asegurarse de que los programas se mantengan actualizados. Puede parecer que esto no está en el espacio de administración de materiales, pero de no realizarse los PM de manera oportuna, se afecta negativamente el cumplimiento del cronograma y, en última instancia, el servicio al cliente.

- ✓ Realizar un seguimiento de los cambios en los volúmenes de demanda y el movimiento de materiales para asegurarse de que los artículos que tienen la mayor cantidad de transacciones sean los más cercanos al proceso donde se utilizan, ya sean los primeros anaqueles o racks dentro del almacén.

El inventario en algunas empresas manufactureras o de servicios sufre fluctuaciones considerables al tratar de compensar las variaciones que se presentan en sus procesos. Algunas de fuentes de variación incluyen:

- Inexactitudes en el pronóstico de la demanda
- Inconsistencias en las cantidades producidas en comparación con las cantidades solicitadas
- Proveedores que normalmente no cumplen con sus fechas de entrega
- Desechos por registros con errores u omisiones
- Tiempo de inactividad en máquinas productivas
- Tasas de rendimiento de los procesos bajas

En muchas empresas con sobre stock, la reducción del inventario es una prioridad para la alta dirección. Cuando es el único enfoque y el objetivo comercial de reducir el inventario se coloca periódicamente en la parte superior de la lista de prioridades, la gente de materiales sólo piensa en cumplir con ello, y por tanto el inventario disminuye. Como resultado, es posible que los planificadores no ordenen las piezas que se requieren. Cuando un enfoque de reducción de inventario simplemente se impone a los planificadores sin la estrategia correspondiente, con frecuencia el resultado es una mayor escasez y ninguna disminución asociada en la variación del proceso (B.Chase, 2006). Lo mismo sucede cuando se pide aumentar los niveles de inventario sin una métrica precisa; las bodegas pueden llegar a sufrir saturación, el costo por mantener puede incrementar drásticamente y al final el proceso productivo no absorberá todos los saldos de material inflados.

Realizar un proceso de gestión de inventarios de forma correcta puede (Correll, 2021):

- Optimizar la entrada y salida de mercancías.
- Tener un mejor control de las necesidades del negocio

- Detectar baja rotación de materiales
- Minimizar los niveles de stock a lo estrictamente necesario,
- Reducir los costos derivados de la provisión.
- Mejorar el balance de efectivo
- Mejorar el trabajo en progreso de los operarios del almacén
- Hacer uso de economías de escala.
- Proyectar el consumo.

3. Elementos Teóricos de la Gestión de Materiales

La gestión de materiales es el proceso de alinear el suministro de componentes para el proceso de producción, con el proceso de abastecimiento para satisfacer las necesidades del cliente. Partiendo de esta idea, se debe tomar en cuenta que todo sistema de gestión de producción puede estructurarse jerárquicamente en tres niveles (Guardiet, 1999):

- Planificación de operaciones
- Gestión de materiales
- Programación de operaciones

Como función complementaria pero necesaria para cerrar el ciclo de gestión, se agrega el seguimiento y control.

La planificación de operaciones tiene por objeto establecer la distribución de los recursos productivos, en principio escasos o limitados, entre las diferentes actividades de producción (Guardiet, 1999). Toda necesidad de producción inicia con una demanda de bienes finales. Estas necesidades se pueden vaciar en un plan maestro de fabricación, en donde figurarán las cantidades y plazos, que la empresa desea producir. A su vez, este plan se traduce en necesidades de componentes y de recursos, que se reflejan en órdenes sincronizadas de fabricación y de aprovisionamiento.

La planificación se alimenta de previsiones de ventas y pedidos acumulados. En base a las disponibilidades de recursos críticos, se adoptan las decisiones oportunas en cuanto a la cantidad de productos terminados a fabricar en un horizonte de planificación (Guardiet, 1999). Típicamente el horizonte es de un año dividido en doce intervalos mensuales, por lo que la frecuencia de actualización de la planificación suele ser mensual. El plan maestro de producción o MPS (por sus siglas en inglés master production schedule) puede tener notables diferencias respecto a la demanda reflejada por la información comercial según la capacidad de la empresa productiva.

Consecuentemente los requisitos de MPS son los verdaderos impulsores de la gestión de materiales. El programa maestro se modifica continuamente para sincronizar el lado de la oferta con la demanda del cliente.

Para realizar la planificación de requerimiento de materiales o MRP se realizan varias actividades una vez que los requisitos de MPS estén actualizados. La primera

actividad reconocer los componentes o partes que integran o que constituirán el producto terminado que se establece en el MPS, para ellos se realiza una “lista de materiales” o BOM (por sus siglas en inglés Bill of Materials). El registro BOM contiene en general la siguiente información (Caetano, 2018):

- Número de componentes o partes por nivel de fabricación
- Números de subcomponentes por componente indicado por nivel
- Uso por componente en el ensamblaje de nivel
- Unidad de medida para cada componente
- Tiempo de entrega y compensaciones de tiempo de entrega para cada componente o parte.

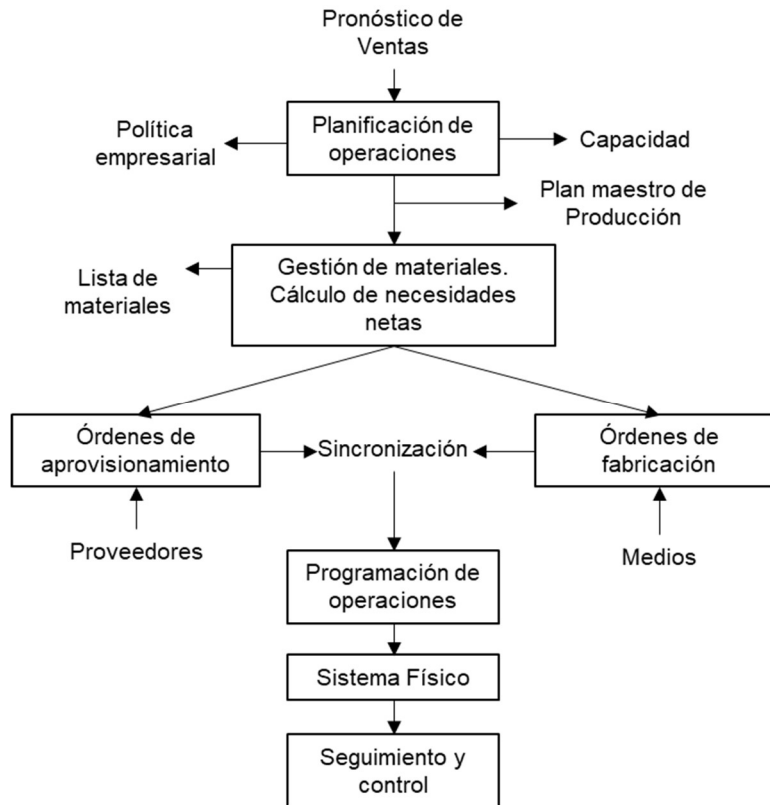
Después de acceder a la información de la lista de materiales, el siguiente paso es contar con los registros de inventario. En este caso se toman los registros de inventarios estudiados al principio de esta tesis: inventario disponible e inventario en tránsito.

Aquí, la importancia de la precisión de los datos se vuelve más crítica a medida que se observa la gran dependencia de los datos. Para poder lograr una planificación de materiales con eficacia, los registros de la lista de materiales deben ser impecables y los registros de inventario deben ser justos. Según el autor Almeida Caetano (2018):

“Los umbrales mínimamente aceptables para esta precisión requieren que la precisión de la lista de materiales sea del 98 %. Esto significa que el 98% de las listas de materiales sean perfectas. El umbral de alto rendimiento para las listas de materiales es del 99%. La precisión del registro de inventario tiene muchas más oportunidades para la variación del proceso en la mayoría de las empresas de fabricación. El umbral de aceptabilidad en el espacio de precisión del inventario es del 95 %. Se requiere un estándar más alto del 98 % de precisión para que se considere robusto. En esta medida, nuevamente, el porcentaje representa equilibrios de ubicación perfectos. No significa que cada balance sea 98% preciso. Estos son requisitos importantes para mantener la variación del proceso y los costos asociados al mínimo”.

Cuando la precisión de estos elementos es menos que aceptable, varios problemas pueden desarrollarse. Si, por ejemplo, el programa maestro tiene un nivel de precisión del 90%, lo que significa que los requisitos tienen una precisión de alrededor del 90% en cantidad o fecha, entonces la lista de materiales se vería afectada y con ello la gestión de pedidos. El objetivo de cualquier organización debe ser utilizar la planificación exacta tanto como sea posible para reducir los costos, especialmente en la planificación de requisitos basados en un pronóstico o en un

plan de venta. Los datos incorrectos eliminan esta posibilidad porque se requiere potencia humana de manera inmediata y constante para compensar esta variación del proceso causada por imprecisiones en los datos (Caetano, 2018).



Esquema 3.1 La gestión de la producción desde el punto de vista de Procesos. Modificado de Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT (p.39) por Guardiet, R. C. (1999), AlfaOmega Grupo Editor.

En concreto, la gestión de materiales surge cuando, una vez adoptada la cantidad de productos terminados (PT) a fabricar en cada intervalo de tiempo, es menester establecer las actividades de suministro, transformándolas en un plan maestro, que se desglosa en órdenes de producción y de aprovisionamiento que conducirán a su realización. Para ello debe realizarse en primer lugar el cálculo de las necesidades, efectuando la "explosión" o BOM de los productos terminados del plan maestro, que no es más que determinar el número de subconjuntos, semielaborados, componentes o materia prima para la elaborar una unidad de PT que se vaya a consumir. Este cálculo de necesidades consta de dos fases: determinación de las necesidades brutas, independientemente de las disponibilidades en stock y de las órdenes en curso ya lanzadas en firme; y cálculo de las necesidades netas (Guardiet, 1999).

Las actividades de gestión de materiales suelen desarrollarse con un horizonte menor que la planificación, típicamente de diez a dieciocho semanas; los intervalos en que se divide el horizonte, por lo menos los más inmediatos, son semanas y se realizan las actualizaciones con una frecuencia semanal.

Por su parte, la programación de operaciones consiste en establecer detalladamente dónde y cuándo va a realizarse cada orden; aquí se distinguen dos etapas: la programación de los aprovisionamientos y la de producción interior (Guardiet, 1999).

La programación de los aprovisionamientos comienza con la elección de los proveedores y el envío de un calendario de aprovisionamiento con las cantidades y fechas de cumplimiento. Aquí es donde deben consolidarse los plazos de transmisión de información y de respuesta de los proveedores, así como la frecuencia de la programación de las compras. La programación de la producción tiene aparentemente cierta similitud con la planificación de operaciones, salvo que el objeto sobre el que actúa (órdenes de producción) constituye una descomposición más fina ya que se controlan las necesidades de las líneas manufactureras (Caetano, 2018).

Los gerentes de materiales con pensamiento desarrollado entienden el impacto de la política de pedidos y prestan mucha atención tanto al desarrollo como a la gestión de estas directivas de planificación. En muchas operaciones de manufactura, los softwares con MRP (que se verán más adelante) crean señales de pedidos a las que responden los planificadores de acuerdo con el cálculo de compensación resultante de las entradas y salidas. Cuando se determina un requisito para un componente en particular, el planificador primero tiene que saber cuánto pedir. A veces, la decisión es fácil: solo el número que coincida exactamente con los requisitos; pero otras veces no es tan sencillo. Tomando, por ejemplo, una situación en la que se adquiere un artículo de bajo costo de una empresa en un continente a miles de kilómetros de distancia (Guardiet, 1999): Si el requerimiento es 20 mil chips para carro con un precio de 10 mil dólares y la fuente de estos pernos es China, ¿cuántos es el número correcto para comprar? La respuesta, incluso teniendo en cuenta los datos de precio y fuente, será "depende". Depende de la estrategia de inventario del artículo y los requisitos de nivel superior, y depende del uso anticipado más allá de cualquier historial conocido. La política de pedidos es una guía de gestión para controlar las decisiones de inventario tomadas por otros inferiores en la organización y de hecho, comienza por abordar los problemas y responder a la pregunta de "cuántos se deben pedir". Además del modelo de inventarios EOQ, hay algunos otros modelos de pedidos que se utilizan a menudo (Guardiet, 1999):

Uno por uno: este es el enfoque JIT, Lean o Kanban, en el que no se pide ninguno hasta que haya un requisito de demanda del cliente. Si se necesitan 17 piezas de un artículo, solo se piden 17. Este enfoque se utiliza en una estrategia de inventario de ingeniería a pedido ETO (o Engineer To Order), fabricación a pedido MTO (o make to order) y/o ensamblaje a pedido ATO (Assembly To Order). En un entorno eficaz, la mayoría de los productos terminados se fabrican con una de estas estrategias (ETO, MTO o ATO).

Lote por lote o pedido por pedido: en esta política los subcomponentes requeridos se pueden solicitar antes de un pedido de cliente y los componentes prioritarios. Los artículos con esta política de pedido no se piden a menos que exista un requisito de otro nivel principal. En ese caso, las cantidades se solicitan para que coincidan con el tamaño del lote de nivel superior. En los requisitos pronosticados, se puede realizar un pronóstico de pedidos sobre cantidades de lotes anticipadas, incluso en un entorno ATO o MTO.

Política de pedidos de valor de tiempo o período fijo: con esta política de pedidos, las piezas se piden en cantidades para cubrir el uso durante un cierto período de tiempo, a menudo una semana o más. Por ejemplo, si el valor de tiempo asignado para una pieza es de 2 semanas y se espera que el uso sea de 3 por día, durante dos semanas de 5 días, el tamaño del pedido sería de 30 piezas (2 semanas por 5 días por 3 por día). Esto puede ser útil cuando los tiempos de tránsito son largos, como en las compras en el extranjero.

Cantidad de pedido fija: esta política de pedido dicta ciertas cantidades predeterminadas. En algunos negocios de flujo de procesos, estas cantidades se denominan con frecuencia en campañas de necesidades precisas. Puede haber otras razones para esta práctica, por ejemplo, el número de etiquetas que se puede obtener de una hoja, la cantidad que requiere una tienda pequeña al mes, o simplemente una demanda bien comportada para algún artículo en específico. En algunas industrias de plásticos, por ejemplo, donde la demanda es inmediata y los productos terminados se fabrican anticipándose a la demanda debido a los problemas de tiempo.

En una organización de fabricación madura, el administrador de materiales debe poseer métricas sólidas de control que incluyan el servicio al cliente, la precisión de los datos, el mantenimiento efectivo del cronograma de producción, las órdenes de compra y las órdenes de trabajo precisas y, en sincronización con el MPS, la gestión del inventario obsoleto y excesivo y la actualización de los campos de datos en el maestro de artículos (Correll, 2021). El tiempo de entrega es un buen indicador del rendimiento en el mundo de los materiales, sin embargo, existen algunas métricas adicionales que pueden ser tomadas en cuenta (Correll, 2021):

- Porcentaje de órdenes de compra entregadas a tiempo según las necesidades del maestro de artículos
- Porcentaje de los componentes liberados a tiempo para un ensamblaje, mezcla o producto.
- Rotaciones de inventario: crudo (o materia prima), en proceso WIP (work in process) y productos terminados.
- Unidades monetarias de inventario disponible por cada unidad monetaria de ingresos dentro de una familia de productos.
- Tiempo de ciclo de introducción de nuevos componentes.
- Tiempo de entrega al cliente
- Porcentaje de envío del producto en la fecha u hora original solicitada
- Precisión del saldo y ubicación del inventario
- Tiempo de movimiento de materiales desde la recepción de la materia prima hasta el producto terminado con valor agregado real en la fábrica
- Ciclo de la máquina
- Ciclo de fabricación
- Porcentaje de cambios de horario dentro del límite de período establecido dentro de una planta (generalmente 48 horas, pero puede ser hasta 1 semana)

Cada métrica aporta algún beneficio especial y va desde lo general hasta el detalle. Cada organización debe determinar cuál es la mayor necesidad en términos del giro. Si la empresa es un taller de ensamblaje y actualmente es común que se liberen pedidos para recolección sin todos los componentes disponibles, la métrica del porcentaje de piezas liberadas a tiempo es valiosa. (Correll, 2021). En el caso de la presente tesis, la empresa estudiada debe usar métricas como porcentaje de órdenes de compra entregadas a tiempo, o porcentaje de envío del producto en la fecha u hora original solicitada, ya que fue necesario cumplir con cuotas de entregas de PT semanales.

El proceso de medición es inútil si no se utiliza la información obtenida. Las organizaciones que tienen un alto rendimiento integrado siempre tienen medidas, pero también siempre tienen acciones vinculadas directamente a las medidas (Correll, 2021). Cerrar el ciclo de las métricas es una actividad importante.

3.1 Definición de la Programación de Producción (DPP)

La Programación de Producción es el plan a corto plazo para la fabricación de artículos finales individuales. Muestra la cantidad de cada artículo que se producirá por turno / día (en este caso un “día” estándar puede ser diferente dependiendo del

tipo de Unidad de Negocios, mientras que los patrones de turnos como 1o/2o/3o y 3o/1o/2o son algunos ejemplos para utilizar) (Akhtar, 2016). Este proceso es importante ya que con él los planificadores o administradores de material entienden la hora de corte o intervalos para las transacciones y recepciones de necesidad cada cierto periodo. El nivel de detalle en la Programación de Producción es más alto que en la Programación Maestra de Producción (o MPS por sus siglas en inglés). El horizonte de la planificación casi siempre se extiende a contenedores, cajas, o lotes diarios durante un periodo medido en Semanas (de 1 a 16 semanas es lo usual) (Project Management Institute, 2016)

Por lo general, la Programación de Producción se actualiza todos los días/cada semana como parte del proceso de planificación, tomado en cuenta las siguientes características (Goehring, 2016):

- Debe ser posible de lograr y reflejar un equilibrio entre la capacidad requerida y la disponible.
- Debe ser realista, ya que de no serlo se provocan sobrecarga sobre los recursos de la planta, servicio a clientes deficientes y pérdida de la credibilidad en el proceso de planificación.

3.2 Definición de la Programación Maestra de Producción (MPS)

La Programación Maestra de Producción (o MPS por sus siglas en inglés) es el plan a largo plazo para la producción de los artículos de productos terminados individuales. Esta categorización divide el Plan de Producción para mostrar en cada período, la cantidad de cada artículo terminado que se va a producir. El MPS es una declaración que consiste en los artículos de productos terminados o finish goods (FG) que se fabricarán, así como las cantidades y las fechas estimadas para su finalización (Goehring, 2016). Las entradas en la MPS son:

- El plan de producción,
- Proyección o forecast
- Órdenes de ventas
- Inventario y
- Capacidad existente

El horizonte de planificación casi siempre se extiende en contenedores, cajas, unidades o lotes semanales para un periodo que va más allá de 4 meses o 16 semanas, pero puede ser más largo dependiendo de un tiempo de entrega de las materias primas, componentes o los artículos adquiridos para la producción.

La MPS puede actualizarse diario/cada semana/cada mes dependiendo del proceso de planificación. La Planificación de Producción Maestra es un enlace vital en el sistema de planificación de la producción debido a que (Goehring, 2016):

- Forma el enlace entre la planificación de la producción y lo que realmente es necesario fabricar.
- Es la base para determinar la capacidad y las necesidades de recursos.
- La MPS impulsa el plan de las requisiciones de material.

Mantiene válidas las prioridades y es el plan de prioridades para la fabricación.

3.3 Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)

La MRP o planificación de requerimiento de materiales, por sus siglas en inglés Material Requirements Planning, es una técnica de gestión de suministro para la producción, cuyo soporte matemático parte en un principio de que la demanda es conocida. El creador de los primeros experimentos de esta metodología fue Joseph Orlicky de IBM, para luego ser adoptada en 1972 por la American Production and Inventory Control Society (APICS), promoviéndola con el nombre "cruzada del MRP" (Sheldon, 2008).

La solución MRP responde a la filosofía justo a tiempo puesto que busca precisar las necesidades de material para controlar su entrega sin tener un inventario excesivo. Su funcionamiento "push to order" se estructura a partir de que la entrada, que en este caso es el programa maestro de producción (MPS) son transformadas en BOM's o explosión de materiales que finalmente se derivan en órdenes de compra para los proveedores, con lo cual se disparan órdenes de producción internas (Goehring, 2016).

Como ya se mencionó, para la planificación de requerimiento de materiales se requiere un conjunto de datos fidedignos que deben ser procesados para obtener resultados exactos.

Los sistemas MRP en general tienen las siguientes características (Sheldon, 2008):

- Determinar cuándo y por cuánto deberán emitirse los pedidos para los proveedores por período.
- Controlar los inventarios
- Programar las necesidades de producción
- Realizar el balance de material
- Delimitar la cantidad de producto final versus la demanda (conocida)

- Calcular la lotificación para proyectar las órdenes de producción.

Para cumplir los objetivos que este método tiene planteados se necesita manejar una serie de datos iniciales sobre los que actúa el algoritmo MRP, relacionados en las siguientes ecuaciones (Miño, 2015):

$$PO = (I_0 + LT + LR) - (NB + NBd)$$

$$NL = (II + LT + LR) - (NB + NBd) = \text{disponibilidades} - \text{necesidades}$$

$$IF = (II + LT + LR) - NB$$

$$IF(i) = II(i + 1)$$

Las necesidades brutas (NB). Para el producto final o terminado las necesidades brutas se corresponden con las cifras que exige el programa maestro de producción (MPS) y se plantean en períodos determinados. Para cada uno de los componentes o elementos del producto final o terminado, las necesidades brutas son los **lanzamientos programados (LP)** del elemento del nivel anterior al que se está analizando (Miño, 2015).

LR: Lote recibido

Las necesidades brutas desplazadas (NBd). Son las mismas necesidades brutas, pero desplazadas hacia atrás en el mismo número de períodos del tiempo de espera (lead time).

El inventario inicial (II), que se escribe en la casilla del período cero. Esta cifra puede no existir, ello está en dependencia del resultado **final del inventario (IF)** del horizonte de planificación anterior al que se está analizando.

El **lote en tránsito (LT).** Se corresponde con órdenes de compra o de producción que por determinadas situaciones se incumplió con el período previsto para su entrega y de acuerdo con el período en que se entregará pueden ser utilizadas como disponibilidad de recursos.

Las **necesidades de lanzamiento (NL).** No es más que el balance material, o sea, la confrontación o comparación cuantitativa entre las necesidades y las disponibilidades de recursos materiales.

Así mismo no hay que olvidar los siguientes elementos básicos:

Programa maestro de producción (Master Production Schedule, MPS): se arregla en una base de datos cuyo contenido está estructurado por las unidades,

así como el periodo de tiempo en que deberán tenerse los artículos finales o el producto terminado (PT). El horizonte temporal debe considerarse en días, semanas o meses abarcando todos los periodos de fabricación, incluyendo las demoras tecnológicas.

Lista de Materiales (Bill of Materials, BOM): Cada producto terminado está compuesto por diferentes elementos o durante su fabricación se usaron otros más que deben quedar plasmados. De esto se compone la lista de materiales, del número necesario de elementos para obtener una unidad de PT, desde su diseño, normativa, ingeniería, manufactura o fabricación.

Registro de inventarios (Stocks): es el listado de todos los productos terminados que se disponen en almacén, en proceso de producción, y en tránsito; así como el registro de los componentes en existencia, pendientes de recibir y en producción

Existen tres tipos de sistemas MRP según el desarrollo que han tenido por giro empresarial y avance tecnológico (Sheldon, 2008):

Tipo I: en este sistema intervienen los parámetros básicos MPS (Programa maestro de producción), BOM (Lista de materiales) y STOCKS (Inventarios).

Tipo II: este sistema de información es destinado para utilizarse en empresas manufactureras con el fin de controlar los inventarios y ejecutar las órdenes que se ajusten a las capacidades disponibles.

Tipo III: Este sistema planifica todos los recursos de manufactura, capacidad, inventarios, instalaciones, equipos, recursos monetarios y personal.

3.3.1 Parámetros de la Planificación de Requerimiento de Materiales

Los parámetros de planificación son ajustes de configuración y/o puntos de datos que permiten saber especificaciones sobre cómo calcula la MRP y qué puntos de datos tener en cuenta para proporcionar la disponibilidad del material correcto en el momento correcto (Goehring, 2016). Como ya se mencionó a lo largo de estos últimos capítulos, la planificación MRP tiene parámetros claves que necesitan mantenerse de manera óptima. De manera resumida, estos son:

- Tamaño de lote de planificación
- Stock de seguridad
- Tiempo de entrega
- Lista de materiales

- Inventario
- Controlador MRP o Planificador de Necesidades
- Scrap o mermas

Los parámetros de planificación son administrados por el Planificador de Material y por las reglas establecidas por defecto en el flujo de trabajo o procedimiento a seguir según el tipo de unidad de negocio.

Para determinar **el tamaño de lote**, la teoría de inventarios nos brinda la clave para saber qué cantidad para la planificación utilizar según el tipo de negocio y consecuentemente calcular dentro de la MRP la cantidad a adquirir o a producir.

Si se puede ordenar de un proveedor en cualquier momento con un mínimo tiempo de espera (lead time), entonces la recomendación más sencilla y conocida es utilizar el procedimiento de lote por lote. Con ello, el Planificador de Material deberá programar que se ordenen materiales justo a tiempo para apoyar la producción y mantener un stock de ciclo acotado. Si, por otro lado, se tiene que emitir una orden a un proveedor una vez por semana, una vez cada dos semanas, una vez por mes, por temporadas, o por demanda variable, etc., entonces se utiliza un procedimiento diferente para que se propongan las órdenes en la frecuencia correcta. Los modelos de inventario que se estudiaron al principio de la presente tesis son la guía para determinar este dato.

Como ya se vio con anterioridad, el **Stock de seguridad** especifica la cantidad cuyo propósito es satisfacer una demanda inesperada en un período de cobertura considerado dentro de la planificación.

El **tiempo de espera o LT** (por sus siglas en inglés, **lead time**), es la brecha de tiempo que se presenta entre la colocación de una orden o pedido de compra y la entrega de mercancía por parte del proveedor al cliente. Este tiempo a su vez puede componerse de los siguientes momentos (Sommerville, 1997):

- Fecha de apertura: Período donde las órdenes planificadas se convierten en solicitudes de pedido antes de que se envíe la orden. Este período puede utilizarse por el negocio como tiempo para revisar y resolver los problemas antes de originar una solicitud de compra.
- Plazo de entrega previsto: Considera la fabricación y los tiempos de entrega del transporte para el proveedor. El tiempo corre desde que el proveedor posee la orden de compra, la procesa y organiza su logística hasta el despacho del material al cliente.
- Tiempo de Tratamiento o Recepción: Considera el tiempo que se necesita una vez que los materiales son ingresados en control de Calidad, preparación

(por ejemplo, el tiempo de exámenes microbiológicos, el muestreo de lotes para confirmar su uso en procesos normalizados, o el ingresado en Unidad de Medida Base, según la unidad de medida en cómo se maneja el material).

La **lista de materiales** o Bill of Materials (BOM) en inglés, como ya se explicó, es aquella donde se definen todos los componentes necesarios para obtener un producto final, es decir, la 'receta' que describe los 'ingredientes necesarios' para crear un bien terminado. El mantenimiento y respaldo de la información BOM es imprescindible para la exactitud de la planificación de requerimiento de materiales. La información imprecisa de la BOM lleva a resultados imprecisos de MRP. Los problemas deben resolverse con conocimientos generales de administración de datos y así mismo es indispensable algún especialista en Mantenimiento de Master Data local (DMO) sobre todo tratándose de organizaciones de gran magnitud que permite al usuario realizar cambios en BOM en algún sistema operativo. Esto generalmente es asignado a profesionales de tecnologías de información, aunque podría haber excepciones, pero cualquier problema que deba resolverse con el software a utilizar, se debe hacer con la persona que mantiene los datos BOM de su sitio (Goehring, 2016).

El **inventario** es la cantidad de materiales disponible. El estatus incluye:

- Sin restricciones (libre utilización)
- En inspección de calidad
- Bloqueado (no disponible)
- En tránsito
- Disponible en proveedor, etc.

El inventario exacto es primordial para una solución eficaz de la MRP. Las transacciones del inventario actualizadas son críticas, por ejemplo (Goehring, 2016):

- Recepciones de material abiertas
- Registro de producción (consumo de materiales)
- Conteos de ciclos realizados periódicamente y registrados en el sistema
- Movimiento de estatus libre utilización a bloqueado por Calidad (si es necesario)
- Disposición de materiales (qué sucede con esos materiales, cronograma), etc.

Existen varios métodos predeterminados para realizar la planificación, pero entre los más destacados se encuentran (Goehring, 2016):

- I. Corrida por lotes (batch): Por lo general es programada de lunes a viernes. Solo considera los materiales que tienen algún cambio (demanda, inventario, atraso de entregas, etc.)
- II. Corrida de la planificación en línea: es cuando la planificación se encuentra basada en la demanda (ad hoc / manual).

Para ambos métodos de corrida de la MRP (automática por lotes, manual ad hoc), hay diversos tipos de corridas cuando se usan softwares modernos, por ejemplo (Goehring, 2016):

- Corrida de la MRP de cambios netos para el horizonte de planificación: se replantean los materiales que sufrieron un cambio correspondiente a MRP desde la última corrida de la planificación (por ejemplo, cambio en la planificación de la producción, problemas con el almacén, cambios en la BOM, etc.) solo en el horizonte de planificación (por lo general 28 días).
- Corrida de la MRP de cambios netos para el horizonte total: se replantean los materiales que han sufrido un cambio correspondiente al MPS desde la última corrida de la planificación (por ejemplo, cambios drásticos en las proyecciones de producción, limitantes de capacidad en planta de largo plazo, problemas de demanda, etc.) solo en el horizonte total (aproximadamente 52 semanas).
- Corrida de la MRP regenerativa: Corrida de la MRP que planea todo el material, independientemente del cambio, para un horizonte total (52 semanas).

Las siguientes son algunas actualizaciones de la información desde la última corrida de la MRP que pueden ser las razones de una nueva ejecución de la MRP:

- Un ajuste en el inventario
- Después de que ocurren las confirmaciones de producción
- Parámetros maestros del material de la MRP actualizados
- Información de la BOM actualizada
- Se carga un plan de producción actualizado/nuevo

Por su parte, el **Controlador MRP (Planificador de Necesidades)**, especifica la estructura responsable de la planificación de materiales en un software. En muchos sistemas es un campo obligatorio que se ha programado o codificado para que por medio de la administración de datos se pueda ejecutar la MRP y el software arroje los resultados necesarios.

Por otro lado, en los inventarios pueden presentarse temas de **scrap** o **mermas**, que son las pérdidas físicas entre lo que se solicita como compra y lo que se ingresa

en realidad en inventario. Estas pérdidas pueden generarse, ya sea en el proceso logístico o en el proceso de producción. El scrap es muy distinto del desperdicio, ya que este último posee un valor de reventa, mientras la merma sólo es desecho (Sheldon, 2008). Los informes de desecho inexactos pueden causar estragos en cualquier sistema de inventario. Para algunas plantas, es más importante impresionar a la empresa con números de desechos más bajos de los que realmente están ocurriendo, sin embargo, esto puede representar pérdidas contables bastante altas. La presión impuesta a los gerentes de fabricación para que reduzcan el número de desechos generalmente los induce a pasar por alto la importancia de informar los desechos con precisión.

La mayoría de las plantas registran la chatarra utilizando algún proceso de informes en papel. El problema básico de un proceso de este tipo es que es propenso a errores, en forma de números de pieza o niveles de listas de materiales incorrectos, o incluso en la cantidad informada debido a la complejidad de la pieza. Si los trabajadores de línea son responsables de informar sobre el desecho, los trabajadores pueden ser reacios a informar sobre el desecho por temor a ser reprendidos (Sheldon, 2008).

La naturaleza misma del producto que se produce puede complicar la capacidad de informar el desecho con precisión. Al producir productos que son difíciles de reportar como chatarra en base al número de parte, algunas compañías usan el peso para medir las unidades monetarias de scrap. El problema con este método para la gestión de inventario es que no existe una contabilización precisa de desechos por número de pieza en el sistema de inventario. El personal de materiales debe realizar conteos frecuentes de materiales y hacer ajustes manuales en el sistema informático. La dirección ejecutiva debe revisar el proceso de elaboración de informes de desecho para determinar la mejor práctica y debido a que esto debe considerar la naturaleza del producto que se fabrica, es posible que sea necesario construir diferentes métodos de informes para una clase particular de inventario (Sheldon, 2008).

Finalmente, al realizar la MRP, se debe tomar en consideración la planificación de producción más actual y la información de inventario dentro del sistema para calcular un plan de adquisiciones para satisfacer las necesidades de los materiales que se utilizan. Los resultados de la ejecución de MRP incluyen nuevas órdenes planificadas que devienen de requisiciones de compra y órdenes existentes planificadas actuales o pedidos de compra. En el siguiente capítulo se explica el funcionamiento más detallado cuando se trata de ejecutar un software MRP.

3.3.2 Funcionamiento de un Sistema Software MRP

La planificación de requerimiento de materiales (MRP) fue diseñada para calcular las necesidades de materiales de la planta, interna y externamente. Todos los sistemas de software utilizados en la MRP no son muy diferentes entre unos y otros. Los principios de administración de materiales en todos estos sistemas permiten que cualquier persona con conocimientos de planificación, controlen cualquier marca de sistema informático que una empresa esté utilizando para la gestión de materiales (Sheldon, 2008). Las diferencias en los sistemas son la ubicación de la información de planificación, envío y control de liberación. Algunos paquetes de software son más complejos que otros porque contienen más funciones supuestamente diseñadas para mejorar el control de inventario. Así mismo, algunos paquetes de software son mejores que otros porque tienen características que hacen que el sistema sea más rápido y fácil de ingresar y extraer información. Aunque es evidente que cualquier paquete de software será tan bueno según el nivel de precisión de los datos que sean ingresados al sistema.

Un software MRP no es ni el problema ni la causa raíz de las ineficiencias en el proceso de adquisición de materiales. La noción de que un MRP no funciona es una falacia. Un sistema de software MRP es una súper calculadora que proporciona datos de salida basados en criterios seleccionados que se colocan en el sistema (Goehring, 2016). Dado que un software MRP es un sistema perfecto, depende de la información perfecta para proporcionar resultados perfectos. Es posible que MRP no funcione para muchas empresas debido a entradas/salidas incorrectas en el sistema.

Como ya se mencionó, la Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP) es el proceso de generar entregas planificadas y firmes a los proveedores, interna y externamente. Un software MRP lee los pedidos de los clientes, los pronósticos y el programa maestro, o una combinación de estos, y luego procesa la información a través de las listas de materiales para generar la demanda de los componentes y las materias primas. El software MRP calculará nuevas entregas planificadas cada vez que se genere, cambiando la fecha de entrega y la cantidad en función de la información más reciente en el sistema (Goehring, 2016).

Una vez que el sistema de cómputo o un planificador cambia una liberación de orden a firme, el MRP no moverá la fecha ni cambiará la cantidad. Para aumentar o disminuir la cantidad o cambiar la fecha de entrega, el usuario debe cambiar manualmente los pedidos en firme (Goehring, 2016). Es decir, si el sistema MRP funciona correctamente, este calculará con exactitud en qué momento debe expedirse una OC, por lo que, si existiera la necesidad de realizar algún cambio,

entonces se deberá realizar una intervención manual, esto sucede, sobre todo, cuando se suscitan cambios en el tiempo de entrega de las materias primas.

En los primeros días de MRP, la mayoría de las empresas generan nuevos requisitos una vez por semana. Hoy en día, las computadoras tienen una eficiencia y una memoria mucho mayores, por lo que el MRP se puede generar a diario. Cuando una MRP se regenera diariamente, las liberaciones de orden de compra que se envían a los proveedores también se actualizan diariamente. Si los lanzamientos de orden cambian dramáticamente de una corrida de MRP a otra, entonces deberán revisarse todos los parámetros de planificación anteriormente enunciados, o de lo contrario no habrá estabilidad en el sistema.

Cuando hay estabilidad en un sistema, se muestran cambios mínimos o ningún cambio inmediato en los pedidos de los proveedores, por tal motivo los comunicados vía correo electrónico deberán enviarse a los proveedores con menos frecuencia y sólo mantener las actualizaciones de fechas de entrega de mercancías. En general, el sistema de gestión de materiales podría generar liberaciones diariamente, pero esto depende las necesidades de cada negocio.

En resumen, el uso de un software MRP tiene los siguientes objetivos principales (Reiner, 2011):

- Determinar los materiales necesarios
- Qué se necesita
- Cuánto se necesita
- Cuando se necesita
- Establecer y mantener prioridades

Lo que hace el MRP con la información anterior es:

- Proporcionar el marco para la planificación efectiva de los materiales para producción
- Generar pronósticos a largo plazo y planes de suministro a corto plazo
- Integrar la data del programa de producción para calcular el requerimiento de materia prima
- Equilibrar efectivamente abastecimiento y demanda
- Controlar el inventario
- Determinar la cantidad y los tiempos para la adquisición de los componentes y materiales necesarios para satisfacer la demanda de los clientes.

Además de todos los parámetros estudiados con anterioridad, para que el MRP funcione en su totalidad, se deben considerar los siguientes:

- Horizonte de Planificación
- Período de tiempo
- Frecuencias de planificación

El Horizonte de planificación es el plazo de tiempo en el cual se desarrolla la planeación de fabricación y necesita ser tan largo en el MRP como en el MPS. Con el objetivo de producir o comprar artículos finales, el horizonte debe ser igual o mayor al lead time acumulativo, de no ser así, se necesita acelerar para alcanzar los vencimientos de las órdenes planificadas. Si es insuficiente, tiene un mayor impacto en los niveles más bajos de la estructura del producto (Goehring, 2016).

Las características de un rendimiento bajo un buen horizonte de MRP son (*Ídem*):

- Elaboración de órdenes con justa anticipación
- Precisión de datos en inventario, lista de materiales, rutas y previsiones exactas
- Elaboración de órdenes de compra enviadas a tiempo
- Órdenes enviadas a fabricación sin carencias de material
- Cumplimiento de vencimientos de órdenes

Las causas principales de malos resultados por usar un incorrecto horizonte en la MRP son (*Ídem*):

- Un sobre inventario de materia prima que puede ser el resultado de descuentos en la compra o necesidades de tamaño de lote no acordes con los periodos de consumo.
- Exceso de inventario de productos terminados que puede ser el resultado de previsión en demasía.
- El envío tardío del proveedor y cambios de último minuto en las órdenes por parte de los clientes puede afectar el cumplimiento de la fecha de vencimiento.

Los parámetros de planificación MRP deben programarse con claridad dentro del software a utilizar para poder automatizar el proceso completo. Estos parámetros de planificación están definidos para alcanzar los requerimientos del Negocio para MRP y basan su funcionamiento en la aplicación de la administración de datos maestros.

3.3.3 Parámetros de la MRP

La mala salida de un sistema MRP es el producto de dos grupos básicos de información: parámetros y entrada de datos. El término "parámetros" en un software MRP se refiere a todas las selecciones, opciones y datos requeridos que se den completar en campos específicos de un programa MRP para generar la liberación de pedidos y la información de envío correctamente. La frase "entrada/salida de datos" se refiere a toda la información introducida en el sistema, ya sea de forma electrónica o manual (Sheldon, 2008).

Dado que se requiere una gran cantidad de parámetros de planificación para controlar correctamente una enorme cantidad de información, las probabilidades de que todo funcione a la perfección todo el tiempo son casi nulas. Los parámetros de planificación incorrectos en el sistema están directamente relacionados con la escasez de información precisa, lo que provoca la pérdida de tiempo de fabricación y posiblemente gastos extras.

Los parámetros de planificación que controlan el tiempo de entrega desde la base de suministro deben ser precisos para generar información de entrega precisa a los proveedores.

Los clientes en el mercado actual esperan que los plazos de entrega de los proveedores sean iguales al tiempo de envío, más algunos días de seguridad. Se espera que los proveedores mantengan un nivel de existencias disponibles que permita a los clientes realizar pedidos continuos. Sin embargo, para que los proveedores se adapten a los plazos de entrega demandados, las organizaciones deben enviar pronósticos confiables y que cubran todo el tiempo que tarda el proveedor en adquirir materias primas y producir las piezas.

Muchos sistemas MRP distinguen entre los tiempos de entrega proporcionando un campo para ingresar tanto el tiempo de entrega de fabricación del proveedor como el tiempo de tránsito. Es aconsejable reconocer todos los plazos que conforman la entrega, ya que el sistema puede sumarlos (Sheldon, 2008).

Además de los parámetros estudiados con anterioridad, otro parámetro crítico de planificación en los softwares es la distinción entre hacer o comprar un componente. Si un componente se etiqueta incorrectamente como una pieza de "fabricación" cuando en realidad debe pedirse, el MRP no generará una liberación al proveedor para la compra. Si este error no se detecta a tiempo, el resultado neto suele ser una escasez de piezas en la planta (Goehring, 2016).

Un parámetro extra de planificación mediante software MRP es el que rige la cantidad de producto que se pedirá a los proveedores. Algunos proveedores envían en paquetes estándar, que en realidad son se estandarizan para cualquier sistema de escaneo de códigos de barras. El parámetro de planificación debe configurarse para que las entregas se emitan en múltiplos de paquetes estándar del proveedor. Por lo general, se ingresan letras o números de código en el campo de parámetro para controlar el monto de la partida de liberación de un proveedor (Goehring, 2016).

3.3.4 Resultados de la MRP

La MRP genera las requisiciones de material a largo plazo que se recopilan y se acumulan en las proyecciones de los proveedores. El reporte de dichas proyecciones puede enviarse a los proveedores de manera electrónica. Las requisiciones de la MRP se convertirán consecuentemente en órdenes planeadas y/u órdenes de compra para los materiales directos que es necesario adquirir. Si los materiales entregados no cubren las necesidades de producción dictadas por el MPS que se derivan a su vez de la DPP, entonces seguramente los parámetros de planificación son erróneos. Por lo general, la principal fuente de inexactitudes en un MRP se encuentra en la BOM de materiales.

Cualquier lista de materiales que no sea 100 por ciento precisa, puede contribuir a una escasez de piezas en el futuro. Debido a que las listas de materiales se ingresan en los sistemas MRP manualmente, se pueden cometer errores con el uso y los números de pieza. A menudo es difícil para los planificadores darse cuenta de tales errores hasta que es demasiado tarde y existe una escasez en planta (Goehring, 2016).

La mejor práctica es que los planificadores investigar el motivo de la escasez y luego tomen medidas correctivas inmediatas. Las plantas en el modo de “apagón de incendios” a menudo pasan por alto esta investigación debido a limitaciones de tiempo; sin embargo, el problema generalmente se repite (Akhtar,2020). Si la precisión de las listas de materiales es un contribuyente principal de los inconvenientes, la gerencia ejecutiva debe abordar el problema; aunque en ocasiones, la simple verificación de las listas puede no ser suficiente para detener las imprecisiones pues habrá que observar los niveles de scrap, faltantes o tiempo de espera (lead time).

Un buen Planificador de Materiales invertirá tiempo y personal para garantizar que todos los parámetros del MRP sean correctos. La mejor práctica es revisar cada lista de materiales, lead time, stock de seguridad, inventario, scrap, vencimiento,

etc. registrado en el MRP. No hay mejor método que observar o conocer cómo se ensambla o fabrica un producto y verificar los componentes que realmente se usan, así como sus características. A menudo, lo que se pasa por alto son las piezas pequeñas o los cambios realizados en el sitio por los ingenieros (que en ocasiones no se actualizan en los registros). En otras ocasiones, la planificación hace sustituciones que nunca se transmiten al departamento de ingeniería o materiales (Akhtar,2020), pero esta situaciones deben ser corregidas.

3.4 Proceso de Adquisición Recepción

El proceso de la Adquisición hasta la Recepción (Purchase to Reception) comprende todas las actividades implicadas desde la compra hasta la entrega de productos por un proveedor y entra dentro de la planificación de requerimiento de materiales.

Después de que se genera una necesidad mediante el boom de materiales, entonces se establece una requisición o solicitud de pedido, la cual se puede convertir en orden previsual de compra y finalmente en pedido de compra. Este pedido se expresa en un documento legal conocido comúnmente como orden de compra o PO (purchase order), el cual deberá dirigirse al proveedor seleccionado, quien tendrá que corroborar de recibido mediante una confirmación de orden (order confirmation). Los vendedores ratifican electrónicamente que han recibido la orden de compra, en la mayoría de los casos vía correo electrónico. Estas confirmaciones electrónicas deberán ser cargadas ya sea en el software MRP, archivadas en el sistema o de manera física, según los procesos que la empresa haya estipulado. Las confirmaciones del proveedor se pueden actualizar y monitorear de manera más fácil mediante la implementación de varios ERP de planificación de requerimiento de materiales.

Finalmente, el proveedor deberá presentar (según sea compra nacional o de importación) todos los documentos de envío vinculados a los documentos de entrega, con el propósito de conjuntar información específica a la transportación. Ejecutar el proceso de envío y el cierre documental es el paso último en la entrega de productos y activa los pagos de flete en el caso de importaciones con determinados INCOTERMS (por ejemplo carta porte, factura comercial, certificado de seguro, lista de empaque, licencia de exportación, etc.). La puntualidad de las transacciones realizadas (orden previsual, solicitud de pedido, orden de compra, confirmación de compra, factura comercial, etc.) es crítica como cualquier documento, incluyendo los documentos de entrega, envío y la recepción de productos deben todos estar registrados en el software o archivados según los

procesos empresariales antes de cerrar el envío. Todos los recibos de productos deben ocurrir a través de un registro de entrega entrante.

La cantidad de productos recibidos deben estar dentro de una tolerancia establecida (que comúnmente es +/-10%). Si el proveedor entrega la cantidad de material que sea menos a la tolerancia, entonces la orden de compra permanecerá abierta y el MRP pensará que los materiales llegarán (Ahmed, 2014). En caso de que el proveedor, por alguna razón, no entregue de manera completa en un plazo determinado, la orden de compra debe cerrarse manualmente mediante la adquisición. Por ejemplo, si un material tiene una tolerancia de entrega por debajo del 10% y se ordenan 500 KG y se reciben 440 KG, la orden de compra permanecerá abierta con una cantidad de 60 y el MRP pensará que los 60 aún están programados para llegar hasta que la PO se cierre. Es por esto por lo que, luego de que la orden de compra se envía al proveedor y este confirma la recepción del pedido, entonces la entrega deberá ser actualizada y monitoreada en el sistema.

Es importante actualizar las órdenes de compra en el MRP o un sistema de archivo de documentos, para facilitar el rastreo de cuáles órdenes han sido recibidas (y cuáles no) y aceptadas por el proveedor. Además, asegura la precisión de los datos en cualquier sistema y una planificación apropiada de inventario y suplemento (Ahmed, 2014).

En el monitoreo de recepciones es posible auxiliarse de la métrica Días de Inventario de Suministro (Inventory Days of Supply), índice de eficiencia que generalmente se conoce como Días en Inventario, Período de Inventario o Días de Inventario pendiente. Se utiliza para medir el tiempo promedio, en días, que le toma a una empresa vender todo su stock de producto terminado (McDonald, 2009) Los cálculos de Days of Supply proporcionan a los Planificadores información útil acerca de sus inventarios, ya que brindan su fecha de alcance y, por tanto, son una alerta para que se persigan las próximas recepciones cuando los niveles de material sean bajos. En otras palabras, el Days of Supply es un elemento que determina el número de días completos y parciales entre la fecha actual y la fecha en la que se agotará el material. El suministro por días debe tener semáforos asociados que alerten a un Planificador de Materiales sobre los problemas potenciales.

Hay 3 cálculos del Days of Supply

- a) Days of Supply (SD y SS existentes)
- b) 1a recepción de Days of Supply (SD y SS existentes + STO / OC)
- c) 2a recepción de Days of Supply (SD y SS existentes + STO / OC + FPP / FSOLPED]

Donde:

SD: stock disponible

SS: security stock

STO: stock transfer order

OC: orden de compra

FSOLPED: solicitud de pedido de fabricación

FPP: pedido en proceso fabricación

Así mismo, el Days on Hand puede ayudar a determinar una fecha efectiva para la discontinuación del material. Como ya se vio anteriormente la formulación es la siguiente:

$$\text{Days Inventory on Hand} = \frac{\text{Average Inventory}}{\text{Cost of goods sold (COGS)}} * 365$$

3.5 Cálculo de Turnos de Inventario

Los turnos de inventario son aquellos tiempos justo antes de que se inicie una corrida de producción, en donde se asegura la entrega del material requerido para la fabricación del producto final según lo programado en el MPS y depende de la capacidad de la línea productiva de la organización. Por lo general hay de dos a tres turnos de inventario, que se alinean con los turnos de producción. En los cálculos de turnos de inventarios debe estar contemplado el "tiempo de entrega", de los componentes solicitados (tiempo total que le toma a un proveedor obtener la materia prima, fabricar el producto, enviarlo y que la planta receptora lo reciba).

Muchas veces el "tiempo de entrega" es sinónimo de "tiempo de tránsito", que se refiere solo al tiempo que lleva mover el producto del proveedor al cliente, lo cual también deberá ser tomado en consideración para planificar cada turno de producción.

La logística, también determina los tiempos de producción. La selección del transportista controla el tiempo de tránsito. Hay tres tipos de transportistas de carga: expedidores, camiones completos y menos de camiones completos (Akhtar, 2016). El método más rápido de envío de productos es a través de un transportista expedito, y existen numerosos servicios con una gran cantidad de rangos de precios.

El Planificador de Materiales debe hacer algunas concesiones para protegerse contra entregas perdidas agregando existencias de seguridad. Se puede utilizar

algún método de los mencionados con anterioridad en la teoría de inventarios. Este proceso consistirá en agregar a la planificación de requisitos de materiales (MRP) un número de existencias de seguridad que puedan ser provistas durante un período determinado. En función de la naturaleza del producto, la fiabilidad de la base de suministro y la distancia a la planta, la gestión de materiales puede asignar los valores adecuados para el stock de seguridad.

En las mejores operaciones de su clase, se espera que los proveedores envíen materiales ante la liberación de PO's (purchase order u orden de compra) por parte de la empresa, en las que el tiempo más corto es igual al tiempo que lleva enviar el producto al cliente. Se considera que una empresa está aplicando las mejores técnicas de fabricación de su clase cuando el producto se puede enviar en un día específico con la cantidad correcta según lo acordado por los comunicados de los clientes (Ahmed, 2014).

Además del programa de consumo diario, los proveedores deben recibir pronósticos semanales, mensuales y anuales de los clientes. La proyección total de los clientes debe exceder el tiempo que toma toda la cadena de suministro para comprar materias primas y fabricar el componente necesario. Las plantas utilizan pronósticos mensuales principalmente para proyectar los requisitos de mano de obra y capacidad a corto plazo (Akhtar, 2016). Cuanto más lejos está el horizonte de liberación, menos precisa es la información.

Por otro lado, es importante calcular la rotación de inventario para saber cómo se mueve el material dentro de los turnos de producción. Algunas empresas utilizan las ventas estimadas del próximo mes para calcular la rotación de inventario; otros usan las ventas del mes actual o cuentan los materiales en tránsito.

El uso de las cifras de ventas estimadas para el próximo mes está justificado porque el inventario disponible se compra para las ventas del próximo mes. El personal de materiales y los gerentes de planta prefieren este cálculo porque cuando se sobrestima el valor monetario de las ventas para el próximo mes, la rotación de inventario es inferior a la realidad (Akhtar, 2016). El mejor método para calcular las rotaciones de inventario es utilizar el dinero de las ventas pasadas para que no haya forma de falsear los números.

Como se ha explicado, en planta, las categorías de inventario se pueden dividir en cinco partes:

- a. Materias primas
- b. En tránsito
- c. Trabajo en proceso (WIP)

- d. Productos terminados
- e. Obsoleto o inactivo

El dinero total del inventario desglosado en estas categorías principales es importante para comprender e identificar cualquier problema aparente. Si una clase de inventario está fuera de control, es necesaria una investigación exhaustiva para comprender y corregir los problemas que causan el desequilibrio. La representación adecuada en valor de los materiales en cada categoría de inventario está directamente relacionada con el tipo de fabricación. Algunas plantas son intensivas en WIP, mientras que otras pueden mantener un flujo de proceso de una sola pieza (Akhtar, 2016). Las empresas que fabrican el mismo producto todos los días deberían poder acomodar un flujo constante y estable a nivel contable.

4. Determinación de los parámetros del caso

El presente caso de aplicación está basado en la adjudicación de una licitación pública. Servicio Integral para el Implementar el Programa Institucional de Higiene de Manos” para el abastecimiento de soluciones antisépticas en la Unidad Médica de Alta Especialidad, Hospital “Dr. Antonio Fraga Mouret” del Centro Médico Nacional La Raza, Ciudad de México.

Esta licitación se ha publicado desde el año 2019 por parte del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), y desde entonces su objetivo ha sido que, aquella empresa que posea los precios más competitivos del mercado, abastezca y distribuya de manera suficiente, oportuna y continua solución base alcohol (SBA) al 75% y solución base alcohol con clorhexidina (SBA Clorhexidina) al 2%, para realizar la higiene de manos en los puntos de asignación designados en el Hospital Dr. Antonio Fraga Mouret. Según las bases “estos insumos *deben* estar disponibles para su uso las 24 horas del día durante la vigencia del contrato”, que por lo regular es a lo largo de un año. (Dirección de la UMAE, Servicio Integral para Implementar el Programa Institucional de Higiene de Manos, 2019)

La solución base alcohol debe tener las siguientes características:

- Tener una concentración del 70% al 75% V/V de alcohol Isopropílico líquido, gel o espuma
- Presentación en frasco o cartucho contenido de 500 a 1,200 ml

Mientras que el gluconato de Clorhexidina o Digluconato de Clorhexidina debe:

- Tener una concentración del 1 al 4% de Clorhexidina, sólo o combinada con alcohol etílico
- Presentarse en frasco o cartucho de 500 a 1,200 ml y en caso de presentarse en frasco debe contar con dosificador o tapa en silla de montar.

Según el Instituto Mexicano del Seguro Social, la justificación de la contratación del servicio de abastecimiento y distribución de soluciones base alcohol como parte de su Programa Institucional de Higiene de Manos, estuvo relacionada con la prevaeciente pandemia ocasionada por SARS-COV-2, que se estima persistirá durante 2022, así mismo:

“...las infecciones relacionadas con la atención de la salud (IAAS) son una carga de enfermedad y tienen un gasto económico considerable en los pacientes y para el hospital. Sin embargo, la higiene de las manos puede

salvar vidas y reducir los costos. La OMS ha propuesto como estrategia al modelo multimodal de higiene de manos para ser adoptado por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). '*Esta estrategia*' se centra en la mejora del cumplimiento de la higiene de manos por parte del personal sanitario que trabaja con los pacientes. El objetivo final es reducir tanto la propagación de la infección y de los microorganismos multirresistentes, así como el número de pacientes que contraen IAAS prevenibles y, por consiguiente, evitar pérdidas de recursos y salvar vidas. La aplicación de la estrategia es de fundamental importancia para conseguir mayor seguridad del paciente. Las IAAS afectan a millones de personas en el mundo y plantean un importante problema para la seguridad del paciente.

En general, las IAAS reflejan el comportamiento humano condicionado por numerosos factores, entre los que se incluye la educación *en* la higiene de las manos *que* se considera la principal medida necesaria para reducir las IAAS. Aunque la higiene de manos es una acción sencilla, la falta de cumplimiento entre los profesionales sanitarios sigue constituyendo un problema a escala mundial. Por dichos motivos es importante contar con un servicio integral de higiene de manos (HM) que incluya ... *el* surtimiento de solución base alcohol con y sin clorhexidina..." (Dirección de la UMAE, Solicitud de Cotización Adjudicación Directa "Servicio Integral del Programa Institucional de Higiene de Manos", 2022).

Para poder ganar, las empresas deben presentar precios óptimos para los insumos a suministrar. Estos "precios propuestos deben permanecer fijos durante la vigencia del contrato" y durante el plazo "el proveedor adjudicado queda obligado a suscribir el contrato que se derive con base en los términos y condiciones establecidos en 'la' convocatoria" (Dirección de la UMAE, Servicio Integral para Implementar el Programa Institucional de Higiene de Manos, 2019)

Así mismo, el proveedor debe presentar por cada unidad de producto entregado: copia del certificado que acredite el cumplimiento de las Normas oficiales mexicanas, Normas mexicanas, normas internacionales o Especificaciones Técnicas aplicables, expedidas por un organismo de certificación acreditado por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). "En el supuesto de que no existan organismos de certificación acreditados, presentar el informe de resultados emitido por un laboratorio de pruebas acreditado por la EMA; dicho informe deberá contar con fecha de expedición como máximo de seis meses anteriores a la fecha de presentación propuesta" (Dirección de la UMAE, Servicio Integral para Implementar el Programa Institucional de Higiene de Manos, 2019)

El contrato se adjudica a un sólo licitante que cumpla con todos “los requisitos establecidos en las bases y garantice satisfactoriamente el cumplimiento de las obligaciones respectivas. Una vez recibidas todas las posiciones que hayan sido enviadas por medios electrónicos...” para que “con posterioridad se realice la evaluación integral de las proposiciones, el resultado de dicha revisión o análisis se dará a conocer en un fallo correspondiente” (Dirección de la UMAE, Servicio Integral para Implementar el Programa Institucional de Higiene de Manos, 2019)

Para proceder con la evaluación de la propuesta económica, se debe excluir del precio ofertado el impuesto al valor agregado y sólo se considerará el precio Neto. “El contrato es adjudicado al licitante cuya oferta resulte solvente porque cumple conforme a los criterios de evaluación establecidos con los requisitos...técnicos y económicos” de las bases (Dirección de la UMAE, Servicio Integral para Implementar el Programa Institucional de Higiene de Manos, 2019).

El procedimiento de contratación por lo general tiene un periodo de vigencia que va desde los dos a los doce meses. Las cantidades máximas y mínimas de los productos a suministrar durante este periodo se dan a conocer en cada licitación mediante su Anexo Técnico. Los productos deben ser suministrados de forma ininterrumpida las 24 horas del día a lo largo del periodo de contratación. Para este caso, el procedimiento se formalizó a través de un contrato abierto, de conformidad con el artículo 47 de la ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios del sector público, y 85 de su reglamento.

El domicilio donde se presentaría el servicio es en UMAE Hospital de Especialidades con sus unidades satelitales Banco de Sangre y Hospital Psiquiátrico Morelos ubicados en:

Unidad	Domicilio
Unidad médica de alta especialidad, Hospital de especialidades, “Dr. Antonio Fraga Mouret” del Centro Médico Nacional la Raza, CDMX	Seris y Saachila s/n Colonia La raza CP. 0299 Alcaldía Azcapotzalco, CDMX
Unidades satelitales	Domicilio
Banco de sangre	Jacarandas y Seris s/n Col. La Raza CP 02990, Alcaldía Azcapotzalco, CDMX
Hospital Psiquiatrico Morelos	Calzada San Juan de Aragón no 311, Col. San Pedro del Chico, CP 07450, Alcaldía Gustavo A Madero, CDMX

Tabla 4.1 Direcciones para la prestación del servicio del Programa Integral de Higiene de Manos PIHMA. Tomado de Solicitud de Cotización Adjudicación Directa "Servicio Integral del Programa Institucional de Higiene de Manos" (p.45) por Dirección de la UMAE, 2019, IMSS

Por otro lado, los proveedores deben entregar bienes con una caducidad no menor a 12 meses y pueden entregar dichos bienes con una cantidad mínima de hasta 9 (nueve) meses, siempre y cuando estos bienes se canjeen a los 15 días de haberse recibido.

La capacidad instalada del hospital se muestra en la siguiente tabla:

Capacidad instalada	
Superficie Total	6,718 m ²
Superficie Construida	4,0923 m ²
Camas Censables	481
Camas No Censables	100
No. De Consultorios	40
No. De Quirófanos	12

Tabla 4.2 Capacidad instalada del Hospital Dr. Antonio Fraga Mouret en el 2020. Fuente: Solicitud de Cotización Adjudicación Directa "Servicio Integral del Programa Institucional de Higiene de Manos", (p.54) por Dirección de la UMAE, 2019, IMSS

“El licitante ganador, para garantizar el cumplimiento de todas y cada una de las obligaciones estipuladas en el contrato adjudicado, debe presentar fianza expedida por afianzadora, debidamente constituida en términos de la Ley Federal de Instituciones de Finanzas, por un importe equivalente al 10% (diez por ciento) del monto total del contrato a erogar...” (Dirección de la UMAE, Servicio Integral para Implementar el Programa Institucional de Higiene de Manos, 2019). En caso de algún incumplimiento al contrato, o irregularidad detectada, se le aplica al proveedor una penalización del 2.5% sobre el importe del total de los servicios realizados en el mes en que se haya presentado el incumplimiento o detectado la irregularidad. Por cada irregularidad detectada o incumplimiento a lo contratado, se aplica el porcentaje de sanción antes mencionado.

La pena convencional por atraso se calcula por cada día de incumplimiento, de acuerdo con el porcentaje de penalización establecido, aplicado al valor de lo que como parte del servicio hayan sido entregados y o brindados con atraso, y de

manera proporcional al importe de la garantía de cumplimiento que corresponda a la partida de que se trate. La suma de todas las penas convencionales aplicadas al proveedor no debe exceder el importe de dicha garantía.

Por otro lado, es causa de “rescisión administrativa del contrato:

- a) Cuando no se entregue la garantía de cumplimiento del contrato, dentro del término de 10 días naturales posteriores a la firma de este.
- b) Cuando el proveedor incurra en falta de veracidad total o parcial respecto a la información proporcionada para la celebración del contrato
- c) Cuando se incumpla, total o parcialmente, con cualesquiera de las obligaciones establecidas en el contrato y sus anexos...” (Dirección de la UMAE, Servicio Integral para Implementar el Programa Institucional de Higiene de Manos, 2019)

En el supuesto de que el contrato se rescinda, no procede el cobro de penas convencionales por atraso, ni la contabilización de esta al hacer efectiva la garantía de cumplimiento.

“Existen alrededor de 1090 sitios de atención distribuidos en todo el hospital, casi el doble que al inicio del contrato 2021, debido a que se incrementaron en 100% debido a las demandas de equipos y al apego intenso de desinfección de manos por la contingencia. Por lo que la división de epidemiología... en conjunto con integrantes del comité de infecciones CODECIN...*proyectaron* que debido a la tendencia de la epidemia de SARS-COV-2 y el alto consumo de solución base alcohol actual, y con base en el presupuesto asignado, el requerimiento para el contrato del programa integral de higiene de manos (PIHMA) de 2022 es de”:

NO.	DESCRIPCIÓN	PRESENTACIÓN	2022
			CANTIDAD MÍNIMA
1	SOLUCIÓN BASE ALCOHOL (LITROS)	500 a 1,200 MILILITROS	800
2	SOLUCIÓN BASE ALCOHOL CON CLORHEXIDINA		103

Tabla 4.3 Requerimiento mínimo para el contrato del Programa Integral de Higiene de Manos PIHMA, 2022. Tomado de Solicitud de Cotización Adjudicación Directa "Servicio Integral del Programa Institucional de Higiene de Manos" (p.29) por Dirección de la UMAE, 2022, IMSS

Sin embargo, el procedimiento del caso de la presente tesis se formalizó a través de un contrato abierto, de conformidad con el artículo 47 de la ley de adquisiciones,

arrendamientos y servicios del sector público, y 85 de su reglamento, aclarando que la entrega, recepción del mencionado contrato y pago del servicio prestado se realizará en el área de trámite de erogaciones ubicada en el primer piso de la UMAE hospital de especialidades CMNR. LA EMPRESA debió programar un calendario de surtimiento periódico de producto SBA y SBA clorhexidina, u otros insumos, con fecha y hora de ingreso (Dirección de la UMAE, Solicitud de Cotización Adjudicación Directa "Servicio Integral del Programa Institucional de Higiene de Manos", 2022).

Los licitantes, para la presentación de sus proposiciones debieron ajustarse a los requisitos y especificaciones previstas en el anexo técnico de la bases de licitación, describiendo en forma amplia y detallada las características del servicio que ofrecerían.

De ser el caso, en algunas licitaciones:

“... deben presentarse el escrito donde manifiesten la clasificación que guarda la empresa, si es micro, pequeña o mediana, conforme al acuerdo por el que se establece la estratificación de este tipo de empresas publicado en el diario oficial de la federación el 30 de junio de 2009; y en caso de contar con innovación tecnológica, debe incluirse copia de la constancia correspondiente emitida por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), misma que no podrá tener una vigencia mayor a cinco años; lo anterior en cumplimiento al artículo 34 del reglamento de la ley de adquisiciones, arrendamientos y servicios y artículo 3, fracción iii de la ley para el desarrollo de la competitividad de la micro, pequeña y mediana empresa.

para acreditar la experiencia que podrá ser mínima de 1 año y máxima de 5 años en servicios médicos integrales (al menos 1 contrato y máximo 5 contratos), los licitantes participantes deben presentar copia del o los contratos debidamente formalizados con sus respectivos anexos, en el que acredite por lo menos un año de experiencia durante los últimos 5 (cinco) años (en el periodo 2015 a 2020), en servicios relacionados al de la contratación en la que se esté participando; podrán presentar contratos anuales o plurianuales, que cumplan con lo establecido en el párrafo anterior, a efecto de que sean susceptibles de computarse los años, meses o fracciones de año de dichos contratos, para lo cual el instituto considerará la vigencia a partir del día del inicio (a partir del 2015 en adelante) de los servicios” (Dirección de la UMAE, Solicitud de Cotización Adjudicación Directa "Servicio Integral del Programa Institucional de Higiene de Manos", 2022)

Con cierta frecuencia, las propuestas de participación de las Mypimes y pequeñas empresas que se debutan por primera vez en un acto de licitación (a menos que demuestren tener la capacidad técnica, financiera y la suficiente experiencia para cumplir con los criterios de adjudicación) terminan siendo desechadas por el jurado designado. Sin embargo, con el paso del tiempo y la adquisición de madurez o reconocimiento por el mercado, estas esferas de negocio comienzan a ser consideradas competitivas para concursar por licitaciones de periodos cortos hasta llegar a adjudicaciones directas. La clave para lograr esta 'madurez' se basa principalmente en tener una gestión precisa del suministro de materiales y conocer sus capacidades productivas durante determinados periodos de tiempo.

Este fue el caso de LA EMPRESA, cuyos inicios como parte del grupo de participantes en las licitaciones de Servicios Integrales de Higiene de Manos, se dieron en el año 2019 ante la contingencia de salud causada por el virus SARS-CoV-2 (COVID-19), lográndose adjudicar contratos pequeños y de mediano plazo, hasta ser merecedora de fallos directos. No obstante, la curva de aprendizaje de dicha empresa estuvo marcada por varios errores que implicaron desde sobrecostos en la producción, hasta multas considerables por faltas al contrato. En un principio LA EMPRESA sólo contaba con procesos básicos de control de inventarios, sin embargo, ello no fue suficiente para gestionar, en el largo plazo, el abastecimiento demandado por los clientes del sector salud. Por estas razones, se incorporaron técnicas de planificación de requerimiento de materiales, tanto a nivel productivo como a nivel de suministro, con el fin de lograr mejores resultados.

4.1 Determinación de la Gestión de Inventarios

Del resumen de la licitación descrito con anterioridad se rescataron los siguientes datos para conformar la metodología que habría de ser aplicada:

- Se debe suministrar de manera periódica gluconato de clorhexidina y solución base alcohol al Hospital Dr. Antonio Fraga Mouret.
- La empresa ganadora debe programar un calendario de surtimiento para cumplir con esta periodicidad.
- Los insumos deben estar disponibles para su uso las 24 horas del día durante la vigencia del contrato.
- Al ser un contrato abierto, su vigencia puede extenderse hasta por un año por lo que se tomó dicho tiempo como plazo de aplicación de la metodología.
- Así mismo, en un contrato abierto, existen las cantidades mínimas, pero no las máximas. La SBA y la SBA con clorhexidina deben suministrarse en un

mínimo de 800 y 103 L por día respectivamente. Con estos mínimos se presentó la propuesta de precios final.

- Tanto el gluconato de clorhexidina como la solución base alcohol pueden distribuirse con una presentación de entre 500 y 1,200 ml, por lo que se tomó la decisión ofertar el producto con un contenido de 1,000 ml para ambas soluciones ya que existe mayor comercialización de frascos con esta medida estándar.
- En caso de algún incumplimiento al contrato, o irregularidad detectada, se le aplica al proveedor una penalización del 2.5% sobre el importe del total de los servicios realizados en el mes en que se haya presentado el incumplimiento o detectado la irregularidad. La pena convencional por atraso se calcula por cada día de incumplimiento. Así mismo es causa de rescisión administrativa del contrato cuando se incumpla, total o parcialmente, con cualesquiera de las obligaciones establecidas en el contrato; es por esta razón que la metodología que se aplicó consideró la inexistencia de faltantes.
- La solución base alcohol debe tener una concentración del 70% al 75% V/V de alcohol Isopropílico líquido, mientras que el gluconato de Clorhexidina o Digluconato de Clorhexidina debe tener una concentración del 1 al 4% de Clorhexidina, sólo o combinado con alcohol etílico.

Por la parte del proveedor deben mencionarse los siguientes puntos:

- La capacidad productiva del proveedor es de 2,000 L por día de SBA y de 1,000 L por día de SBA con clorhexidina.
- LA EMPRESA cuenta con tres turnos productivos de lunes a sábado, teniendo como descanso el domingo.
- Se deben asumir los costos de traslado dentro de los costos por ordenar ya que el hospital no cuenta con más que con 1,400 posiciones, es decir lugares para almacenar un frasco de 1,000 ml en su bodega.

Dadas las previsiones mencionadas se determinó que el modelo de producción sin déficit sería el ideal para el control específico de los inventarios, debido a que, además de que no se permite diferir ventas al futuro, tanto la demanda como la producción son conocidas y fue posible determinar su tasa constante. Así mismo, la tasa de producción es mayor a la tasa de demanda, y los costos de producción, mantenimiento y fijo son conocidos.

Para continuar con la construcción del modelo de inventarios se determinaron los siguientes datos:

Horizonte de Planeación (T): o tiempo total del periodo es de 365 días

Tasa de Demanda por unidad de tiempo (r): como ya se mencionó la demanda de SBA y SBA con clorhexidina es de 800 y 103 litros por día como mínimo, respectivamente.

Demanda total del periodo (R): para el caso de la SBA al finalizar el año 2022 se habrán consumido al menos 292 mil litros, mientras que, para el caso de la SBA con clorhexidina, se habrán demandado 35 mil 595 litros.

Tasa de producción por unidad de tiempo (k): como ya se mencionó con anterioridad la capacidad de producción de LA EMPRESA es de 2,000 litros por día de SBA y 1,000 litros por día de SBA con clorhexidina.

Costo por ordenar por lote de producción (Co): para obtener este dato se calcularon los costos asociados a reaprovisionarse de existencia de SBA y SBA con clorhexidina; esto conllevó a determinar la materia prima necesaria por unidad de producto, el envasado y sus precios asociados (esta información fue obtenida de fuentes directas de la empresa estudiada).

La formulación para producir 1,000 ml de SBA consta de 930.4 ml de alcohol isopropílico al 99.8%, 51.6 ml de peróxido de hidrógeno al 3% y 18 ml de glicerina al 98%. El costo por litro de estos insumos ascendió a \$105.00, \$37.00 y \$190.00 pesos respectivamente. El costo por envase de un litro con dispensador fue de 13.50 pesos, el costo por etiquetado es de \$1.40 pesos por botella y el costo administrativo que se verá más adelante fue de \$4.50 pesos por unidad. De esta manera el costo total por fabricar. Envasar y etiquetar SBA ascendió a \$124.95 pesos por pieza.

Para el caso de la solución base alcohol con clorhexidina la receta para su preparación está conformada por 23 ml de gluconato de clorhexidina al 1%, 807 ml de alcohol etílico al 70% y 17 ml de agentes emolientes que no necesitan enjuague y están desprovistos de alérgenos proteicos (por lo general son dos, un agente oclusivo y un agente hidratante, sin embargo, no son revelados por el secreto comercial de la marca). El costo por litro de estos insumos fue de \$227.45, \$177.54 y \$153 pesos. Al ser de un material no traslúcido, distinto al envase que usa la SBA, el costo por botella con dispensador para solución con clorhexidina fue de \$15.50 pesos, el costo por etiquetado fue el mismo que el de SBA, \$1.40 pesos por unidad y los costos administrativos que fueron de \$4.50 pesos. El costo por unidad fabricada, envasada y etiquetada de SBA con clorhexidina fue de \$581.91 pesos.

Para el caso de los gastos administrativos se determinaron imprescindibles las siguientes posiciones para sacar adelante los pedidos de producción: un planeador-comprador de materiales cuyo salario fue de 15,200 pesos brutos al mes, un

planeador de la producción con nómina de 18,200 pesos brutos al mes, un jefe de maquila para la línea productiva con ingresos de 18,200 pesos al mes y un operador de maquila cuyo salario asciende a 16,500 pesos al mes. Estos gastos fueron sumados y divididos entre 30 para obtener la nómina diaria, y su vez esto se dividió entre el número de unidades por lote de producción para obtener un valor unitario (siendo un lote para ambas soluciones igual a 1,000 piezas).

El costo para mantener la planta y las líneas productivas activas fue de aproximadamente 10 mil pesos al mes, mientras que el costo por transportar el producto terminado al hospital se determinó por medio de la suma del salario del chofer al mes (\$7,000.00 pesos brutos) más el costo por viaje (\$264 pesos por concepto de gasolina) considerándose que son necesarios dos viajes de ida y vuelta al día para abastecer la demanda mínima requerida por el hospital. Estos costos también fueron sumados y divididos entre el contenido por lote.

En consecuencia, el costo por ordenar por lote producido ascendió a \$124,935.83 pesos para el caso de la SBA y a \$581,298.13 pesos para la SBA con clorhexidina.

Costo por mantener (Ch): la bodega con la que cuenta LA EMPRESA consta de 150 metros cuadrados con una capacidad de almacenaje de 95 cajas en racks paletizados de 8 niveles, por lo que en total puede almacenar más de 7,600 botellas de 1,000 litros. La renta de la bodega asciende a 24 mil pesos mensuales y al auxiliar de almacén se le paga \$6,200.00 pesos brutos al mes. Una vez sumados ambos conceptos, el costo por mantener al día ascendió a \$503.30 pesos.

Sustituyendo todos los valores dados anteriormente en la siguiente fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2rCo}{Cm(1 - r/k)}}$$

Se determinó que la cantidad a producir por día es de 810 unidades de SBA y 515 unidades de SBA con clorhexidina. Dado que no fue posible determinar la desviación estándar ya que no se contaba con la serie de datos de demanda de del año pasado, el punto de reorden se calculó obteniendo la demanda diaria (Rr) dada por las bases de la licitación, multiplicada por el plazo de entrega en días (LT), (recordando que para calcular la demanda diaria se divide la demanda anual entre el número de días hábiles en el año). El resultado final fueron 836 unidades para la SBA y 559 unidades para la SBA con clorhexidina, es decir un abastecimiento diario.

$$ROP = Rr * L$$

Tal como se observa, la cantidad a suministrar por día de SBA que sugiere el modelo, no difiere de la cantidad mínima solicitada, que asciende a 800 unidades por día; esto no sucede con la SBA con clorhexidina cuya cantidad mínima demandada es de 103 litros mientras que el modelo sugirió suministrar 515 litros cada 4.5 días debido a que el costo por ordenar un lote de producción es mayor.

El nivel máximo de inventario o superávit se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{2rCo(1 - r/k)}{Cm}}$$

Obteniéndose como resultado 490 litros de SBA y 462 litros de SBA con clorhexidina. Para interpretar este resultado primero debieron calcularse el tiempo de producción hasta generar superávit (t_1) y el tiempo de producción hasta satisfacer la demanda (t_2). Se comenzó por calcular t_2 mediante la siguiente fórmula:

$$t_2 = \sqrt{\frac{2Co(1 - r/k)}{rCm}}$$

Obteniéndose 0.6 días, lo equivalente a 14 horas para el caso de la SBA, y 0.5 días (12 horas) para el caso de la SBA con clorhexidina. Consecuentemente se calculó t_1 mediante la siguiente fórmula:

$$t_1 = \frac{rt_2}{k - r}$$

Resultando 0.4 días, es decir 10 horas para el caso de la SBA y 4.5 días para el caso de la SBA con clorhexidina. Como ya se comentó con anterioridad, el modelo de producción sin déficit inicia con cero unidades en inventario, pero se emite una orden de producción por la cantidad óptima Q (825 litros) que se completan en t_1 unidades de tiempo, que en este caso serían 10 horas para la SBA.

Recordemos que la línea productiva estando al 100% de su capacidad es de 2,000 litros por día, esto implica que por cada turno (8 horas) se fabrican aproximadamente 666 litros de producto terminado; entonces este modelo puede satisfacerse sin inconvenientes, ya que básicamente en un turno más 2 horas de producción se estaría contando con el material finalizado (10 horas con exactitud). El stock en el hospital se consume a razón de 800 unidades por día, por lo que, si se comienza a surtir a las 7:00 horas del primer día del contrato que es cuando se

inician las actividades de recepción en bodega, posiblemente el material se encuentre agotado a las 7:00 horas del día siguiente.

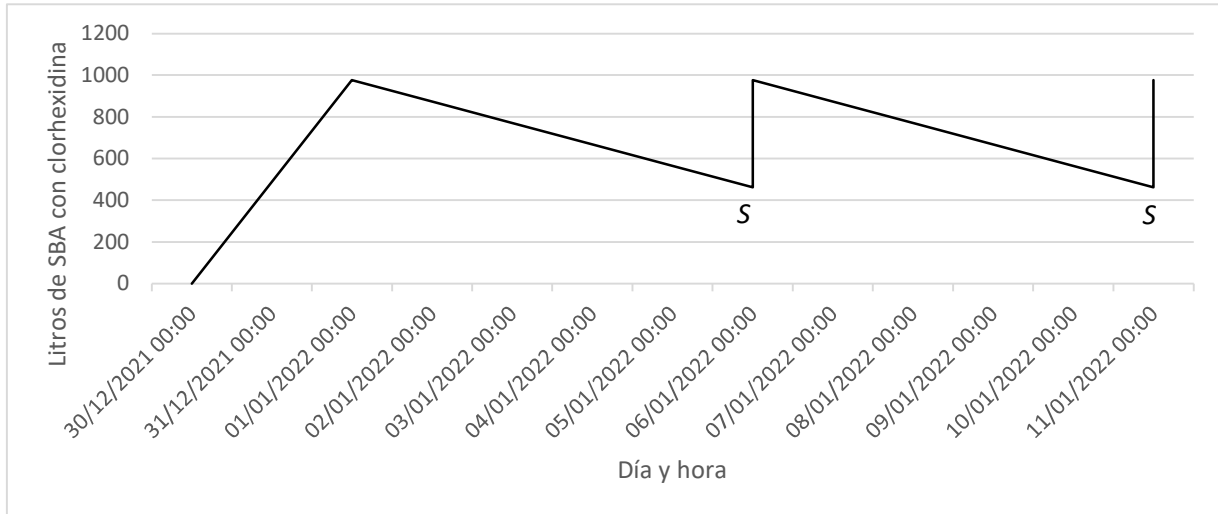
Al ser un modelo de producción sin lugar a déficit, la teoría sugiere entonces que se mantenga un nivel de S unidades inventario como superávit, que son la calculadas con anterioridad (448 litros). Bajo este supuesto, al inicio del contrato en la primera corrida de producción se ocuparían inicialmente dos turnos de producción completos, es decir 16 horas continuas para completar la orden de producción normal de SBA + la de superávit un día anterior por la noche previo a la hora de entrega del material en las bodegas del IMSS. Las corridas de producción de los sucesivos días podrían volver a ser de un turno más dos horas para completar la producción óptima (885 litros) que se abastecerá al día siguiente. Durante el tiempo t_2 (14 horas) se supliría la demanda y por tanto se colocaría una nueva orden de producción. El nivel de inventario el hospital se estaría comportando como se observa en la gráfica siguiente:



Gráfica 4.1 Comportamiento del nivel de stock de SBA en el Hospital por día y hora con el suministro sugerido por el modelo. Se cuentan con 0 litros de producto un día anterior, para que siendo las 7:00 hrs del 1° de enero se entreguen 1,273 litros, de los cuales muy posiblemente sólo restarán 473 litros a las 6:00 horas del 2 de enero que se incrementarán hasta llegar a los 1,298 litro a las 7:00 horas del mismo día al suministrarse 825 litros más que se obtienen de la corrida de producción anterior, y así sucesivamente. Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de la SBA con clorhexidina el escenario fue el siguiente: se comienza con cero unidades en inventario, y se emite una orden de producción por 515 litros que se completa en t_1 unidades de tiempo (12 horas); esto se cumple con exactitud ya que la línea productiva tiene una capacidad de 1,000 litro por día, que se dividen en 333 litros por turno (3 turnos de horas cada uno), por lo que en un turno y medio

este material puede estar listo. Al igual que el caso anterior se debió incorporar un nivel de stock de superávit S , que en este caso son 462 litros y pueden obtenerse en un turno más. Así el primer día del contrato debieron entregarse a las bodegas del hospital 977 litros que se consumen a una razón mínima de 103 litros por día. En este caso el tiempo t_2 es de 4.5 días, los cuales, al haber transcurrido, afectarían a la baja el nivel de inventario posicionándose a menos de 463 unidades que deberían aumentarse nuevamente al sumarse las 515 unidades producidas del día anterior.



Gráfica 4.2 Comportamiento del nivel de stock de SBA con clorhexidina en el Hospital por día y hora con el suministro sugerido por el modelo. Se cuentan con 0 litros de producto un día anterior, para que siendo las 7:00 hrs del 1° de enero se entreguen 977 litros, de los cuales sólo restarán aproximadamente 463 litros después de 4 días y medio, stock que aumentará una vez que se surtan los 515 litros de producto terminado de la corrida de fabricación en el tiempo anticipado t_1 .

El tiempo total de un ciclo se determinó sumando el t_1 más el t_2 , obteniéndose como resultado 1 día para el caso de la SBA y 5 días para el caso de la SBA con clorhexidina, mientras que el número total de ciclos en el periodo un año se determinó mediante las siguientes fórmulas:

$$N = \frac{R}{Q} \quad \text{ó} \quad N = \frac{T}{Tc}$$

Siendo 360 ciclos para el caso de la SBA y 73 ciclos para el caso de la SBA con clorhexidina. Este tipo de información es muy importante cuando se debe considerar los niveles de operatividad por área, por ejemplo, tratándose del caso de la SBA se observó una ciclicidad diaria y constante que impacta directamente en el flujo de actividades de la línea productiva, la planeación, la logística y las finanzas. En esta última esfera deben considerarse los principales costos de implementar este sistema de inventarios; los cuales fueron los siguientes:

El costo total promedio ascendió a \$246,262.40 pesos por día para el caso de la SBA y a \$167,792.90 pesos por día para el caso de la SBA con clorhexidina y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Ct = \sqrt{2rCmCo(1 - r/k)}$$

El costo de mantenimiento por ciclo ascendió a \$246,262.41 pesos para el caso de la SBA y a \$582,907.60 pesos para el caso de la SBA con clorhexidina y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$Cmc = \frac{Cm(t_1 + t_2)S}{2}$$

Una vez realizados estos ejercicios fue posible introducir el tema de “pricing”, es decir determinarse los precios con los cuales serían ofertados los productos terminados en la propuesta económica de la licitación. Como ya se había mencionado, el costo total de adquisición de la materia prima ascendió a \$124.94 pesos para fabricar SBA y a \$557.99 pesos para el caso de la SBA con Clorhexidina, a esto debe agregarse los costos por mantener por unidad de PT y en materia de ganancias se esperaría tener un rédito de al menos el 30% que evidentemente cubra los costos promedio mencionados anteriormente. En este sentido el precio del litro de la SBA podría fijarse en \$163.00 pesos y el precio por litro de SBA con clorhexidina en \$757.00 pesos. Estos precios no difieren del de otros competidores que ya han ganado licitaciones de ejercicios fiscales pasados, ni del promedio establecido por el mercado, sobre todo cuando ponderamos únicamente aquellos productos que cumplen con el nivel de porcentaje volumen a volumen (%V/V) que garantiza su efectividad antimicrobiana o viricida según la OMS (ya sea con concentración del 75% de alcohol isopropílico para el caso de la SBA y del 2% de gluconato de clorhexidina para el caso de la SBA con clorhexidina).

Hasta el momento se ha utilizado únicamente lo que el modelo de inventarios seleccionado sugiere: se determinó la tasa de demanda por unidad de tiempo, la capacidad productiva del proveedor, el costo por ordenar por lote de producción y el costo por mantener, con el fin de obtener la cantidad óptima y el superávit a producir cada determinado ciclo y con determinados costos asociados.

Remitiéndose a los resultados todo parecía alinearse de manera correcta, además, el tema de la demanda de soluciones antisépticas para este año 2022 en teoría ha quedado superado, pues los consumos se han estabilizado con respecto a los repuntes presentados en años anteriores, donde competir para ganar una licitación de contrato abierto suponía preparar hasta un 60% más de la cantidad mínima

establecida por las bases gubernamentales, afectándose consecuentemente toda la cadena de suministro de la empresa proveedora en cuestión. No obstante, lo que seriamente se pasa por alto a largo de esta metodología es el tiempo de entrega de las materias primas para fabricar el PT. Hay que recordar que los modelos de gestión de inventarios no hacen pedidos para un punto en el tiempo, si no más bien para un número de unidades o nivel de stock (Waller, 2017) que es el punto de reorden.

Retomando la problemática de la presente tesis hay que destacar que LA EMPRESA al principio de su experiencia tomando el control de la líneas productivas de insumos médicos, mantenía una gestión de inventarios basada en que la demanda era conocida, los pedidos de producción constantes, y sobre todo los tiempos de entrega de la materia prima casi inmediatos, por lo que si un modelo de inventarios estructurado como el del ejemplo anterior dictaba un abastecimiento de manera diaria de bienes terminados, en consecuencia la producción debía correrse con una anticipación de al menos 24 horas y el suministro de componentes debía estar listo al menos con otra anticipación de 24 horas previas a la producción (siendo esto posible debido ya que los pedidos eran entregados de forma muy rápida, por lo general después de tres a 14 días de ser efectuados); así, la liberación de lo solicitado por el cliente final usualmente lograba culminarse con horizontes de planeación de menos de tres semanas.

Sin embargo, ante el agravamiento de la situación internacional ocasionada por la pandemia del Covid-19 los proveedores de materia prima comenzaron a tener retrasos significativos en sus tiempos de entrega que se extendieron hasta por más de 6 meses. Esto significó: un quiebre en las líneas productivas, un insuficiente nivel de suministro en todos los niveles del sector salud, un encarecimiento del producto terminado en los mercados en general, la evidente detonación de su precio y sobre todo el cambio de pensamiento en la planeación de la producción. Ante esto, se tuvieron que estimar plazos de entrega lo suficientemente largos y no sólo limitarse a ordenar cuando el inventario hubiese llegado a un nivel suficientemente bajo o punto de reorden ROP, ya que no se debían comprometer la activación de las líneas productivas ni mucho menos la entrega de cuotas de mercancía en fechas determinadas para los clientes finales. Es en esta evolución de contexto, que la Planificación de Requerimiento de Materiales entraría a jugar un papel preponderante.

¿Cómo se podía asegurar que los materiales para los procesos estuvieran disponibles siempre en la cantidad y momento en que se precisaban? En un principio, y sin la experiencia ni el conocimiento necesarios, la respuesta nada premeditada de los analistas operativos y los planificadores de abastecimiento de

LA EMPRESA, fue comprar un stock lo suficientemente alto para producir en el transcurso de un año o más; así el material podía estar disponible todo el tiempo y sin riesgo de agotarse conforme avanzaba la producción. Sin embargo, algunas consecuencias demostraron que esta decisión había sido una equivocación. Las ventas por su parte eran altas, por lo que la rotación del inventario al parecer no supondría ningún problema, sin embargo, a pesar de seguir al pie de la letra el método FEFO (primeras expiraciones, primeras salidas) algunos de los insumos después de estar tanto tiempo en bodega, comenzaron a vencerse. La acción inmediata fue solicitar muestreos del material para realizar análisis físico químicos que demostraran ante el proveedor que el material podía seguir contando con un buen estado para poder ser utilizado, sin embargo obtener la aprobación o alguna carta formal del proveedor que permitiera la extensión de vida del material no era posible en algunos casos o muy tardado en otros, por lo que algunos lotes de material fueron tratados como desechos y considerados contablemente dentro de los gastos de destrucción y aprovisionamiento. A estos se sumaron los altos costos por almacenaje, puesto que al ser una empresa pequeña y en curva de crecimiento, se contaba con una bodega de limitada capacidad que tuvo que ser ampliada y eventualmente sustituida por un espacio más amplio.

Para este punto de la historia de la compañía se había aprendido algo más, no bastaba con tener el material en el momento oportuno que la producción lo necesitara para cumplir con la demanda de los clientes finales (que es propio de la gestión de inventarios), si no simultáneamente asegurar que los niveles de stock mantuvieran los niveles óptimos sin riesgo de vencimiento, lo que implicaba a su vez precisar el número de compras cada determinado periodo y planear las actividades de suministro para la operatividad en general para finalmente cumplir con el abastecimiento al cliente final (siendo estas actividades propias de la planificación de requerimiento de materiales).

Al cuestionamiento evocado con anterioridad se agregaron entonces algunas variantes ¿Cómo se podía asegurar que los materiales para los procesos estuvieran disponibles siempre en la cantidad y momento en que se precisaban, tratando de mantener el buen estado y optimizar al máximo los niveles de stock? La respuesta se encontró en la ejecución de un MRP, que precisamente ayuda en la planificación de las cantidades, momentos de producción y aprovisionamiento. Este se describirá a continuación.

4.2 Determinación de la Planificación de Requerimiento de Materiales

La MRP opera básicamente planificando cómo y cuándo deben remediarse las necesidades de materiales (de ahí sus siglas en inglés Material Requirement Planning) mientras que la teoría de inventarios responde mejor a cuantas son las necesidades de insumos. Como ya se repasó en la teoría de capítulos anteriores, la MRP parte de la lista de materiales y sus tiempos de entrega, el Plan Maestro de Producción, así como los datos de capacidad e inventarios, con lo que se efectúa el proceso de “explosión de necesidades” considerando que los lotes y plazos de fabricación son constantes. Una vez que se concluye la fase de planificación y se determina que los planes son realistas y alcanzables, también se realizan controles de fabricación y se vigilan los procesos input/output de bodega, seguimiento y control de compras e informes de posibles retrasos.

En primer lugar, debió precisarse la lista de materiales o componentes del producto terminado y sus tiempos de entrega. Los cuales se resumen a continuación en la siguiente tabla:

Formulación para preparar 1 litro de SBA	MP (ml)	LT días	Costo
Alcohol Isopropílico 99.8%	930	45-60	\$ 97.69
Peróxido de Hidrógeno 3%	52	5	\$ 1.91
Glycerol 98%	18	20	\$ 3.41
Formulación para preparar 1 litro de SBA con clorhexidina	MP (ml)	LT días	Costo
Clorhexidina Gluconato 2%	23	60-70	\$ 227.45
Alcohol Etílico 70%	807	35-50	\$ 177.54
Agentes emolientes	170	15	\$ 153.00

Tabla 4.4 Lista de materiales con tiempos de espera (o lead time) LT y costos asociados por formulación para la SBA y SBA con gluconato de clorhexidina. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del proceso productivo de LA EMPRESA.

Como podemos observar, los tiempos estimados de entrega de la materia prima van desde una semana hasta más de dos meses y el tiempo de vida útil del material es en general de 12 meses para todos los componentes. Estos datos encausaron la estructura de la planificación final. Se utilizó el sistema WinQSB para desarrollar la Planificación de Requerimiento de Materiales por lo que enseguida se da una pequeña guía de pasos para poder manejarlo.

El programa WinQSB es un software interactivo de libre licencia que posee varios módulos que ayudan a resolver problemas del campo de la investigación operativa, entre ellos está el Módulo MRP.

Al correr el sistema tenemos la opción de elegir entre los diferentes módulos existentes.

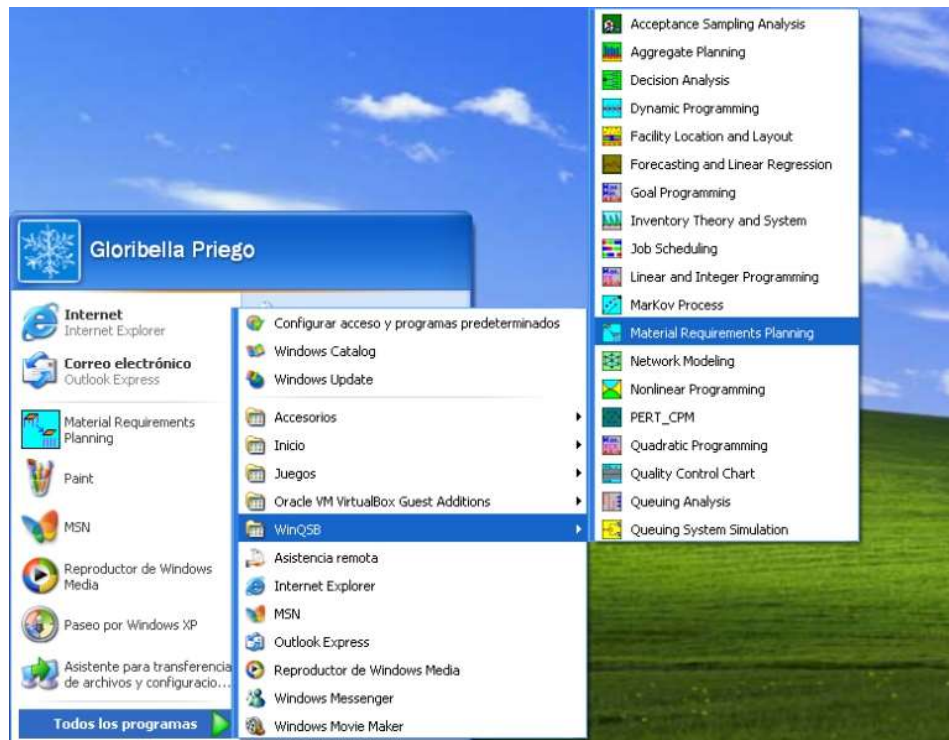


Figura 4.1 Módulos WinQSB. Fuente: elaboración propia

Cuando seleccionamos el módulo MRP no aparece el icono para crear un nuevo escenario de trabajo.

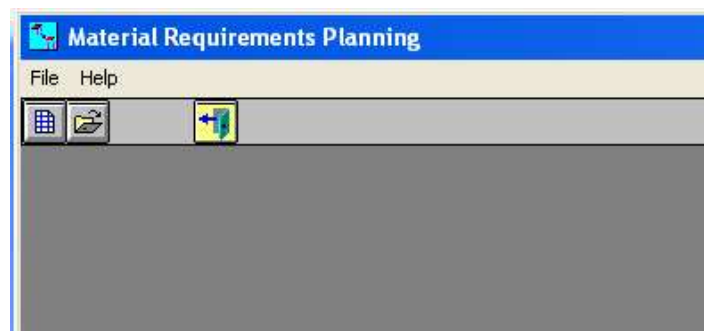


Figura 4.2 Icono de Escenario de Trabajo. Fuente: elaboración propia

Al darle click nos solicita las especificaciones del nuevo problema MRP a tratarse:

Tabla 4.3 Especificaciones del problema MRP. Fuente elaboración propia.

En donde se debe indicar:

- El título del problema
- El número de componentes que conforman el PT, incluyendo el PT
- La unidad de tiempo de planeación, puede ser semanas, días o meses
- La cantidad de periodos a planear
- El número de periodos por año
- Y el máximo número de componentes directos por parte del PT, lo cuales sirven para determinar los subcomponentes de una pieza en particular o de la principal.

Consecuentemente debemos dirigirnos a la opción que dice vista, para poder seleccionar el siguiente formato que solicita el llenado de las características de los Artículos Maestros.

No	ID	Class	Code	Material Type	Unit Measure	Lead Time
1	Item 1		HEC	TER	UNIT	
2	Item 2		COM	CRU	UNIT	

Figura 4.3 Vista de Campos de MRP. Fuente: elaboración propia

No	Item ID	ABC Class	Source Code	Material Type	Unit Measure	Lead Time	Lot Size	LS Multiplier	Scrap %	Annual Demand	Unit Cost	Setup Cost	Holding Annual Cost	Shortage Annual Cost
1	Item 1		HEC	TER	UNIT	1	10			1000	3	1	2	M
2	Item 2		COM	CRU	UNIT	2					6	1		M
3	Item 3		COM	CRU	UNIT	1					2	1		M

Tabla 4.5 Artículo Maestro. Fuente: elaboración propia

Los datos solicitados son los siguientes (Unach, 2010):

- Identificador del artículo: en esta columna se coloca una descripción simple o código de los artículos a usar.
- Clasificación ABC: se llena cuando se usa un sistema de inventario se dicha clasificación.
- Fuente del código: en este caso se describe si el artículo es Comprado (COM) o Hecho (HEC).
- Tipo de material: en esta columna se especifica si el material es Terminado (TER), Subensamble (SUB), Parte (PAR) o Crudo (CRU) cuando se trata de materia prima.
- Unidad de Medida: se escribe el factor en que están expresados los artículos y el valor por defecto es Unitario (UNIT).
- Tiempo de entrega: plazo en el que se recibe un material desde que se pidió al proveedor (debe estar expresado en la unidad de tiempo de planeación).
- Tamaño de Lote: en este apartado debe definirse el modelo de inventarios a utilizar para determinar la cantidad a fabricar u ordenar por periodo de tiempo. El sistema tiene precargado los siguientes códigos:
 - ✓ EOQ: economic order quantity
 - ✓ LFL: Lot for lot
 - ✓ POQ: Period order Quantity
 - ✓ LUC: Least Unit Cost
 - ✓ WW: Wanger- Whithin Algorithm
 - ✓ SM Silver-Meal Heuristic Procedure
- Multiplicador LS: se colca el valor del multiplicador LS cuando el modelo de inventarios lo requiere (como es el caso del modelo de n productos con restricciones).
- El % de Scrap: como ya mencionó en la parte de teoría de inventarios el scrao es la materia prima que queda como desecho después de ser utilizada en la línea productiva.
- La demanda anual: es la que sebe ingresar para el artículo principal o final.
- Costo unitario: es el que interfiere en cada elemento que interfiere en la producción.
- Costo por ordenar: es el asociado a la realización de pedidos para cada artículo.

- Costo anual por mantener: aquí se introduce el costo de mantenimiento de cada artículo.
- Costo anual por faltante: es el que se asume por inexistencia de PT para satisfacer la demanda y puede aparecer sin modificaciones 'Modifications'

Volviendo a la opción de vista se debe desplegar consecuentemente la BOM de materiales (Bill of materials)

Item ID	Component ID/Usage	Component ID/Usage
Item 1	Item 2/0.5	Item 3/0.5
Item 2		
Item 3		

Tabla 4.5 BOM. Fuente: elaboración propia

En ella se puede observar el componente y el número de veces que se usa por pieza principal. Es decir, si determinado artículo usa como parte de otro, entonces se escribe su ID dividido por una diagonal que indica el porcentaje de uso de este. Regresando a la opción Vista, se selecciona entonces el calendario maestro de producción (Master Production Schedule).

Item ID	Overdue Requirement	Month 1 Requirement	Month 2 Requirement	Month 3 Requirement	Month 4 Requirement	Month 5 Requirement	Month 6 Requirement
Item 1		3	6	2	8	3	2
Item 2							
Item 3							

Tabla 4.6 MPS. Fuente: elaboración propia

En el mismo deberán informarse los Overdue Requirement (Requerimiento Retrasado) que son los que se encuentran por llegar con demoras, así como los requerimientos por periodo seleccionado.

Otra entrada de datos que debe desplegarse es la tabla de inventarios, en donde, para el caso de los componentes comprados, se deben especificar en qué periodos de realizarán las entregas. En este cuadro también deberá introducirse el stock de seguridad y el inventario en mano (si es que contamos con algo en almacén).

The screenshot shows the 'Material Requirements Planning' window with the 'Problema 1 - Inventory' table selected. The table has columns for Item ID, Safety Stock, On Hand Inventory, Overdue Planned Receipt, and Planned Receipt for Months 1 through 6. Item 1 has a planned receipt of 1 in Month 1, 1 in Month 2, 2 in Month 3, 1 in Month 4, 3 in Month 5, and 1 in Month 6. Items 2 and 3 have no data.

Item ID	Safety Stock	On Hand Inventory	Overdue Planned Receipt	Month 1 Planned Receipt	Month 2 Planned Receipt	Month 3 Planned Receipt	Month 4 Planned Receipt	Month 5 Planned Receipt	Month 6 Planned Receipt
Item 1				1	1	2	1	3	1
Item 2									
Item 3									

Tabla 4.7 Inventory. Fuente: elaboración propia

Finalmente debe incluirse el análisis de capacidad de LA EMPRESA en donde se señale cuánto PT se fabrica por periodo seleccionado.

The screenshot shows the 'Material Requirements Planning' window with the 'Problema 1 - Capacity' table selected. The table has columns for Item ID and Capacity for Months 1 through 6. Item 1 has a capacity of 20 for all months. Items 2 and 3 have a capacity of 'M' for all months.

Item ID	Month 1 Capacity	Month 2 Capacity	Month 3 Capacity	Month 4 Capacity	Month 5 Capacity	Month 6 Capacity
Item 1	20	20	20	20	20	20
Item 2	M	M	M	M	M	M
Item 3	M	M	M	M	M	M

Tabla 4.8 Capacity. Fuente: elaboración propia

Consecuentemente se selecciona la opción Solve de la barra de herramientas para realizar la explosión de requerimiento de materiales.



Figura 4.4 Solve. Fuente: elaboración propia

Y se selecciona la forma en que se desea obtener el reporte, ya sea por artículo, por sistema de clasificación ABC, por código, tipo de material o nivel en la lista de materiales.

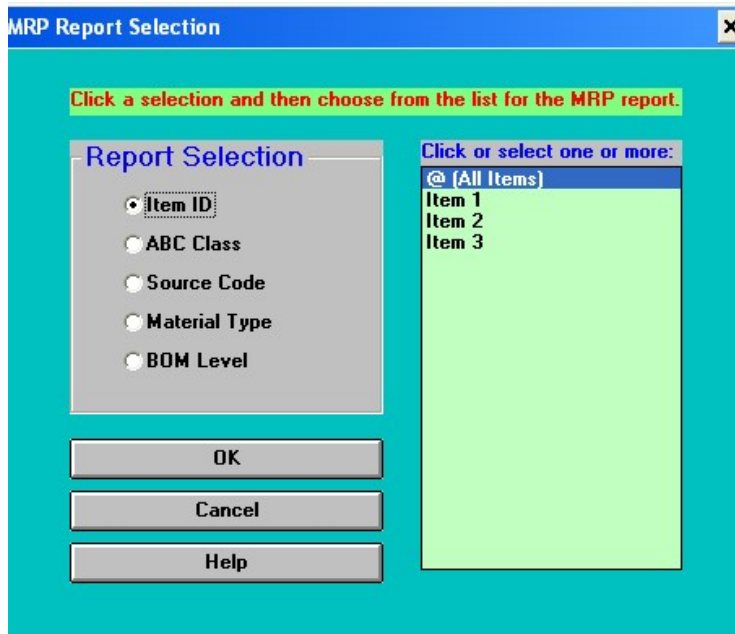


Tabla 4.9 Selección de Reporte. Fuente: elaboración propia

06-02-2022	Overdue	Month 1	Month 2	Month 3	Month 4	Month 5	Month 6	Total
Item: Item 1		LT = 1	SS = 0	LS = 10	UM = UNIT	ABC =	Source = HEC	Type = TER
Gross Requirement	0	3	6	2	8	3	2	24
Scheduled Receipt	0	1	1	2	1	3	1	9
Projected On Hand	0	8	3	3	6	6	5	
Projected Net Requirement	0	2	5	0	7	0	1	15
Planned Order Receipt	0	10	0	0	10	0	0	20
Planned Order Release	10	0	0	10	0	0	0	20
Item: Item 2		LT = 2	SS = 0	LS =	UM = UNIT	ABC =	Source = COM	Type = CRU
Gross Requirement	5	0	0	5	0	0	0	10
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0	0	0	0	0	0	
Projected Net Requirement	5	0	0	5	0	0	0	10
Planned Order Receipt	5	0	0	5	0	0	0	10
Planned Order Release	5	5	0	0	0	0	0	10
Item: Item 3		LT = 1	SS = 0	LS =	UM = UNIT	ABC =	Source = COM	Type = CRU
Gross Requirement	5	0	0	5	0	0	0	10
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0	0	0	0	0	0	
Projected Net Requirement	5	0	0	5	0	0	0	10
Planned Order Receipt	5	0	0	5	0	0	0	10
Planned Order Release	5	0	5	0	0	0	0	10

Tabla 4.10 Resultados MRP. Fuente: elaboración propia

Con lo que finalmente obtenemos los resultados de la corrida del programa, que no es otra cosa que el MRP por el periodo de tiempo seleccionado.

Para el caso de LA EMPRESA, los datos requeridos inicialmente por el sistema son los siguientes:

- Título del problema, que en este caso corresponde al MRP de la SBA
- Número de productos y sus componentes, siendo 1 producto final y tres substancias que lo componen, es decir 4 items.
- Unidad de tiempo de la planeación: para una visualización más general se medirá en meses
- Número de periodos a planear: 12 periodos que corresponden a los 12 meses
- Número de periodos por año: 12 meses
- Máximo número de componentes por parte: en este caso son 3 substancias.

Problem Title:	MRP SBA
Number of Product and Part Items:	4
Time Unit of Planning Period:	Month
Number of Planning Periods:	12
Number of Periods per Year:	12
Maximum Number of Direct Components per Parent Item (BOM or Product Structure Span):	3

Buttons: OK, Cancel, Help

Figura 4.5 Datos del Problema MRP en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Enseguida se colocaron las características para la lista Maestra de Materiales. En la primera columna se colocaron pequeños identificadores o ID del producto final y sus componentes (por ejemplo Alcohol Isopropílico se abrevió como ISO, la glicerina fue abreviado como GLY, etc.); en la columna Clase ABC como ya se vio, sólo se colocan datos cuando requiere usarse un sistema de inventarios ABC; en la tercer columna Fuente de Procedencia se determinó si el producto es hecho (HEC) o comprado (COM); en la cuarta columna Tipo de Material se describió si el producto es Terminado (TER), o Crudo (CRU) que es materia prima; en la quinta columna se

colocó la unidad de medida; en la séptima columna el tiempo de espera o Lead Time para la entrega de la materia prima (recordando que el modelo se encuentra medido en meses); en la octava columna se especificó el tamaño de lote (en este caso se eligió el modelo POQ o cantidad de Orden por Periodo ya que se trata de un modelo de producción.) Para el caso de la novena columna sólo se colca el valor del multiplicador LS cuando el modelo es de n productos con restricciones. En el % de Scrap, al ser líquida la materia prima, el porcentaje de desperdicio de las soluciones se consideró como nulo. Finalmente, en las últimas cuatro columnas se coloca la demanda anual, el costo unitario por componente, el costo por ordenar administrativo (que en este caso se dividió entre todos los componentes) y el costo anual por mantener respectivamente (la última columna permaneció sin modificaciones 'Modifications' ya que el costo por faltantes solo se considera cuando se permiten estos en el modelo, sin embargo, no es viable esta opción para este caso debido al alto costo que se asumiría.

No	Item ID	ABC Class	Source Code	Material Type	Unit Measure	Lead Time	Lot Size	LS Multiplier	Scrap %	Annual Demand	Unit Cost	Setup Cost	Holding Annual Cost	Shortage Annual Cost
1	SBA		HEC	TER	UNIT	0.03	POQ			296745	19.4	1.125	122830.51	M
2	ISO		COM	CRU	UNIT	3					97.69	1.125		M
3	HID		COM	CRU	UNIT	0.17					1.91	1.125		M
4	GLY		COM	CRU	UNIT	0.67					3.41	1.125		M

Tabla 4.11 Lista de Materiales en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Consecuentemente se arregló la BOM de materiales (explosión de materiales) colocando al lado derecho del producto terminado sus componentes divididos por una diagonal que indica la cantidad del mismo a utilizarse para fabricar el PT. El resto de los cuadros permanece vacío debido a que los componente no necesitan ningún subcomponente para estar completos.

Item ID	Component ID/Usage	Component ID/Usage	Component ID/Usage
SBA	ISO/0.93	HID/0.052	GLY/0.018
ISO			
HID			
GLY			

Tabla 4.12 BOM en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Continua el turno del Master Production Schedule o en español Plan Maestro de Producción (MPS) que especifica las cantidades a entregar por periodo de tiempo. Para este caso se consideraron las cantidades que fueron calculadas por nuestro modelo de inventarios, ya que él nos brindó la cantidad óptima de producción.

Item ID	Overdue Requirement	Month 1 Requirement	Month 2 Requirement	Month 3 Requirement	Month 4 Requirement	Month 5 Requirement	Month 6 Requirement	Month 7 Requirement
SBA		24750	24750	24750	24750	24750	24750	24750
ISO								
HID								
GLY								

Tabla 4.13 MPS en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Como paso siguiente fue necesario especificar el Safety Stock (nivel de seguridad) de material previo al mes inicial de contrato, el cual también nos lo brindó el modelo de inventario utilizado anteriormente mediante el superávit (recordar que la cantidad diaria fue multiplicada por el número de días de un mes).

Item ID	Safety Stock	On Hand Inventory	Overdue Planned Receipt	Month 1 Planned Receipt	Month 2 Planned Receipt	Month 3 Planned Receipt
SBA	14640					
ISO						
HID						
GLY						

Tabla 4.14 SS y PR en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

El programa incluye también la visualización de la capacidad productiva del proveedor como variable para la planificación, por lo que se colocó el número de litros (60 mil) a producir por mes.

Item ID	Month 1 Capacity	Month 2 Capacity	Month 3 Capacity	Month 4 Capacity	Month 5 Capacity	Month 6 Capacity	Month 7 Capacity	Month 8 Capacity	Month 9 Capacity	Month 10 Capacity	Month 11 Capacity	Month 12 Capacity
SBA	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000	60000
ISO	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
HID	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
GLY	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M

Tabla 4.15 Capacidad Productiva del Proveedor en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la MRP se resumen de la siguiente manera:

- El requerimiento neto de material por mes de SBA fue de 24,750 litros.
- Para cumplir con esta cantidad deben mantenerse en inventario 59,652 litros de alcohol isopropílico al 99.8%, previo al mes de inicio de contrato y deben ordenarse con 2 meses de anticipación. Seguidamente cada mes consecutivo deben ordenarse 23,018 litros (Planned Order Release) hasta el mes de septiembre, ya que en los siguientes meses se consumirá el inventario acumulado y el stock de seguridad.
- Para el caso del Peróxido de Hidrógeno al 3%, pueden planificarse compras de 1,287 litros por mes, ya que el tiempo de entrega es prácticamente inmediato. Esto permitirá optimizar lugares de almacenamiento que serán utilizados para aquellos insumos que deben comprarse con anticipación.

- Y tratándose de la Glicerina al 98% deben comprarse al menos con un mes de anticipación 264 litros (la mitad de un mes de producción) y librerar órdenes por 446 litros al menos una vez cada mes hasta noviembre.

Otro punto importante por destacar es el indicador Projected On Hand (proyectado en mano) que como se vio en la teoría de inventarios, nos dice la duración del inventario que se tiene por pedido. Tal como se visualiza en la salida del sistema, el inventario de alcohol isopropílico alcanzar para 0.8 meses en el primer mes y para el segundo mes el inventario debe tener un alcance de 1.3 meses, para que cuando llegemos a septiembre el inventario pueda cubrirnos 4.8 meses, es decir el mes en cuestión mas tres meses y cacho para finalizar el año.

Material Requirements Planning														
File Format Results Utilities Window Help														
MRP Report for mrp_sba														
06-02-2022	Overdue	Month 1	Month 2	Month 3	Month 4	Month 5	Month 6	Month 7	Month 8	Month 9	Month 10	Month 11	Month 12	Total
Item: SBA		LT = 0	SS = 14,640	LS = POQ	UM = UNIT	ABC =	Source = HEC	Type = IER	A.Demand = 296,745	@Cost = 19.40	SetupCost = 1.13	H.Cost = 122,830.51	S.Cost = M	
Gross Requirement	0	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	297,000
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected Net Requirement	14,640	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	311,640
Planned Order Receipt	0	14,640	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	286,890
Planned Order Release	0	14,640	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	24,750	286,890
Item: ISO		LT = 3	SS = 0	LS =	UM = UNIT	ABC =	Source = COM	Type = CRU	A.Demand = 0	@Cost = 97.69	SetupCost = 1.13	H.Cost = 0	S.Cost = M	
Gross Requirement	0	13,615.20	23,017.50	23,017.50	23,017.50	23,017.50	23,017.50	23,017.50	23,017.50	23,017.50	23,017.50	23,017.50	23,017.50	266,807.69
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0.80	1.30	1.80	2.30	2.80	3.30	3.80	4.30	4.80	5.30	5.80	6.30	0
Projected Net Requirement	0	13,616	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	266,814
Planned Order Receipt	0	13,616	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	266,814
Planned Order Release	59,652	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	23,018	0	0	0	266,814
Item: HID		LT = 0	SS = 0	LS =	UM = UNIT	ABC =	Source = COM	Type = CRU	A.Demand = 0	@Cost = 1.91	SetupCost = 1.13	H.Cost = 0	S.Cost = M	
Gross Requirement	0	761.28	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	14,918.28
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0
Projected Net Requirement	0	762	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	14,919
Planned Order Receipt	0	762	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	14,919
Planned Order Release	0	762	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	1,287	14,919
Item: GLY		LT = 0	SS = 0	LS =	UM = UNIT	ABC =	Source = COM	Type = CRU	A.Demand = 0	@Cost = 3.41	SetupCost = 1.13	H.Cost = 0	S.Cost = M	
Gross Requirement	0	263.52	445.50	445.50	445.50	445.50	445.50	445.50	445.50	445.50	445.50	445.50	445.50	5,164.02
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0.48	0.98	1.48	1.98	2.48	2.98	3.48	3.98	4.48	4.98	5.48	5.98	0
Projected Net Requirement	0	264	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	5,170
Planned Order Receipt	0	264	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	5,170
Planned Order Release	0	264	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	446	5,170

Tabla 4.16 MRP en WinQSB Fuente: Elaboración propia

El ejercicio para la SBA con clorhexidina se observa como sigue:

Se especifican los mismos datos que para la SBA:

Figura 4.6 Datos del problema MRP en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Se denotan los datos para la lista maestra de materiales:

No	Item ID	ABC Class	Source Code	Material Type	Unit Measure	Lead Time	Lot Size	LS Multiplier	Scrap %	Annual Demand	Unit Cost	Setup Cost	Holding Annual Cost	Shortage Annual Cost
1	SBAC		HEC	TER	UNIT	0.033	POQ			37595	16.9	1.125	116220	M
2	GLU		COM	CRU	UNIT	2.3					227.45	1.125		M
3	ETI		COM	CRU	UNIT	1.6					177.54	1.125		M
4	EMO		COM	CRU	UNIT	0.5					153	1.125		M

Tabla 4.17 Lista de Materiales en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Se especifica la cantidad de participación por componentes en la fabricación de un litro de PT de SBA con clorhexidina en la BOM:

Item ID	Component ID/Usage	Component ID/Usage	Component ID/Usage
SBAC	GLU/0.023	ETI/0.807	EMO/0.17
GLU			
ETI			
EMO			

Tabla 4.18 BOM en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Se precisan las cuotas de bienes finales a entregarse en el MPS:

Item ID	Overdue Requirement	Month 1 Requirement	Month 2 Requirement	Month 3 Requirement	Month 4 Requirement	Month 5 Requirement	Month 6 Requirement	Month 7 Requirement
SBAC		3433	3433	3433	3433	3433	3433	3433
GLU								
ETI								
EMO								

Tabla 4.19 MPS en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Asi como el stock de seguridad que nos brinda el modelo de inventarios medido en un mes:

Item ID	Safety Stock	On Hand Inventory	Overdue Planned Receipt	Month 1 Planned Receipt	Month 2 Planned Receipt	Month 3 Planned Receipt	Month 4 Planned Receipt
SBAC	3080						
GLU							
ETI							
EMO							

Tabla 4.20 SS y PR en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Y se detalla la capacidad de la línea productiva que fabrica SBA con clorhexidina:

Item ID	Month 1 Capacity	Month 2 Capacity	Month 3 Capacity	Month 4 Capacity	Month 5 Capacity	Month 6 Capacity	Month 7 Capacity
SBAC	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000
GLU	M	M	M	M	M	M	M
ETI	M	M	M	M	M	M	M
EMO	M	M	M	M	M	M	M

Tabla 4.21 Capacidad Productiva del Proveedor en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la MRP para el caso de la SBA con clorhexidna se resumen de la siguiente manera:

- El requerimiento neto de material por mes de SBA con clorhexidina es de 3,433 litros.

- Para cumplir con esta cantidad deben mantenerse en inventario 150 litros de Clorhexidina Gluconato al 2% previo al mes de inicio de contrato que deben ordenarse con 2 meses de anticipación y cada mes siguiente consecutivo deben ordenarse 79 litros (Planned Order Release) hasta el mes de octubre, ya que en los siguientes meses se consumirá el inventario acumulado y el stock de seguridad.
- Para el caso del Alcohol Etílico al 70%, también deben planificarse compras por 5,257 litros con dos meses de anticipación para que se mantengan en inventario previo al inicio de mes del contrato.
- Los agentes emolientes pueden comprarse al menos medio mes antes del inicio del servicio y pueden efectuarse pedidos por cantidades constantes, para ser exactos 584 litros cada tanto de mes.

MRP Report for mpr sbac													
Overdue	Month 1	Month 2	Month 3	Month 4	Month 5	Month 6	Month 7	Month 8	Month 9	Month 10	Month 11	Month 12	Total
Item: SBAC	LT = 0	SS = 3,080	LS = PDQ	UM = UNIT	ABC =	Source = HEC	Type = TER	A.Demand = 37,595	@Cost = 16.90	SetupCost = 1.13	H.Cost = 116,220	S.Cost = M	
Gross Requirement	0	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	41,196
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected Net Requirement	3,080	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	44,276
Planned Order Receipt	0	3,080	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	40,843
Planned Order Release	0	3,080	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	3,433	40,843
Item: GLU	LT = 2	SS = 0	LS =	UM = UNIT	ABC =	Source = COM	Type = CRU	A.Demand = 0	@Cost = 227.45	SetupCost = 1.13	H.Cost = 0	S.Cost = M	
Gross Requirement	0	70.84	78.96	78.96	78.96	78.96	78.96	78.96	78.96	78.96	78.96	78.96	939.39
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0.16	0.20	0.24	0.32	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.61
Projected Net Requirement	0	71	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	940
Planned Order Receipt	0	71	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	940
Planned Order Release	150	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	940
Item: ETI	LT = 2	SS = 0	LS =	UM = UNIT	ABC =	Source = COM	Type = CRU	A.Demand = 0	@Cost = 177.54	SetupCost = 1.13	H.Cost = 0	S.Cost = M	
Gross Requirement	0	2,485.56	2,770.43	2,770.43	2,770.43	2,770.43	2,770.43	2,770.43	2,770.43	2,770.43	2,770.43	2,770.43	32,960.30
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0.44	1.01	1.58	2.15	2.72	3.85	4.42	4.99	5.56	6.13	6.70	6.70
Projected Net Requirement	0	2,486	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	32,967
Planned Order Receipt	0	2,486	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	32,967
Planned Order Release	5,257	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	2,771	32,967
Item: EMO	LT = 0	SS = 0	LS =	UM = UNIT	ABC =	Source = COM	Type = CRU	A.Demand = 0	@Cost = 153	SetupCost = 1.13	H.Cost = 0	S.Cost = M	
Gross Requirement	0	523.60	583.61	583.61	583.61	583.61	583.61	583.61	583.61	583.61	583.61	583.61	6,943.31
Scheduled Receipt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Projected On Hand	0	0.40	0.79	1.18	1.57	1.96	2.74	3.13	3.52	3.91	4.30	4.69	4.69
Projected Net Requirement	0	524	584	584	584	584	584	584	584	584	584	584	6,948
Planned Order Receipt	0	524	584	584	584	584	584	584	584	584	584	584	6,948
Planned Order Release	0	524	584	584	584	584	584	584	584	584	584	584	6,948

4.22 MRP en WinQSB. Fuente: Elaboración propia

Con estas sugerencias de planificación de requerimiento de materiales pudo llevarse a cabo la presentación de la oferta de LA EMPRESA al gobierno federal para abastecer las cantidades de soluciones antisépticas demandadas por el Servicio Integral para el Implementar el Programa Institucional de Higiene de Manos en el Hospital Dr. Antonio Fraga Mouret” del Centro Médico Nacional La Raza, Ciudad de México.

Conclusiones

¿Cuáles son las señales de que una organización se encuentra cayendo en inexactitudes de suministro a lo largo de su cadena productiva? La respuesta es la existencia o registro de compras apresuradas, absorción de costos extras y sobre todo niveles de sobre stock o stock nulos ante las necesidades de material por proceso productivo. Muchas corporaciones de reciente creación (Mypymes o Pequeñas empresas) que se encuentran en su curva de madurez, utilizan sistemas de inventarios básicos porque confían en que estos les brindarán los parámetros precisos para gestionar el abastecimiento de sus insumos, sin embargo estos sistemas deben adaptarse conforme aparezcan nuevas variables por considerar en el mercado; así mismo deben conjugarse con otros sistemas de planificación que miren el cuerpo completo de la cadena de suministro.

Los administradores muchas veces se preocupan de que numerosos factores pueden influir directamente en la precisión de los inventarios y que los problemas pueden deberse a problemas de software, errores de entrada/salida de datos, errores de conteo de ciclos, aleatoriedad de la demanda, etc.; y una vez que se pierde la confianza en la precisión de los datos del sistema, generalmente se persiguen métodos fáciles que no tienen lógica, como recurrir a proveedores inmediatos pero caros, compras de pánico, saturación de almacenaje, etc. Si una planta o empresa está plagada de escasez constante de materiales u sobre stock, debe hacer una revisión exhaustiva de cómo se están gestionando.

El modelo más adecuado de gestión de inventarios para una determinada organización dependerá del tipo de producto que ofrezca en el mercado, la demanda que enfrenta, su capacidad productiva, las condiciones del servicio impuestas por sus clientes finales, etc. La ciencia de la gestión de inventario se ha diversificado gradualmente, no porque las teorías hayan avanzado, sino porque los requisitos cambian. La gestión de stocks ya no es un problema único, sino que se integra en el conjunto de los procesos de aprovisionamiento.

El gerente de materiales actual ahora debe coordinar las operaciones de almacén, la distribución, los proveedores, las operaciones de clientes, e intentar optimizar a su vez las ganancias para la cadena de suministro en lugar de simplemente mantener la entrega a tiempo y el inventario bajo. Sin embargo, el desarrollo tecnológico de software especializado ha permitido recopilar e intercambiar información de forma inmediata y precisa, poniendo la información a disposición de todos. El inmediato desafío es que los datos recopilados sean precisos y que se entiendan para ser usados en beneficio de la cadena de suministro.

La práctica más importante que puede ejercer el equipo administrativo en una organización es adoptar un sistema automatizado que planifique las necesidades de material (MRP) para que estas puedan ser cubiertas el día que se soliciten. La ventaja de un MRP sobre los sistemas tradicionales de inventario es que vincula la visión de venta u oferta de la empresa, mediante un programa maestro de suministro desglosado por producto y para cada cliente, que proyectado con suficiente anticipación puede permitir el pedido de artículos, materias primas y componentes para satisfacer los ciclos productivos congeniados. Muchos planificadores recurren por ejemplo a la planificación de requerimientos en hojas de cálculo, sin embargo, el peligro de usar hojas de cálculo es que pueden contener errores que permiten generar flujos inexactos en la cadena productiva, que resultaran en posibles pérdidas de venta o sobrecostos.

Es importante subrayar que un MRP no funciona sin las entradas de información que brinda la teoría de inventarios. Para el caso de un sistema productivo, la mejor práctica para correr un software de planificación es ingresar las órdenes en firme de producto terminado ya calculadas por medio de un modelo de inventarios, porque están contendrán las cantidades óptima a suministrar por periodo. En el ejercicio de la presente tesis, el MPS (calendario maestro de producción) pudo estructurarse con los niveles óptimos de PT por mes que fueron resultado del modelo de producción sin déficit.

El beneficio de utilizar pedidos planificados en firme es exceder la demanda del cliente pudiendo soportar pedidos adicionales o repuntes de consumo. Los proveedores verán que las circunstancias de la planta están realmente anticipadas para fabricar, y se evitará la escasez al construir más de lo que solicitan los clientes.

Si se implementa de manera efectiva un MRP y este usa los datos correctos de una buena administración de inventarios, se contribuirá sustancialmente a que los materiales de una planta productiva sean bien ocupados. Una vez equilibrada la gestión de la producción, el uso del MRP podría permitir incluso entregas anticipadas para prepararse ante otros momentos críticos del horizonte de planificación como las reparaciones o mantenimientos preventivos en la maquinaria, los cambios de ingeniería, las vacaciones o para establecer ajustes en las líneas productivas.

Un punto importante por revisar en los sistemas MRP y que puede ser sujeto de mayor estudio y práctica como consecuencia de la presente tesis, es mejorar la precisión del resto de los parámetros de planificación como las existencias de seguridad, los tamaños de lote, la capacidad o los concernientes a la esfera del tiempo de espera (Lead Time) que incluye los períodos de tiempo de producción del

proveedor primario, el tiempo de tránsito, los tiempos de entrega de compras, el tiempo de entrega de la planta y los tiempos de ingreso de MP en bodega.

Por mencionar un ejemplo, LA EMPRESA participó en una licitación de servicios integrales de oftalmología que implicaba el suministro no sólo de insumos médicos, si no de dispositivos oculares para realizar intervenciones quirúrgicas, diarias. En la segunda ronda de ejecución del proyecto, siendo las 7:00 horas del día y teniendo ya más de 70 pacientes en la sala de espera para recibir su cirugía, el cargamento entregado en las Bodegas del IMSS del Estado de Campeche era rechazado por no contar todos los lotes con la ficha técnica del material que recientemente se había cambiado por un producto sustituto que permitía las bases de la licitación por la que se había concursado, ya que el producto original había tenido un retraso significativo en su logística de entrega.

Con una intermitente comunicación entre las oficinas operativas de la CDMX y con la burocracia que implica entregar documentación aclaratoria en los departamentos del IMSS, el problema fue solucionado alrededor de la una de la tarde, cuando ya debían de haberse realizado al menos un turno de operaciones continuas, las cuales afortunadamente fueron logradas gracias al buen cálculo de inventario de seguridad que se tenía. Con este argumento en mano es posible inferir que los parámetros de planificación observados al más mínimo detalle (ya sea el tiempo de espera -lead time-, la capacidad productiva, el MPS, etc.) son tan críticos para el proceso de MRP como el cálculo preciso de los inventarios.

Podemos monitorear con cautela el tiempo de entrega de los proveedores, pero si no se cuidan los tiempos logísticos, los cálculos de stock de seguridad, los calendarios de producción, etc. Entonces estamos cayendo también en inexactitudes de la planeación. Lo mismo sucede con otros parámetros como el % de scrap, el costo por faltante, etc. Cuando se abusa de ellos o se determinan incorrectamente, contribuyen directamente a la escasez, desequilibrios en la MRP, alcances deficientes y una serie de otros problemas que complican el proceso de abastecimiento.

La importancia de ingresar con precisión las listas de materiales en el sistema informático tampoco es discutible. Varias empresas experimentan una precisión de las listas de materiales menos que satisfactoria. Por ejemplo, en la industria de medicamentos determinar cuántos ingredientes activos, excipientes, ácidos nucleicos, citosinas (por no hablar de los reactores, mezcladores y otras máquinas especializadas que necesitan insumos específicos para poder ser activadas) resulta ser una tarea compleja que amenaza con ralentizar la planificación.

Por otro lado, muchas empresas confían en los departamentos de ingeniería corporativa para ingresar correctamente las listas de materiales en el sistema sin tomar en cuenta las necesidades de otras áreas especializadas como las de calidad o fisicoquímicas. Sin una verificación exhaustiva del estado de los materiales utilizados en el proceso de producción, hay muchas posibilidades de que se produzcan casos de contaminación, problemas de envasado, mermas o desechos que después son heredados en forma de insolvencia de inventario.

Otro punto por destacar es la cantidad mínima de logística disponible para conseguir que todos los componentes y productos terminados estén en tiempo y forma. En el caso expuesto, LA EMPRESA acordó con los proveedores de importación el uso de Incoterms DDP (Delivery Duty Pay) que implican la recepción de mercancía en puerta por lo que casi no existían problemas relativos de logística externa, sin embargo, mirando hacia el transporte interno LA EMPRESA sólo contaba con una furgoneta que debía realizar dos viajes al día para cumplir con los niveles de abastecimiento; en este caso ¿qué planes de contingencia deben convenirse ante el riesgo de que los vehículos no puedan ser usados (ya sea por descompostura, mantenimiento o por programas de no circulación)? ¿cómo se vería afectado el flujo de la cadena de suministro ante esta situación? Todos los detalles que puedan agregarse ayudan a que la planificación de abastecimiento de materiales sea la más eficiente.

Finalmente, la empresa debe contar con un sistema informático para generar comunicados periódicos a los proveedores, en donde se les especifique el cronograma de las órdenes de compra que deberán recibir para comenzar su propia producción de insumos, así como las fechas de entrega exactas en que se requiere el material durante el horizonte de planificación. Esto también contribuye a reducir el lead time total del servicio al cliente porque acelera los procesos externos de la cadena de suministro.

Glosario

Alternative BOM (BOM alternativa): Una BOM alternativa es aquella lista de componentes sustitutos que ha sido creada para el mismo material (por ejemplo: si se tienen dos versiones de producción, aunque no necesariamente deben ser BOM alternativas). Por ejemplo, el producto 'Azúcar' cuyas líneas se suministran de diferentes formas, como azúcar a granel o bolsa de azúcar, el producto terminado necesitará diferentes etiquetas por tipo de presentación de empaque final.

Bill of Materials (BOM): (Lista de materiales): Lista de componentes con cantidades requeridas para producir un material

Component item (child) (Artículo secundario): Materia prima que compone un artículo de mayor nivel.

Confirmation (Confirmación): Registro sistemático de recibo de orden de compra por parte del proveedor.

DOH: Days on Hand

DII: Days in Inventory

Exploding (Explosión): El proceso de multiplicar las necesidades por las cantidades estándares de uso de artículos en la lista de material

ILFR: item level fill rate

INCOTERM: Término compuesto por tres letras que representa la norma de compraventa internacional de mercancías entre partes de un contrato. Actualmente existen 11 términos e implican distintas responsabilidades.

Master Production Schedule (MPS) (Programa maestro de producción): Es una construcción anticipada del régimen de producción a seguir en el largo plazo y que impulsa la planificación de necesidades de material. Esta tiene en cuenta el FCST, el plan de producción, la disponibilidad de materiales, el inventario y los tiempos de espera (lead time).

Material Requirements Planning (MRP) (Planificación de Requerimientos de material): Planifica la reposición/abastecimiento necesario para alcanzar la programación de producción con base en el inventario disponible, tiempos de entrega y horizonte de planificación.

MP: Materia Prima

Multilevel Bill (Lista de múltiples niveles): Agrupación lógica de conjuntos, con base en cómo los padres se agrupan.

Offsetting (Desplazamiento): Colocar las necesidades explosionadas en período de tiempo correcto, de acuerdo al tiempo de entrega.

OTIF: on time in full

Parent item (Artículo principal): Montaje de múltiples componentes.

Planning Parameters (Parámetros de planificación): Los parámetros de planificación son ajustes de configuraciones y/o puntos de datos que permiten especificaciones sobre cómo calcula la MRP y cuáles puntos de datos tener en cuenta para proporcionar disponibilidad del material correcto en el momento correcto.

PPIS: Bill de material período in-stock

Production Schedule (Programación de producción): Plan de turno/diario de corto alcance para ejecutar.

PT: Producto terminado

Purchase Order (PO) (Orden de compra / OC): El documento de compra donde se solicitan cantidades de material con una entrega específica por parte de un vendedor.

Purchase Requisition (PR) (Solicitud de Pedido): Documentos de compra sin efecto utilizados para comunicar la necesidad de materiales. Las requisiciones de compra son anteriores a las órdenes de compra.

Single-level Bill (Lista de nivel único): Situación donde uno de los padres existe.

Transactional Contract (Contratos transaccionales): Los contratos que se mantienen con el proveedor para procesar de forma exitosa una orden de compra directa de material. Las órdenes de compra harán referencia a estos contratos para el precio del material.

SBA: Solución Base Alcohol

Source of Supply (Fuente de suministro): Proveedor (con contrato) al cual se le compran los materiales.

Referencias y Bibliografía

Akhtar, Jawad and Martin Murray (2020) Materials Management with SAP S/4HANA: Business Processes and Configuration, Boston: Rheinwerk Publishing Inc.

AMEIFAC. (01 de Abril de 2020). Blog AMEIFAC. Obtenido de <https://ameifac.com/>: <https://ameifac.com/blog/f/la-industria-farmac%C3%A9utica-en-m%C3%A9xico>

Arango-Serna, Martin (2013) Inventarios Colaborativos en la Optimización de la Cadena de Suministros, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Arreola Risa, Antonio (2020) Optimizing a production-inventory system under a cost target. Computers & Operations Research, Volume 123, 15-105.

Ashfaq, Ahmed (2014) The SAP Materials Management Handbook, Miami: CRC Press Taylor & Francis Group, LLC

Arbós, L. C. (2012). Organización de la Producción y Dirección de Operaciones. Madrid: Diaz de Santos.

B.Chase Richard, F. Robert Jacobs, J. Aquilano Nicholas (2006) Operations Management for competitive advantage, Eleventh Edition, New York: McGraw Hill

Caetano, Almeida (2018) Introducing Material Requirements Planning (MRP) in SAP S/4HANA, Boston: Rheinwerk Publishing Inc.

Camacho Rodríguez, Aliosky (2017) Optimización de los niveles de inventario con enfoque colaborativo en una cadena de suministros de servicios turísticos, Colombia: Centro de Estudios de Dirección Empresarial Territorial de la Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz.

Cerca Technology. (10 de octubre de 2021). Cerca Technology Blog. Obtenido de <https://www.cercatechnology.com/gestion-de-inventarios/>

Charte, Ojeda Francisco (2009) SQL Guía Práctica, España: Anaya Multimedia.

Chang, Yin-Long (s.f.) WinQSB (version 2.0), Windows XP, Atlanta, Instituto Tecnológico de Georgia.

Corporación Armo, S. d. (22 de febrero de 2021). Corporación Armo, S.A. de C.V. Obtenido de Nosotros: <https://www.corporacionarmo.com.mx/Nosotros/>

Correll, James G., Lloyd C. Snowden and James Bentzley (2021) *Supercharged Supply Chains: Discover Unparalleled Business Planning and Execution Practices*, Canada: John Wiley & Sons, Inc.

Dirección de la UMAE, D. A. (2019). *Servicio Integral para Implementar el Programa Institucional de Higiene de Manos*. Adjudicación Directa AA-050GYR055-E352-202, Ciudad de México: IMSS.

Dirección de la UMAE, D. A. (2022). *Solicitud de Cotización Adjudicación Directa "Servicio Integral del Programa Institucional de Higiene de Manos"*. AA-050GYR055-E148-2022, Ciudad de México: IMSS.

Frank S. Budnick (1988) *Matemáticas aplicadas para administración, economía y ciencias sociales*, Ciudad de México, McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.

Goehring, Uwe (2017) *Materials Planning with SAP*, Boston: Rheinwerk Publishing Inc.

Guardiet, R. C. (1999). *Nuevas técnicas de gestión de stock: MRP y JIT*. México: AlfaOmega Grupo Editor.

Guerrero Salas, Humberto (2011) *Inventarios, manejo y control*, Bogotá: ECOE Ediciones.

Heizer, Jay (2004) *Principios de Administración de Operaciones*, México: Pearson Educación.

Hernández, M. (24 de marzo de 2022). *Industria química en Puebla reporta baja de 30% en la producción de gel antibacterial*. *El Economista*, pág. 48.

Hillier, Frederick S. y Gerald J. Libereman (2010) *Introducción a la Investigación de Operaciones*, Ciudad de México, McGraw Hill.

IMEF. A.C. (2003) *Valuación de Empresas y Creación de Valor*, Ciudad de México, UNAM- FCA- IMEF. A.

Jones, Diana (2021) *Leadership Material*, Boston: Nicholas Brealey Publishing

KELLE, P., AL-KHATEEB, F., & MILLER, P. A. (2003). *Partnership and negotiation support by joint optimal ordering/setup policies for JIT*. USA: *International Journal of Production Economics*.

McDonald, Stan C. (2009) *Materials Management: An Executive's Supply Chain Guide*, New Jersey: John Wiley & Sons (US).

Míguez Pérez, Mónica (2006) *Introducción a la gestión de stocks. El proceso de control, valoración y gestión de stocks*, España: Ideas Propias Editorial, S. L.

Miño, Gloria. (2015) *Planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP. Caso Laboratorio Farmacéutico Oriente*. Cuba: Escuela de Ingeniería Industrial, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.

Mora, Luis Alberto (2017) *Inventario cero, cuánto y cuándo pedir*, Ciudad de México: Alfaomega.

Muller, Max (2003) *Essentials of Inventory Management*, New York: AMACOM

OMS (2017) *Anexo técnico basado en la estrategia multimodal de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para la mejora de la higiene de manos, adecuada y adaptada para su uso en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)*, México: IMSS

Pérez, Giselle (2020) *Industria Farmacéutica*. Ciudad de México: Secretaría de Economía y ProMéxico.

Project Management Institute (2016) *Requirements Management: A Practice Guide*, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.

Ptak, Carol A.; Orlicky, Joseph (2013). *Orlicky's material requirements planning*, Florida: McGraw-Hill.

Reiner, Miranda (2011) *Manual de Gestión de Inventario*, Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Shah, Nita N. (2019) *Optimization and Inventory Management*, Singapore: Springer

Sheldon, Donald H. (2008) *Lean Materials Planning and Execution: A Guide to Internal and External Supply Management Excellence*, USA: J. Ross Publishing.

Sommerville, Ian (1977) *Requirements Engineering: A Good Practice Guide*, England, John Wiley & Sons Ltd.

UNACH, (2010), *Manual Básico de WinQsB*, México: Universidad Autónoma de Chiapas.

Waller, Matthew A. (2017) Administración de Inventarios, Ciudad de México: Pearson Educación.

Zuckerman, Amy (2002) Supply Chain Management, United Kingdom: John Wiley & Sons (UK)