

**PROPUESTA DE MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LAS
OPERACIONES CON MRP EN UNA CADENA DE SUMINISTRO INTERNA DE
UNA EMPRESA DEL SECTOR DE SALUD EN COLOMBIA**

David Fernando Valencia Lozano

**Universidad del Valle
Facultad de Ingenierías
Escuela de Ingeniería Industrial
Santiago de Cali, Colombia
29 de mayo de 2019**

**PROPUESTA DE MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LAS
OPERACIONES CON MRP EN UNA CADENA DE SUMINISTRO INTERNA DE
UNA EMPRESA DEL SECTOR DE SALUD EN COLOMBIA**

David Fernando Valencia Lozano

Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Industrial

Director

Oscar Rubiano Ovalle Ph.D.

Universidad del Valle

Facultad de Ingenierías

Escuela de Ingeniería Industrial

Santiago de Cali, Colombia

29 de mayo de 2019

Nota de Aceptación

Evaluador

Santiago de Cali, miércoles, 29 de mayo de 2019

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por brindarme la vida, salud, sabiduría, y fortaleza necesaria para culminar esta etapa en mi vida. A mi padre, madre y hermanas por su compañía, por sus enseñanzas, por el amor y ante todo por creer en mí. A mis abuelos y tíos (William, Diego, Jhoan y Jorge) por el amor, amistad, apoyo incondicional y consejos a lo largo de todo el camino.

“No existe el camino fácil, no busques atajos, la clave es el sudor, la constancia, el trabajo”

David Fernando Valencia Lozano

CONTENIDO

1.	Introducción.....	9
2.	Planteamiento del problema	11
3.	Objetivos.....	14
3.1	Objetivo General.....	14
3.2	Objetivos específicos.....	14
4.	Justificación	15
4.1	Teórica	15
4.2	Metodológica	15
4.3	Práctica	15
5.	Marco de referencia	16
5.1	Antecedentes teóricos	16
5.2	Conceptual	17
6.	Proceso metodológico	22
7.	Caracterización de la cadena de suministro interna.....	23
7.1	Descripción del proceso.....	23
8.	Identificación de los factores y parámetros incidentes en el modelo de planificación	31
8.1	Entradas MRP	32
8.2	Salidas MRP	33
8.3	Programa maestro de producción MPS.	33
8.3.1	Métodos cuantitativos para pronosticar la demanda.....	34
8.4	Lista de materiales Bill of materiales (BOM).....	36
8.5	Archivo de registro de inventarios.....	37
9.	Propuesta modelo de planeación	38
10.	CONCLUSIONES.....	53
	Bibliografía	55
11.	Anexos	58

11.1	Lista de materiales en forma de árbol referencia B3	58
11.2	Lista de materiales en forma de árbol referencia B2	59
11.3	Lista de materiales en forma de árbol referencia B3	60
11.4	Lista de materiales en forma de árbol referencia B4	61
11.4	MRP de los productos	62
11.5	Pronostico suavización exponencial doble	70

Listado de Tablas

Tabla 1	SIPOC de producción de la cadena de valor	23
Tabla 2	Ejemplo de las ordenes de producción recibidas en un periodo de ocho días 29	
Tabla 3	Cantidad de inventario definido por área.....	30
Tabla 4	Plan maestro de producción referencia B1.....	44
Tabla 5	Segmento maestro de datos.....	47
Tabla 6	Segmento estado de inventarios	47
Tabla 7	Cálculo MRP	50
Tabla 8	Comparación cantidad de producto en proceso.....	51

Listado de figuras

Figura 1	Diagrama del proceso.....	12
Figura 2	Diseño de Metodología	22
Figura 3	Esquema General Sistema MRP	32
Figura 4	Diagrama de bloque MPS	38
Figura 5	Lista de materiales en forma de árbol referencia B1.....	45
Figura 6	Referencia B1.....	46

1. Introducción

En el mundo actual de los negocios, las grandes compañías se enfrentan a diversas problemáticas como la lentitud de respuesta, la poca flexibilidad estructural y los mercados saturados, entre otros. Estos problemas afectan financieramente el desarrollo económico tanto de la industria como del país en términos generales. Así pues, las compañías cuentan con dos opciones para sobrevivir (Galvis, 2004), la primera hace referencia al aprovechamiento de la capacidad de producción, para atender el mayor porcentaje de mercado posible, y la segunda tiene que ver con la reevaluación del funcionamiento interno para bajar los costos; cualquiera de estas opciones les ayuda a maximizar sus ganancias. Al enfocarse en mejorar el funcionamiento interno, la empresa obtiene un mayor control sobre el producto y de esta manera este puede cumplir las expectativas de sus clientes al menor costo posible.

Ahora bien, una manera de reevaluar el funcionamiento interno de las empresas es a través de la planificación de las operaciones y gestión de inventarios, la razón fundamental para realizar dicho control se debe a que es poco frecuente saber qué, cuánto y cuándo fabricar. No tener los materiales ni los suministros cuando se necesitan representa pérdidas económicas en el proceso productivo o perder al cliente. Por otra parte, si se cuenta con abundancia de productos esto permite protegerse de faltantes, sin embargo, la inversión puede resultar muy grande por tener mucho capital paralizado. Además, los inventarios de producto en proceso resultan ser un problema para las empresas ya que ocupan espacio, pueden sufrir daños y en ese sentido, es posible generar pérdidas en el proceso.

Esto ha traído consigo el desarrollo de herramientas de gestión que permiten satisfacer un horizonte de planeación determinado, controlando la disponibilidad necesaria

de capacidad de fabricación, existencias de inventario y tiempos de entrega, así se conocerá qué, cuándo y cuántos productos se deben elaborar. Por lo tanto, tener una planificación apropiada de materiales no solo implicará administrar de forma eficiente el inventario de producto en proceso, sino también lograr satisfacer la demanda interna y dar un mejor nivel de servicio al cliente.

En este sentido, el presente proyecto de grado tiene como propósito proponer un modelo de planeación de la producción, basado en el enfoque MRP a una cadena de suministro interna, para la producción de solución salina. Este enfoque se justifica en que su demanda es interna, o sea dependiente del pronóstico de demanda y de los pedidos reales. La empresa objeto de estudio es, una empresa colombiana dedicada a la fabricación y comercialización de productos que permiten contrarrestar los efectos de enfermedades como la hemofilia, trastornos inmunológicos, enfermedades renales, traumatismos y otras afecciones médicas crónicas y agudas.

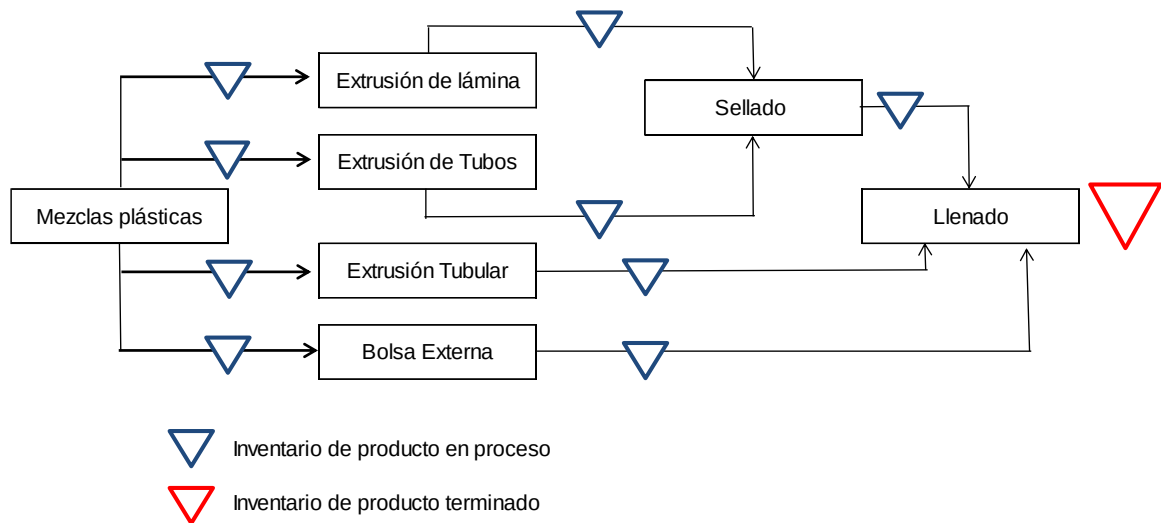
2. Planteamiento del problema

De acuerdo a la información obtenida en el diagnóstico¹, la fabricación de solución salina es realizada en siete procesos, los cuales se evidencian en la figura 1. El primero de estos se presenta en el área de mezcla de plásticos, en el cual, se da lugar a los insumos necesarios para la extrusión de tubos; este es el encargado de elaborar algunos de los tubos externos de la solución salina. De manera simultánea, el proceso de extrusión de lámina es el encargado de elaborar la bolsa, el proceso de bolsa externa es el encargado de elaborar la bolsa que recubre el producto para así, finalmente, en el proceso de extrusión tubular generar los tubos internos.

Al proceso de sellado llegan los productos en proceso de extrusión de tubos y lámina, este proceso es el encargado de unirlos en la bolsa interior. Finalmente, los productos de sellado y bolsa externa, y extrusión tubular se unen en el proceso de llenado al cual le corresponde reunirlos e inyectar solución salina.

¹ Entrevista realizada a la gerente de excelencia de la compañía.

Figura 1
Diagrama del proceso.



Fuente: Elaboración propia.

El proceso de fabricación de solución salina se hace para abastecer una demanda de los clientes que, aunque no es incierta, no se organizan los registros de demanda apropiadamente, este es un producto estándar; es por ello que se debe mantener inventario de producto terminado para dar una respuesta inmediata al cliente, cómo también inventario de producto en proceso al final de cada uno de los procesos de manufactura cómo se muestra en el diagrama anterior. Se puede afirmar que, independientemente de que las máquinas se encuentren físicamente cercanas y dentro de unas mismas instalaciones, esto es una cadena de suministro, la cual está controlada por un jefe de procesos, que toma la decisión de cuánto producir con base en su experiencia, sin ningún soporte metodológico que considere una gestión de inventario, y que avale esta decisión.

En el caso planteado en este documento, la toma de decisiones sin ningún tipo de soporte metodológico sobre un modelo de planificación, repercute en problemas de gestión

de las operaciones en la organización. Entre los problemas presentados se encuentran: un 5% de entregas tardías en los pedidos a los clientes, a-sincronización entre la planta de ensamble y la planta de fabricación; provocando que permanentemente no se encuentren algunos insumos disponibles en la planta de ensamble, como también cambios de códigos de los productos no programados, además, que se presente un exceso de inventarios de productos poco demandados. Por otro lado, la falta de espacio para el almacenamiento de productos en proceso y productos terminados hace necesaria una sincronización de programas de producción en una cadena de abastecimiento de múltiples etapas, ya que se han visto obligados a tener inventario en proceso en lugares no habituales generando desperdicios (SCRAP). Estos síntomas generan como resultado pérdidas aproximadas de 100 millones de pesos anuales para la empresa.

En consecuencia, es importante implementar una propuesta de modelo de planificación con MRP ya que este permite mejor gestión en los niveles de inventario de producto terminado e inventario en proceso, de modo que dé solución a los problemas de faltantes y excesos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Elaborar un modelo de planificación de las operaciones con MRP en una cadena de suministro interna, que contribuya al control del inventario en proceso en el área de fabricación de componentes de una empresa del sector salud.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la cadena de suministro interna seleccionada en el caso de estudio, mediante herramientas de descripción.
- Identificar los factores y parámetros incidentes en el modelo de planificación de las operaciones con MRP, que contribuya a la construcción del modelo para el caso de estudio, mediante revisión bibliográfica.
- Proponer un modelo de planificación de operaciones con MRP para el caso de estudio, mediante la construcción de una herramienta informática.

4. Justificación

4.1 Teórica

El presente trabajo de grado constituye un antecedente para futuras investigaciones que se desarrollen con relación al tema; sirviendo además de herramienta para los profesionales, empresarios e interesados del sector público y privado; específicamente en lo que respecta a la elaboración de un modelo de planificación de operaciones con MRP en una cadena de suministro interna, que contribuya a la planificación en el área de fabricación de componentes de una empresa del sector salud, que represente las condiciones y características de una red de abastecimiento de producción de artículos especializados para la salud en Colombia como lo fue la investigación de (Miño, Saumell, Toledo, Roldan, & Moreno, 2015).

4.2 Metodológica

Para lograr los objetivos propuestos del presente trabajo de grado, se acude a un modelo de planificación con MRP, el modelo propuesto logrará mediante el uso adecuado de las herramientas de ingeniería, el cálculo de las necesidades netas de producción, según las características de la cadena de abastecimiento interna.

4.3 Práctica

Para la empresa en estudio, el modelo contribuirá a la gestión apropiada del producto en proceso y producto terminado. Esta propuesta de modelo de planificación de operaciones, contiene elementos de cálculo para la planeación de producción, de la misma forma, se espera

se valore como un acoplamiento de las unidades producidas en la línea y los solicitados por planeación, como eslabones de la cadena.

5. Marco de referencia

5.1 Antecedentes teóricos

Para el presente trabajo de grado se han tomado como antecedentes algunas investigaciones: una de ellas es el trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Industrial de (Balanta & Rincón, 2012), *“Integración MRP y métodos de control de piso”* de la Universidad del Valle. Este documento esboza el desarrollo de una metodología que integra las ventajas funcionales de un sistema de control de piso, con un sistema MRP, mejorando la estimación de los tiempos de entrega y los costos relacionados con el inventario.

Como también, (Cano, 2011) en su trabajo de Magister en Ingeniería Administrativa *“Modelo de un sistema MRP cerrado integrando incertidumbre en los tiempos de entrega, disponibilidad de la capacidad de fabricación e inventarios”* de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, quien desarrolla un modelo de programación matemática difusa, enfocados en la solución de problemas de sistemas de planeación de requerimiento de materiales, para empresas de fabricación de bienes y productos.

Por otro lado, el libro *Dirección de operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios* de (Machuca, 2005), se utiliza como referencia para la elaboración del MRP. En este texto el autor busca explicar los factores relacionados con el proceso de planificación de necesidades de materiales.

También el aporte conceptual de (Bernal & Duarte, 2004) quienes aplicaron a un caso real las teorías y metodologías de producción, propias de la ingeniería industrial. Este texto evidencia la implementación de un modelo MRP que sirvió como herramienta para el incremento de la productividad en una empresa de autopartes.

Finalmente, el aporte de (Miño, Saumell-Fonseca, Toledo, Roldan, & Moreno, 2015) permitió la aproximación a un caso relacionado con el sector salud, al determinar su estudio en relación a un laboratorio farmacéutico; logró una lectura cercana al objeto de estudio del presente trabajo de grado.

5.2 Conceptual

Esta investigación tiene en cuenta los siguientes conceptos: gestión de la cadena de suministro, inventario, sobreproducción, Pronóstico, diagrama SIPOC, mapa de procesos, programa maestro de producción y plan de requerimiento de material.

La definición de gestión de la cadena de suministro puede ser encontrada en diferentes fuentes bibliográficas y artículos. Para que este concepto resulte claro y completo, se tomarán como referencias un artículo y una tesis doctoral que ayuden a cimentar este concepto. (Ramírez, 2010, p.19) expone que:

Las cadenas de suministros son una secuencia de procesos y flujos que tienen lugar dentro y fuera de la empresa y entre diferentes etapas que se combinan para satisfacer las necesidades de los clientes. Los enfoques para observar los procesos son de ciclo y de empuje/tirón (push/pull).

Por otro lado, (Calderón, 2008) menciona que:

La Administración de la cadena de abastecimiento abarca la planificación y la gestión de todas las actividades involucradas en el suministro, adquisición, conversión, y todas las actividades de gestión de la logística. También incluye la coordinación y la colaboración con socios de canal, que pueden ser proveedores, intermediarios, terceros proveedores de servicios y clientes. En esencia la Administración de la cadena de abastecimiento integra la oferta y la demanda de gestión dentro y entre las empresas.

En ese sentido, cadena de suministro o cadena de abastecimiento hacen referencia a procesos logísticos en la dialéctica proveedor – cliente, que responden las necesidades de este último.

La planificación de la producción es un proceso para desarrollar planes tácticos con base en establecer el nivel global de la producción de manufactura y otras actividades para satisfacer mejor los niveles actuales de las ventas previstas (plan de ventas y pronósticos), mientras que se alcanzan los objetivos generales de rentabilidad, productividad, tiempos de entrega competitivos hacia el cliente, y así sucesivamente, tal como se expresa en el plan general de negocios de una compañía. Uno de sus propósitos principales es el de establecer el ritmo de producción que permitirá alcanzar el objetivo de satisfacer la demanda de los clientes a través del mantenimiento, aumento o disminución de inventarios o pedidos de los clientes, mientras que por lo general se trata de mantener la fuerza de trabajo de forma relativamente estable (Cano, 2011).

En la práctica la definición de tamaño de lote básica corresponde exactamente a producir la cantidad requerida (ordenar o pronosticar) durante un período de tiempo

especial. En la que la producción o adquisición son determinadas siempre que hay una demanda diferente a cero, ya sea que la demanda sea grande o pequeña sin embargo esta decisión puede concebir altos costos de configuración y de pedido. De ahí que se adicione lo concerniente a rentabilidad a la definición del tamaño del lote de producción (Burbano, 2011).

Horizonte de Planificación. El horizonte de planificación es el intervalo de tiempo el programa maestro de producción se extiende a futuro, puede ser finito o infinito. Un horizonte de planificación finito es usualmente acompañado por una demanda dinámica y un horizonte de planificación infinito por una demanda estacionaria (Burbano, 2011).

También es importante definir el término inventario, ya que éstos son recursos utilizables que se encuentran almacenados en un punto determinado del tiempo (Davis, McKeown, & Mata, 1994, pág. 485). Así mismo, estos pueden incluir materias primas, artículos semiterminados (trabajo en proceso) y artículos terminados.

El SIPOC es una técnica de definición de procesos, que:

(...) recibe su nombre por sus siglas en inglés, Supplier-Input-Process-Output-Customer es decir, Proveedor-Insumos-Proceso-Salidas-Cliente. Proveedor es cualquier persona o procesos que suministra algún insumo. Insumo es todo aquello que se requiere para llevar a cabo nuestro proceso, puede ser información, materiales, actividades o recursos. Proceso son las actividades básicas para convertir las entradas

en salidas. Salida es el resultado del proceso. Cliente es la persona o proceso que se ve afectada por el resultado del proceso (Tovar y Mota, p. 38).

Por otro lado, pronóstico de producción, es la estimación de la futura demanda. se puede determinar por medios matemáticos basados en históricos. Estos se esgrimen para valorar planes de ventas, producción, flujos de efectivo y elaboración de presupuestos (Mantilla, 2016).

Un mapa de procesos es una representación global de los procesos, no individual de cada uno de ellos (individualmente se pueden representar mediante flujogramas). Se puede dibujar el mapa de procesos de todos los procesos de la organización o limitarlo a una determinada área de la misma, ligada a un producto, un departamento, etc. (Hax & Majluf, 1993).

Los mapas de procesos se pueden clasificar en:

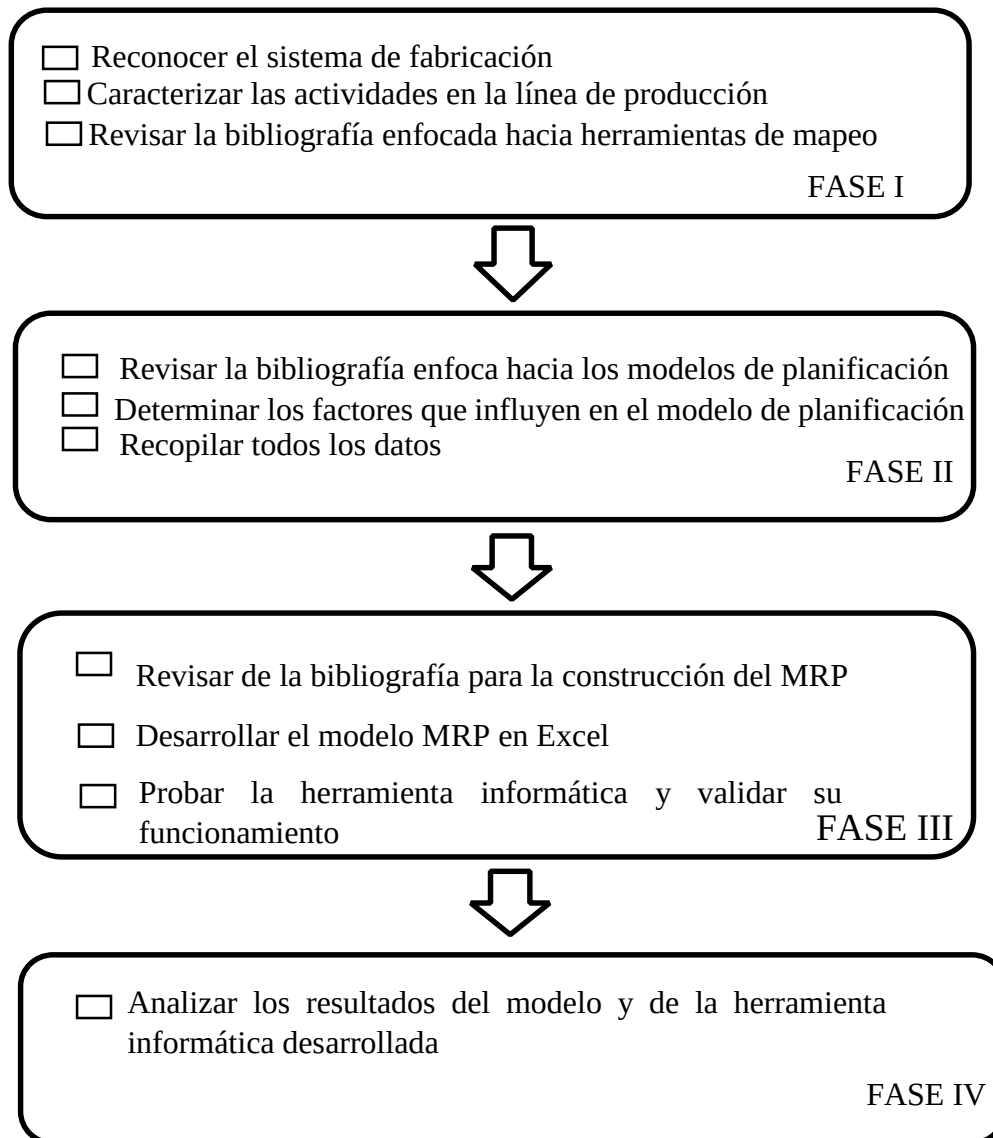
La tipología de mapa de procesos convencional utiliza la clasificación clásica de procesos (procesos estratégicos, procesos operativos y procesos auxiliares). En el momento de distribuir los procesos espacialmente, los procesos estratégicos se colocan en la parte superior del mapa, los auxiliares o de soporte en la inferior y los operativos en la parte media, donde habitualmente se representa la cadena de valor (representación de fases). En este tipo de mapa de procesos, los requisitos del cliente suelen figurar en la parte izquierda, como entrada general de aquellos productos y servicios que la organización pretende generar. En la parte derecha aparece la satisfacción del cliente, como meta a conseguir por la organización.

Este mapa de procesos formal surge al utilizar la clasificación sugerida por ISO 9001 procesos para las actividades de la dirección, procesos para la realización del producto, procesos de provisión de recursos, procesos de medición, análisis y mejora. Por esta razón, este tipo de mapa de procesos suele ser habitual en organizaciones certificadas con ISO 9001. Los procesos existentes se deben ordenar y colocar en una disposición espacial y relacional lógica que, a ser posible, esté alineada con los principios fundamentales de la norma. La configuración de los procesos en el mapa puede ser muy diversa, dependiendo de los conocimientos del autor, necesidades específicas, etc.

6. Proceso metodológico

Para el desarrollo del trabajo de grado se dividió en cuatro fases, para así lograr el desarrollo de los objetivos específicos propuestos como se muestra en la Figura 2.

Figura 2
Diseño de Metodología



Fuente: Elaboración propia

7. Caracterización de la cadena de suministro interna

En este capítulo se caracteriza la cadena de suministro interna seleccionada en el caso de estudio, mediante herramientas descripción.

7.1 Descripción del proceso

El proceso de fabricación de la solución salina se realiza en las mismas instalaciones en un espacio aproximado de 1500 m³, la herramienta de descripción SIPOC se desarrolla en la Tabla 1 permitiendo caracterizar el proceso de manera más detallada.

Tabla 1
SIPOC de producción de la cadena de valor

SIPOC				
Suppliers	Inputs	Process	Outputs	Customers
Bodega interna	-Pellets polipropileno (PP) -Pellets polietileno (HPDE)	-Recursos humanos. -Entorno de fabricación. -Maquinaria. - Secuencia de fabricación. -Planeación	Solución salina	Bodega de almacenamiento

Fuente: Elaboración propia.

1. Suppliers - Bodega interna: La bodega interna se encuentra cubierta y está ubicada en la planta, es la encargada del almacenamiento de la materia prima para la realización de la solución salina tales como: las diferentes referencias de pellets, cartón, productos químicos, productos de aseo, productos de protección de los trabajadores, entre otros; tiene un método de almacenamiento tradicional, es decir, está conformada por estanterías de 6 metros donde el producto está sobre estibas de madera, estas estibas son ubicadas gracias a dos montacargas eléctricos.

2. Inputs.

- Pellets: Para la fabricación de la bolsa se usan diferentes tipos de pellets en el proceso de extrusión de lámina, debido a las políticas de calidad del país al que va ser exportado el producto, el proceso de extrusión tubular y extrusión de tubos, sin importar la referencia siempre utiliza el mismo tipo de pellets.

El polietileno de alta densidad o HDPE es utilizado principalmente para la elaboración de la bolsa externa gracias a la alta resistencia química y su resistencia a los impactos.

3. Procesos

- Recursos Humanos: En la actualidad la empresa cuenta con más de 120 operarios trabajando tres turnos diarios de ocho horas, los siete días de la semana, cuentan con formación técnica y tecnológica, además de una gran habilidad motriz para desempeñar las labores necesarias de fabricación.

- Entorno de fabricación: Para la elaboración de un producto hospitalario se deben tener altos estándares de calidad y de asepsia, tales como: todos los trabajadores deben llevar un uniforme limpio y en una bolsa de plástico para evitar que se contamine, el uniforme incluye un cubre pelo desechable fabricado en polipropileno y una escafandra de tela tanto en hombres como en mujeres, se debe cambiar en los vestidores de la empresa, como también antes de ingresar al área de fabricación debe lavar sus manos con yodo y aplicar una gel protectora en sus manos, luego de lavar sus manos se deben colocar guantes, tapabocas y gafas, este proceso de limpieza se repite cada vez que se pase de un proceso a otro, así se garantiza disminuir el riesgo de contaminación. Cada proceso está aislado de los demás mediante esclusas de cristal; cada esclusa tiene un papel pegajoso en el suelo que ayuda a que cualquier impureza en los zapatos quede en ese lugar.

Toda la planta cuenta un sistema de ventilación y extracción de aire para así, evitar el polvo o impurezas que se encuentren en el aire, como también un sistema de control de plagas.

- Maquinaria: Cada proceso tiene diferente maquinaria, el proceso de mezclas plásticas tiene veinte (20) máquinas sopladoras, las cuales están en funcionamiento las veinticuatro horas del día, siendo abastecidas por tolvas con capacidad de una tonelada de pellets, estas máquinas se detienen una vez a la semana, por treinta minutos para hacer su mantenimiento preventivo.

El proceso de extrusión de lámina tiene tres máquinas para este proceso, cada máquina elabora entre 15 y 20 rollos de plástico de 385 metros x 1.2 metros o 1 metro; por turno, este producto varía en la calidad, grosor de la lámina que va desde 0.8 milímetros a 1.3 milímetros, las máquinas detienen su producción tres (3) veces por semana, durante cuatro (4) horas para realizar los cambios necesarios para elaboración de las diferentes referencias.

Por su parte, el proceso de extrusión de tubos tiene cuatro (4) máquinas capaces de realizar noventa y ocho mil (98.000) unidades por turno, estas máquinas realizan dos (2) tipos de referencias, un (1) tubo hueco de tres (3) centímetros de largo con un espesor de un (1) milímetro y un tubo con las mismas características pero con una membrana en su interior, el proceso de extrusión de tubos también cuenta con dos (2) máquinas encargadas de hacer las fundas protectoras para estos tubos, estas máquinas elaboran sesenta y cinco mil unidades (65.000) por turno, las seis (6) máquinas de este proceso son automáticas, y solo paran cada quince (15) días por una hora para un mantenimiento preventivo.

El proceso de Extrusión tubular tiene tres (3) máquinas que pueden llegar a realizar sesenta mil unidades (60.000) por turno (sitios de inyección), estas máquinas se detienen cada ocho (8) días por veinte (20) minutos para su respectivo mantenimiento.

El proceso de Bolsa externa tiene dos máquinas las cuales pueden fabricar noventa mil (90.000) unidades por turno, el proceso se detiene cada cuarenta y cinco (45) días por tres (3) horas para un mantenimiento general.

El proceso de sellado tiene tres (3) máquinas automáticas de moldeo a presión, cada máquina realiza nueve mil seiscientas (9.600) unidades por turno, estas máquinas tienen paradas programadas cada cuatro (4) turnos por hora y media, para calibración de las diferentes referencias, también tienen paradas programadas cada ocho días para el mantenimiento general.

El proceso de llenado tiene tres líneas las cuales cada una cuenta con ocho (8) boquillas llenadoras, cada línea llena entre veinticinco mil (25.000) a cuarenta mil (40.000) bolsas por turno dependiendo la referencia, estas líneas son lavadas diariamente por un tiempo de noventa (90) minutos, estas limpiezas son realizadas inmediatamente los operarios salgan a sus treinta (30) minutos de descanso, así solo se detiene el llenado por una hora diaria.

- Secuencia de fabricación: Como se muestra en la Figura 1 este proceso comienza con la alimentación de material plástico desde una tolva hasta el barril de la extrusora. El material se calienta y sale a través de una boquilla, donde dados y rodillos ayudan al material a tomar la forma del molde. El proceso de extrusión es abastecido por cuatro (4) referencias de pellets, dependiendo el lugar de exportación una misma referencia de solución salina será construida con diferentes materiales, esto debido a los estándares de calidad que exija cada país, la planta cuenta con más de veinte (20) máquinas sopladoras las cuales se encargan de calentar el material hasta derretirlo y se ubican atrás de cada máquina de extrusión uniéndose a estas por medio de un tambor, cada máquina sopladora es operada por

una persona que se encarga que la máquina siempre tenga material, el cual se transporta mediante un montacargas manual.

Al proceso de sellado llegan los productos de extrusión de lámina y tubos, es decir, llegan los rollos de lámina y las bolsas con los tubos huecos y con membrana, la máquina de moldeo a presión se encarga de dar la forma de la bolsa y unir los tubos a esta, la máquina moldea y corta de tres (3) a seis (6) bolsas por fila dependiendo el tamaño de la referencia, las filas de bolsas son apiladas por un equipo de seis (6) personas que se encargan de poner la funda al tubo con membrana.

Finalmente, en el proceso de llenado, se marca la bolsa con las características, (lote, idioma, contenido, fecha de vencimiento) y se procede a llenarlas manualmente en las líneas, la bolsa se llena por el tubo que no tiene la funda, y se sella con el sitio de inyección, luego una banda las desplaza para que otros operarios la introduzcan a la bolsa externa y sellen esta bolsa para así conservarla estéril.

- Planeación: El proceso de producción de la solución salina se puede clasificar como un proceso Push o Make to Stock / hecho para almacenar, es decir, son productos elaborados en masa (en cuatro referencias), con una cantidad de inventarios definido a la experiencia de los jefes de cada área, en cada proceso hay una área destinada para el almacenamiento de estos productos en proceso, pero la demanda de la solución salina es determinística, esto debido a que cuando el cliente pide los productos se le deben entregar lo antes posible después de realizada

la orden, dado que son productos hospitalarios, con riesgo de contaminación, por lo tanto no es recomendable tener producto en terminado en bodega. En la Tabla 2 se muestra un ejemplo de las órdenes de producción recibidas en un periodo de ocho días.

Tabla 2
Ejemplo de las órdenes de producción recibidas en un periodo de ocho días

Día / Cantidad a producir Ref.	B1	B2	B3	B4
Lunes	15000	48000	9000	15000
Martes	35000	10000	10000	15000
Miércoles	0	10000	10000	10000
Jueves	50000	20000	30000	30000
Viernes	15000	10000	32000	40000
Sábado	46000	0	0	60000
Domingo	54000	27000	9600	22000

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 3 se muestra la cantidad de inventario definido por área, el costo de este inventario, el tiempo de ciclo por cada diez mil (10.000) unidades, como también el porcentaje de unidades defectuosas de los diferentes procesos, esta información fue recolectada mediante el trabajo de campo realizado e información obtenida por los diferentes encargados.

Tabla 3***Cantidad de inventario definido por área***

Área	Inventario medio en proceso	Costo	Tiempos de ciclo x 10 000 unidades * hora	Porcentaje unidades defectuosas
Área de Extrusión de lámina	85 rollos	686.410		5%
Área de Extrusión de tubos	250000 unidades	626.720	0.8	8%
Área de Extrusión tubular	180000 unidades	537.190	1.3	5%
Área de Bolsa externa	45000 unidades	507.350	0.8	5%
Área de sellado	60000 unidades	805.720	2.85	7%

Fuente: Elaboración propia

4. Outputs - Solución salina, además del producto físico empacado también se obtiene un reporte de turno con información de unidades defectuosas, y tiempos improductivos en la planta.

5. Customers - Bodega de Almacenamiento: Bodega ubicada en la misma ciudad de la planta.

8. Identificación de los factores y parámetros incidentes en el modelo de planificación

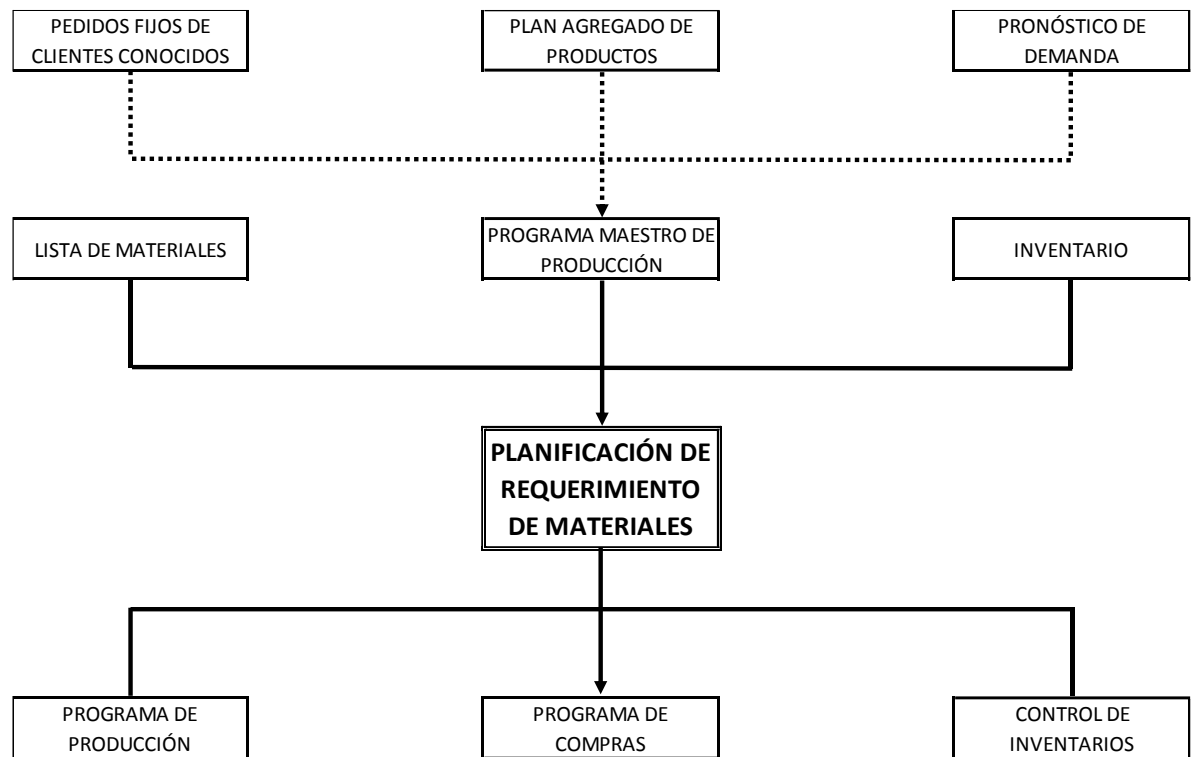
En este apartado se identifican los factores y parámetros incidentes en el modelo de planificación de las operaciones, para el caso de estudio mediante revisión bibliográfica.

La planificación de requerimiento de material o MRP por sus siglas en inglés parte del principio que los materiales que son utilizados en la cadena de suministro tienen demanda dependiente, por lo tanto es una herramienta útil para saber qué y cuánto se debe fabricar y en qué momento para cumplir con los compromisos adquiridos (Cano, 2011).

El objetivo del MRP es disminuir o eliminar el volumen de inventario de producto en proceso a partir de lanzar la orden de fabricación en el momento adecuado según los resultados del Programa Maestro de Producción (Castillo, Menjura, & Rodríguez, 2014), es lo que le da un carácter push a la operación de la cadena de suministro interna estudiada.

Principalmente, el mecanismo de MRP trabaja desde el programa de producción generado por la demanda de los productos finales y a través de un procedimiento sencillo, genera un programa para los diferentes productos (Ver Figura 3).

Figura 3
Esquema General Sistema MRP



Fuente: Adaptado de trabajo de grado (Balanta & Rincon, 2012)

8.1 Entradas MRP

El sistema MRP comprende la información básica de al menos tres fuentes:

- El Programa maestro de producción, el cual contiene las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los productos que están sometidos a demanda externa (productos finales y piezas de repuesto).

- El estado del inventario, que recoge las cantidades de cada una de las referencias de la planta que están disponibles o en curso de fabricación, debiendo conocerse la fecha de recepción de estas últimas.
- La lista de materiales, que representa la estructura de fabricación en la empresa conociendo el árbol de fabricación de cada una de las referencias que aparecen en el Plan Maestro de Producción (Rodríguez G., 2018).

8.2 Salidas MRP

Al finalizar la ejecución del MRP indicará:

- El plan de producción de cada uno de los ítems que han de ser fabricados, especificando cantidades y fechas en que han de ser lanzadas las órdenes de fabricación.
- El plan de aprovisionamiento, detallando las fechas y tamaños de los pedidos a proveedores para aquellas referencias que son adquiridas en el fuera de la planta de producción (si es el caso).
- Control de inventario, que permite conocer qué órdenes de fabricación van retrasadas y cuáles son sus posibles repercusiones sobre el plan de producción y en última instancia, sobre las fechas de entrega de los pedidos a los clientes (Rodríguez G., 2018).

8.3 Programa maestro de producción MPS.

El programa maestro de producción (MPS por sus siglas en inglés), llamado también plan maestro, especifica qué ítem o productos finales se deben fabricar, así como las fechas concretas y cantidades necesarias de cada uno de ellos. El MPS se realiza para cada artículo

individual en un horizonte de tiempo que dependiendo del ciclo necesario para la fabricación abarca desde una semana hasta varios meses, con intervalo de tiempo diarios o semanales (Bernal,& Duarte, 2004).

Al generar el MPS se debe considerar el tipo de industria, el entorno producto – mercado y la manera como se realiza el proceso de planeación y producción. “En primer lugar el MPS puede ser generado directamente de las órdenes en firme proveniente de los pedidos de los clientes, en donde una orden especifica el tipo de artículo, la cantidad y fecha para la cual se necesita. Otra posibilidad es generar el MPS a partir de los pronósticos de la demanda de artículos individuales, en este caso la estimación de la demanda se realiza mensualmente, por lo que es necesario desagregar estas cantidades en lapsos de tiempo más cortos, que como se mencionó es de días o semanas en el MPS (Castillo, Menjura ., & Rodríguez, 2014).

8.3.1 Métodos cuantitativos para pronosticar la demanda

Son métodos de causa- efecto que corresponden a modelos matemáticos de regresión o ajuste. Los pronósticos, bajo este tipo de métodos, se realizan a partir de datos históricos y los resultados se utilizan para tomar decisiones a corto o mediano plazo.

8.3.1.1 Promedio Simple

El método de pronóstico simple, consiste en atenuar los datos al obtener la media aritmética de cierto número de datos históricos, para así obtener con este el pronóstico para

el siguiente período. El número de datos a tener en cuenta para calcular el promedio es una decisión del equipo de planeación que realiza el pronóstico (Bernal & Duarte, 2004).

8.3.1.2 Promedio móvil

El método de pronóstico móvil simple se utiliza cuando se quiere dar más importancia a conjuntos de datos más recientes para obtener la previsión. Cada punto de una media móvil de una serie temporal es la media aritmética de un número de puntos consecutivos de la serie, donde el número de puntos es elegido de tal manera que los efectos estacionales y / o irregulares sean eliminados (Galvis, 2004).

8.3.1.3 Promedio móvil ponderado

Este método de pronóstico es una variación del promedio móvil. Mientras, en el promedio móvil simple se le asigna igual importancia a cada uno de los datos que componen dicho promedio, en el promedio móvil ponderado podemos asignar cualquier importancia (peso) a cualquier dato del promedio (siempre que la sumatoria de las ponderaciones sean equivalentes al 100%) (Rodríguez, 2018).

8.3.1.4 Suavización exponencial simple

El método de suavización exponencial simple puede considerarse como una evolución del método de promedio móvil ponderado, en este caso se calcula el promedio de una serie de tiempo con un mecanismo de autocorrección que busca ajustar los pronósticos en dirección opuesta a las desviaciones del pasado mediante una corrección que se ve afectada por un coeficiente de suavización (Bernal & Duarte, 2004).

8.3.1.5 Suavización exponencial doble

El pronóstico de suavización exponencial doble es óptimo para patrones de demanda que presentan una tendencia y un patrón estacional constante, en el que se pretende eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en períodos de demanda reciente (Mantilla, 2016).

8.3.1.6 Regresión lineal

El modelo de pronóstico de regresión lineal permite hallar el valor esperado de una variable aleatoria “a” cuando “b” toma un valor específico. La aplicación de este método implica un supuesto de linealidad cuando la demanda presenta un comportamiento creciente o decreciente, por tal razón, se hace indispensable que previo a la selección de este método exista un análisis de regresión que determine la intensidad de las relaciones entre las variables que componen el modelo (Domínguez, 2016).

8.4 Lista de materiales Bill of materiales (BOM).

La lista de materiales indica de qué partes o componentes está formado cada producto, su estructura de fabricación, así como el número necesario de cada uno de esos elementos para fabricar una unidad de este artículo. Esta lista es el producto de construir el árbol de la estructura y montaje del producto final, la que debe ser actualizada si se da un cambio en las especificaciones del producto (Castillo, Menjura, & Rodríguez, 2014).

8.5 Archivo de registro de inventarios

El archivo de registro de inventarios permite conocer de cada componente y artículo su nivel actual de existencias en almacén, inventarios de producciones en proceso y terminada, así como los pedidos ya realizados pendientes de recibir, la política de pedido para cada uno (stock de seguridad, tipo de lote), y el lead time determinado (Miño, Saumell, & Otros, 2015).

9. Propuesta modelo de planeación

En el siguiente capítulo se propone un modelo de planeación mediante la identificación de herramientas para el pronóstico de demanda y la programación maestra de producción que contribuye al control de inventario de producto en proceso, como también el beneficio que esta conlleva.

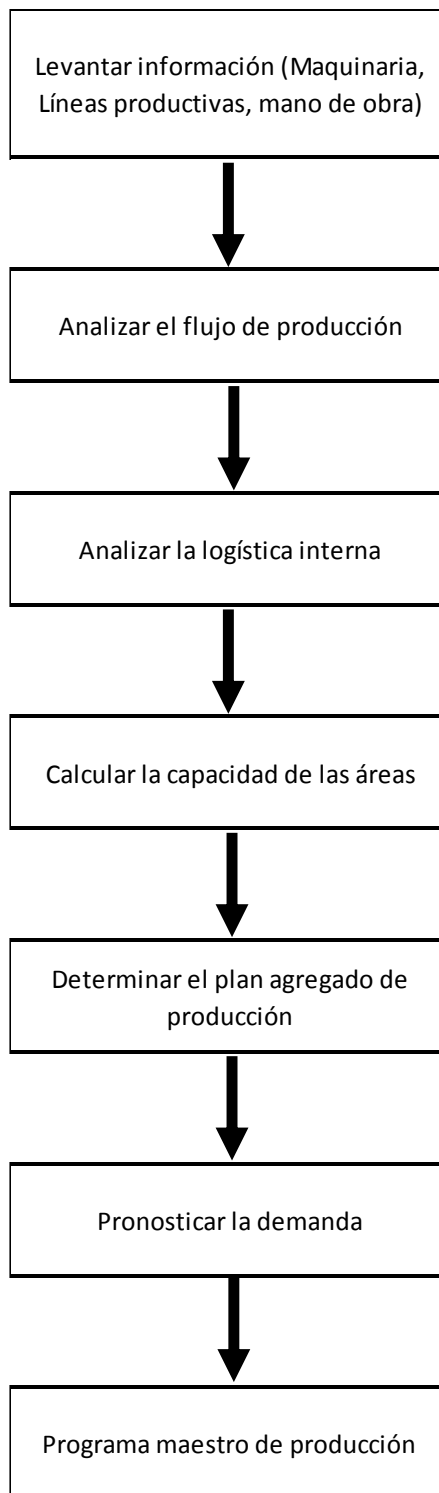
Para establecer un modelo de planeación eficiente que contribuya a la sincronización entre la planta de producción y la planta de ensamble, se analiza el requerimiento, la explosión de necesidades y cuándo se necesitan los productos en proceso, esto conduce que el problema no es cuánto fabricar si no, definir cuándo fabricar lo que se necesita, por lo tanto se determina que la herramienta adecuada para el desarrollo de esta tesis es la planeación de requerimiento de materiales (MRP) dado que la herramienta MRP parte del principio, que los materiales de las materias primas y productos parcialmente terminados que se tienen en inventario tienen demanda dependiente. La cantidad necesaria de un material en particular con demanda dependiente en cualquier semana dependerá del volumen de productos por fabricar que requieran de dicho material.

La demanda de materias primas y productos parcialmente terminados no tiene que pronosticarse, porque si durante una semana se sabe cuántos productos terminados deben producirse, puede calcularse la cantidad de cada uno de los materiales necesarios para fabricar dichos productos terminados. El MRP es un sistema creado en computadora (Excel) que toma el plan maestro de producción como algo dado; se aprovecha el MPS en la cantidad de materias primas, componentes, sub-ensambles y ensambles requeridos cada semana del horizonte de planeación; corrige la necesidad de materiales al considerar materiales

existentes en inventario o sobre pedido y desarrolla un programa de pedidos de elaboración de materiales y de piezas producidas durante el horizonte de planeación.

Para la elaboración del MRP es necesario el MPS viable, por esto se realiza una revisión al MPS actual siguiendo los pasos que se ven en el diagrama de bloques de la Figura 4, donde se verificó el correcto control y seguimiento a: inventario disponible, pedidos en curso, aspectos técnicos, capacidad disponible, pedidos comprometidos y previsiones de ventas a corto plazo, para esta última se solicita una reunión con el planeador de la empresa, se encuentra que para el pronóstico de la demanda son utilizados los métodos promedio móvil, promedio ponderado y suavización exponencial simple, se propone agregar la utilización del método suavización exponencial doble o método de Holt posiblemente para hallar un error cuadrático medio más bajo que los arrojados por los anteriores métodos mencionados.

Figura 4
Diagrama de bloques MPS



Fuente: Elaboración propia

El sistema de pronósticos de suavización exponencial doble tiene en cuenta la posible tendencia (creciente o decreciente) de los productos demandados, la fórmula que el modelo considera es la siguiente:

$$D_T = S_T + B_T$$

Donde:

D_T = Valor real u observación de la demanda del periodo t

S_T = Constante que representa la componente constante de la demanda

B_T = Constante que representa la componente de tendencia de la demanda

Ahora se trata de estimar los dos parámetros S_T y B_T para así poder pronosticar demandas futuras ya que estas presentan el componente constante, determinado por S_T y la componente de tendencia determinada por B_T .

La primera ecuación que rige la suavización exponencial doble es:

$$S_T = S_{T-1} + (\text{Alfa} * X_{T-1} - S_T)$$

Esta ecuación es la misma que se utiliza en la suavización exponencial simple, por esto se aplica de nuevo el operador al resultado de la suavización simple. De aquí proviene el nombre suavización exponencial doble

$$B_T = \text{Beta} (S_T - S_{T-1}) + (1-\text{Beta}) (B_{T-1})$$

Definir un sistema adecuado de pronósticos y medición del error del pronóstico para cada caso particular es importante. Es por ello que la precisión para cada sistema de pronóstico se medirá con base en sus errores, los cuales se calculan como la diferencia entre el valor real observado y su pronóstico.

El cálculo del error medio y error cuadrático medio se utiliza la función de Excel (=PROMEDIO (Numero1; Numero2)).

El error cuadrático medio es el promedio al cuadrado de la suma de la diferencia de la demanda y el pronóstico, el objetivo es obtener un error cuadrático medio bajo, por este motivo se utiliza la función Solver donde la función objetivo es el mínimo del error cuadrático medio, variando las celdas de Alfa y Beta con las restricciones que Alfa y Beta deben ser mayores a cero pero menores a uno.

El desarrollo de esta herramienta se podrá encontrar en los anexos de este documento (10.5 Pronostico suavización exponencial doble); después de integrar un nuevo método de pronóstico se elige el método con el error cuadrático medio más bajo para cada referencia, para esto se crea una tabla que recopila los datos del error cuadrático medio de cada pronóstico y con la ayuda de la función =Min (Numero1; Numero2) de Excel se obtiene el valor menor.

El plan maestro de producción también recopila datos como el tamaño de lote óptimo a elaborar, este se determinó con el modelo EOQ simple.

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

Donde

D= Demanda

S= Costo de emisión de pedidos

H= Costo unitario de almacenamiento

Luego del cálculo del tamaño de lote óptimo de cada ítem se procede a construir el plan maestro de producción.

Los parámetros necesarios para elaborar el Plan maestro de producción son:

- Inventario inicial
- Pronóstico
- Pedido
- Inventario final

Lo primero a establecer es la fórmula de cálculo del inventario inicial, es la cantidad que quedó del inventario final del periodo anterior, es decir

$$Inv_I = Inv_{F\ T-1}$$

Una vez establecido el inventario inicial se procede al cálculo del inventario final que es el inventario inicial más lo producido menos el máximo del pronóstico y el pedido, esto se determina gracias a la ayuda de la función de Excel =Max (Num1; Num2).

$$Inv_F = Inv_I + MPS - (Max (Pedido; Pronóstico))$$

Por último, se procede al cálculo de lo que se va a producir o MPS, utilizando la función SI de Excel de tal manera que si el inventario inicial es mayor o igual que el máximo entre el pronóstico y el pedido, la producción será igual a cero, de lo contrario si el inventario es menor o igual se procederá a producir el lote óptimo calculado con el modelo EOQ.

$$MPS = SI (Inv_I \geq MAX (Pronóstico; Pedido), 0, Lote\ optimo)$$

A continuación, se muestra el plan maestro de producción elaborado para la referencia B1 en una semana del anterior año.

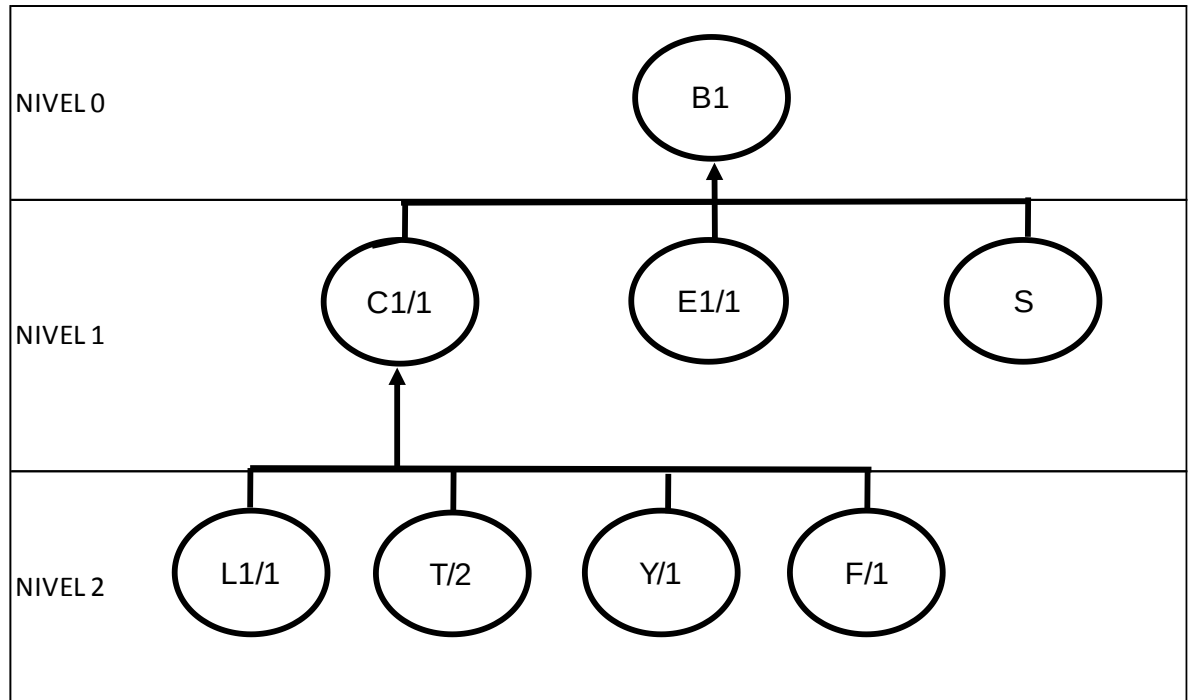
Tabla 4
Plan maestro de producción referencia B1

Parámetros	Días						
	1	2	3	4	5	6	7
Inventario Inicial	0	6701	15290	25966	7686	20728	7832
Pronóstico	16461	18034	18335	18280	17658	12896	11119
Pedido	23999	22111	20024	16894	0	0	21813
MPS	30700	30700	30700	0	30700	0	30700
Inventario Final	6701	15290	25966	7686	20728	7832	16719

Fuente: Elaboración propia

Luego de la construcción del plan maestro de producción se procede a la construcción de la lista de materiales o BOM de materiales, esta lista es esencial para el despiece y clasificación de los productos que se deben usar en la elaboración de cada referencia, a continuación en la Figura 4, se muestra la explosión de materiales para la referencia B1, con sus respectivos niveles y necesidades de materiales, la explosión de materiales de las referencias restantes se podrá encontrar en los anexos de este documento (10.1 a 10.4).

Figura 5
Lista de materiales en forma de árbol referencia B1

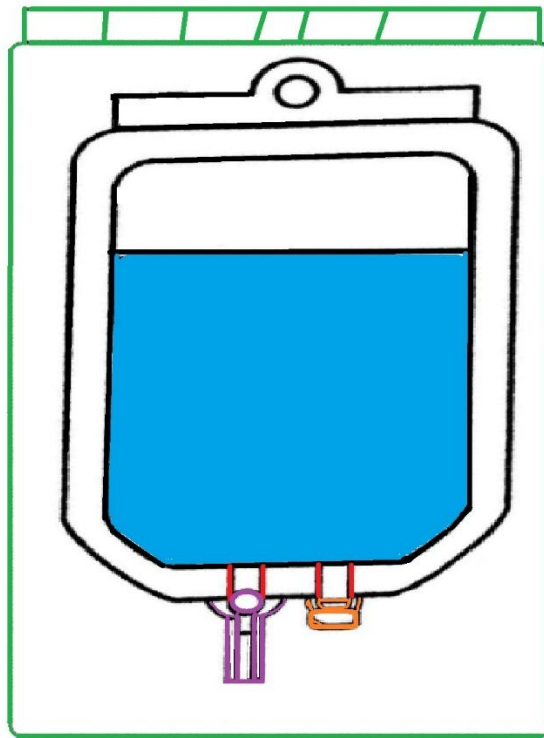


Fuente: Elaboración propia

En el nivel cero encontramos el producto terminado como se ve en la Figura 5 donde:

- Bolsa Externa (E) esta dibujado de color verde
- Lámina (L), Cuerpo de la bolsa (C) dibujado de color negro
- Solución salina (S) de color azul
- Tubos (T) de color rojo
- Funda protectora (F) de color morado
- Sitio de inyección (Y) de color naranja

Figura 6
Referencia B1



Fuente: Elaboración propia

Seguido de crear el BOM y tener claro el despiece de los materiales se crea el archivo de registro de inventario que se divide en dos, el segmento maestro de datos con la información del ítem, como identificación, stock de seguridad, y su lead time o su tiempo de suministro y el segmento de estado de inventarios con la información de recepciones programadas e inventario disponible en bodega, ambas tablas son presentadas a continuación.

Se crea un Stock de seguridad para los ítems más importantes para la empresa, mediante el promedio del plazo de entrega de estos por la demanda media del consumo del ítem en condiciones normales, se establece un tiempo de suministro de 24 horas debido a políticas y papeleos de la empresa, en la tabla segmento estados de inventario se toman los datos del inventario disponible en el momento y las recepciones programadas para la semana.

Tabla 5.
Segmento maestro de datos

Ítem \ Concepto	Identificación	stock de seguridad	Método del cálculo del lote	Tiempo de suministro (días)
B1	8848	30000	Lote a lote	1
B2	4848	17900	Lote a lote	1
B3	1201	15400	Lote a lote	1
B4	2215	27500	Lote a lote	1
C1	1094	0	Lote a lote	1
C2	1994	0	Lote a lote	1
C3	2424	0	Lote a lote	1
C4	2313	0	Lote a lote	1
E1	2232	20700	Lote a lote	1
E2	6905	15000	Lote a lote	1
E3	2115	14000	Lote a lote	1
E4	3089	23000	Lote a lote	1
L1	1144	0	Lote a lote	1
L2	7400	0	Lote a lote	1
L3	2130	0	Lote a lote	1
L4	2424	0	Lote a lote	1
T	1022	0	Lote a lote	1
Y	9587	0	Lote a lote	1
F	8480	0	Lote a lote	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6
Segmento estado de inventarios

Ítem Concepto \	Necesidades brutas	Disponibilidad	Recepciones programadas	Necesidades Netas
B1		32000		
B2		18000		
B3		16000		
B4		29000		
C1		0		
C2		0		
C3		0		
C4		0		
E1		30700		
E2		17900		
E3		15400		
E4		27500		
L1		0		
L2		0		
L3		0		
L4		0		
T		0		
Y		0		
F		0		

Fuente: Elaboración propia.

Al haber recolectado la información necesaria se procede a realizar los cálculos para obtener las necesidades netas, estas son todos los componentes a fabricar, para los ítems del nivel cero las necesidades brutas van a estar dadas por el programa maestro de producción, el proceso comienza en la parte superior de las listas de materiales, calculando las necesidades netas y a partir de ellas, los pedidos a realizar. La fórmula para determinar las necesidades netas periodo es la siguiente:

$$\text{Necesidades netas (NN)} = \text{Necesidades brutas (NB)} + \text{Stock de seguridad (SS)} - \text{Disponibilidades (D)} - \text{Recepciones Programadas (RP)}$$

Si al aplicar la formula resulta una cantidad negativa nos indicará qué podemos hacer frente a la demanda y que, las necesidades netas son cero, esto se determina gracias a la ayuda de la función de Excel =SI (Prueba_lógica; [Valor_si_verdadero]; [Valor_si_falso]).

=SI (Disponible + Recepciones programadas –Necesidades brutas < 0; Necesidades brutas + Stock de seguridad – Disponible – Recepciones programadas; 0)

A partir de las necesidades netas se programarán los pedidos planificados, estos se convertirán en las necesidades brutas de los sub-ensambles, a continuación, en la Tabla 7 se ilustra un ejemplo de lo dicho, el cálculo de todas las necesidades netas se podrá encontrar en los anexos de este documento (10.4 MRP de los productos).

Tabla 7
Calculo MRP

	Artículo	Tamaño Lote	Lead time (TS)	Inventario disponible	Stock de seguridad (SS)	Conceptos	Periodo de tiempo						
							1	2	3	4	5	6	7
N i v e l 0	8848	Lote a lote	1	32000	30000	Necesidades brutas (NB)	15000	35000	0	50000	15000	46000	54000
						Recepciones programadas (RP)							
						Disponible (D)	17000	30000	30000	30000	15000	30000	30000
						Necesidades netas (NN)	0	48000	0	50000	0	61000	54000
						Recepcion pedidos planificados (RPPL)	0	48000	0	50000	0	61000	54000
						Lanzamiento pedidos planificados (PPL)	48000	0	50000	0	61000	54000	0
N i v 1 e l	1094	Lote a lote	1	0	0	(NB) C1	48000	0	50000	0	61000	54000	0
						(RP) C1							
						(D) C1	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) C1	48000	0	50000	0	61000	54000	0
						(RPPL) C1	48000	0	50000	0	61000	54000	0
						(PPL) C1	48000	50000	0	61000	54000	0	0

Fuente: Elaboración propia

Al iniciar este trabajo de grado se planteó que la solución para evitar la sobreproducción y la a-sincronización de la planta de producción con la planta de ensamble seria proponer un modelo de planificación de las operaciones que permitiera la disminución del inventario en proceso, el modelo propuesto busca la unificación de información y materiales entre áreas, debido a esto se evitarán retrasos en pedidos y aumentará la productividad, a continuación se realiza el contraste entre la situación actual y la herramienta propuesta, el stock de seguridad se determinó mediante el promedio de tiempo de entrega, por la demanda media, los costos del inventario presentado fueron dados por el área financiera de la empresa.

Tabla 8
Comparación cantidad de producto en proceso

Área	Inventario medio en proceso actual	Costo	Stock de seguridad propuesto	Costo
Área de Extrusión de tubos	250.000 unidades	626.720	0 unidades	0
Área de Extrusión tubular	180.000 unidades	537.190	0 unidades	0
Área de Bolsa externa	45.000 Unidades	507.350	72.700 unidades	819.652
Área de sellado	60.000 unidades	805.720	90.800 unidades	1'219.322

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los beneficios de implementar el sistema MRP se estima una reducción de los costos de \$438.000 semanales, y la utilización de espacios destinados para el almacenamiento de productos en proceso del área de Extrusión de tubos y Extrusión tubular.

10. CONCLUSIONES

Con este trabajo de grado se desarrolló una propuesta para implementar un modelo de planificación de las operaciones en una empresa del sector de salud en Colombia, así como también, se diseñó una aplicación en una herramienta informática que permite la planeación de las operaciones.

La arquitectura del mismo tiene una versatilidad para acoplarse a las necesidades de la empresa, permitiendo ser fácilmente manipulado y arrojando resultados de fácil análisis logrando un buen flujo de la información.

Por medio de un diagrama SIPOC se logró una descripción detallada de la cadena de suministro y el proceso de producción, identificando las partes implicadas, como lo son los proveedores, clientes, las entradas y salidas propias del proceso.

Se identificaron los factores y parámetros incidentes en un modelo de planificación de operaciones con MRP, como la lista de materiales, el pronóstico de demanda entre otros, detallando, explicando y construyendo cada uno de estos.

Se propone la utilización de una nueva herramienta de pronóstico (Suavización exponencial doble o método de Holt), para mejorar la estimación del programa maestro de producción, se encuentra que en ocasiones esta herramienta se aproxima más a la realidad que las utilizadas por la empresa en la actualidad.

La posible implementación de esta nueva herramienta de pronóstico, permitirá a la empresa anticiparse a los hechos con un menor error, permitiendo encaminar las decisiones deseadas por planeación.

Se construye el MRP en Excel, la cual recolecta la información del programa maestro de producción, y arroja las necesidades netas a producir de cada ítem, como también cuando

se debe empezar con la construcción del ítem, ayudando a la sincronización de la planta de producción con la planta de ensamble los productos.

Por último, se determina la cantidad resultante de inventario de producto en proceso, en cada área, donde se contrasta lo actual con lo propuesto, llegando a una reducción de los costos de \$438000 pesos semanales.

Bibliografía

- Balanta G., Y., & Rincon M., C. (2012). *INTEGRACIÓN SISTEMA MRP Y MÉTODOS DE CONTROL DE PISO*. Cali: Universidad del Valle.
- Ballou, R. (2004). *Logística administración de la cadena de suministros 5ta edición*. México: Pearson Education.
- Bernal Saldarriaga, A. F., & Duarte García, N. (2004). *IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO MRP EN UNA PLANTA DE AUTOPARTES EN BOGOTA, CASO SAUTO LTDA*. Obtenido de <https://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis68.pdf>
- Bernal, S. A., & Duarte, G. N. (2004). Implementación de un modelo MRP en una planta de autopartes en Bogotá, Caso SAUTO LTDA. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Brent, W., & Travis, T. (2008). *A review of inventory management research in major logistics journals. Themes and future directions.International* . Estados Unidos.: Journal of Production Economics. Volumen 19. (Pp. 212-232).
- Burbano, F. J. (2011). *OPTIMIZACIÓN DEL TAMAÑO DE LOTE DE PRODUCCIÓN AJUSTADO POR LA TRAZABILIDAD*. Cali.
- Cano A., J. (2011). *MODELO DE UN SISTEMA MRP CERRADO INTEGRANDO INCERTIDUMBRE EN LOS TIEMPOS DE ENTREGA, DISPONIBILIDAD DE LA CAPACIDAD DE FABRICACIÓN E INVENTARIOS*. Medellín: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.

- Castillo, J., Menjura J., L., & Rodríguez, J. (2014). *PLANEACION DE VENTAS Y OPERACIONES LABORATORIOS BUSSIE*. Bogotá: UNIVERSIDAD DE LA SABANA.
- Cruz, M. (2019). *PYMES VS EL ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN*. Obtenido de <https://www.openpyme.mx/en/node/445>
- Davis, K. R., McKeown, P. G., & Mata, A. D. (1994). *Modelos cuantitativos para administración*. Mexico: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Domínguez B., G. (2016). *Didáctica y aplicación de la administración de operaciones* . Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=Zud0DgAAQBAJ&pg=PA70&dq=El+m%C3%A9todo+de+pron%C3%B3stico+m%C3%B3vil+simple+se+utiliza+cuando+se+quiere+dar+m%C3%A1s+importancia+a+conjuntos+de+datos+m%C3%A1s+recientes+para+obtener+la+previsi%C3%B3n.+Cada+punto+de+una>
- Florez, N. R. (25 de Enero de 2016). *vitela Javereana cali*. Obtenido de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/7699/Propuesta_politica_inventario_disminucion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Galvis, O. d. (2004). *MODELO PARA EVALUACIÓN DE GESTIÓN DE EMPRESAS INDUSTRIALES DEL SUBSECTOR DE COSMÉTICOS*. *Estudios Gerenciales*, 25-45.
- Gapp, R., Fisher, R., & Kobayashi, K. (2008). *Implementando 5S en un contexto japonés: un sistema de gestión integrado, decisión de gestión*. Nueva York:: Productividad Press.
- Gómez, J. (2013). *Gestión logística y comercial*. . España: Editorial McGraw-Hill.
- Hax, A., & Majluf, N. (1993). *Gestión de empresa con una visión estratégica*. Santiago de Chile: Dolmen.

- Machuca, J. A. (2005). *Dirección de operaciones, aspectos estratégicos de la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.
- Mantilla, D. (2016). *PRONÓSTICO DE PRODUCCIÓN Y DEMANDA*.
- Miño C., G., Saumell F., E., Toledo B., A., Roldan R., A., & Moreno G., R. (8 de 2015). *Planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP. Caso Laboratorio Farmacéutico Oriente. Cuba.* Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852015000200007
- Miño, G., Saumell-Fonseca, E., Toledo, A., Roldan, A., & Moreno, R. (2015). Planeación de requerimientos de materiales por el sistema MRP. Caso laboratorio farmacéutico Oriente. Cuba. *Tecnología Química*, 248-259.
- Reyes, P. (2009). *Gestión y control de almacenes*. Obtenido de <http://docplayer.es/3065397-Gestion-de-almacenes-e-inventarios.html>
- Rodríguez G., J. (2018). *Modelo MRP en empresas de servicio*. Cali: Universidad de San Buenaventura Colombia.
- Velásquez Z., G. (02 de 2015). *PROPUESTA DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS EN LA COMERCIALIZADORA Y REPARADORA DE CALZADO RECORDCALZA CIA. LTDA.* Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8533/1/UPS-CT004961.pdf>
- Vidal H., C. (2017). *FUNDAMENTOS DE CONTROL Y GESTIÓN DE INVENTARIOS*. Cali: Universidad del Valle.
- Vrat, P. (2014). *Inventory models and human body food supply chain: some managerial insights*. . EEUU: Ind Eng J II(27):8–16.

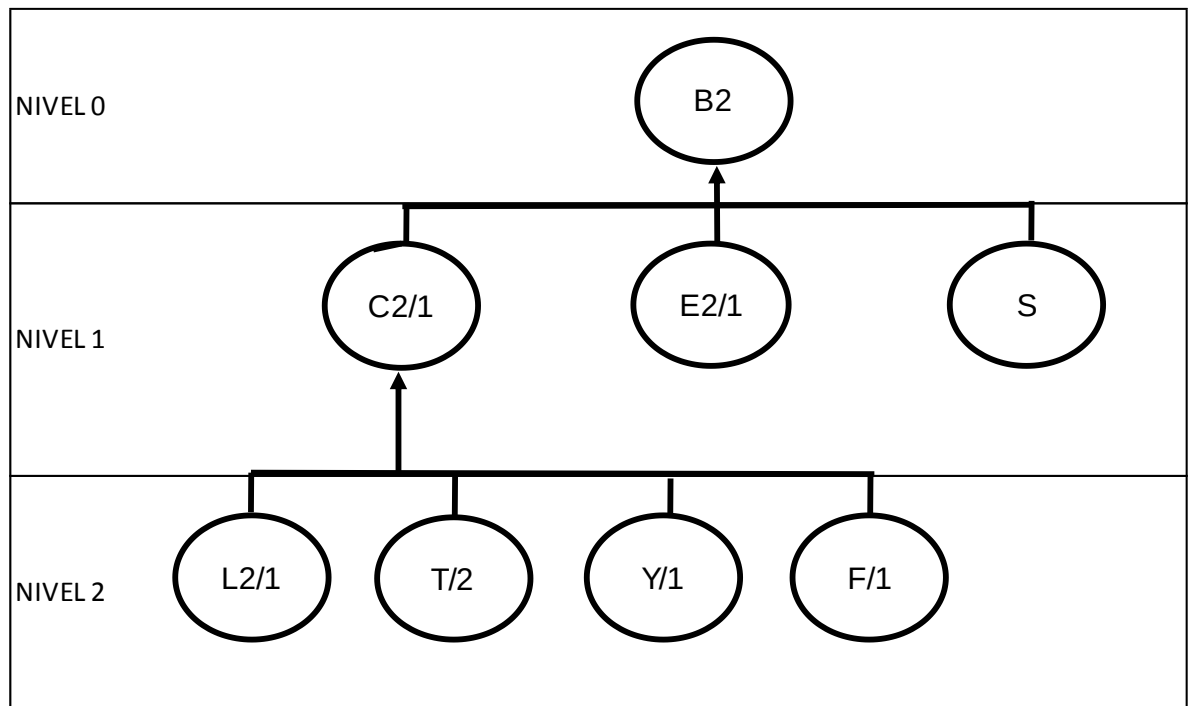
11. Anexos

11.1 Lista de materiales en forma de árbol referencia B3

Ítem	Nombre
B1	Referencia B1
B2	Referencia B2
B3	Referencia B3
B4	Referencia B4
C1	Cuerpo utilizado por la referencia B1
C2	Cuerpo utilizado por la referencia B2
C3	Cuerpo utilizado por la referencia B3
C4	Cuerpo utilizado por la referencia B4
E1	Bolsa Externa utilizado por la referencia B1
E2	Bolsa Externa utilizado por la referencia B2
E3	Bolsa Externa utilizado por la referencia B3
E4	Bolsa Externa utilizado por la referencia B4
L1	Lámina del cuerpo de la referencia B1
L2	Lámina del cuerpo de la referencia B2
L3	Lámina del cuerpo de la referencia B3
L4	Lámina del cuerpo de la referencia B4
T	Tubos
Y	Sitio de inyección
F	Funda
S	Solución Salina

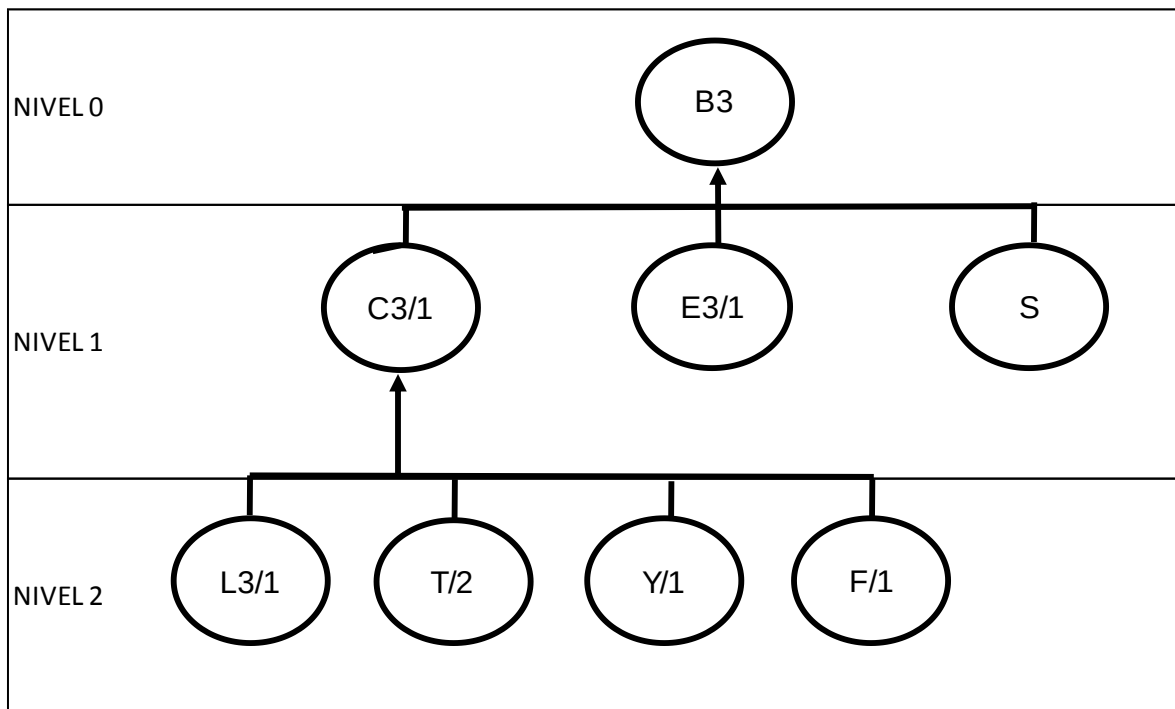
Fuente El autor presente estudio (2019)

11.2 Lista de materiales en forma de árbol referencia B2



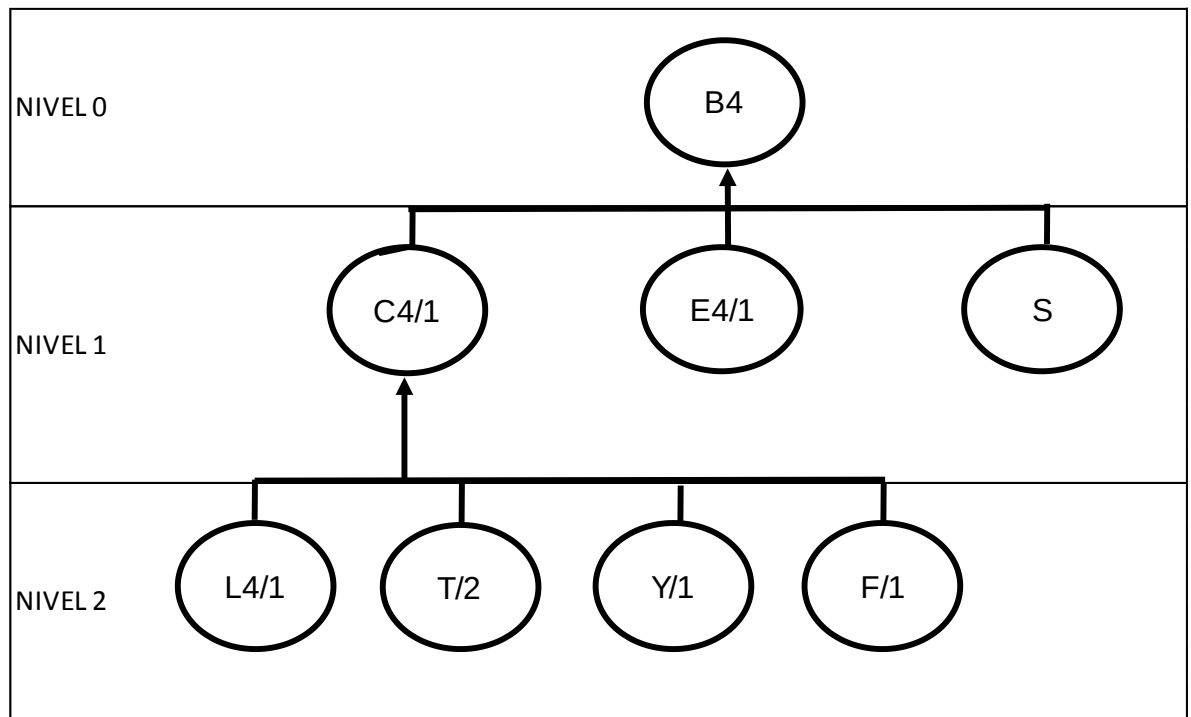
Fuente El autor presente estudio (2019)

11.3 Lista de materiales en forma de árbol referencia B3



Fuente El autor presente estudio (2019)

11.4 Lista de materiales en forma de árbol referencia B4



Fuente El autor presente estudio (2019)

11.4 MRP de los productos

Nivel 0 nivel 0 nivel 0	Artículo	Tamaño Lote	Lead time (TS)	Inventario disponible	Stock de seguridad (SS)	Conceptos	Periodo de tiempo						
							1	2	3	4	5	6	7
	8848	Lote a lote	1	32000	30000	Necesidades brutas (NB)	30700	30700	30700	0	30700	0	30700
						Recepciones programadas (RP)							
						Disponibile (D)	1300	30000	30000	30000	30000	30000	30000
						Necesidades netas (NN)	0	59400	30700	0	30700	0	30700
						Recepción pedidos planificados (RPPL)	0	59400	30700	0	30700	0	30700
						Lanzamiento pedidos planificados (PPL)	59400	30700	0	30700	0	30700	0
	4848	Lote a lote	1	18000	17900	Necesidades brutas (NB)	29100	0	29100	0	29100	0	29100
						Recepciones programadas (RP)							
						Disponibile (D)	17900	17900	17900	17900	17900	17900	17900

						Necesidades netas (NN)	29000	0	29100	0	29100	0	29100
						Recepción pedidos planificados (RPPL)	29000	0	29100	0	29100	0	29100
						Lanzamiento pedidos planificados (PPL)	29000	29100	0	29100	0	29100	
	1201	Lote a lote	1	16000	15400	Necesidades brutas (NB)	25100	0	25100	25100	0	25100	0
						Recepciones programadas (RP)							
						Disponible (D)	15400	15400	15400	15400	15400	15400	15400
						Necesidades netas (NN)	24500	0	25100	25100	0	25100	0
						Recepción pedidos planificados (RPPL)	24500	0	25100	25100	0	25100	0
						Lanzamiento pedidos planificados (PPL)	24500	25100	25100	0	25100	0	0

Nivel 1 Nivel 1 Nivel 1	2215	Lote a lote	1	29000	27500	Necesidades brutas (NB)	33200	0	33200	33200	0	33200	33200
						Recepciones programadas (RP)							
						Disponible (D)	27500	275 00	27500	27500	27500	27500	27500
						Necesidades netas (NN)	31700	0	33200	33200	0	33200	33200
						Recepción pedidos planificados (RPPL)	31700	0	33200	33200	0	33200	33200
						Lanzamiento pedidos planificados (PPL)	31700	332 00	33200	0	33200	33200	0
	2232	Lote a lote	1	30700	20700	(NB) E1	59400	307 00	0	30700	0	30700	0
						(RP) E1							
						(D) E1	20700	207 00	20700	20700	20700	20700	20700
						(NN) E1	49400	307 00	0	30700	0	30700	0
						(RPPL) E1	49400	307 00	0	30700	0	30700	0
						(PPL) E1	49400	307 00	30700	0	30700	0	0
	6905	Lote a lote	1	17900	15000	(NB) E2	29000	291 00	0	29100	0	29100	0

						(RP) E2							
						(D) E2	15000	15000	15000	15000	15000	15000	15000
						(NN) E2	26100	29100	0	29100	0	29100	0
						(RPPL) E2	26100	29100	0	29100	0	29100	0
						(PPL) E2	26100	29100	0	29100	0		
	2115	Lote a lote	1	15400	14000	(NB) E3	24500	25100	0	25100	0	0	0
						(RP) E3							
						(D) E3	14000	14000	14000	14000	14000	14000	14000
						(NN) E3	23100	25100	0	25100	0	0	0
						(RPPL) E3	23100	25100	0	25100	0	0	0
	27500	Lote a lote	1	27500	23000	(PPL) E3	23100	0	25100	0	0	0	0
						(NB) E4	31700	33200	0	33200	33200	0	0
						(RP) E4							
						(D) E4	23000	23000	23000	23000	23000	23000	23000
						(NN) E4	27200	33200	0	33200	33200	0	0
						(RPPL) E4	27200	33200	0	33200	33200	0	0
						(PPL) E4	27200	0	33200	33200	0	0	0

Nivel 1 Nivel 1 Nivel 1	1094	Lote a lote	1	0	0	(NB) C1	59400	307 00	0	30700	0	30700	0
						(RP) C1							
						(D) C1	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) C1	59400	307 00	0	30700	0	30700	0
						(RPPL) C1	59400	307 00	0	30700	0	30700	0
						(PPL) C1	59400	307 00	30700	0	30700	0	0
	1994	Lote a lote	1	0	0	(NB) C2	29000	291 00	0	29100	0	29100	0
						(RP) C2							
						(D) C2	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) C2	29000	291 00	0	29100	0	29100	0
						(RPPL) C2	29000	291 00	0	29100	0	29100	0
						(PPL) C2	29000	291 00	29100	0	29100	0	0
	2424	Lote a lote	1	0	0	(NB) C3	24500	251 00	25100	0	25100	0	0
						(RP) C3							
						(D) C3	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) C3	24500	251 00	25100	0	25100	0	0
						(RPPL) C3	24500	251 00	25100	0	25100	0	0
						(PPL) C3	24500	251 00	25100	25100	0	0	0

Nivel 2 Nivel 2 Nivel 2	2313	Lote a lote	1	0	0	(NB) C4	31700	332 00	33200	0	33200	33200	0
						(RP) C4							
						(D) C4	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) C4	31700	562 00	56200	0	56200	56200	0
						(RPPL) C4	31700	562 00	56200	0	56200	56200	0
						(PPL) C4	31700	562 00	0	56200	56200	0	0
	1144	Lote a lote	1	0	0	(NB) L1	59400	307 00	30700	0	30700	0	0
						(RP) L1							
						(D) L1	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) L1	59400	307 00	30700	0	30700	0	0
						(RPPL) L1	59400	307 00	30700	0	30700	0	0
						(PPL) L1	59400	307 00	0	30700	0	0	0
	7400	Lote a lote	1	0	0	(NB) L2	29000	291 00	29100	0	29100	0	0
						(RP) L2							
						(D) L2	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) L2	29000	291 00	29100	0	29100	0	0
						(RPPL) L2	29000	291 00	29100	0	29100	0	0
						(PPL) L2	29000	291 00	29100	0	29100	0	

	2130	Lote a lote	1	0	0	(NB) L3	24500	251 00	25100	25100	0	0	0
						(RP) L3							
						(D) L3	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) L3	24500	251 00	25100	25100	0	0	0
						(RPPL) L3	24500	251 00	25100	25100	0	0	0
						(PPL) L3	24500	251 00	25100	0	0	0	0
	2424	Lote a lote	1	0	0	(NB) L4	31700	562 00	0	56200	56200	0	0
						(RP) L4							
						(D) L4	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) L4	31700	792 00	0	79200	79200	0	0
						(RPPL) L4	31700	792 00	0	79200	79200	0	0
						(PPL) L4	31700	0	79200	79200	0	0	0
	1022	Lote a lote	1	0	0	(NB) T	289200	282 200	16980 0	162600	232000	0	0
						(RP) T							
						(D) T	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) T	289200	282 200	16980 0	162600	232000	0	0
						(RPPL) T	289200	282 200	16980 0	162600	232000	0	0
						(PPL) T	289200	282 200	16980 0	162600	232000	0	0
	8480	Lote a lote	1	0	0	(NB) F	144600	141 100	84900	81300	116000	0	0

					(RP) F								
					(D) F	0	0	0	0	0	0	0	
					(NN) F	144600	141 100	84900	81300	116000	0	0	
					(RPPL) F	144600	141 100	84900	81300	116000	0	0	
					(PPL) F	144600	141 100	84900	81300	116000	0	0	
	9587	Lote a lote	1	0	0	(NB) Y	144600	141 100	84900	81300	116000	0	0
						(RP) Y							
						(D) Y	0	0	0	0	0	0	0
						(NN) Y	144600	141 100	84900	81300	116000	0	0
						(RPPL) Y	144600	141 100	84900	81300	116000	0	0
						(PPL) Y	144600	141 100	84900	81300	116000	0	0

11.5 Pronostico suavización exponencial doble

Alfa =	0,137818826
Beta =	1
EMA =	112771483
EM =	2416

Semana	Demanda	S(t)	B(t)	Pronóstico d(t)	Error pronóstico	Error Cuadrado
1	21515					
2	25589	21515	21000	42515	16926	286489476
3	19329	22076	561	22638	3309	10949135
4	17639	21698	-379	21319	3680	13543627
5	16894	21138	-559	20579	3685	13579642
6	18484	20553	-585	19969	1485	2203774
7	0	20268	-285	19983	19983	399322275
8	0	17475	-2793	14682	14682	215548383
9	20124	15067	-2408	12658	-7466	55738619
10	23999	15764	697	16461	-7538	56827959
11	22111	16899	1135	18034	-4077	16625568
12	20024	17617	718	18335	-1689	2851706
13	16894	17949	332	18280	1386	1922125
14	0	17803	-145	17658	17658	311803599
15	0	15350	-2454	12896	12896	166308121
16	21813	13234	-2115	11119	-10694	114367367
17	0	14417	1182	15599	15599	243323982
18	22012	12430	-1987	10443	-11569	133846645
19	0	13750	1321	15071	15071	227132389
20	0	11855	-1895	9960	9960	99205357
21	20223	10221	-1634	8587	-11636	135385160
22	24397	11600	1378	12978	-11419	130389223
23	16298	13363	1764	15127	-1171	1370837
24	21515	13768	404	14172	-7343	53914655
25	19627	14836	1068	15903	-3724	13865959

Referencia B1

Alfa =	0,04946644
Beta =	1
MAE =	78451633
ME =	2845

Semana	Demanda	S(t)	B(t)	Pronóstico d(t)	Error pronóstico	Error Cuadrado
1	16894					
2	17937	16894	21000	37894	19957	398281849
3	0	16946	52	16997	16997	288904365
4	21415	16107	-838	15269	-6146	37771875
5	25440	16370	263	16632	-8808	77572833
6	13004	16819	449	17267	4263	18175182
7	0	16630	-189	16441	16441	270312545
8	12294	15807	-823	14985	2691	7239522
9	12578	15633	-174	15460	2882	8304081
10	16269	15482	-151	15331	-938	879502
11	0	15521	39	15560	15560	242118374
12	15616	14753	-768	13986	-1630	2657948
13	15389	14796	43	14839	-550	302728
14	13884	14825	29	14855	971	942415
15	15219	14779	-47	14732	-487	236865
16	18058	14801	22	14822	-3236	10468946
17	16809	14962	161	15123	-1686	2842891
18	0	15053	91	15145	15145	229356900
19	16695	14309	-745	13564	-3131	9803748
20	15219	14427	118	14545	-674	454772
21	18597	14466	39	14505	-4092	16744640
22	17660	14670	204	14874	-2786	7759044
23	0	14818	148	14966	14966	223979147
24	16752	14085	-733	13352	-3400	11559699
25	18370	14217	132	14349	-4021	16169328

Referencia B2

Alfa =	0,356508888
Beta =	1
MAE =	42327768
ME =	1887

Semana	Demanda	S(t)	B(t)	Pronóstico d(t)	Error pronóstico	Error Cuadrado
1	16695					
2	20585	16695	21000	37695	17110	292752100
3	12493	18082	1387	19469	6976	48659542
4	14850	16089	-1992	14097	-753	567172

5	11215	15648	-442	15206	3991	15925471
6	10250	14067	-1580	12487	2237	5004405
7	0	12706	-1361	11345	11345	128720201
8	0	8176	-4530	3647	3647	13297017
9	12550	5261	-2915	2346	-10204	104111511
10	13089	7860	2598	10458	-2631	6920467
11	11698	9724	1864	11588	-110	12025
12	13941	10428	704	11132	-2809	7893116
13	12862	11680	1252	12933	71	5010
14	11641	12102	421	12523	882	777702
15	9824	11937	-164	11773	1949	3799305
16	0	11184	-753	10431	10431	108795410
17	0	7197	-3987	3210	3210	10301488
18	12663	4631	-2566	2065	-10598	112310298
19	12550	7495	2863	10358	-2192	4804973
20	12805	9297	1802	11099	-1706	2909870
21	12720	10548	1251	11798	-922	849677
22	10477	11322	775	12097	1620	2622910
23	11755	11021	-301	10720	-1035	1072239
24	0	11283	262	11544	11544	133270628
25	0	7260	-4022	3238	3238	10483905

Referencia B3

Alfa =	0,044706427
Beta =	1
MAE =	124333989
ME =	-2225

Semana	Demanda	S(t)	B(t)	Pronóstico d(t)	Error pronóstico	Error Cuadrado
1	12493					
2	11386	12493	10000	22493	11107	123365449
3	0	12444	-49	12394	12394	153611731
4	10420	11887	-556	11331	911	829739
5	19334	11822	-66	11756	-7578	57425809

6	18903	12157	336	12493	-6410	41084053
7	22485	12459	302	12761	-9724	94563930
8	0	12907	448	13355	13355	178368922
9	16788	12330	-577	11753	-5035	25349383
10	18989	12530	199	12729	-6260	39190065
11	19464	12818	289	13107	-6357	40410521
12	25161	13115	297	13413	-11748	138027157
13	0	13654	539	14192	14192	201425065
14	24168	13043	-610	12433	-11735	137708381
15	23780	13541	497	14038	-9742	94903253
16	21492	13999	458	14456	-7036	49500424
17	0	14334	335	14669	14669	215167735
18	27923	13693	-641	13052	-14871	221147063
19	25981	14329	636	14965	-11016	121348879
20	26801	14850	521	15371	-11430	130649185
21	0	15384	534	15918	15918	253397836
22	23521	14696	-688	14009	-9512	90485001
23	28743	15091	395	15485	-13258	175762815
24	27275	15701	610	16312	-10963	120196182
25	0	16219	517	16736	16736	280097162

Referencia B4