



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas

Ingeniería en Logística y Transporte

“Diseño de un Modelo de Planificación de la Producción para una empresa productora y comercializadora de agua purificada”

Informe del Proyecto de Graduación

(Dentro de una materia de la malla)

Previo a la obtención del título de:

Ingeniera en Logística y Transporte

Presentado por:

Adriana María Montenegro Viera

Andrea Stefanía Orozco Arias

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por mantenerme en el camino correcto, dotándome de salud y fuerza de voluntad para no declinar ante cada reto. A mis padres Efrén y Adriana quienes se han esforzado por convertirme en una profesional con principios y valores. A mis hermanos Efrén, Carlos y Álvaro por brindarme sus consejos y apoyo en todo momento. A Geovanny por demostrarme día a día su comprensión y amor incondicional. A Andrea por haber sido una excelente compañera y amiga a lo largo de la carrera y en el desarrollo de este proyecto. A mis compañeros de la facultad por haber hecho más llevadera esta larga trayectoria académica. A mis profesores Ing. Guillermo Baquerizo, Ing. Erwin Delgado quienes han sido excelentes formadores para mi futura vida profesional. A la empresa privada por su buena disposición y apertura en el desarrollo de este proyecto.

Adriana Montenegro Viera

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el centro de mi vida y quien me ha dado el don de la sabiduría y la perseverancia para culminar una de las metas que me he propuesto en la vida. A mis padres Cristóbal y Gladys por ser ejemplo de amor, respeto y justicia. A Fernando por hacer de mí, cada día una persona mejor, por creer en mí y en nuestro amor. A Adriana y su familia por su amistad, su calidez, por acogerme en su hogar y hacerme sentir parte de él, durante el proceso de este proyecto. A los profesores Ing. Guillermo Baquerizo e Ing. Erwin Delgado, por transmitirme sus conocimientos, consejos y experiencias profesionales. A mis amigos por cada grato recuerdo, que cada uno deja en mi memoria. Finalmente a la empresa por darnos la oportunidad de palpar y conocer el campo laboral, en el cual pronto nos desarrollaremos como profesionales.

Andrea Orozco Arias

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi familia que me ha brindado su apoyo y comprensión incondicional. A mi padre Efrén que ha sacrificado su tiempo para convertirme en una profesional responsable. A mi madre Adriana por hacer de mí una mujer decidida y con carácter. A mi hermano Efrén por ser mi ejemplo a seguir tanto en el ámbito moral como profesional. A mis hermanos Carlos y Álvaro por ser mi fiel compañía en el desarrollo de esta larga carrera lejos de casa.

Adriana Montenegro Viera

Dedico este proyecto a Dios por que ha sido su voluntad, llevarme por este camino que hoy termino con gran satisfacción. A mis padres quienes han desempeñado diferentes facetas en mi vida, como amigos, cómplices y maestros, para hacer de mí, su reflejo en lo personal y profesional. Finalmente a todas aquellas personas que creyeron en mí, porque con su fe y esperanza me dieron fortaleza, para no declinar y llegar a la cima.

Andrea Orozco Arias

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

MSc. Guillermo Baquerizo Palma
Director del Proyecto de Graduación

MSc. Carlos Martín Barreiro
Delegado

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral).

Adriana Montenegro Viera

Andrea Orozco Arias

RESUMEN

El presente proyecto de graduación es aplicado a una empresa que se dedica a la producción y comercialización de agua purificada, ubicada en la provincia de Santa Elena.

Actualmente, la empresa realiza una planificación empírica de la producción y poco eficiente basada en la rotación de los productos.

Para mejorar la evidente falta de control en las operaciones del área productiva y el desaprovechamiento de los recursos existentes, se presenta el diseño de un modelo para la planificación de la producción basado en el análisis de las demandas diarias de los tres últimos años para obtener una estimación del futuro comportamiento de esta variable.

Posteriormente se presenta el plan maestro de producción, seguido del modelo matemático para la planificación propuesto de los recursos de manufactura (MRPII).

ABSTRACT

This graduation project is applied to a company dedicated to the production and sales of purified water located in the province of Santa Elena.

Currently, the company makes an empirical and inefficient production planning based on the rotation of the products.

To improve the apparent lack of control over the operations of the production area and the waste of existing resources, the design of a model for production planning based on the analysis of the daily demands of the last three years for a estimating the future behavior of this variable is presented.

Then the master production schedule is presented, followed by mathematical model for the planning of manufacturing resources (MRPII) proposed.

ÍNDICE GENERAL

GLOSARIO DE TÉRMINOS	xii
ABREVIATURAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Antecedentes	4
1.2 Problemática	7
1.3 Justificación del problema	8
1.4 Objetivos	9
1.4.1 Objetivo general.....	9
1.4.2 Objetivos específicos	9
CAPÍTULO 2	
MARCO TEÓRICO	10
2.1 Estado del arte	11
2.2 Marco conceptual.....	12
2.2.1 Cadena de Suministro	12
2.2.2 Proceso de producción	13
2.2.3 Demanda	13
2.2.4 Almacenamiento.....	14
2.2.6 Horizonte de planeación.....	14
2.2.7 Planificación de la producción.....	15
2.2.8 Pronóstico de la demanda	15
2.2.9 Plan maestro de producción	15
2.2.10 Planeación de requerimientos de materiales	16
2.2.11 Planeación de requerimiento de manufactura.....	16

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE TRABAJO	17
3.1 Diagrama de flujo de actividades	18
3.2 Cronograma de actividades	19
3.3 Proceso de purificación del agua de red pública empleado en la planta de producción.....	21
3.3.1 Tratamiento físico	22
3.3.2 Tratamiento bacteriológico.....	22
3.4 Diagrama del proceso de purificación del agua	23
3.4.1 Cloración y desinfección del agua	23
3.4.2 Filtración por lecho profundo (Filtro de arena).....	24
3.4.3 Filtración por cartucho de 5 micras	24
3.4.4 Filtración por carbón activado	24
3.4.5 Ablandamiento o suavización del agua por medio de ablandadores de resina	25
3.4.6 Ultrapurificación por medio de ósmosis inversa.....	25
3.4.7 Pulido de agua 1 micra	27
3.4.8 Esterilización por medio de radiación (luz ultravioleta)	27
3.4.9 Tratamiento con ozono	27
3.5 Proceso de llenado y envasado de los productos	28
3.5.1 Caducación de envases/tapas/fundas	28
3.5.2 Fajillado de botellas de 500 cc.....	29
3.5.3 Lavado e higienización de envases	29
3.5.4 Llenado y tapado de envases	29
3.5.5 Empacado de productos	29
3.6 Capacidad productiva de la planta	35
CAPÍTULO 4	
PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN.....	36

4.1	Análisis de los datos históricos de la demanda	37
4.2	Pronósticos de la demanda.....	37
4.2.1	Análisis adicionales basados en los pronósticos de la demanda.....	43
4.3	Plan Agregado de la Producción.....	45
4.4	Plan Maestro de Producción	46
4.5	Lista de materiales	47
4.6	Estado inicial de inventario.....	49
4.7	Líneas de producción	50
4.8	Requerimiento de mano de obra	51
4.9	Identificación del cuello de botella en las líneas de producción	51
4.10	Tasa de producción de cada producto	52
4.11	Lead time de producción de cada producto	52
4.12	Capacidad de almacenamiento de producto terminado	53
4.13	Desarrollo de un modelo matemático MRPII	54
4.13.1	Índices	55
4.13.2	Variables.....	55
4.13.3	Parámetros	55
4.13.4	Función Objetivo (1.1).....	56
4.13.5	Restricciones	56
4.14	Resolución del modelo MRPII	59
CAPITULO 5		
RESULTADOS OBTENIDOS		60
5.1	Comparación de resultados con la situación actual	65
5.2	Análisis de los resultados.....	71
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		74
Conclusiones.....		74
Recomendaciones.....		76
BIBLIOGRAFÍA		77

ANEXOS 78

GLOSARIO DE TÉRMINOS

C

Cuello de botella

Estación de trabajo cuya capacidad limitada del proceso causa que el trabajo se acumule y cree un caos en el flujo del proceso. Puede ser un operario, una máquina, etc.

D

Demanda

Cantidad de producto o servicio que los clientes desean para satisfacer una necesidad, la cual puede ser adquirida en el momento que ellos deseen y al precio que ellos consideren más accesible.

I

Inventario

Existencia de bienes tangibles que tiene una empresa para la venta o para ser utilizados durante la producción.

L

Línea de producción

Conjunto coordinado de diversos subsistemas que actúan con la finalidad de transformar o adicionar materia prima en un producto.

Lead time de producción

Tiempo que tarda en desarrollarse el proceso de fabricación de un producto.

M

Mano de obra

Esfuerzo laboral que aplican los trabajadores, el cual está físicamente relacionado con el proceso productivo, sea por operación manual o por operación de una máquina.

Materia prima

Es todo recurso extraído de la naturaleza que es sometido a un proceso productivo para ser transformado en un producto terminado.

P**Producto terminado**

Todo aquel producto que ha sido fabricado en la empresa, invirtiendo ésta todos los recursos necesarios en su obtención, de manera que la venta del mismo sería el principal factor en su actividad empresarial.

Punto de reorden

Cantidad mínima a la cual se permite dejar el inventario antes de colocar un pedido de reaprovisionamiento.

S**Stock de seguridad**

Cantidad de producto terminado que una empresa almacena como una medida de seguridad para cubrir cambios bruscos en las demandas de sus clientes.

T**Tasa de producción**

Tiempo que se tarda un producto en pasar por todo el proceso de elaboración. Esta tasa depende de muchos factores variables como el tiempo que le toma pasar por cada fase la mano de obra, la disponibilidad de la materia prima, etc.

ABREVIATURAS

BOM	Del inglés Bill Of Materials ('lista de materiales')
cc	Centímetro cúbico
Gal	Galón
GAMS	General Algebraic Modeling System
L	Litros
MPS	Del inglés Master Production Schedule ('plan maestro de producción')
MRP	Del inglés Material Requirements Planning ('planificación de los requerimientos de material')
MRPII	Del inglés Manufacturing Resource Planning ('planificación de los recursos de manufactura')
MTS	Del inglés Make To Stock ('hecho para almacenar')
pH	Potencial de hidrógeno
ppm	Partes por millón
UV	Ultravioleta

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Presentación de botella de 500 cc	5
Figura 1.2: Presentación de funda de 1 gal.....	5
Figura 1.3: Presentación de funda de 600 cc.....	5
Figura 1.4: Presentación de poma de 1 gal.....	6
Figura 1.5: Presentación de poma de 3.78 L	6
Figura 1.6: Presentación de poma de 5 L	6
Figura 1.7: Presentación de botellón de 20 L.....	7
Figura 2.1: Áreas de la cadena de suministro de una empresa productora y comercializadora de agua purificada involucradas en el diseño de un modelo para la planificación de la producción	13
Figura 2.2: Vista superior del área de almacenamiento de producto terminado	14
Figura 3.1: Diagrama de flujo de actividades	18
Figura 3.2: Diagrama de Gantt correspondiente al cronograma de actividades.....	21
Figura 3.3: Diagrama del proceso de purificación del agua	23
Figura 3.4: Flujo del proceso de envasado y llenado de los productos del Grupo 131	
Figura 3. 5: Flujo del proceso de envasado y llenado de los productos del Grupo 2	32
Figura 3.6: Flujo del proceso de envasado y llenado de los productos del Grupo 3	33
Figura 3.7: Flujo del proceso de envasado y llenado de los productos del Grupo 4	34
Figura 4.1: Gráfico de barras de la demanda estimada por producto de enero de 2015	39
Figura 4.2: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03B5	39
Figura 4.3: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03F1	40
Figura 4.4: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03F5	40
Figura 4.5: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03P5	40
Figura 4.6: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03LB	41
Figura 4.7: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03P1	41
Figura 4.8: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03PT1 ...	41
Figura 4.9: Demanda diaria estimada correspondiente a enero del 2015 de los productos de mayor rotación.....	43

Figura 4.10: Demanda diaria estimada correspondiente a enero del 2015 de los productos de mediana rotación	43
Figura 4.11: Demanda diaria estimada correspondiente a enero del 2015 de los productos de mediana rotación	44
Figura 4.12: Diagrama de Pareto según utilidades estimadas de cada producto para el año 2015	44
Figura 4.13: BOM de presentación de botella de 500 cc.....	47
Figura 4.14: BOM de presentación de funda de 1 gal.....	47
Figura 4.15: BOM de presentación de funda de 600 cc	48
Figura 4.16: BOM de presentación de poma de 1 gal.....	48
Figura 4.17: BOM de presentación de poma de 3.785 L.....	48
Figura 4.18: BOM de presentación de poma de 5 L.....	49
Figura 4.19: BOM de presentación de botellón de 20 L	49
Figura 5.1: Gráfico de Pronóstico vs. Ventas reales correspondientes a enero del 2015	66
Figura 5.2: Niveles de inventarios finales – Solución vs. Situación actual correspondiente a enero de 2015	67
Figura 5.3: Cantidad de unidades a producir – Solución vs. Situación actual correspondiente a enero de 2015	68
Figura 5.4: Gráfico de Pronóstico vs. Ventas reales correspondientes a febrero de 2015	69
Figura 5.5: Niveles de inventarios finales – Solución vs. Situación actual correspondiente a febrero de 2015	70
Figura 5.6: Cantidad de unidades a producir – Solución vs. Situación actual correspondiente a febrero de 2015	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Cronograma de actividades	20
Tabla 3.2: Clasificación de productos de acuerdo a su similitud en componentes ..	28
Tabla 4.1: Resumen de las demandas históricas por producto de los años 2012, 2013 y 2014	37
Tabla 4.2: Demanda diaria estimada para enero de 2015 basada en un pronóstico realizado en el software estadístico R.....	38
Tabla 4.3: Detalles del pronóstico de cada producto.....	42
Tabla 4.4: Plan Agregado de la Producción para el año 2015.....	45
Tabla 4.5: Plan Maestro de Producción de unidades por producto para el año 2015	46
Tabla 4.6: Estado inicial de inventario de producto terminado al 01 de enero de 2015	50
Tabla 4.7: Asignación de los productos a las líneas de producción	50
Tabla 4.8: Requerimiento de mano de obra por línea de producción	51
Tabla 4.9: Cuellos de botella de las líneas de producción.....	52
Tabla 4.10: Tasa de producción de cada producto.....	52
Tabla 4.11: Lead time de producción de cada producto.....	53
Tabla 4.12: Almacenamiento de productos terminados en pallets	53
Tabla 5.1: Cantidades de unidades a producir para enero de 2015	61
Tabla 5.2: Cantidades de unidades a producir para febrero de 2015	61
Tabla 5.3: Requerimientos de materia prima para enero de 2015.....	62
Tabla 5.4: Requerimientos de materia prima para febrero de 2015	63
Tabla 5.5: Inventarios finales de producto terminado de enero de 2015	64
Tabla 5.6: Inventarios finales de producto terminado de febrero de 2015	64
Tabla 5.7: Pronósticos vs. Ventas reales de enero de 2015.....	65
Tabla 5.8: Inventarios finales por producto – Solución vs. Situación actual correspondiente a enero del 2015.....	66
Tabla 5.9: Cantidades de unidades a producir – Solución vs. Situación actual correspondiente a enero del 2015.....	67
Tabla 5.10: Pronósticos vs. Ventas reales de febrero de 2015	68
Tabla 5.11: Inventarios finales por producto – Solución vs. Situación actual correspondiente a febrero de 2015	69

Tabla 5.12: Cantidades de unidades a producir – Solución vs. Situación actual correspondiente a febrero de 2015	70
--	----

INTRODUCCIÓN

En términos generales, las organizaciones buscan satisfacer las necesidades del consumidor de manera que les permitan ganar competitividad en el mercado, lógicamente poniendo en evidencia su capacidad para ofrecer productos o servicios de manera oportuna y eficiente. El proceso productivo es un eslabón esencial en el desarrollo de una empresa, por tanto si se administran debidamente todos los recursos que intervienen en esta área, los beneficios no solo se verán reflejados en optimización de tiempos, almacenamiento, mano de obra, etc., sino también en términos monetarios.

Según estudios realizados sobre el proceso de producción, se destaca que de esta actividad dependen muchas otras áreas, por lo tanto si una empresa se limita a producir bajo criterios poco factibles de manera que no considere los parámetros adecuados para la planificación, o no respete las restricciones en cuanto a recursos existentes y políticas administrativas, estaría perdiendo rentabilidad.

Los modelos para la planificación de requerimientos de manufactura permitirán establecer las cantidades adecuadas que deberían ser producidas, en qué momento deben producirse y qué disponibilidad de recursos se debe tener para producirlos.

El desarrollo del proyecto se realizó en base a datos acerca de: demanda de años anteriores, tasas de producción, mano de obra disponible y capacidad de producción de la planta.

Posterior al análisis, se determinó que la planificación de la producción con la que opera la empresa es poco eficiente, por motivo de falta de control sobre parámetros importantes a ser considerados en la producción y desconocimiento acerca del aprovechamiento que se puede lograr con un mejor manejo del inventario de producto terminado.

El presente estudio pretende diseñar un modelo de planificación de la producción basada en el análisis de los datos histórico de ventas de los últimos tres años y de esta manera obtener un plan óptimo que permita disminuir los niveles de inventario de producto terminado y elevar el rendimiento de sus operaciones.

Además se determinará, en caso de que lo hubiere, el cuello de botella en las operaciones de la planta. Y si es necesario adicionar recursos humanos o maquinarias a alguna parte del proceso.

Se inicia el estudio exponiendo los antecedentes y la situación inicial de la empresa en cuestión, para posteriormente presentar los conceptos y la revisión de la literatura inmersa en la problemática a tratar. Luego se propone la metodología de estudio para la resolución del problema y finalmente se realiza una comparación entre la solución alcanzada en base al proyecto y la situación actual de la empresa, y de esa manera poder entregar las respectivas conclusiones y recomendaciones acerca de las soluciones obtenidas.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se presenta un análisis de la empresa, su entorno y antecedentes, la problemática, se justifica el problema y se plantean los objetivos a cumplir.

1.1 Antecedentes

Desde los inicios de nuestros días, la necesidad de la sociedad para obtener y consumir un producto con los estándares de salubridad e higiene a la hora de beber agua, se ha desarrollado enormemente. En vista de la presencia de esta necesidad, los empresarios han visualizado una oportunidad, pues aunque ya existen empresas operando en el mercado, la demanda de este líquido vital se encuentra insatisfecha.

En el año 1991, se crea APPSE¹, con la visión de posicionarse como la mejor purificadora de agua en la que hoy es la provincia de Santa Elena, siendo en ese tiempo la primera empresa establecida con el objetivo de atender dicha necesidad.

En la actualidad es una empresa que ha evolucionado con el paso de los años, adquiriendo prestigio y popularidad por la calidad de agua purificada que entrega a la población. Estos atributos los ha logrado gracias a la convicción de generar mano de obra capacitada y preservar la salud de la localidad.

APPSE se encarga de realizar la potabilización del agua proveniente de la red pública y purificarla, de manera que se pueda comercializar como un producto libre de bacterias y apta para el consumo humano.

La empresa cuenta con 7 diferentes presentaciones de agua purificada:

- **Botella de 500 cc:** Es uno de los productos con mayor rotación, ya que diariamente se venden aproximadamente 2,500 unidades. Las cantidades de producción diaria varían entre 2,800 y 3,000 unidades.

¹ Nombre de la empresa que ha sido adecuado al estudio por motivos de confidencialidad.



Figura 1.1: *Presentación de botella de 500 cc*

- **Funda de 1 gal:** Es otro producto que presenta alta rotación, con una demanda y producción diaria que fluctúa aproximadamente entre 3,600 y 4,000 unidades respectivamente.



Figura 1.2: *Presentación de funda de 1 gal.*

- **Funda de 600 cc:** La cifra de producción diaria es de 1,000 unidades, para satisfacer la demanda diaria aproximada de 800 unidades. La rotación del producto no es tan alta como los productos anteriores. Sin embargo nunca se tiene producto almacenado más de un día.



Figura 1.3: *Presentación de funda de 600 cc*

- **Poma de 1 gal:** A diario se producen alrededor de 300 unidades, para poder cumplir una demanda estimada de sus clientes de 280 unidades.



Figura 1.4: *Presentación de poma de 1 gal*

- **Poma de 3.78 L:** Cuenta con una demanda y producción diaria entre 250 y 300 unidades.



Figura 1.5: *Presentación de poma de 3.78 L*

- **Poma de 5 L:** La cifra de producción diaria es de 300 unidades, para satisfacer la demanda diaria aproximada de 250 unidades.



Figura 1.6: *Presentación de poma de 5 L*

- **Botellón de 20 L:** También es considerado como un producto de alta rotación, con una demanda y producción diaria que fluctúa entre 2,000 y 2,500 unidades.



Figura 1.7: *Presentación de botellón de 20 L*

Estos productos serán parte del objeto de estudio, ya que se realizará una planificación de la producción para los mismos.

1.2 Problemática

Actualmente la empresa desarrolla una planificación empírica de la producción diaria, la cual se basa en los pedidos de los clientes y en los años de experiencia que ya se tiene sobre la rotación de cada producto, por esto, se ve reflejado en este sistema el error más común de las organizaciones, olvidar que la producción es parte de la cadena de suministro y que para realizar una eficiente planificación debe existir un flujo de información integral desde el abastecimiento de los insumos hasta la distribución del producto final.

La demanda variable incide directamente en lo que se produce, para cumplir esta demanda, la empresa tiene establecido como stock de seguridad el 40% de su producción diaria, distribuida entre las diferentes presentaciones de su producto, si ingresan varios pedidos de una presentación en particular surge un quiebre de stock.

El desconocimiento del comportamiento de la demanda da lugar a algunos inconvenientes como: no realizar las entregas a tiempo, generar demandas insatisfechas e inconformidad por el servicio dado. Este malestar en los clientes hace que busquen en las empresas competidoras una opción para satisfacer

esta demanda no cubierta. Por lo que mantener la lealtad de los clientes se ha vuelto imprescindible.

El manejo individualista del abastecimiento de materia prima ha provocado graves desabastecimientos, los cuales han afectado directamente a la producción y por consiguiente al cumplimiento de la demanda de los clientes.

La incorrecta administración del espacio, representa una incomodidad durante los meses desde diciembre hasta mayo pues esta época se considera la temporada alta para la empresa, en ese transcurso de tiempo se provoca un desorden y se obstaculizan corredores con producto terminado que no tiene lugar para ser ingresado a la bodega.

Generalizando todos los problemas encontrados, la problemática de la empresa radica en que no cuenta con un modelo de planificación de la producción, el cual le ayudará a tomar mejores decisiones en base a la cantidad que debe producir, mediante un pronóstico de la demanda establecida por un análisis histórico de sus datos. Llevar un control adecuado del inventario de producto terminado, además de establecer las cantidades necesarias de materia prima que se deben tener en inventario para la producción.

1.3 Justificación del problema

Para la empresa, la carencia de un flujo de información continuo y de un análisis minucioso de los datos históricos, ha significado tener pérdidas económicas, de recursos y de posicionamiento en el mercado.

Actualmente, definir acerca de cuánto y cuándo producir y qué cantidad se requiere de materia prima, ya no son decisiones que deben ser tomadas por intuición o basadas en la experiencia, sino más bien se debe alcanzar un enfoque más analítico para tener bases sólidas sobre las cuales se puedan tomar decisiones más eficientes.

Con la propuesta se pretende: alcanzar un eficiente plan de producción en función de una estimación de la demanda futura, optimizar los recursos que están siendo subutilizados, disminuir y controlar los niveles de inventario de producto terminado, establecer las cantidades requeridas de materia prima y lograr una mejor administración del espacio de almacenamiento.

El diseño de un modelo de planificación aportará a la empresa no solo en cuestiones de rentabilidad, sino también para que pueda llevar un mejor control y administración de todos sus recursos, siendo éstos últimos los que le han permitido brindar un producto de excelente calidad al consumidor.

1.4 Objetivos

Los resultados que se esperan obtener al finalizar este proyecto son:

1.4.1 Objetivo general

Planificar de manera eficiente la producción para una empresa productora y comercializadora de agua purificada, optimizando sus recursos, manteniendo sus políticas y normas de calidad.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la demanda de los clientes a través de un pronóstico sobre datos históricos.
- Establecer el horizonte de planeación para implantar un modelo MRP II.
- Lograr una disminución en los niveles de inventario de producto terminado.
- Identificar restricciones físicas, políticas administrativas y demás factores que afectan a la producción.
- Identificar cuellos de botella durante el proceso de producción.
- Determinar el porcentaje de mejora entre los resultados de una producción planificada y los de una producción empírica.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan estudios previamente realizados relacionados al tema de este proyecto, para posteriormente puntualizar los conceptos que serán tratados en el desarrollo del mismo.

2.1 Estado del arte

Normalmente, las empresas manufactureras no utilizan técnicas avanzadas para planificar sus procesos productivos, pues estos problemas son resueltos con el uso de cálculos empíricos o simplemente utilizando técnicas rudimentarias.

En el mercado ecuatoriano, no existe algún software suficientemente parametrizado que logre obtener una planificación de la producción real, es decir que tome en cuenta todo tipo de situaciones que se puedan suscitar. Por lo tanto, existe una brecha altamente significativa entre las técnicas que ya existen y las que se necesitan en el ámbito profesional.

El sistema MRP es ideal cuando la empresa requiere saber las necesidades concretas de material para todos los elementos que intervienen en el sistema de producción. Y en el caso de que se requiera un análisis más avanzado, el cual considere las capacidades productivas de la planta, un modelo MRPII suele ser implantado.

Para Corado², el proceso de planificación se resume en las siguientes etapas:

1. Elaborar un plan agregado de producción, donde se especifican los grupos de productos.
2. Se debe realizar el programa maestro de producción (PMP), donde se muestra período a período las unidades que se deben producir, el tipo de producto que se requiere y en qué momento se debe fabricar.
3. Planeación de la capacidad.
4. Planificación de requerimientos de materiales.

Establecer una correcta planeación estratégica de la capacidad, sostiene Estepa³, tiene por objetivo proporcionar un modelo para determinar el nivel general de capacidad de los recursos intensivos en capital (instalaciones, equipo y magnitud de la fuerza de trabajo), que mejor apoya a la estrategia competitiva a largo plazo de la compañía.

² Corado. B., 2012. "Planeación Agregada de la Producción en una Empresa dedicada al Envasado y Distribución de agua purificada"

³ Estepa. L., 2009. "Aplicación de la Teoría de Restricciones para mejorar la Productividad de los Procesos de Manufactura en una empresa de alimentos de consumo masivo"

Entre los requerimientos fundamentales para llevar a cabo un sistema MRPII, es de vital importancia la demanda de los productos en cuestión, ya que son estos datos históricos los que permitirán el estudio del comportamiento estadístico de esta variable, es decir analizar el tipo de distribución de probabilidad a la cual se ajustan estos datos. El análisis señalado previamente conducirá a elaborar un mejor pronóstico. De esta manera, se podría decir que el pronóstico es el proceso de estimación y análisis de la demanda futura para un producto en particular, componente o servicio, en donde las entradas se podrían definir como registros de ventas, los cuales evidenciarán todo tipo de cambios bruscos en el mercado, según lo cita Vásquez⁴.

En definitiva, de acuerdo a Flores⁵, la clave del éxito de un sistema MRPII radica en la colaboración y el grado de predisposición que tengan las personas inmersas en la operación diaria. Pues aun cuando el hardware y el software ayudan a obtener las bases sólidas para el estudio, siendo de apoyo en el desarrollo de un pronóstico de demanda, la programación e implantación de los modelos de planificación propuestos, análisis de comportamientos de datos recolectados, etc., las personas seguirán siendo quienes marquen la diferencia entre el fracaso y el éxito del mismo.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Cadena de Suministro

La cadena de suministro engloba los procesos de negocio, las personas, la organización, la tecnología y la infraestructura física que permite la transformación de materias primas en productos y servicios intermedios y terminados que son ofrecidos y distribuidos al consumidor para satisfacer su demanda.

⁴ Vásquez. J., 2013. "Propuesta de un Sistema de Planificación de la Producción aplicado a una empresa textil dedicada a la fabricación de calcetines"

⁵ Flores. M., 2013. "Propuesta de Implementación de un MRP II para una planta de confecciones textiles"

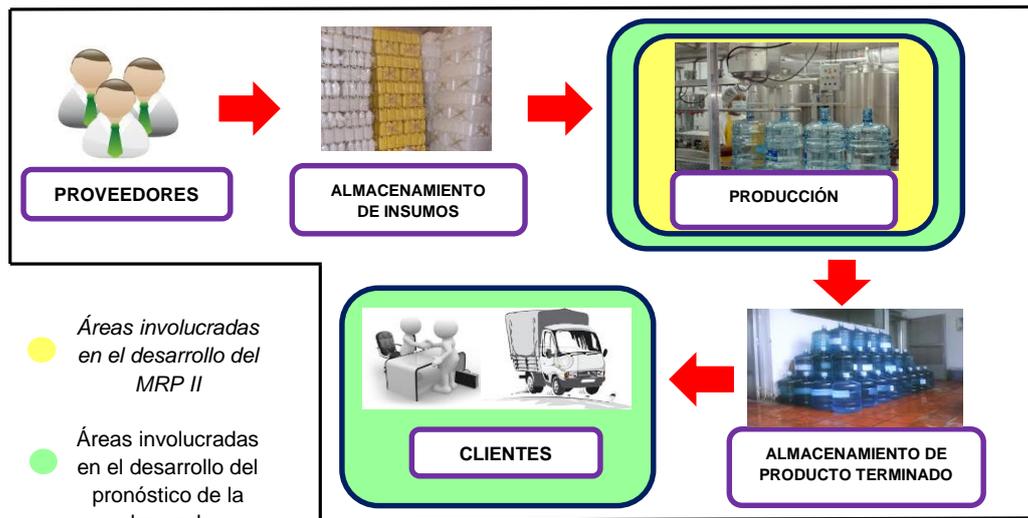


Figura 2.1: Áreas de la cadena de suministro de una empresa productora y comercializadora de agua purificada involucradas en el diseño de un modelo para la planificación de la producción

Fuente: Elaborado por las autoras

2.2.2 Proceso de producción

El proceso de producción es el conjunto de acciones realizadas deliberadamente sobre determinados recursos que se denominan “insumos” con el objeto de obtener nuevos productos o servicios (que impliquen un valor agregado sobre los insumos).⁶

2.2.3 Demanda

Es la cantidad de productos o servicios que los clientes desean para satisfacer una necesidad, los cuales pueden ser adquiridos en el momento que ellos deseen y al precio que ellos consideren más accesible.

Por ser la demanda un parámetro propiamente dependiente de las necesidades de las personas, siempre van a tener cierto grado de incertidumbre o de variación. A continuación se presentan las clases de demanda y sus definiciones.

2.2.3.1 Demanda estable: Es aquella cuyo valor varía, pero lo hace oscilando alrededor de una cifra constante a lo largo del tiempo.

2.2.3.2 Demanda con tendencia: Se trata de aquella en la que el valor medio de la demanda cambia en relación al tiempo, mostrando un comportamiento de tendencia creciente o decreciente.

⁶Billene. R., 2000. Capítulo V: La Producción y los Costos. En *Análisis de Costos II*, pp. 307-30.

2.2.3.3 Demanda determinística: Es aquella demanda que se conoce con certeza para cada período.

2.2.3.4 Demanda probabilística: La demanda probabilística ocurre cuando la demanda en un cierto período de tiempo es incierta pero puede ser expresada por una distribución de probabilidad.⁷

2.2.4 Almacenamiento

Es toda actividad que tenga como finalidad guardar existencia que no están siendo utilizadas en otros procesos, como los procesos de fabricación o de transporte. El proceso de almacenamiento persigue además el objetivo de aprovechar el espacio de la mejor manera posible.

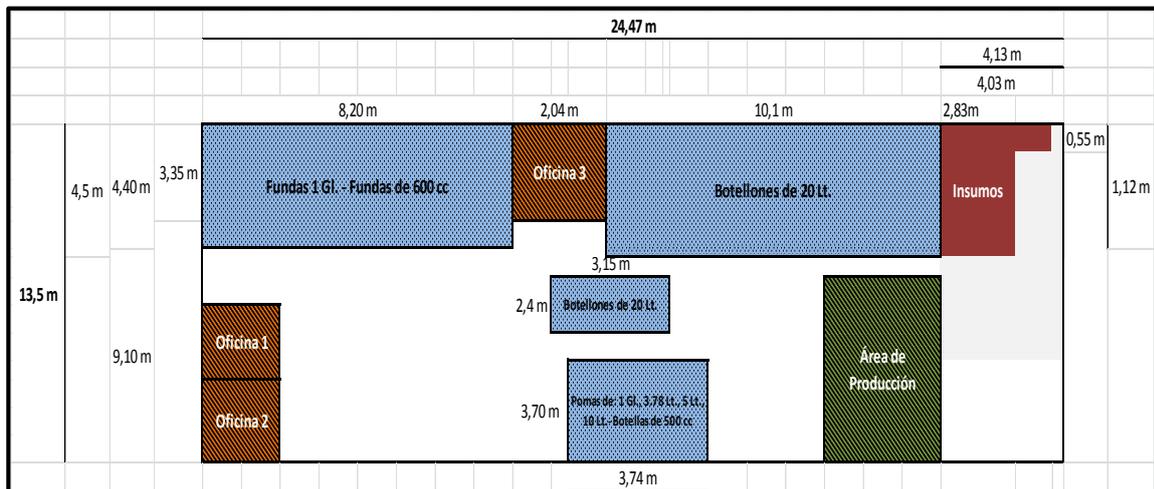


Figura 2.2: Vista superior del área de almacenamiento de producto terminado

Fuente: Elaborado por las autoras

2.2.6 Horizonte de planeación

El tiempo que se establece para realizar la planeación sea éste de corto, mediano o largo alcance.

2.2.6.1 Estratégico: Se considera de largo alcance, donde el horizonte de tiempo es mayor que un año.

⁷ Arbones. E., 1989. Control de inventarios. En Optimización Industrial II: programación de recursos, pp. 115.

2.2.6.2 Táctico: Implica un horizonte de tiempo intermedio, por lo general menor que un año.

2.2.6.3 Operativo: Es una toma de decisiones de corto alcance, con decisiones que con frecuencia se toman sobre la base de cada hora o a diario.⁸

2.2.7 Planificación de la producción

Es el conjunto de técnicas que requiere una empresa para sistematizar con anticipación los factores principales de la producción como el equipo, la maquinaria, la materia prima, la mano de obra, etc., con respecto a utilidades esperadas, creación de puestos de trabajo, capacidad de la fábrica, demanda del mercado.

Tiene como finalidad el control de que se logren las siguientes metas:

- Disponer de materia prima y demás elementos de fabricación, en el lugar y el momento adecuado.
- Reducir los tiempos muertos de maquinarias.
- Controlar que los operarios no excedan sus horas de trabajo, así como también que estén en inactividad.

2.2.8 Pronóstico de la demanda

Son proyecciones de la demanda de productos o servicios de la compañía. Estos pronósticos también se conocen como pronósticos de ventas y ayudan a orientar los sistemas de producción, capacidad y programación de la empresa, y sirven como factores en la planeación financiera, marketing y personal.⁹

2.2.9 Plan maestro de producción

El plan maestro de producción es un plan de producción futura que indica las cantidades de cada producto que van a fabricarse en cada uno de los intervalos en que se ha dividido el horizonte. Puesto que existen restricciones de capacidad en las instalaciones y máquinas que componen el sistema productivo propio de la empresa, a las que pueden agregarse restricciones en cuanto a las posibilidades de producción de algunos de los componentes de procedencia exterior por parte de los proveedores, el plan maestro de producción definitivo debe haber sido objeto de

⁸ Ballou. R., 2004. Capítulo 2: Planeación de la logística y de la cadena de suministros. En *Logística: Administración de la Cadena de Suministro*, Quinta Edición, pp. 38.

⁹ Render. B., 2004. Capítulo 4: Pronósticos. En *Principios de administración de operaciones*, pp. 105.

algunas comprobaciones para garantizar hasta un nivel razonable qué es factible o realizable.¹⁰

2.2.10 Planeación de requerimientos de materiales

Es un sistema que permite resolver problemas de planificación y administración, la cual trabaja conjuntamente con un software que establece la producción y controla el inventario.

Su objetivo es determinar cuándo pedir los insumos y en qué cantidad, también saber cuándo colocar las órdenes de compra y de producción para que el producto final esté listo en el momento justo, para cumplir con la demanda del consumidor.

2.2.11 Planeación de requerimiento de manufactura

También conocido como MRP II, es un sistema que permite planificar y controlar todos los recursos de producción. Su implementación implica la planificación de todos los elementos que intervienen en el Plan Maestro de Producción, desde los materiales a fabricar y vender hasta las capacidades de la planta como la mano de obra y la maquinaria.

Este sistema permite responder preguntas como cuánto y cuándo se va a producir y cuál es la disponibilidad de los recursos destinados a ello.

¹⁰ Company's R., Fonollosa. J., 1989. Capítulo 4: Plan Maestro de Producción. En *Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT*.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE TRABAJO

En el presente capítulo se pueden observar las actividades realizadas para el desarrollo y culminación del proyecto, también se observan las áreas que se ven directamente afectadas.

3.1 Diagrama de flujo de actividades

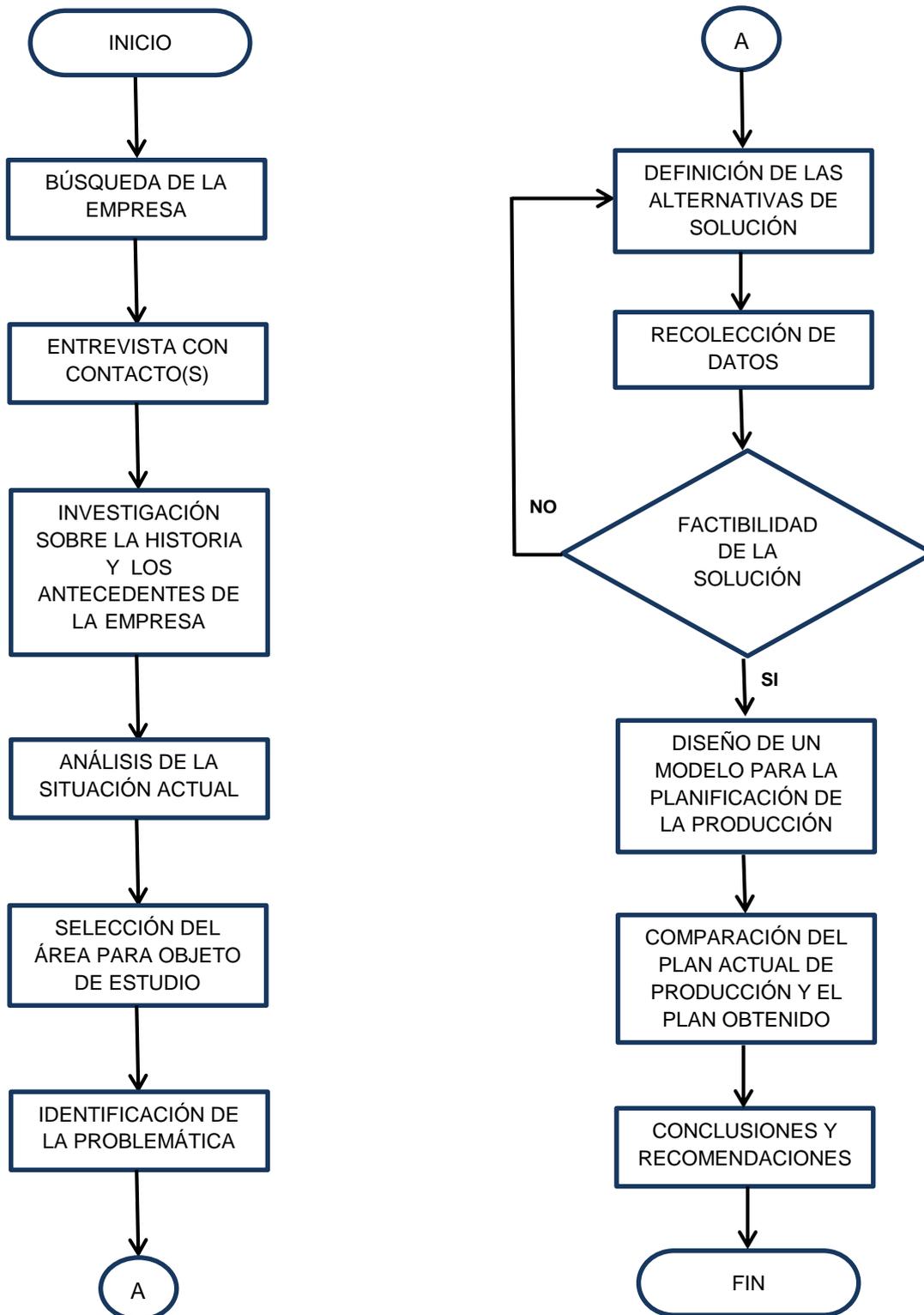


Figura 3.1: Diagrama de flujo de actividades

Fuente: Elaborado por las autoras

Como primer paso se procede a realizar una búsqueda de la empresa en la cual se llevará a cabo el proyecto, posterior se realiza un cuestionario de preguntas para la entrevista que se efectuará a cada uno de los contactos, además se realiza una investigación en páginas web, artículos y redes sociales, sobre la historia y antecedentes de la organización, con la información disponible se hace un análisis de la situación actual y de los problemas que afectan a la empresa, se identifica el de mayor importancia y el área que es afectada la cual será nuestro objeto de estudio, se propone diferentes alternativas de solución para el problema encontrado, se recolecta los datos del software que utiliza la empresa para control de ventas, inventarios y compras que serán necesarios para el proceso, si la solución seleccionada no es factible, se selecciona otra alternativa de las soluciones planteadas anteriormente, una vez encontrada una solución viable se realiza un diseño de un modelo de planificación de la producción, y la comparación entre nuestra propuesta y el sistema actual, se finaliza con las conclusiones y recomendaciones.

3.2 Cronograma de actividades

Para todo estudio es necesario establecer un orden de realización de las actividades o tareas, de tal manera que se logre una mejor organización del tiempo disponible para su realización. Por lo tanto, se ha realizado el siguiente cronograma seguido de su respectivo diagrama de Gantt:

Tabla 3.1: *Cronograma de actividades*

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Entrevista con la gerente y visita a las instalaciones	1 día	vie 11/7/14	vie 11/7/14
Presentación de Proyecto	1 día	mar 11/11/14	mar 11/11/14
Entrevista con el jefe de planta y obtención de información acerca de las operaciones en la misma	1 día	vie 11/14/14	vie 11/14/14
Análisis de la problemática existente en la planta de producción y de las alternativas de solución	5 días	sáb 11/15/14	jue 11/20/14
Visita a la planta: observación y toma de datos del proceso de tratamiento del agua (tiempos, tasas de producción, materia prima, mano de obra, maquinarias, etc.)	2 días	vie 11/21/14	sáb 11/22/14
Tabulación y análisis de los datos obtenidos, elaboración del diagrama y descripción del proceso de tratamiento de agua	5 días	dom 11/23/14	jue 11/27/14
Observación de 3 de 8 líneas de envasado: toma de tiempos de trabajo de máquinas y operarios, capacidad de producción de cada estación de trabajo, observación sobre existencias de cuellos de botella, tiempos muertos y de setup	1 día	vie 11/28/14	vie 11/28/14
Observación de 5 líneas de envasado restantes, medición del área de almacenamiento de producto terminado e insumos, obtención de datos sobre costos de producción, de inventario y otros	1 día	sáb 11/29/14	sáb 11/29/14
Elaboración del diagrama de flujo detallando cada línea de envasado	4 días	dom 11/30/14	mié 12/3/14
Análisis de tiempos	3 días	jue 12/4/14	sáb 12/6/14
Análisis de costos de producción	7 días	lun 12/8/14	lun 12/15/14
Análisis del modelo a implantar	2 días	mar 12/16/14	mié 12/17/14
Análisis de factibilidad	8 días	jue 12/18/14	lun 12/29/14
Desarrollo del modelo para la planificación de la producción	5 días	mar 12/30/14	sáb 1/3/15
Comparación de plan de producción actual y plan de producción propuesto	6 días	dom 1/4/15	vie 1/9/15
Elaboración de conclusiones y recomendaciones	13 días	sáb 1/10/15	mar 1/27/15
Entrega del documento final del proyecto	15 días	mié 1/28/15	mar 2/17/15
Fin	0 días	mar 2/17/15	mar 2/17/15
Entrega de resultados a miembros de la empresa	1 día	vie 2/27/15	vie 2/27/15

Fuente: *Elaborado por las autoras*

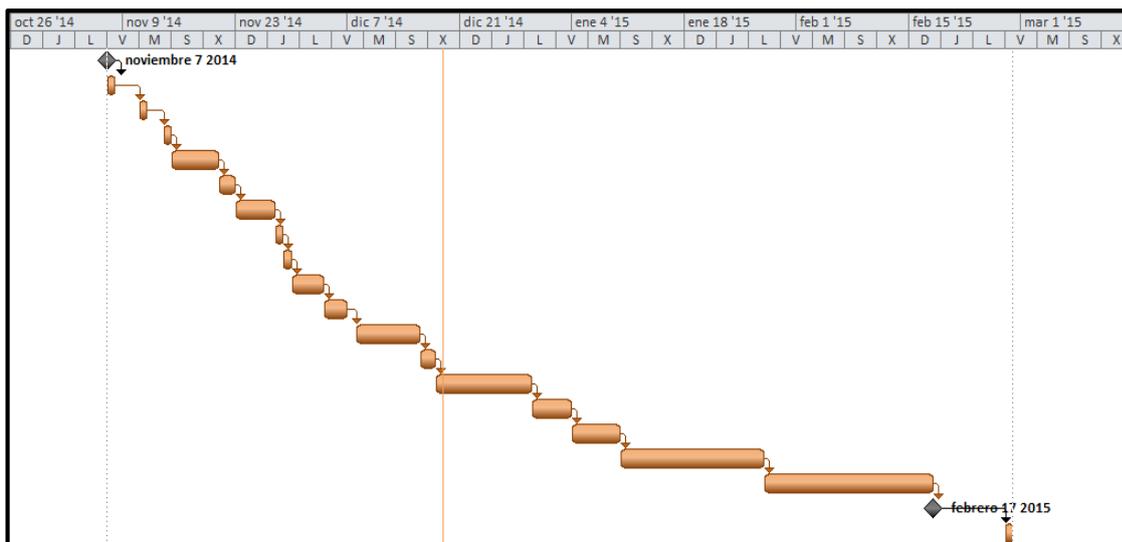


Figura 3.2: Diagrama de Gantt correspondiente al cronograma de actividades

Fuente: Elaborado por las autoras

3.3 Proceso de purificación del agua de red pública empleado en la planta de producción

Actualmente el agua purificada se obtiene a partir de varios procesos de purificación, aspecto que antes no era tomado en cuenta, ya que bastaba con una filtración de las partículas suspendidas en el agua, siendo éstas las más inofensivas para la salud. Por lo tanto, al tener la necesidad de eliminar muchos más contaminantes, se deben realizar más procesos para la purificación.

La empresa posee normas de elaboración que aseguran la calidad y confiabilidad del producto que se comercializa bajo su marca. Para ello se establece un riguroso control en todas las etapas del proceso productivo, desde la captación de la materia prima (fuente de agua que es proporcionada por la red pública de agua potable) hasta la distribución del producto al cliente final.

A la vez se cumplen los estándares actuales de las normas INEN en el país, las mismas que exigen la elaboración mediante procesos automatizados, bajo estrictas condiciones de higiene, y supervisados por personal calificado, dando como resultado productos que superan las exigencias de la regulación vigente.

El sistema de gestión de calidad se centra en el adecuado control de las fases del proceso para purificar el agua de la red pública, mediante el cual se unifican los parámetros de calidad de los productos.

Con la finalidad de lograr que el producto cumpla los parámetros exigidos por la ley, la planta de producción ha dividido el proceso en las siguientes dos etapas:

3.3.1 Tratamiento físico

A través de diferentes técnicas de filtración (filtros de área, grava y carbón activado) se logran eliminar las partículas en suspensión del agua, reduciendo el aspecto turbio, eliminando olores y sabores desagradables; y otros sólidos disueltos.

La aplicación de técnicas más modernas como la ultrapurificación por medio de los equipos de ósmosis inversa permite eliminar contaminantes químicos y/o biológicos (sales, bacterias, algas, etc.).

3.3.2 Tratamiento bacteriológico

Es la etapa final del tratamiento y está destinada a eliminar los contaminantes microbiológicos del agua que son responsables de una gran cantidad de patologías. La ozonificación o tratamiento con ozono, junto con el uso de lámparas de radiación UV son los métodos usados en la planta para el tratamiento bacteriológico, debido al gran poder desinfectante que tiene el ozono y el bajo efecto residual sobre el agua tratada.

3.4 Diagrama del proceso de purificación del agua

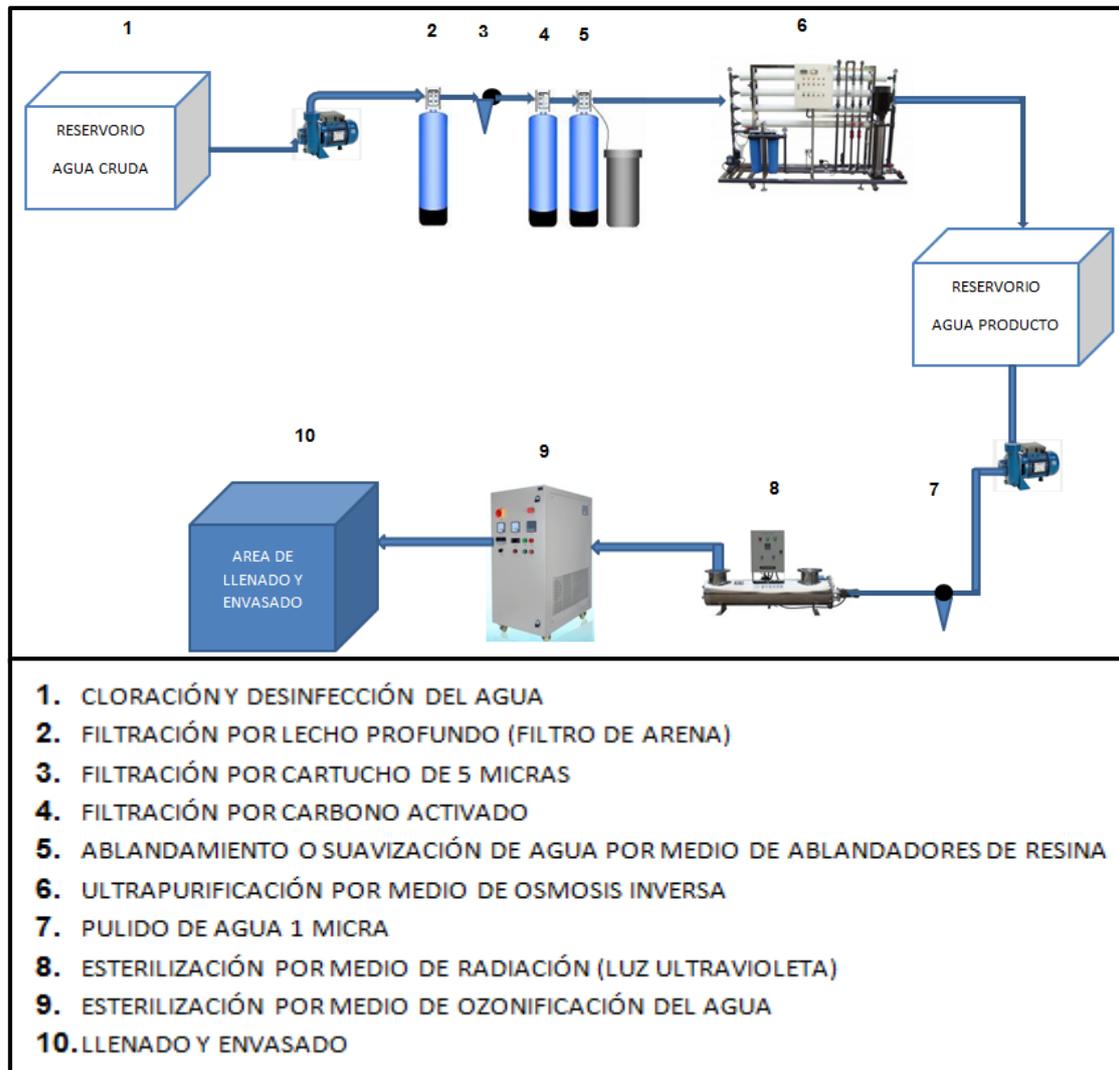


Figura 3.3: Diagrama del proceso de purificación del agua

Fuente: Elaborado por las autoras

3.4.1 Cloración y desinfección del agua

La cloración o desinfección del agua de red pública se logra mediante la adición de hipoclorito de sodio (conocido comúnmente como cloro) al agua, el cual elimina la mayoría de bacterias, hongos, virus, esporas y algas presentes en el agua.

En la cloración, el cloro debe mantener un residual no mayor a 1.5 ppm, es decir 1.5 milímetros por metro cúbico o 15 millones por 10 metros cúbicos.

La cloración se realiza en el reservorio de “agua cruda” (llamada así por ser el agua usada en el inicio del proceso) con capacidad para almacenar de 47 m^3 .

3.4.2 Filtración por lecho profundo (Filtro de arena)

La filtración es el primer paso del sistema de purificación de agua, los filtros de lecho profundo, son filtros que contienen varios tipos de media filtrante o bajo cama de grava (arena).

La filtración de lecho profundo, es un concepto de diseño probado, las medias filtrantes en las capas superiores atrapan partículas grandes, y las partículas más pequeñas atrapadas de manera exitosa en las capas inferiores de la cama filtrante. El resultado es un sistema de filtración muy eficiente, ya que la remoción de materia se lleva a cabo a través de toda la cama filtrante. Los filtros de lecho profundo (filtro de arena) generalmente remueven partículas de 3 a 15 micras de tamaño.

Una correcta división en capas es la clave para un desempeño apropiado en un filtro profundo. Todas las medias son seleccionadas a tamaño de partícula y densidad así la media mantiene su estratificación durante el retrolavado y enjuague.

En adición a la producción eficiente de agua de alta claridad, el filtro de lecho profundo permiten rangos de flujo de servicio de 10 a 20 galones por minuto por pie cuadrado de área de filtración, y corridas más largas entre retrolavado.

3.4.3 Filtración por cartucho de 5 micras

El pulido de agua por cartucho se realiza haciendo pasar el agua a través de un filtro de 5 micras. La filtración por cartucho es el segundo paso de filtración para lograr un pulido físico de agua.

Cuando el cartucho se satura de materia suspendida, solamente se cambia por uno nuevo, generalmente se lo realiza una vez por mes para cumplir con el programa de mantenimiento de los equipos.

3.4.4 Filtración por carbón activado

La filtración por carbón activado, se logra al pasar el agua por un filtro de carbón activado con el fin de extraer el cloro que se colocó en el inicio del proceso, por medio de este método se consigue la absorción de los elementos como el cloro y el mercurio de agua.

3.4.5 Ablandamiento o suavización del agua por medio de ablandadores de resina

Hay cuatro pasos básicos en la operación de un ablandador:

3.4.5.1 El retrolavado: En el paso del retrolavado, el agua fresca fluye en una dirección hacia arriba a través de la cama de resina. La resina es expandida, y los sólidos en suspensión que tienen una gravedad específica más baja que la resina son evacuados por el drenaje. La cama es empacada otra vez por el flujo de servicio, así que el retrolavado afloja la cama para un mejor contacto de la salmuera en los pasos de salmuera.

3.4.5.2 Salmuera y enjuague lento: En este paso, una cantidad medida de salmuera es traída del tanque de salmuera y fluye lentamente hacia abajo a través de la cama de resina. Después de que se introduce el monto medido de salmuera, un ciclo de enjuague lento enjuaga la solución de salmuera de la cama de resina. La resina retiene el sodio, el calcio y magnesio son drenados.

3.4.5.3 Enjuague rápido: El enjuague rápido lava la resina en un flujo hacia abajo para asegurar que toda la salmuera ha sido limpiada de la resina.

3.4.5.4 Servicio: El agua fluye a través de la cama de resina en un flujo hacia abajo, previniendo agua suave a las líneas de servicio.

3.4.5.5 Suavización del agua: El sodio actúa como el catión de intercambio mientras la resina actúa como el anión insoluble.

En el ciclo de regeneración del proceso de ablandamiento, se requiere de un exceso de sal para remover el calcio y magnesio de la resina, el monto de calcio y magnesio removidos de la resina variara dependiendo de la dosis de sal.

3.4.6 Ultrapurificación por medio de ósmosis inversa

La ósmosis inversa o también conocida como ultrapurificación es el paso más importante en la reducción de sales minerales del agua, la ósmosis inversa es el proceso en el que mediante altas presiones se hace pasar el agua a través de una membrana semipermeable y separa el agua alta en sales del agua baja en sales.

El proceso de la ósmosis inversa utiliza una membrana semipermeable para separar y para quitar los sólidos disueltos, los orgánicos, los pirogénicos, la materia coloidal,

microorganismos, virus y bacterias del agua. El proceso se llama ósmosis “reversa” puesto que requiere la presión para forzar el agua pura a través de una membrana, saliendo; las impurezas detrás. La ósmosis inversa es capaz de quitar 95 – 99% de los sólidos disueltos totales y el 99% de todas las bacterias, así proporcionando agua pura y segura.

La ósmosis inversa es la separación de componentes orgánicos e inorgánicos del agua por el uso de presión ejercida en una membrana semipermeable mayor que la presión osmótica de la solución. La presión fuerza al agua pura a través de la membrana semipermeable, dejando atrás los sólidos disueltos. El resultado es un flujo de agua pura, esencialmente libre de minerales, coloidales, partículas de materia y bacterias.

El material filtrante de la membrana de ósmosis inversa tiene una multitud de poros submicroscópicos en su superficie. El tamaño del poro de la membrana (0.0005 a 0.002 micrones) es mucho más pequeño que el de las aberturas de un filtro mecánico normal (1 a 25 micrones) que un diferencial de presión mucho más grande se requerido por un material filtrante normal, debido al diferencial de presión requerido para el flujo del agua, la membrana debe tener un soporte fuerte para prevenir descompostura.

Las membranas son del tipo fibra hueca, en el que fibras del tamaño de un cabello humano son tejidas por maquinaria hasta tener una forma tubular. Los extremos del tubo son encapuchados en un material sellador plástico. El paquete se encuentra insertado en una cápsula de presión. El agua salina presurizada fuerza al agua pura a través de la pared de cada fibrilla y después a través de la perforación de la fibra expuesta hasta juntarse en la salida de la cápsula y en donde es colectada como producto.

Las novedades del diseño y desempeño de la ósmosis inversa son:

- Entre un 90 y 99% de remoción incluyendo flúor, sodio, calcio y metales pesados.
- Más de un 99.9% de rechazo de orgánicos de un peso molecular de más de 1,000 incluyendo bacterias, virus y pirógenos.

- Más de un 99.9% de rechazo de orgánicos de un peso molecular de más de 200 incluyendo sacarosa, colorantes, y otros orgánicos pequeños.

La vida útil de la membrana es de tres a cinco años dependiendo del pH y la presión.

3.4.7 Pulido de agua 1 micra

La filtración por cartucho es el último paso de filtración para lograr un pulido físico del agua hasta 0.22 micras, en la planta después del proceso de ósmosis inversa se almacena el agua y se pule a una micra solo para asegurar una mejor calidad del agua.

De acuerdo con el programa de mantenimiento de los equipos, el estado de este filtro es revisado cada 3 meses y si se comprueba que el cartucho está saturado de materia suspendida se cambia por uno nuevo.

3.4.8 Esterilización por medio de radiación (luz ultravioleta)

El proceso de ozonización sigue dos etapas, la primera es suministrar el ozono en una mezcla con oxígeno a agua a tratar, dispersados de tal manera que el área de contacto con el agua donde se inyecte sea lo máximo posible. La segunda etapa del proceso se lleva a cabo en el contacto del ozono con los compuestos orgánicos e inorgánicos del agua para su oxidación. El ozono remanente en el agua, permanece como ozono residual y el ozono no utilizado se libera del reactor. La desinfección ocurre en el momento en que daña y destruye componentes críticos de los microorganismos aún los recalcitrantes como la guardia, virus y ciertas formas de algas. La efectividad de la desinfección es directamente proporcional a la concentración del ozono y al tiempo de contacto.

3.4.9 Tratamiento con ozono

El ozono es una forma alotrópica del oxígeno con tres átomos, se encuentra en forma diluída con una mezcla de oxígeno. Es más soluble en agua que el oxígeno, pero debido a su más baja presión parcial, es difícil obtener una concentración mayor que pocos miligramos por litro en condiciones normales de temperatura y presión. La reacción del ozono en el agua, se realiza bajo dos mecanismos: primero en forma directa debido a su triple valencia, es capaz de oxidar muchos compuestos orgánicos e inorgánicos en forma lenta; el segundo, en forma rápida, por la

formación de ion hidroxilo, agente oxidante de mayor poder que el mismo ozono, por lo que se le utiliza para oxidar los constituyentes indeseables del agua y en la desinfección. Estos dos mecanismos lo hacen, 1.5 veces más oxidante que el cloro. Después de este paso el agua producto es bombeada hacia los equipos de envasado.

El tratamiento de purificación con ozono además de purificar el agua, incluye la esterilización de la tubería o líneas que conducen hasta los equipos de envasado, recipientes de envasadoras, boquillas de envasado y la esterilización de los envases de producto terminado ya que el agua ingresa con ozono al recipiente donde va a ser contenida.

3.5 Proceso de llenado y envasado de los productos

Una vez que haya culminado el proceso de purificación del agua (es decir, el agua producto), ésta pasa a dos reservorios, el primero destinado exclusivamente para el llenado de botellas de 500 cc y botellones de 20 L., mientras que el agua del segundo reservorio es destinada para el llenado del resto de productos.

Existen algunas presentaciones de productos que requieren componentes similares, por lo que para efectos prácticos se han determinado grupos de acuerdo a dicha similitud.

Tabla 3.2: Clasificación de productos de acuerdo a su similitud en componentes

CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS DE ACUERDO A SU SIMILITUD EN COMPONENTES				
GRUPOS	CODIGO	NOMBRE DEL PRODUCTO	PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO	COMPONENTES
GRUPO 1	03B5	BOTELLAS DE 500CC	1PQx24 UND	POMA, FAJILLA, TAPA, ROLLO DE EMPACAR
	03P1	POMAS DE 1GL	1PQX4 UND	POMA, TAPA, ETIQUETA, ROLLO DE EMPACAR
	03PT1	POMAS DE 3,78	1PQX4 UND	POMA, TAPA, ETIQUETA, ROLLO DE EMPACAR
GRUPO 2	03F5	FUNDAS DE 600CC	1PQx10 UND	FUNDA, FUNDA PARA EMPACAR
	03F1	FUNDAS DE 1 GL	1 UND	FUNDA
GRUPO 3	03P5	POMAS DE 5 LT	1 UND	POMA, TAPA, FAJILLA, AGARRADERA
GRUPO 4	03LB	BOTELLÓN DE DE 20 LT	1 UND	BOTELLÓN, TAPA, ETIQUETA, ETIQUETA TERMOENCOGIBLE

Fuente: Elaborado por las autoras

3.5.1 Caducación de envases/tapas/fundas

La estación de trabajo cuenta con una máquina la cual imprime en envases/tapas/fundas la fecha de caducidad y el número de lote del producto. Esta

máquina requiere una calibración previa de acuerdo al tamaño de las tapas de los diferentes envases.

3.5.2 Fajillado de botellas de 500 cc

Es un proceso manual que únicamente se realiza para las botellas de 500 cc y consiste en la colocación de las fajillas en las botellas como paso previo al lavado e higienización de las mismas.

3.5.3 Lavado e higienización de envases

Todos los envases deben recibir un lavado manual con agua purificada proveniente de los reservorios, con esto se asegura la correcta higienización de los mismos.

En el caso de las botellas de 500 cc y los botellones de 20 L, se realiza el proceso de lavado e higienización por medio de máquinas especializadas para los respectivos envases.

3.5.4 Llenado y tapado de envases

El proceso de llenado de las botellas de 500 cc y de los botellones de 20 L se realiza con máquinas especializadas, y en cuanto a las demás presentaciones, este proceso se realiza de manera convencional, es decir mediante mangueras.

Los envases lavados de las botellas de 500 cc se desplazan por una banda transportadora a la siguiente estación de trabajo donde son llenadas, luego un operador coloca la tapa y con una máquina de uso manual son selladas a presión.

Para los demás productos, luego de su respectivo lavado, se le coloca las etiquetas respectivas, para que posteriormente un segundo operador sea el encargado de llenarlas y finalmente un último operador las tape y las coloque en una banda transportadora donde son recibidas por personal de bodega para ser ingresadas físicamente al almacén.

En el caso de las presentaciones en funda, un operador realiza el llenado de manera manual por medio de mangueras y luego se sella el borde del producto con una máquina manejada por otro operador.

3.5.5 Empacado de productos

Las presentaciones de las pomos de 1 gal, 3.78 L y botellas de 500 cc requieren de un empacado adicional, donde un operador agrupa 4, 4, 2 y 24 unidades

respectivamente y las envuelve en una lámina termoencogible cortada previamente en la máquina. Posteriormente se colocan estos grupos de producto en la banda transportadora para que pasen por el túnel de termocontracción donde quedarán correctamente empacados.

Finalmente, un operario de bodega toma los productos y los paletiza para ingresarlos físicamente al almacén.

Las fundas de 600 cc se empacan manualmente en fundas plásticas con una cantidad de 10 unidades.

Es necesario dejar en claro que los productos que no han sido mencionados en este último proceso, se comercializan de manera unitaria.

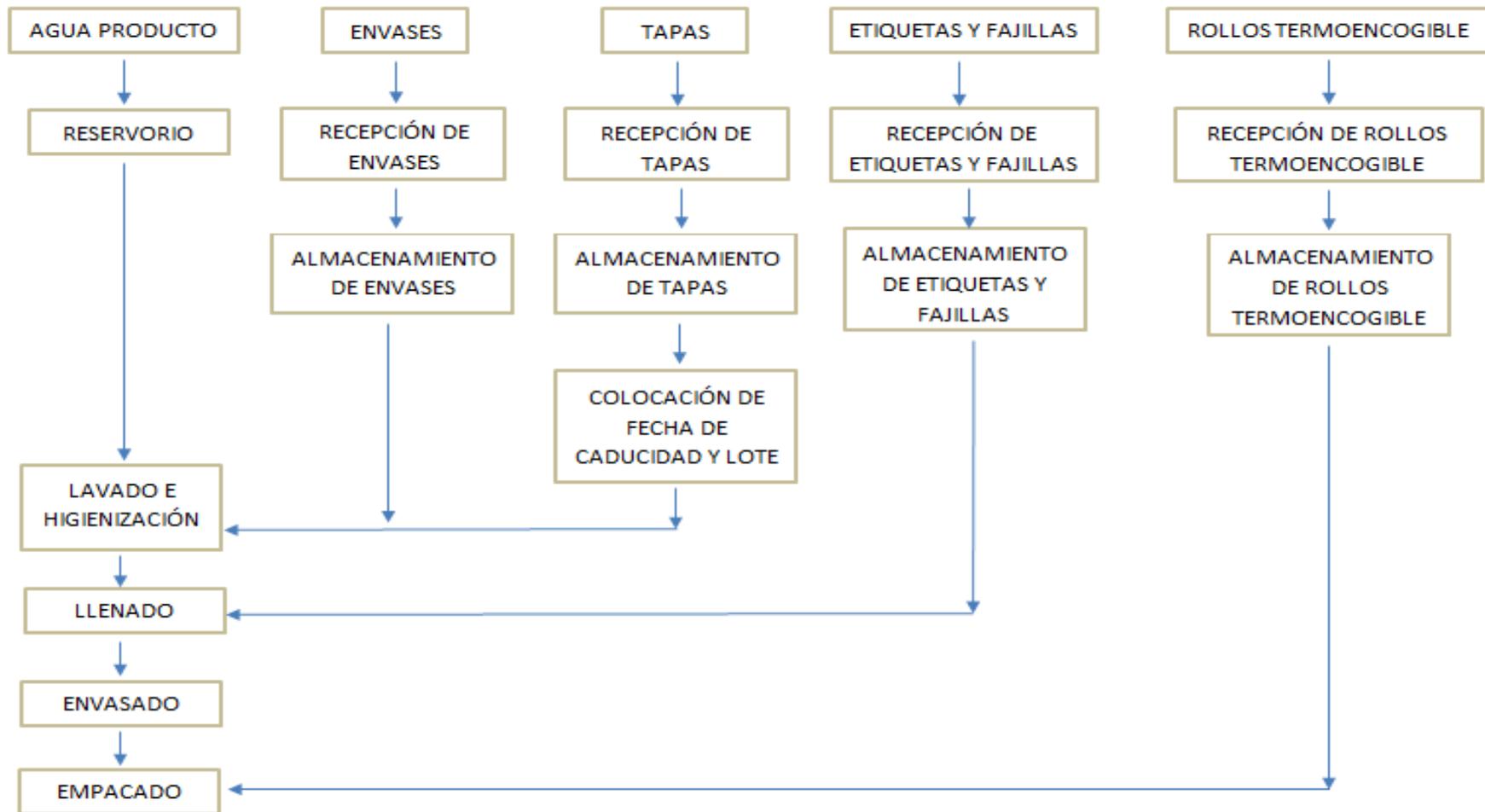


Figura 3.4: Flujo del proceso de envasado y llenado de los productos del Grupo 1

Fuente: Elaborado por las autoras

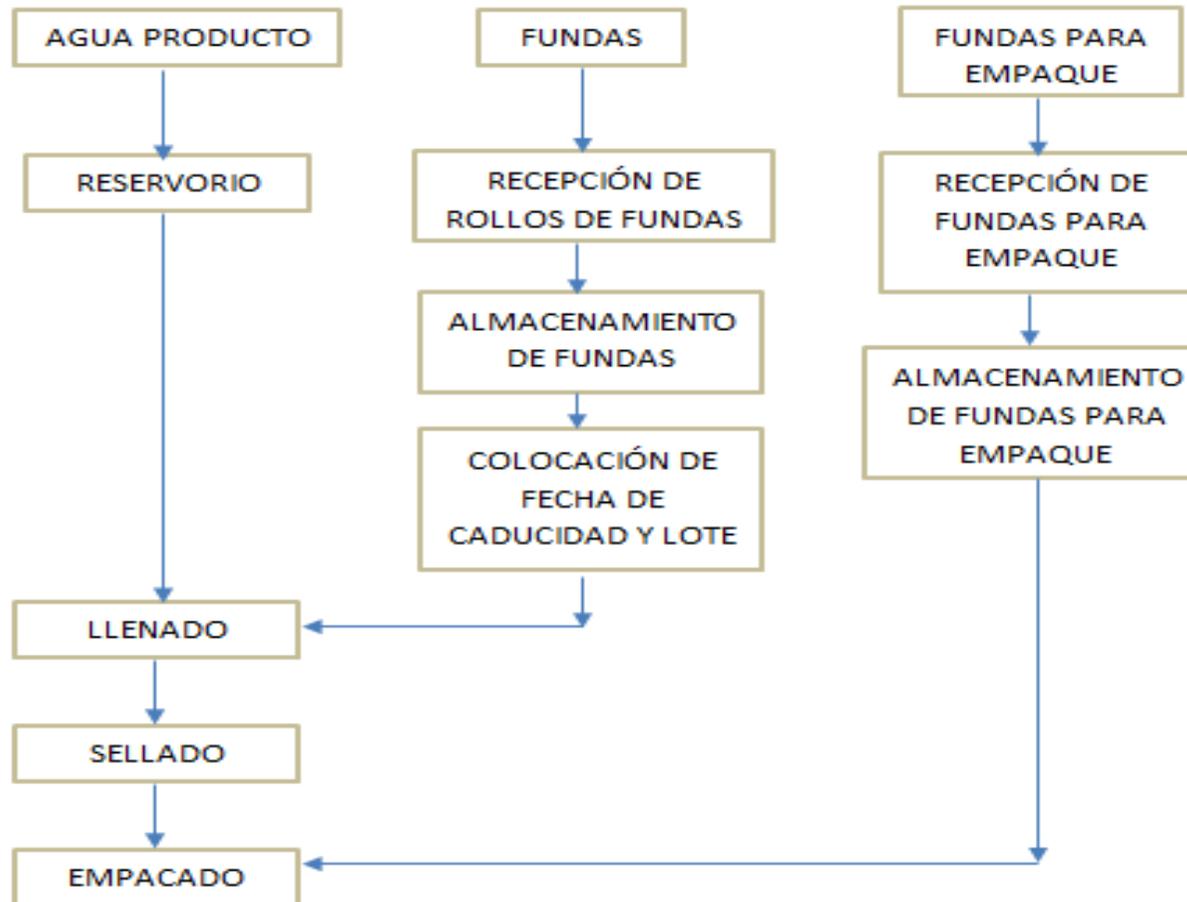


Figura 3. 5: Flujo del proceso de envasado y llenado de los productos del Grupo 2

Fuente: Elaborado por las autoras

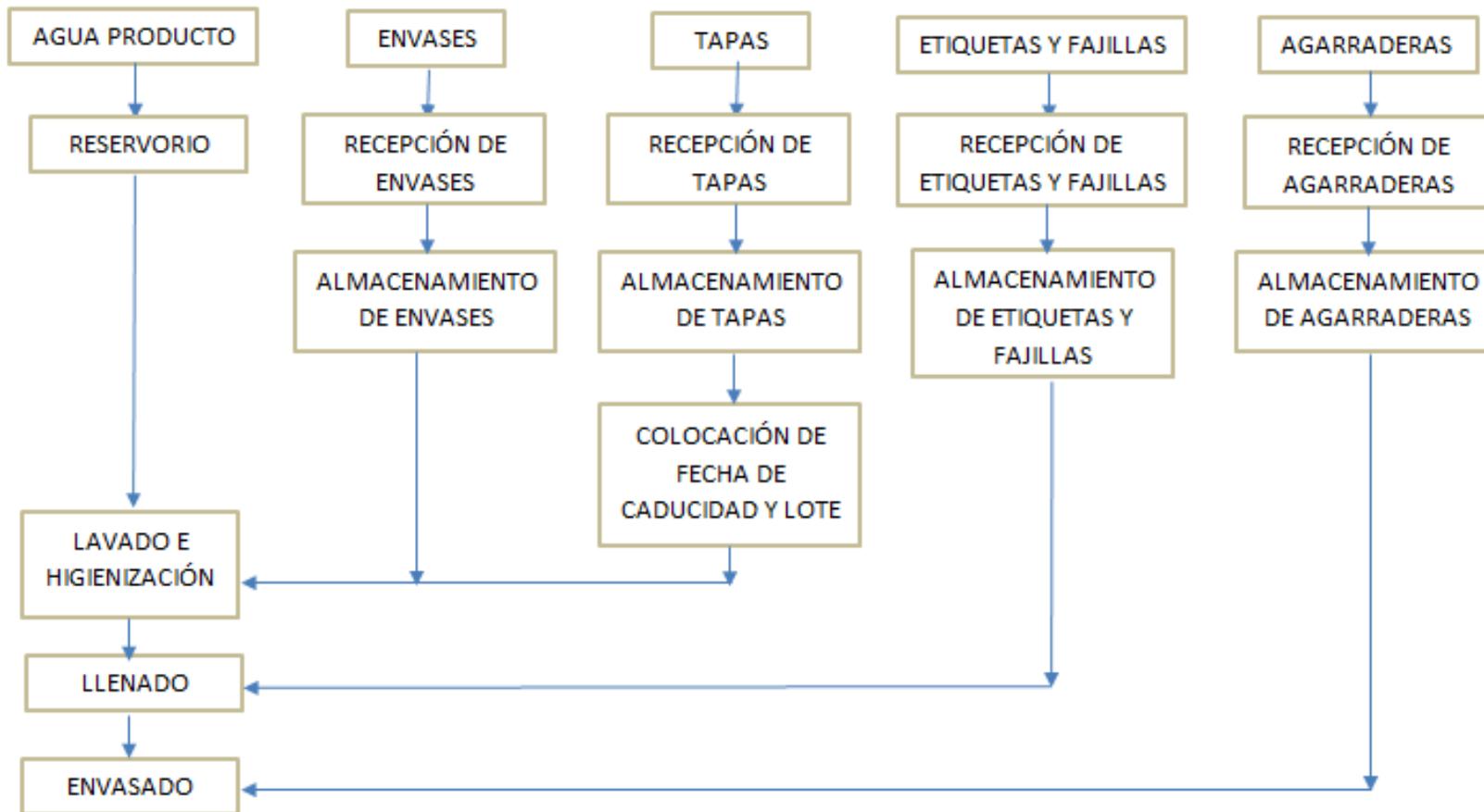


Figura 3.6: Flujo del proceso de envasado y llenado de los productos del Grupo 3

Fuente: Elaborado por las autoras

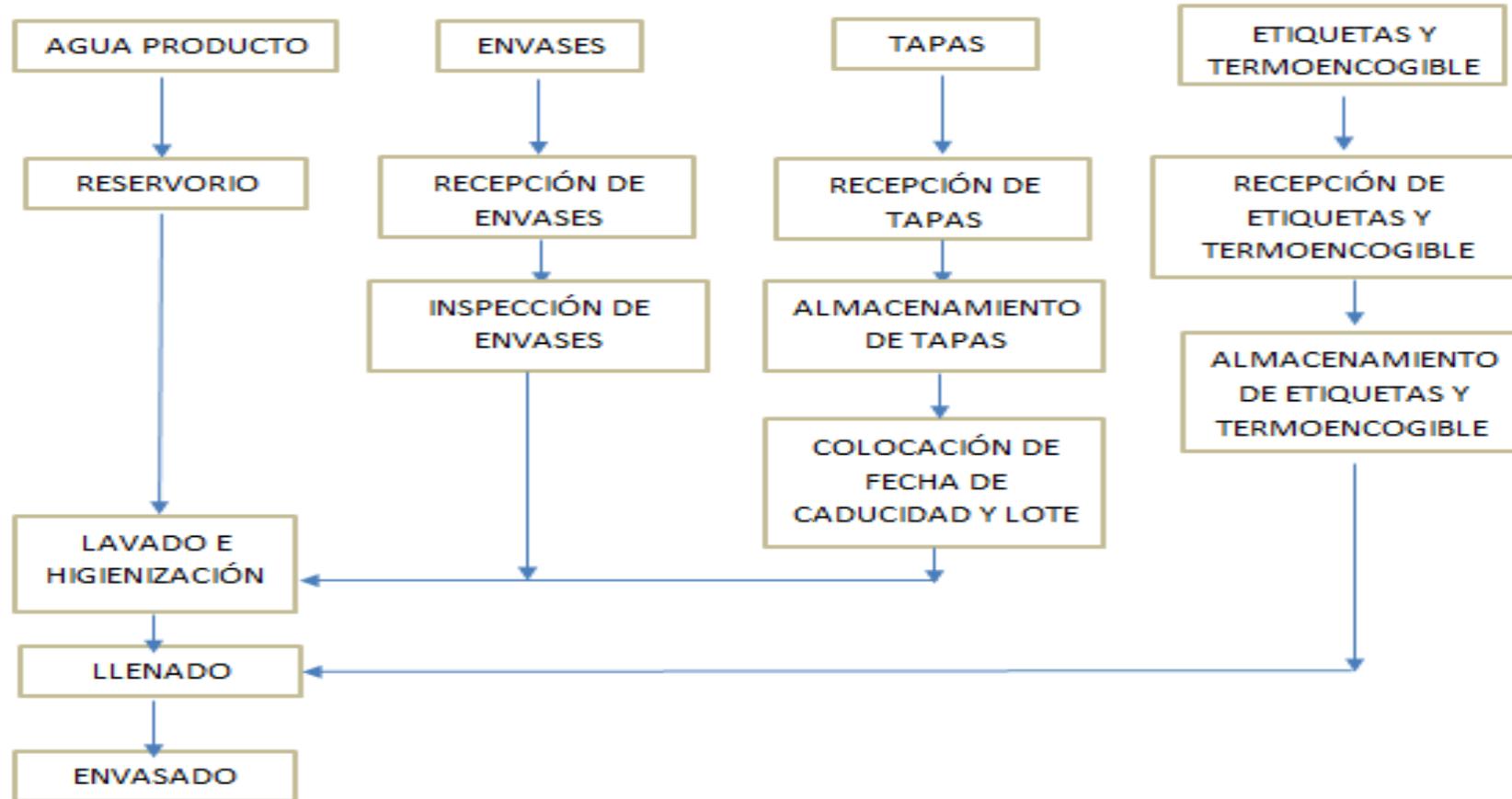


Figura 3. 7: Flujo del proceso de envasado y llenado de los productos del Grupo 4

Fuente: Elaborado por las autoras

3.6 Capacidad productiva de la planta

La planta de producción está compuesta de dos partes bien diferenciadas, como son el área de tratamiento del agua donde interfieren equipos, maquinarias, reservorios de agua cruda y agua producto, etc.; por otro lado se tiene el área de envasado donde los operarios y las máquinas trabajan en conjunto para obtener el producto final.

Cada uno de los recursos disponibles tales como la mano de obra y las maquinarias tienen un indicador denominado capacidad de producción, el cual muestra el rendimiento de trabajo de los mismos en lotes de producto por período de tiempo.

Para efectos prácticos, se ha considerado únicamente el área de envasado para el desarrollo del proyecto, por lo tanto en el siguiente capítulo se detallarán las tasas de producción por producto.

CAPÍTULO 4

PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

Se extraerá información de Microsoft Excel donde se encuentran los datos proporcionados por la empresa, para luego utilizar el software estadístico R en la realización de los pronósticos de la demanda; y posteriormente implementar un modelo matemático en el software GAMS, el cual ayudará a determinar los recursos requeridos por la empresa, con la finalidad de mantener un mejor control en sus actividades productivas.

4.1 Análisis de los datos históricos de la demanda

Como primer paso para la implantación de un modelo para la planificación de la producción, se debe tener a disposición un conjunto de datos históricos del parámetro que se desea predecir, en este caso la demanda. Esto con la finalidad de poder obtener una predicción factible de la demanda en un período de tiempo posterior. Los datos históricos correspondientes a la demanda de los años 2012, 2013 y 2014 se detallan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Resumen de las demandas históricas por producto de los años 2012, 2013 y 2014

	PRODUCTOS						
	03B5	03F1	03F5	03P5	03LB	03P1	03PT1
Total demanda anual 2012	978,773	1,183,490	168,540	10,425	449,910	110,423	9,429
Total demanda anual 2013	886,959	1,119,194	137,995	25,026	496,034	112,964	8,402
Total demanda anual 2014	706,383	1,143,321	117,080	18,162	554,162	102,365	7,967

Fuente: Empresa APPSE

4.2 Pronósticos de la demanda

La realización de un pronóstico permitirá a la empresa tener una herramienta para anticiparse a los hechos para que sus efectos puedan ser previstos o mejor controlados. En el caso de este estudio, se pretende pronosticar las demandas diarias del año 2015, de manera que se pueda planificar de mejor manera la producción, controlar de mejor manera los niveles de inventarios de producto terminado, etc.

A continuación se muestra la tabla 4.2 en la cual se presentan las demandas diarias estimadas de cada producto para enero del año 2015.

Tabla 4.2: *Demanda diaria estimada para enero de 2015 basada en un pronóstico realizado en el software estadístico R*

Demanda diaria estimada por producto correspondiente a enero del 2015							
Día de enero	03B5	03F1	03F5	03P5	03LB	03P1	03PT1
1	1,449	2,337	376	45	1,216	183	34
2	2,839	4,577	243	33	2,615	457	58
3	2,219	5,072	379	72	1,609	398	55
5	1,822	4,888	208	79	1,726	469	62
6	2,898	4,039	375	31	2,751	345	41
7	1,813	3,415	236	59	1,794	307	34
8	1,568	2,138	405	66	1,598	189	57
9	2,798	4,511	161	58	2,355	454	54
10	2,209	4,976	316	68	1,779	396	46
12	1,841	4,867	289	78	1,811	463	41
13	2,873	4,032	353	53	2,696	347	36
14	1,805	3,402	146	69	1,825	306	56
15	1,584	2,157	391	48	1,574	192	53
16	2,782	4,529	246	44	2,368	451	46
17	2,194	4,915	360	80	1,766	394	59
19	1,860	4,852	218	73	1,813	458	37
20	2,848	4,027	390	33	2,696	349	56
21	1,798	3,390	228	67	1,818	305	52
22	1,599	2,176	389	66	1,575	196	47
23	2,767	4,546	165	52	2,363	449	57
24	2,179	4,856	328	65	1,764	392	42
26	1,877	4,837	273	83	1,820	452	55
27	2,823	4,023	346	49	2,693	351	51
28	1,791	3,377	155	63	1,814	304	47
29	1,614	2,195	404	49	1,575	199	56
30	2,752	4,562	244	50	2,360	446	42
31	2,164	4,799	342	80	1,761	390	39
Total Mensual	58,766	107,495	7,965	1,613	53,533	9,643	1,313

Fuente: *Elaborado por las autoras*

Es de gran importancia mencionar que en la Tabla 4.2 se han omitido 4 días por motivo de que corresponden a domingos, días en los cuales la empresa no labora, por lo tanto la intervención de estos datos no posee mayor relevancia.

Además se presenta el gráfico de barras de la demanda estimada por producto representado en la figura 4.1.

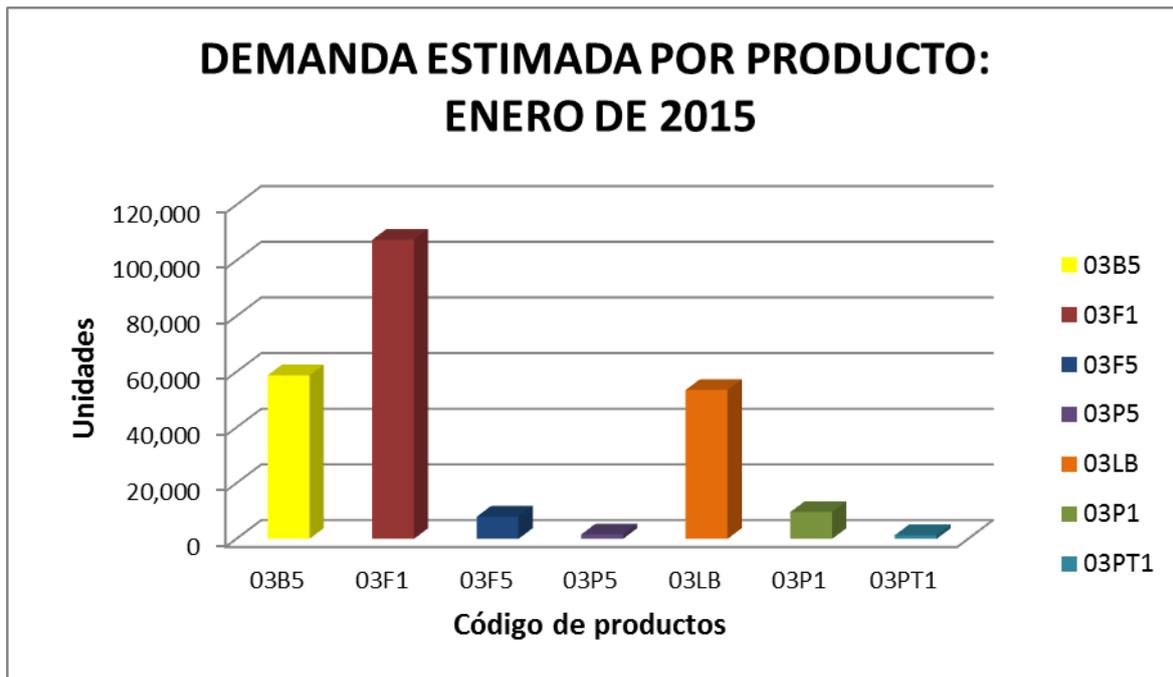


Figura 4.1: Gráfico de barras de la demanda estimada por producto de enero de 2015

Fuente: Elaborado por las autoras

En la figura 4.1 se puede apreciar que para el año 2015, se demandará mayor número de unidades de los productos 03F1, 03B5 y 03LB.

En la figura 4.3 para efectos de ilustración se muestran los gráficos de la serie de tiempo y los pronósticos para el año 2015.

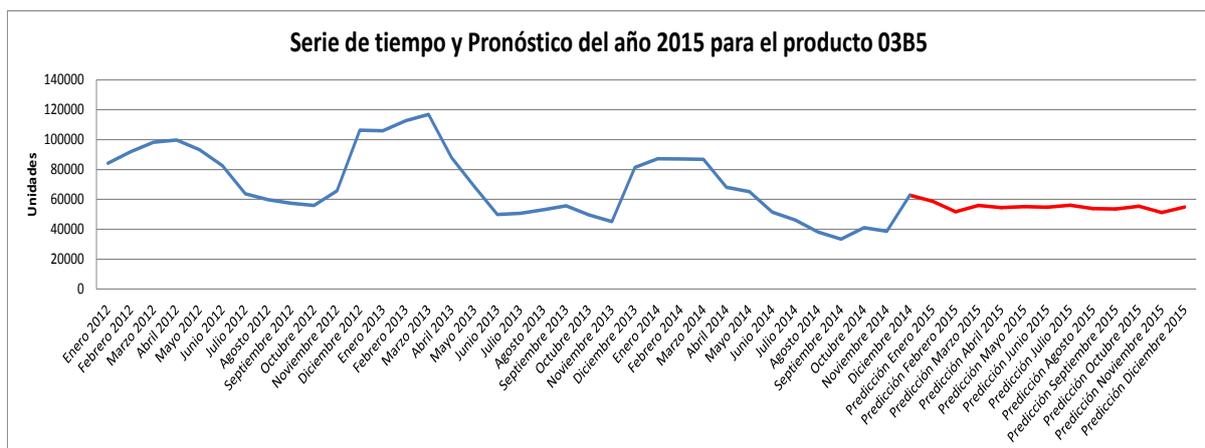


Figura 4.2: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03B5

Fuente: Elaborado por las autoras

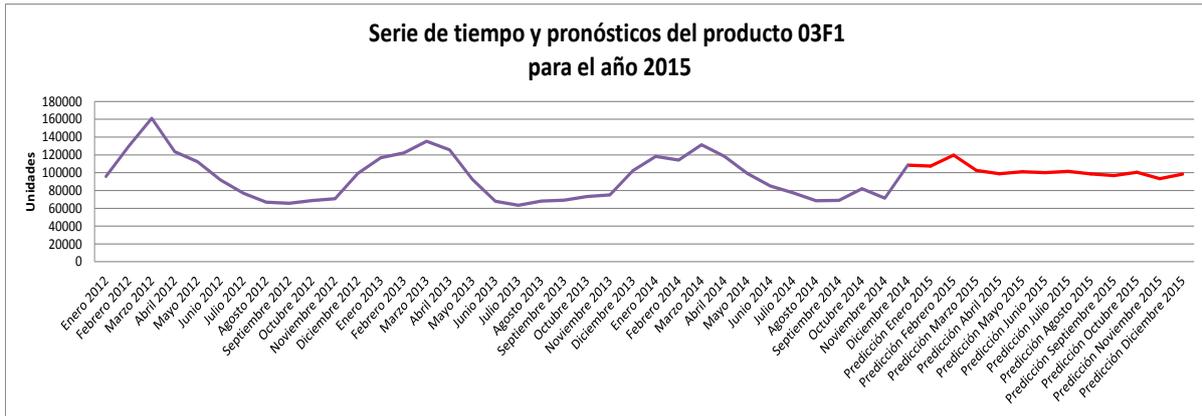


Figura 4.3: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03F1

Fuente: Elaborado por las autoras

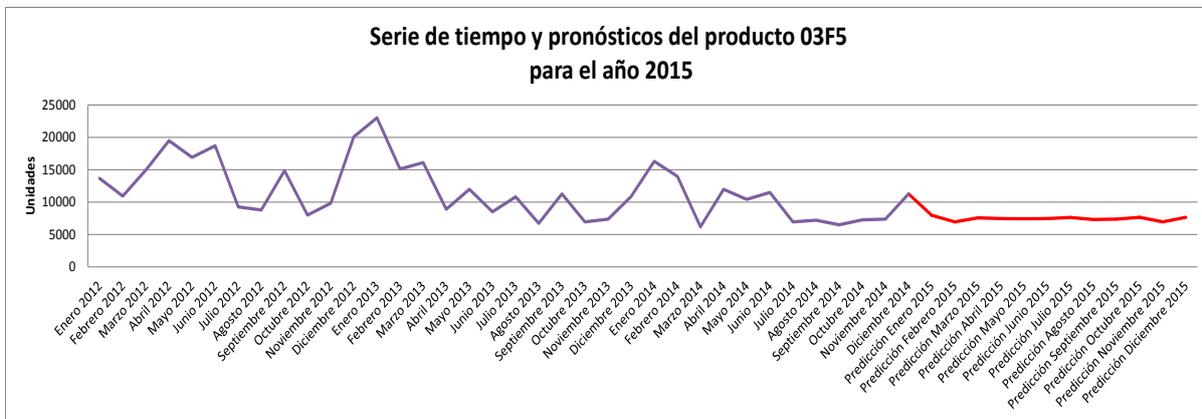


Figura 4.4: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03F5

Fuente: Elaborado por las autoras

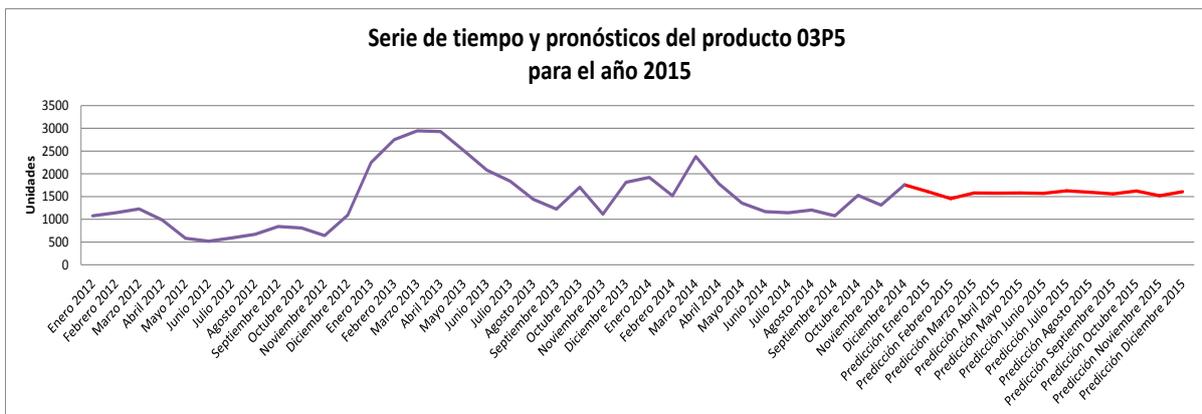


Figura 4.5: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03P5

Fuente: Elaborado por las autoras

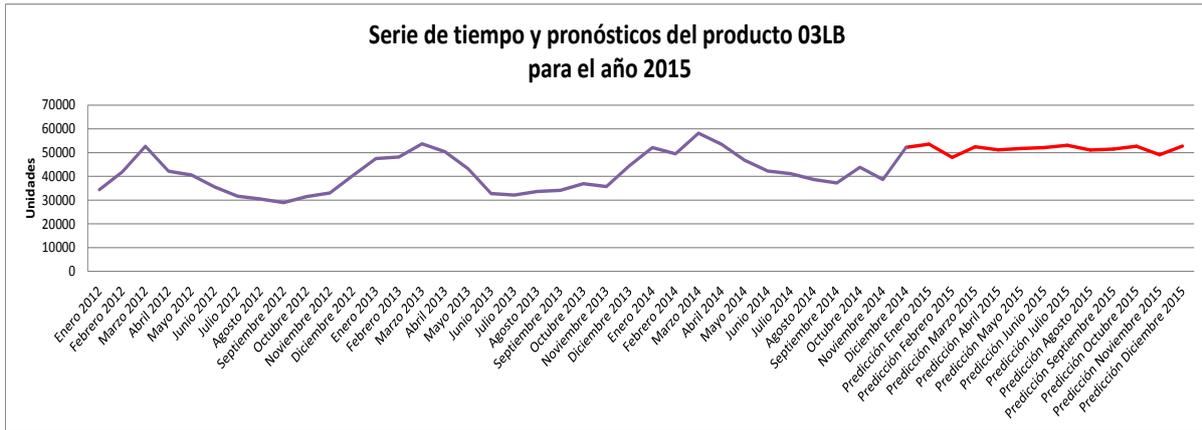


Figura 4.6: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03LB

Fuente: Elaborado por las autoras

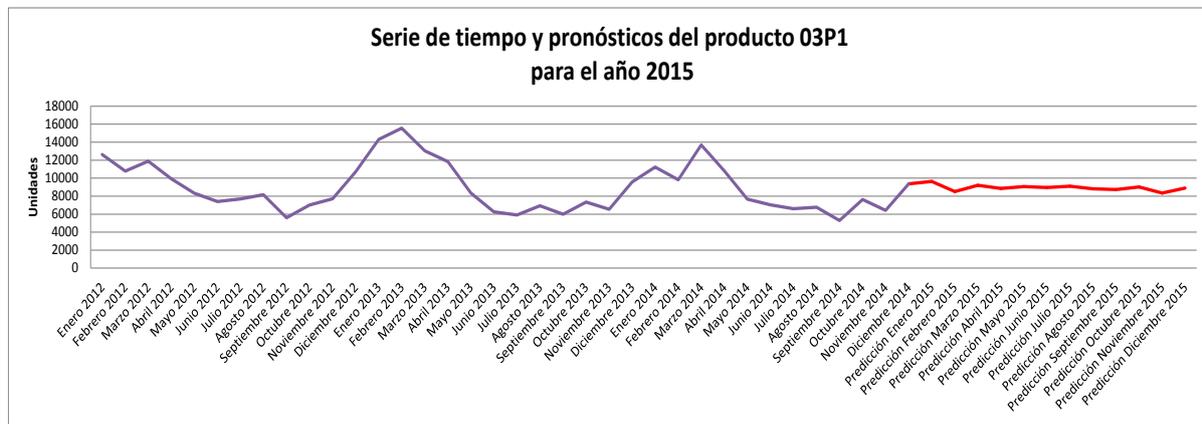


Figura 4.7: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03P1

Fuente: Elaborado por las autoras

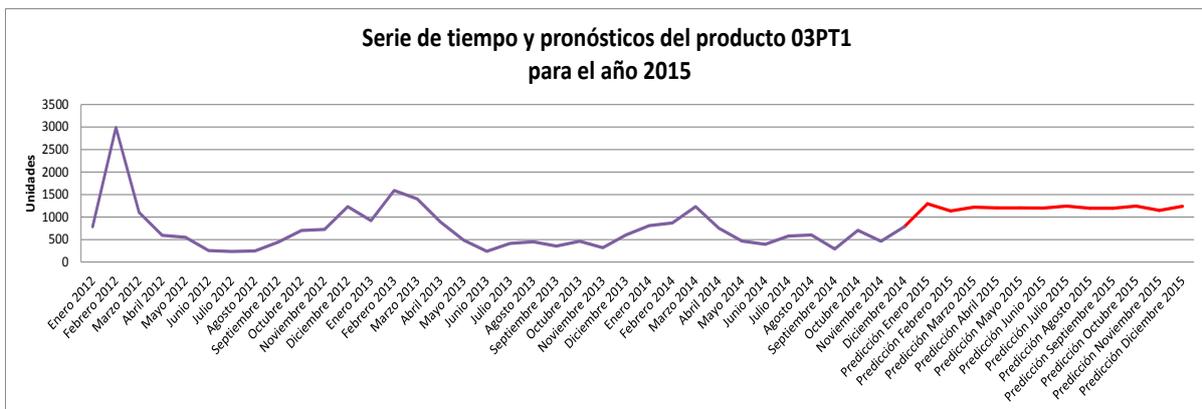


Figura 4.8: Serie de tiempo y pronósticos para el año 2015 del producto 03PT1

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 4.3: Detalles del pronóstico de cada producto

PRODUCTO	MODELO	COEFICIENTES				ECUACIÓN
		AR1	AR2	MA1	SAR1	
03B5	ARIMA(2,1,1) (1,0,0) [12]	1,0751	-0,4747	-0,896	-0,5483	$y_t = 1,0751y_{t-1} - 1,5498y_{t-2} + 0,4747y_{t-3} + 0,7436y_{t-12} - 1,538y_{t-13} + 1,1474y_{t-14} - 0,3530y_{t-15} - 0,8966\varepsilon_{t-1} + \varepsilon_t$
03F1	ARIMA(1,0,0) (1,0,0) [12]	0,5836			0,7956	$y_t = 0,5836y_{t-1} + 0,7956y_{t-12} - 0,46y_{t-13} + \varepsilon_t$
03F5	ARIMA(1,0,0) (1,1,0) [12]	0,4568			-0,5483	$y_t = 0,4568y_{t-1} + 0,457y_{t-12} - 0,2088y_{t-13} + 0,543y_{t-24} - 0,2480y_{t-25} + \varepsilon_t$
03P5	ARIMA(1,0,0)	0,7866				$y_t = 0,7866y_{t-1} + \varepsilon_t$
03LB	ARIMA(1,0,0) (0,1,0) [12]	0,7827				$y_t = 0,7827y_{t-1} + y_{t-12} - 0,7827y_{t-13} + \varepsilon_t$
03P1	ARIMA(1,0,0) (1,1,0) [12]	0,3562			-0,7628	$y_t = 0,3562y_{t-1} + 0,2372y_{t-12} - 0,084y_{t-13} + 0,7628y_{t-24} - 0,2717y_{t-25} + \varepsilon_t$
03PT1	ARIMA(1,1,0)	0,4568				$y_t = 0,249y_{t-1} - 0,710y_{t-2} + \varepsilon_t$

Fuente: *Elaborado por las autoras*

4.2.1 Análisis adicionales basados en los pronósticos de la demanda

De acuerdo a los resultados de las predicciones, existen conclusiones importantes referentes a la rotación de los 7 productos y la rentabilidad que presenta cada uno de los mismos.

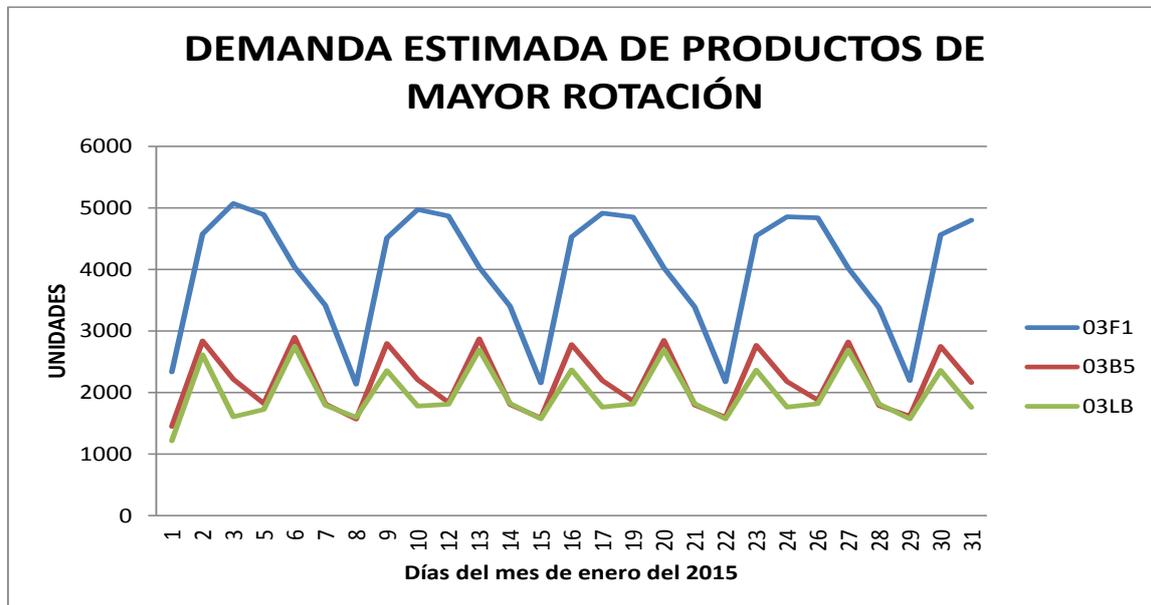


Figura 4.9: Demanda diaria estimada correspondiente a enero del 2015 de los productos de mayor rotación

Fuente: Elaborado por las autoras

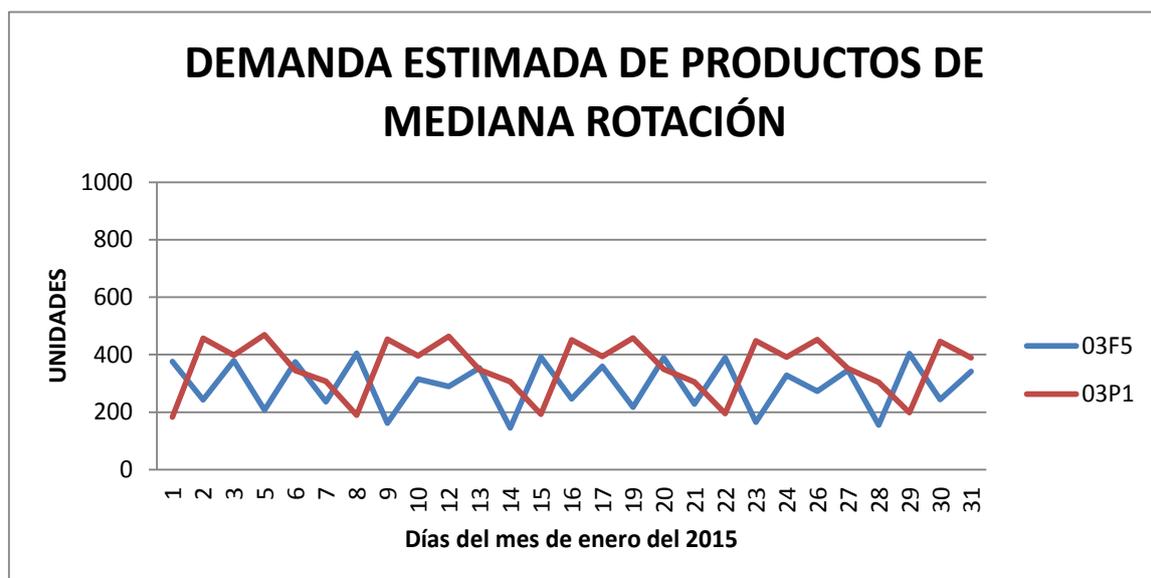


Figura 4.10: Demanda diaria estimada correspondiente a enero del 2015 de los productos de mediana rotación

Fuente: Elaborado por las autoras

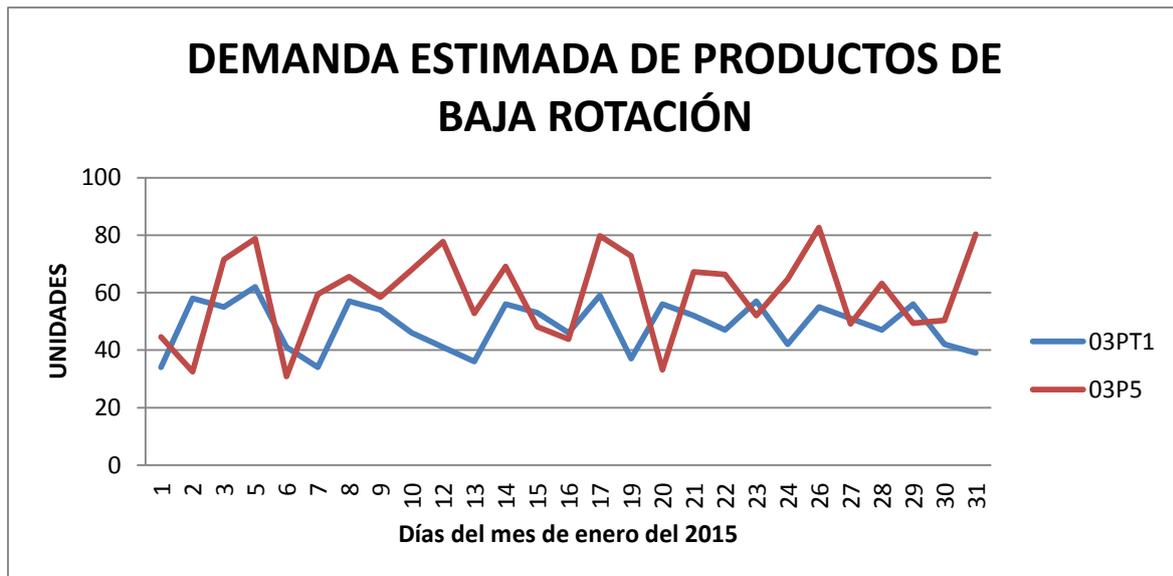


Figura 4.11: Demanda diaria estimada correspondiente a enero del 2015 de los productos de mediana rotación

Fuente: Elaborado por las autoras

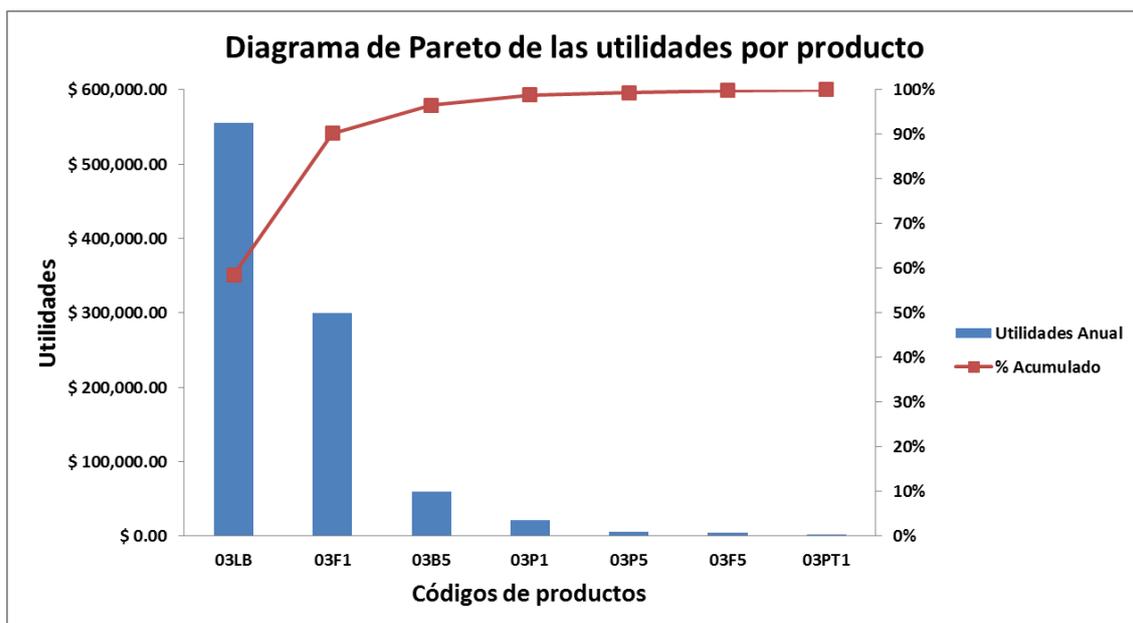


Figura 4.12: Diagrama de Pareto según utilidades estimadas de cada producto para el año 2015

Fuente: Elaborado por las autoras

La figura 4.13 muestra que el 20% de los productos que son 03LB y 03F1 (botellones de 20 L y fundas de 1 gal respectivamente), representa aproximadamente el 90% de las utilidades de la empresa.

4.3 Plan Agregado de la Producción

Después de realizados los pronósticos de la demanda para el año 2015, de las diferentes presentaciones de los productos que comercializa la empresa, se presenta el plan agregado de la producción, que es un sistema de planeamiento más grande de producción, donde se determinan la cantidades y el tiempo de producción para un futuro de manera general.

Tabla 4.4: *Plan Agregado de la Producción para el año 2015*

PLAN AGREGADO DE LA PRODUCCIÓN PARA EL AÑO 2015	
Día	Unidades a producir
1-Jan-15	5.637
2-Jan-15	10.819
3-Jan-15	9.802
5-Jan-15	9.234
6-Jan-15	10.500
7-Jan-15	7.664
8-Jan-15	5.997
9-Jan-15	10.393
10-Jan-15	9.796
12-Jan-15	9.394
13-Jan-15	10.413
14-Jan-15	7.592
15-Jan-15	5.981
.	.
.	.
.	.
15-Dec-15	9.280
16-Dec-15	7.133
17-Dec-15	7.399
18-Dec-15	9.732
19-Dec-15	7.699
21-Dec-15	9.160
22-Dec-15	9.265
23-Dec-15	7.132
24-Dec-15	7.415
25-Dec-15	9.715
26-Dec-15	7.687
28-Dec-15	9.150
29-Dec-15	9.245
30-Dec-15	7.134
31-Dec-15	7.437

Fuente: *Elaborado por las autoras*

4.4 Plan Maestro de Producción

El plan maestro de producción es el segundo paso clave para la creación del plan de requerimiento de materiales. Es importante aclarar que la empresa utiliza el sistema de manufactura MTS (Make to stock) en donde se produce continuamente sin demanda explícita por parte de algún cliente. En otras palabras, la compañía produce dichos artículos sin esperar una orden de distribución para empezar a producirlos, sino que los produce de forma continua, pues dichos productos siempre van a tener demanda. La planeación de la producción MTS se basa en pronósticos de la demanda, por lo tanto en la tabla 4.5 se muestra el plan maestro de producción para cada producto. [2]

Tabla 4.5: Plan Maestro de Producción de unidades por producto para el año 2015

PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA PARA EL AÑO 2015							
En unidades por producto							
	03B5	03F1	03F5	03P5	03LB	03P1	03PT1
1-Jan-15	1.448	2.337	376	45	1.216	183	33
2-Jan-15	2.838	4.576	243	33	2.615	457	57
3-Jan-15	2.219	5.071	379	72	1.609	398	55
5-Jan-15	1.821	4.887	208	79	1.726	469	44
6-Jan-15	2.898	4.039	375	31	2.751	345	61
7-Jan-15	1.813	3.414	236	59	1.794	307	41
8-Jan-15	1.568	2.138	405	66	1.598	189	34
9-Jan-15	2.797	4.511	161	58	2.355	454	57
10-Jan-15	2.209	4.976	316	68	1.779	396	53
12-Jan-15	1.841	4.867	289	78	1.811	463	45
13-Jan-15	2.872	4.032	353	53	2.696	347	60
14-Jan-15	1.805	3.401	146	69	1.825	306	41
15-Jan-15	1.583	2.156	391	48	1.574	192	35
.
.
.
15-Dec-15	2.162	3.767	384	42	2.518	361	46
16-Dec-15	1.806	3.062	207	69	1.643	301	46
17-Dec-15	1.982	3.101	348	53	1.593	276	46
18-Dec-15	2.251	4.487	273	55	2.252	369	46
19-Dec-15	1.902	3.389	263	67	1.686	345	46
21-Dec-15	2.131	4.311	205	74	2.054	340	46
22-Dec-15	2.155	3.761	386	43	2.514	361	46
23-Dec-15	1.809	3.061	206	69	1.640	301	46
24-Dec-15	1.985	3.117	343	53	1.594	277	46
25-Dec-15	2.244	4.476	275	55	2.251	368	46
26-Dec-15	1.902	3.377	265	67	1.685	344	46
28-Dec-15	2.130	4.302	201	74	2.058	339	46
29-Dec-15	2.148	3.755	384	42	2.510	361	46
30-Dec-15	1.812	3.060	209	69	1.637	301	46
31-Dec-15	1.988	3.133	345	53	1.595	278	46

Fuente: Elaborado por las autoras

4.5 Lista de materiales

La lista de materiales [3] (BOM, *por sus siglas en inglés*) es una descripción clara y precisa de la estructura de un determinado producto. Por lo general, una lista de materiales incluye:

- Las componentes que integran el producto.
- Las cantidades necesarias para la fabricación de una unidad de producto.
- La secuencia de montaje de los componentes.

A continuación se muestra la lista de materiales para cada uno de los 7 productos:



Figura 4.13: BOM de presentación de botella de 500 cc

Fuente: Elaborado por las autoras



Figura 4.14: BOM de presentación de funda de 1 gal.

Fuente: Elaborado por las autoras



Figura 4.15: BOM de presentación de funda de 600 cc

Fuente: Elaborado por las autoras

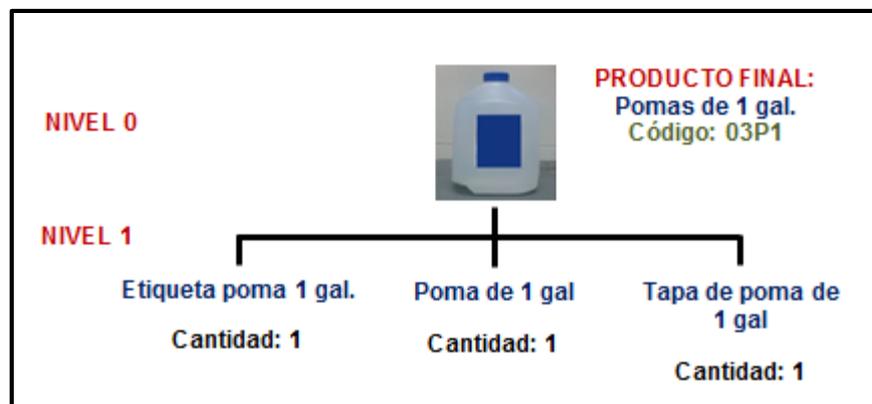


Figura 4.16: BOM de presentación de poma de 1 gal.

Fuente: Elaborado por las autoras

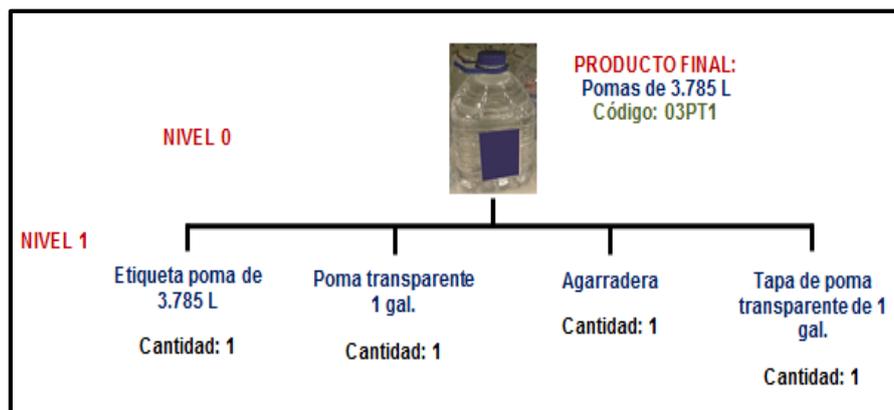


Figura 4.17: BOM de presentación de poma de 3.785 L

Fuente: Elaborado por las autoras

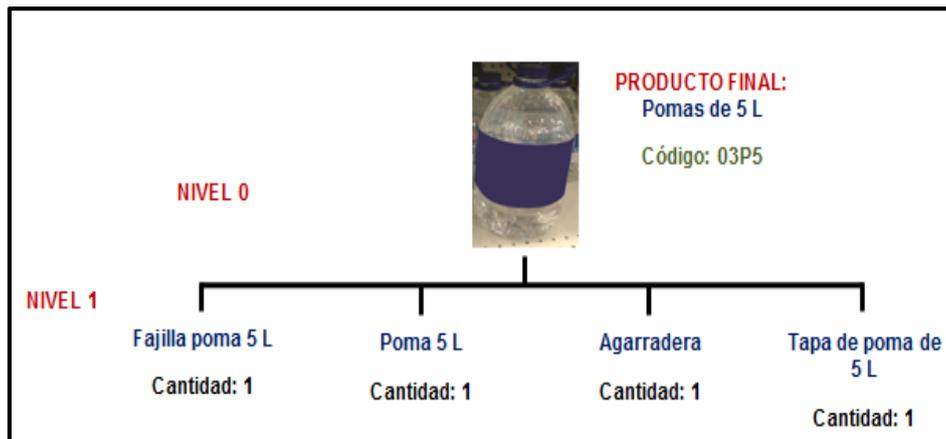


Figura 4.18: BOM de presentación de poma de 5 L

Fuente: Elaborado por las autoras

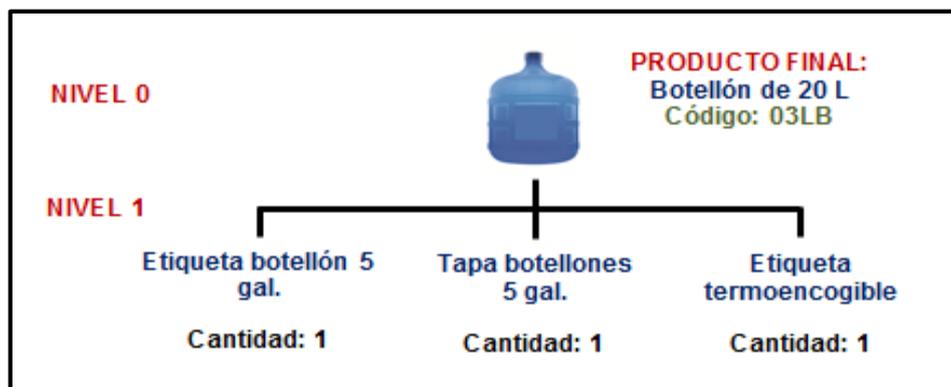


Figura 4.19: BOM de presentación de botellón de 20 L

Fuente: Elaborado por las autoras

4.6 Estado inicial de inventario

Los inventarios constituyen un importante factor en cualquier empresa, ya que son un conjunto de materiales que no se utilizan momentáneamente, pero que necesitan existir en función de las futuras necesidades en el momento indicado.

El estado inicial de inventario para producto terminado se refleja en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6: Estado inicial de inventario de producto terminado al 01 de enero de 2015

Inventario disponible de Producto Terminado al 01 de enero de 2015		
Código del producto	Descripción	Unidades almacenadas
03F1	PT FUNDAS DE 1 GALON	3,581
03F5	PT FUNDAS DE 500 cc	1,524
03LB	PT LIQUIDO BOTELLON	1,948
03P1	PT POMA DE 1 GALON	732
03P5	PT POMA DE 5 LT	70
03P10	PT POMA DE 2.5 GL (10 LT)	96
03B5	PT POMAS DE 500 cc	4,766
03PT1	PT POMA TRANS 1G (3.785 LT)	90

Fuente: Empresa APPSE

4.7 Líneas de producción

Cada línea de producción cuenta con un conjunto de máquinas y operadores que realizan una tarea a fin de elaborar un producto específico.

Existen tres productos que se realizan en la misma línea. El tiempo que tarda dicha línea en ser adecuada para fabricar otro producto es mínimo por lo que no se necesita de algún tipo de limpieza ni calibración de máquinas.

La forma en que se asignó cada producto a cada línea de producción se presenta en la tabla 4.7.

Tabla 4.7: Asignación de los productos a las líneas de producción

Asignación de los productos a las líneas de producción					
Código del producto	Líneas de producción				
	L1	L2	L3	L4	L5
03F1	X				
03F5		X			
03B5			X		
03P1				X	
03PT1				X	
03P5				X	
03LB					X

Fuente: Empresa APPSE

4.8 Requerimiento de mano de obra

Los operadores son la mano de obra que participa directamente en la fabricación de cada uno de los productos, la empresa cuenta con 13 operadores en el área de envasado, los cuales son distribuidos en las diferentes líneas de producción. La asignación de mano de obra se muestra en la tabla 4.8.

Tabla 4.8: *Requerimiento de mano de obra por línea de producción*

Requerimientos de mano de obra por línea de producción					
Código del producto	Líneas de producción				
	L1	L2	L3	L4	L5
03F1	2				
03F5		2			
03B5			4		
03P1				3	
03PT1				3	
03P5				2	
03LB					6

Fuente: *Empresa APPSE*

4.9 Identificación del cuello de botella en las líneas de producción

La mayoría de sistemas tienen múltiples operaciones y con frecuencia sus capacidades efectivas no son idénticas. De manera general, basado en la observación de las operaciones dentro del área productiva de la empresa, se determinó la estación de trabajo denominada cuello de botella, por ser la actividad que tiene la capacidad efectiva más baja entre todas las estaciones que conforman la línea y que, por lo tanto, limita la salida de productos del sistema. [1]

En la tabla 4.9 se muestra la estación cuello de botella para la línea de producción de cada producto:

Tabla 4.9: Cuellos de botella de las líneas de producción

<i>Línea de producción</i>	<i>Estación cuello de botella</i>	<i>Tasa de producción (unidades/hora)</i>
L1	Llenado	900
L2	Llenado	300
L3	Envasado	1200
L4	Envasado	400
L4	Llenado	300
L4	Llenado	240
L5	Llenado	720

Fuente: *Elaborado por las autoras*

4.10 Tasa de producción de cada producto

La tasa de producción de cada ítem es igual a la tasa de producción de la estación cuello de botella de cada línea, las cuales se muestran en la tabla 4.10.

Se debe aclarar que la estación de trabajo de colocación de fecha de caducidad y lote se descarta del proceso de producción porque esta actividad es desarrollada por el personal del área de bodega y no de producción.

Tabla 4.10: Tasa de producción de cada producto

Tasa de producción de cada producto	
<i>Código del producto</i>	<i>Tasa de producción (unidades/hora)</i>
03F1	900
03F5	300
03B5	1200
03P1	400
03PT1	300
03P5	240
03LB	720

Fuente: *Empresa APPSE*

4.11 Lead time de producción de cada producto

La obtención del tiempo que tarda en desarrollarse el proceso de fabricación de cada producto se basó en la observación. Por lo tanto, conociendo el tiempo que

suele tardar producir las demandas diarias de los clientes, se procedió a dividir la demanda diaria pronosticada para la tasa diaria observada de cada producto redondeándola a su entero mayor. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 4.11.

Tabla 4.11: *Lead time de producción de cada producto*

Código del producto	Lead time de producción (en días)
03F1	1
03F5	1
03B5	1
03P1	1
03PT1	1
03P5	1
03BL	1

Fuente: *Elaborado por las autoras*

4.12 Capacidad de almacenamiento de producto terminado

En el capítulo 2, se presentó un diseño de la bodega de producto terminado, la cual dividía el área en 4 partes, de las cuales 2 son destinadas para el almacenamiento de botellones con una capacidad máxima de 2000 unidades y las otras dos áreas para el resto de productos palletizados con una capacidad máxima de 27 pallets.

En la tabla 4.12 se presenta la cantidad de unidades de cada producto terminado que puede ser almacenado en cada pallet, respetando los niveles de estiba establecidos por la empresa para preservar el buen estado de sus envases.

Tabla 4.12: *Almacenamiento de productos terminados en pallets*

Almacenamiento de productos terminados en pallets	
Código del producto	Unidades/pallet
03F1	250
03F5	2000
03B5	1800
03P1	144
03PT1	96
03P5	120
03BL	0

Fuente: *Empresa APPSE*

4.13 Desarrollo de un modelo matemático MRPII

Para el planteamiento del modelo matemático para la planificación de recursos de manufactura se recurrió a crear un modelo de planificación de la producción con programación entera mixta (MIP) con la ayuda del software GAMS.

$$\text{Minimizar } Z = \left[\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^5 \sum_{t>1}^{313} X_{fin,t} + \sum_{i=1}^7 \sum_{t>1}^{313} S_{fin,t} \right] \quad (1.1)$$

$$X_{fin,t} \leq \text{tasa_producción}_{fin,j} * \sum_{j=1}^5 \sum_{h=1}^8 Y_{fin,j,h,t} \quad ; \forall fin, t > 1 \quad (1.2)$$

$$\sum_{i=1}^7 Y_{fin,j,h,t} \leq 1 \quad ; \forall j = 4, h, t > 1 \quad (1.3)$$

$$X_{fin,t-L(fin)} \geq (dem_{fin,t} - S_{fin,t-1}) \quad ; \forall fin, j, t > L_{fin} + 1 \quad (1.4)$$

$$S_{fin,t-1} + X_{fin,t-L(fin)} = S_{fin,t} + dem_{fin,t} \quad ; \forall fin, t > L_{fin} + 1 \quad (1.5)$$

$$S_{fin,t-1} = S_{fin,t} + dem_{fin,t} \quad ; \forall fin, t < L_{fin} + 2 \wedge t > 1 \quad (1.6)$$

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^5 (Y_{fin,j,h,t} * cant_ope_{fin,j}) \leq num_operadores \quad ; \forall h, t > 1 \quad (1.7)$$

$$\sum_{i=1}^6 (S_{fin,t} / CantidadUnd_pallet_{fin}) \leq CapMaxAlmacen \quad ; \forall t > 1 \quad (1.8)$$

$$S_{,03LB,t} \leq CapMaxAlmacen_{Botellones} \quad ; \forall t > 1 \quad (1.9)$$

$$S_{fin,t} \geq X_{fin,t-L(fin)} * stock_{seguridad} \quad ; \forall fin, t > L(fin) + 1 \quad (1.10)$$

$$S_{fin,0} = Inv_inipt_{fin} \quad ; \forall fin \quad (1.11)$$

$$X_{mp,t} = \sum_{i=1}^7 X_{fin,t} * req_{mp,fin} \quad ; \forall mp, t > 1 \quad (1.12)$$

$$X_{i,t} \in Z^+ \quad (1.13)$$

$$S_{fin,t} \in Z^+ \quad (1.14)$$

$$Y_{fin,j,t} \in \{0,1\} \quad (1.15)$$

A continuación se muestra el conjunto de índices, variables y parámetros que intervienen en el modelo mencionado:

4.13.1 Índices

i: productos, donde $i = 1,2,3, \dots, 28$

fin(i): producto final, donde $i = 1,2,3, \dots, 7$

mp(i): materia prima, donde $i = 8,9,10, \dots, 28$

j: líneas de producción, donde $j = 1,2,3,4,5$

h: horas trabajadas por día, donde $h = 1,2,3,4,5,6,7,8$

t: días, donde $t = 1,2,3, \dots, 313$

4.13.2 Variables

El modelo requiere de tres tipos de variables, por lo que se las ha clasificado de acuerdo de la siguiente manera:

4.13.2.1 Variables positivas

Z: función objetivo

4.13.2.2 Variables enteras

$X_{i,t}$: cantidad de producto *fin* a fabricarse en el día *t* y cantidad a requerir de *mp* en el día *t*

$S_{fin,t}$: inventario del producto *i* a finalizar el día *t*

4.13.2.3 Variables binarias

$Y_{fin,j,h,t} = \begin{cases} 1, & \text{si se fabrica el producto fin en la línea de producción j en la hora h del día t} \\ 0, & \text{caso contrario} \end{cases}$

4.13.3 Parámetros

num_operadores: número de operadores disponibles en la planta

CapMax_Almacen: número de pallets disponibles para almacenar producto terminado

CapMaxAlmacen_Botellones: capacidad disponible para almacenar botellones

stock_seguridad: porcentaje de stock de seguridad

$dem_{fin,t}$: demanda del producto fin en el día t

Inv_inip_{fin} : inventario inicial del producto terminado fin

$CantidadUnd_pallet_{fin}$: cantidad máxima de unidades del producto fin en un pallet

L_{fin} : lead time de producción del producto fin

$cant_ope_{fin,j}$: número de operadores necesarios para realizar el producto fin en la línea de producción j

$req_{mp,fin}$: cantidad a requerir de cada mp para fabricar un unidad de fin

4.13.4 Función Objetivo (1.1)

El objetivo principal del modelo MRPII planteado es minimizar la cantidad de unidades de producto terminado a fabricar y los niveles de inventario del mismo.

$$\text{Minimizar } Z = \left[\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^5 \sum_{t>1}^{313} X_{fin,t} + \sum_{i=1}^7 \sum_{t>1}^{313} S_{fin,t} \right]$$

4.13.5 Restricciones

Las restricciones permiten delimitar los recursos que posee un modelo matemático. Para el problema de estudio las restricciones a analizar son:

4.13.5.1 Capacidad de las líneas de producción (1.2)

Con esta restricción se podrá garantizar que la cantidad de unidades producidas por día en cada línea de producción no exceda la capacidad de la misma.

$$X_{fin,t} \leq \text{tasa_producción}_{fin,j} * \sum_{j=1}^5 \sum_{h=1}^8 Y_{fin,j,h,t} \quad ; \forall fin, t > 1$$

4.13.5.2 Asignación de un solo producto a cada línea de producción (1.3)

Esta restricción permite que en cada línea de producción se fabrique un solo producto a la vez en una hora específica, en el caso de que más de un tipo de producto pueda ser producido en una línea determinada.

$$\sum_{i=1}^7 Y_{fin,j,h,t} \leq 1 \quad ; \forall j = 4, h, t > 1$$

4.13.5.3 Conservación de flujo entre el inventario la cantidad a producir y la demanda a satisfacer de cada día $t > 1$ (1.4)

La cantidad de unidades que se van a producir en cada período debe satisfacer la demanda del día siguiente tomando en cuenta lo que se tiene en inventario del día anterior.

$$X_{fin,t-L(fin)} \geq (dem_{fin,t} - S_{fin,t-1}) \quad ; \forall fin, j, t > L_{fin} + 1$$

4.13.5.4 Inventario final $t > 1$ (1.5)

Determina la cantidad de inventario de producto terminado a almacenar al final del día t .

$$S_{fin,t-1} + X_{fin,t-L(fin)} = S_{fin,t} + dem_{fin,t} \quad ; \forall fin, t > L_{fin} + 1$$

4.13.5.5 Inventario final $t=1$ (1.6)

Determina la cantidad de inventario a guardar en el primer día tomando en cuenta que no existe cantidad producida en $t=0$.

$$S_{fin,t-1} = S_{fin,t} + dem_{fin,t} \quad ; \forall fin, t < L_{fin} + 2 \wedge t > 1$$

4.13.5.6 Disponibilidad de mano de obra (1.7)

Con esta restricción se garantiza que la suma de trabajadores necesarios en las líneas de producción no exceda la disponibilidad de operarios con los que cuenta la planta.

$$\sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^5 (Y_{fin,j,h,t} * cant_{ope_{fin,j}}) \leq num_{operadores} \quad ; \forall h, t > 1$$

4.13.5.7 Capacidad de almacenamiento (1.8)

Esta restricción permite que el número de pallets necesarios para almacenar el producto terminado no excedan la capacidad de almacenamiento en pallets de la bodega.

$$\sum_{i=1}^6 (S_{fin,t} / CantidadUnd_{pallet_{fin}}) \leq CapMax_{Almacen} \quad ; \forall t > 1$$

4.13.5.8 Capacidad de almacenamiento de botellones de 20 lts. (1.9)

Esta restricción permite que el número de botellones de 20 lts. a almacenar no excedan la capacidad de almacenamiento de botellones en la bodega.

$$S_{i03LB,t} \leq CapMaxAlmacen_Botellones \quad ; \forall t > 1$$

4.13.5.9 Stock de seguridad (1.10)

Con la aplicación de esta restricción se determina el nivel de inventario de seguridad que la empresa desea poseer al finalizar cada día, el nivel de stock será un porcentaje de la cantidad a producir diariamente.

$$S_{fin,t} \geq X_{fin,t-L(fin)} * stock_seguridad \quad ; \forall fin, t > L(fin) + 1$$

4.13.5.10 Inventario inicial (1.11)

Esta restricción establece el inventario inicial disponible para cada producto.

$$S_{fin,0} = Inv_inipt_{fin} \quad ; \forall fin$$

4.13.5.10 Requerimiento de materia prima (1.12)

Permite conocer la cantidad a requerir de cada materia prima para realizar la producción.

$$X_{mp,t} = \sum_{i=1}^7 X_{fin,t} * req_{mp,fin} \quad ; \forall mp, t > 1$$

4.13.6 Restricciones lógicas

4.13.6.1 Variables enteras (1.13 y 1.14)

Solo puede tomar valores enteros y positivos.

$$X_{i,t} \in Z^+$$

$$S_{fin,t} \in Z^+$$

4.13.6.1 Variables binarias (1.15)

Solo puede tomar valores binarios 0 y 1, donde 1 significa que se realiza una acción específica y 0 en caso contrario.

$$Y_{fin,j,t} \in \{0,1\}$$

4.14 Resolución del modelo MRPII

Como se mencionó con anterioridad se va a realizar la implementación del modelo matemático en el software GAMS, lo que nos ayudará a obtener resultados confiables y de vital importancia para la empresa en estudio, con el objetivo de saber: cantidad y momento adecuado en que se debe producir cada ítem, así como también se conocerá el requerimiento de materia prima con el que debe contarse para poder producir las cantidades resultantes. Adicionalmente permitirá llevar un mejor control sobre las cantidades en inventario de los productos terminados. Al final se realizará un análisis de comparación con la situación actual para emitir conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO 5

RESULTADOS OBTENIDOS

Luego de la implementación del modelo matemático MRPII previamente descrito en el capítulo 4 en el software GAMS se pudieron obtener resultados, los cuales servirán para que la empresa pueda llevar un determinado control de sus niveles de inventario de producto terminado, poder realizar una mejor planificación de la producción.

Tabla 5.1: Cantidades de unidades a producir para enero de 2015

Cantidad de unidades a producir de cada producto para enero de 2015																											
Código del producto	Días del mes																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
03F1	5,555	4,750	4,980	3,412	3,417	1,286	6,660	3,854	5,542	3,025	3,654	1,159	6,775	3,675	5,637	2,954	3,680	1,175	6,792	3,565	5,685	2,915	3,685	1,202	6,802	3,464	5,729
03F5	0	0	0	100	350	420	0	520	160	460	0	590	30	570	0	630	10	590	0	430	180	450	0	630	0	560	30
03B5	0	2,902	1,102	4,095	292	2,419	3,051	1,647	1,970	3,475	692	2,179	3,184	1,534	2,077	3,362	755	2,162	3,170	1,519	2,115	3,295	789	2,164	3,144	1,510	2,150
03P1	0	512	442	282	325	100	690	202	639	154	407	50	720	177	645	154	405	57	710	180	635	164	397	67	700	184	624
03PT1	4	89	15	94	6	52	60	50	44	70	22	46	62	47	45	69	23	45	64	44	49	62	29	44	62	44	49
03P5	14	110	59	12	92	49	65	72	82	34	94	19	60	94	59	18	100	45	59	69	92	22	92	22	70	89	57
03LB	3,140	589	2,484	2,930	1,037	1,972	2,610	1,225	2,202	3,025	1,025	1,940	2,654	1,174	2,239	3,002	1,030	1,940	2,647	1,175	2,250	2,989	1,030	1,939	2,642	1,175	2,262

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 5.2: Cantidades de unidades a producir para febrero de 2015

Cantidad de unidades a producir de cada producto para febrero de 2015																								
Código del producto	Días del mes																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
03F1	2,877	3,692	1,229	6,807	3,367	5,769	2,842	3,695	1,260	6,810	3,274	5,807	2,809	3,697	1,292	6,809	3,187	5,842	2,777	3,700	1,325	6,806	3,102	5,875
03F5	620	30	530	0	500	100	500	0	630	0	530	40	650	10	510	0	540	50	540	20	590	0	520	70
03B5	3,232	820	2,167	3,117	1,505	2,179	3,174	850	2,170	3,090	1,502	2,205	3,120	877	2,175	3,062	1,499	2,232	3,064	907	2,177	3,037	1,495	2,257
03P1	174	389	77	689	187	614	182	383	85	680	190	604	192	374	97	667	197	590	204	364	107	657	200	582
03PT1	60	30	45	60	44	50	57	32	45	60	42	50	57	32	47	57	44	50	55	34	47	55	44	50
03P5	25	104	37	55	74	90	15	93	27	74	80	65	29	102	30	57	77	85	12	95	32	72	75	74
03LB	2,975	1,034	1,935	2,640	1,172	2,275	2,962	1,035	1,935	2,635	1,172	2,285	2,950	1,035	1,935	2,630	1,170	2,299	2,934	1,039	1,932	2,627	1,169	2,309

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 5.3: *Requerimientos de materia prima para enero de 2015*

Requerimientos de materia prima para enero de 2015																											
Materia prima	Días del mes																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
funda1gl	5,555	4,750	4,980	3,412	3,417	1,286	6,660	3,854	5,542	3,025	3,654	1,159	6,775	3,675	5,637	2,954	3,680	1,175	6,792	3,565	5,685	2,915	3,685	1,202	6,802	3,464	5,729
funda600cc	0	0	0	100	350	420	0	520	160	460	0	590	30	570	0	630	10	590	0	430	180	450	0	630	0	560	30
fundaempaquetado	0	0	0	10	35	42	0	52	16	46	0	59	3	57	0	63	1	59	0	43	18	45	0	63	0	56	3
poma500cc	0	2,902	1,102	4,095	292	2,419	3,051	1,647	1,970	3,475	692	2,179	3,184	1,534	2,077	3,362	755	2,162	3,170	1,519	2,115	3,295	789	2,164	3,144	1,510	2,150
tapa500cc	0	2,902	1,102	4,095	292	2,419	3,051	1,647	1,970	3,475	692	2,179	3,184	1,534	2,077	3,362	755	2,162	3,170	1,519	2,115	3,295	789	2,164	3,144	1,510	2,150
fajilla500cc	0	2,902	1,102	4,095	292	2,419	3,051	1,647	1,970	3,475	692	2,179	3,184	1,534	2,077	3,362	755	2,162	3,170	1,519	2,115	3,295	789	2,164	3,144	1,510	2,150
poma1gl	0	512	442	282	325	100	690	202	639	154	407	50	720	177	645	154	405	57	710	180	635	164	397	67	700	184	624
tapa1gl	0	512	442	282	325	100	690	202	639	154	407	50	720	177	645	154	405	57	710	180	635	164	397	67	700	184	624
etiqueta1gl	0	512	442	282	325	100	690	202	639	154	407	50	720	177	645	154	405	57	710	180	635	164	397	67	700	184	624
poma3785	4	89	15	94	6	52	60	50	44	70	22	46	62	47	45	69	23	45	64	44	49	62	29	44	62	44	49
tapa3785-5	18	199	74	106	98	101	125	122	126	104	116	65	122	141	104	87	123	90	123	113	141	84	121	66	132	133	106
etiqueta3785	4	89	15	94	6	52	60	50	44	70	22	46	62	47	45	69	23	45	64	44	49	62	29	44	62	44	49
agarradera	18	199	74	106	98	101	125	122	126	104	116	65	122	141	104	87	123	90	123	113	141	84	121	66	132	133	106
poma5lt	14	110	59	12	92	49	65	72	82	34	94	19	60	94	59	18	100	45	59	69	92	22	92	22	70	89	57
fajilla5lt	14	110	59	12	92	49	65	72	82	34	94	19	60	94	59	18	100	45	59	69	92	22	92	22	70	89	57
etiqueta20lt	3,140	589	2,484	2,930	1,037	1,972	2,610	1,225	2,202	3,025	1,025	1,940	2,654	1,174	2,239	3,002	1,030	1,940	2,647	1,175	2,250	2,989	1,030	1,939	2,642	1,175	2,262
etiquetatermo20lt	3,140	589	2,484	2,930	1,037	1,972	2,610	1,225	2,202	3,025	1,025	1,940	2,654	1,174	2,239	3,002	1,030	1,940	2,647	1,175	2,250	2,989	1,030	1,939	2,642	1,175	2,262
tapa20lt	3,140	589	2,484	2,930	1,037	1,972	2,610	1,225	2,202	3,025	1,025	1,940	2,654	1,174	2,239	3,002	1,030	1,940	2,647	1,175	2,250	2,989	1,030	1,939	2,642	1,175	2,262
botellones20lt	3,140	589	2,484	2,930	1,037	1,972	2,610	1,225	2,202	3,025	1,025	1,940	2,654	1,174	2,239	3,002	1,030	1,940	2,647	1,175	2,250	2,989	1,030	1,939	2,642	1,175	2,262

Fuente: *Elaborado por las autoras*

Tabla 5.4: *Requerimientos de materia prima para febrero de 2015*

Requerimientos de materia prima para febrero de 2015																								
Materia prima	Días del mes																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
funda1gl	2,877	3,692	1,229	6,807	3,367	5,769	2,842	3,695	1,260	6,810	3,274	5,807	2,809	3,697	1,292	6,809	3,187	5,842	2,777	3,700	1,325	6,806	3,102	5,875
funda600cc	620	30	530	0	500	100	500	0	630	0	530	40	650	10	510	0	540	50	540	20	590	0	520	70
fundaempaque	62	3	53	0	50	10	50	0	63	0	53	4	65	1	51	0	54	5	54	2	59	0	52	7
poma500cc	3,232	820	2,167	3,117	1,505	2,179	3,174	850	2,170	3,090	1,502	2,205	3,120	877	2,175	3,062	1,499	2,232	3,064	907	2,177	3,037	1,495	2,257
tapa500cc	3,232	820	2,167	3,117	1,505	2,179	3,174	850	2,170	3,090	1,502	2,205	3,120	877	2,175	3,062	1,499	2,232	3,064	907	2,177	3,037	1,495	2,257
fajilla500cc	3,232	820	2,167	3,117	1,505	2,179	3,174	850	2,170	3,090	1,502	2,205	3,120	877	2,175	3,062	1,499	2,232	3,064	907	2,177	3,037	1,495	2,257
poma1gl	174	389	77	689	187	614	182	383	85	680	190	604	192	374	97	667	197	590	204	364	107	657	200	582
tapa1gl	174	389	77	689	187	614	182	383	85	680	190	604	192	374	97	667	197	590	204	364	107	657	200	582
etiqueta1gl	174	389	77	689	187	614	182	383	85	680	190	604	192	374	97	667	197	590	204	364	107	657	200	582
poma3785	60	30	45	60	44	50	57	32	45	60	42	50	57	32	47	57	44	50	55	34	47	55	44	50
tapa3785-5	85	134	82	115	118	140	72	125	72	134	122	115	86	134	77	114	121	135	67	129	79	127	119	124
etiqueta3785	60	30	45	60	44	50	57	32	45	60	42	50	57	32	47	57	44	50	55	34	47	55	44	50
agarradera	85	134	82	115	118	140	72	125	72	134	122	115	86	134	77	114	121	135	67	129	79	127	119	124
poma5lt	25	104	37	55	74	90	15	93	27	74	80	65	29	102	30	57	77	85	12	95	32	72	75	74
fajilla5lt	25	104	37	55	74	90	15	93	27	74	80	65	29	102	30	57	77	85	12	95	32	72	75	74
etiqueta20lt	2,975	1,034	1,935	2,640	1,172	2,275	2,962	1,035	1,935	2,635	1,172	2,285	2,950	1,035	1,935	2,630	1,170	2,299	2,934	1,039	1,932	2,627	1,169	2,309
etiquetatermo20lt	2,975	1,034	1,935	2,640	1,172	2,275	2,962	1,035	1,935	2,635	1,172	2,285	2,950	1,035	1,935	2,630	1,170	2,299	2,934	1,039	1,932	2,627	1,169	2,309
tapa20lt	2,975	1,034	1,935	2,640	1,172	2,275	2,962	1,035	1,935	2,635	1,172	2,285	2,950	1,035	1,935	2,630	1,170	2,299	2,934	1,039	1,932	2,627	1,169	2,309
botellones20lt	2,975	1,034	1,935	2,640	1,172	2,275	2,962	1,035	1,935	2,635	1,172	2,285	2,950	1,035	1,935	2,630	1,170	2,299	2,934	1,039	1,932	2,627	1,169	2,309

Fuente: *Elaborado por las autoras*

Tabla 5.5: Inventarios finales de producto terminado de enero de 2015

Inventarios finales de producto terminado - enero de 2015																											
Código del producto	Días del mes																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
03F1	1,244	2,222	1,900	1,992	1,365	1,367	515	2,664	1,542	2,217	1,210	1,462	464	2,710	1,470	2,255	1,182	1,472	471	2,717	1,426	2,274	1,166	1,474	481	2,721	1,386
03F5	1,148	905	525	317	41	154	168	6	210	80	186	40	238	21	231	13	253	35	236	70	172	79	183	28	254	9	226
03B5	3,317	478	1,161	441	1,638	117	968	1,221	659	788	1,390	277	872	1,274	614	831	1,345	302	865	1,268	608	846	1,318	316	866	1,258	604
03P1	549	92	205	177	113	130	40	276	81	256	62	163	20	288	71	258	62	162	23	284	72	254	66	159	27	280	74
03PT1	56	2	36	6	38	3	21	24	20	18	28	9	19	25	19	18	28	10	18	26	18	20	25	12	18	25	18
03P5	25	6	44	24	5	37	20	26	29	33	14	38	8	24	38	24	8	40	18	24	28	37	9	37	9	28	36
03LB	732	1,256	236	994	1,172	415	789	1,044	490	881	1,210	410	776	1,062	470	896	1,201	412	776	1,059	470	900	1,196	412	776	1,057	470

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 5.6: Inventarios finales de producto terminado de febrero de 2015

Inventarios finales de producto terminado - febrero de 2015																								
Código del producto	Días del mes																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
03F1	2,292	1,151	1,477	492	2,723	1,347	2,308	1,137	1,478	504	2,724	1,310	2,323	1,124	1,479	517	2,724	1,275	2,337	1,111	1,480	530	2,723	1,241
03F5	27	248	60	213	39	201	44	200	34	252	12	214	16	263	67	207	22	217	24	219	62	237	4	208
03B5	860	1,293	328	867	1,247	602	872	1,270	340	868	1,236	601	882	1,249	351	870	1,225	600	893	1,226	363	871	1,215	598
03P1	250	70	156	31	276	75	246	73	154	34	272	76	242	77	150	39	267	79	236	82	146	43	263	80
03PT1	20	24	12	18	24	18	21	23	13	18	24	17	20	23	13	19	23	18	20	22	14	19	22	18
03P5	23	10	42	15	22	30	36	6	38	11	30	32	26	12	41	12	23	31	34	5	38	13	29	30
03LB	905	1,190	414	774	1,056	469	910	1,185	414	774	1,054	469	914	1,180	414	774	1,052	468	920	1,174	416	773	1,051	468

Fuente: Elaborado por las autoras

Para efectos prácticos, sólo se presentan los resultados para enero y febrero del año 2015, ya que serán los meses que estarán sujetos a comparación con la situación actual. De modo que los resultados para los meses 10 meses restantes se mostrarán en la sección de Anexos.

5.1 Comparación de resultados con la situación actual

La comparación de la planificación de la producción obtenida con la planificación que actualmente realiza la empresa es de vital importancia, ya que de esta manera se asegura la factibilidad del desarrollo del proyecto, y a la vez se brinda a la empresa privada una opción que le permita mejorar sus operaciones productivas.

A continuación se muestran las tablas 5.7, 5.8 y 5.9 con las comparaciones mencionadas analizando enero del año 2015. De manera similar se realiza el mismo análisis para febrero en las tablas 5.10, 5.11 y 5.12.

Además para visualizar las comparaciones se adjuntan los gráficos correspondientes a cada tabla.

Tabla 5.7: *Pronósticos vs. Ventas reales de enero de 2015*

Pronósticos vs. Ventas reales - enero de 2015				
Código del producto	Descripción	Ventas reales	Pronósticos	% Error
03B5	BOTELLAS DE 500CC	56,428	58,766	-0.04143333
03F1	FUNDA DE 1GL	114,289	107,495	0.05944579
03F5	FUNDA DE 600CC	8,313	7,978	0.04029833
03LB	BOTELLON DE 20LT	52,150	53,543	-0.02671141
03P1	POMA DE 1GL	9,829	9,656	0.01760098
03P5	POMA DE 5LT	1,683	1,627	0.03327392
03PT1	POMA DE 3,785LT	1,336	1,313	0.01721557

Fuente: *Elaborado por las autoras*

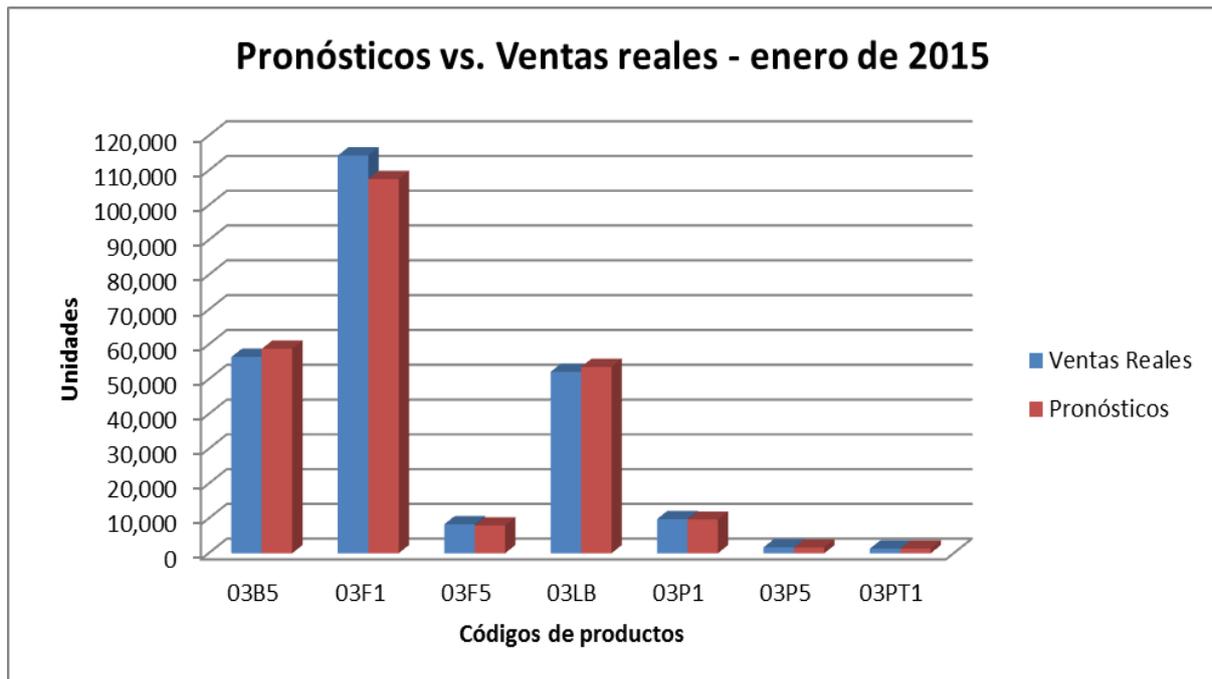


Figura 5.1: Gráfico de Pronóstico vs. Ventas reales correspondientes a enero del 2015

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 5.8: Inventarios finales por producto – Solución vs. Situación actual correspondiente a enero del 2015

Inventario final por producto : Solución vs. Situación actual - enero de 2015				
Código del producto	Descripción	Solución	Situación actual	% Mejora
03B5	BOTELLAS DE 500CC	604	1,246	0.515248796
03F1	FUNDA DE 1GL	1,386	2,150	0.355348837
03F5	FUNDA DE 600CC	226	2,576	0.912267081
03LB	BOTELLON DE 20LT	470	1,255	0.625498008
03P1	POMA DE 1GL	74	570	0.870175439
03P5	POMA DE 5LT	36	175	0.794285714
03PT1	POMA DE 3,785LT	18	15	-0.2
Promedio % mejora				0.553260554

Fuente: Elaborado por las autoras

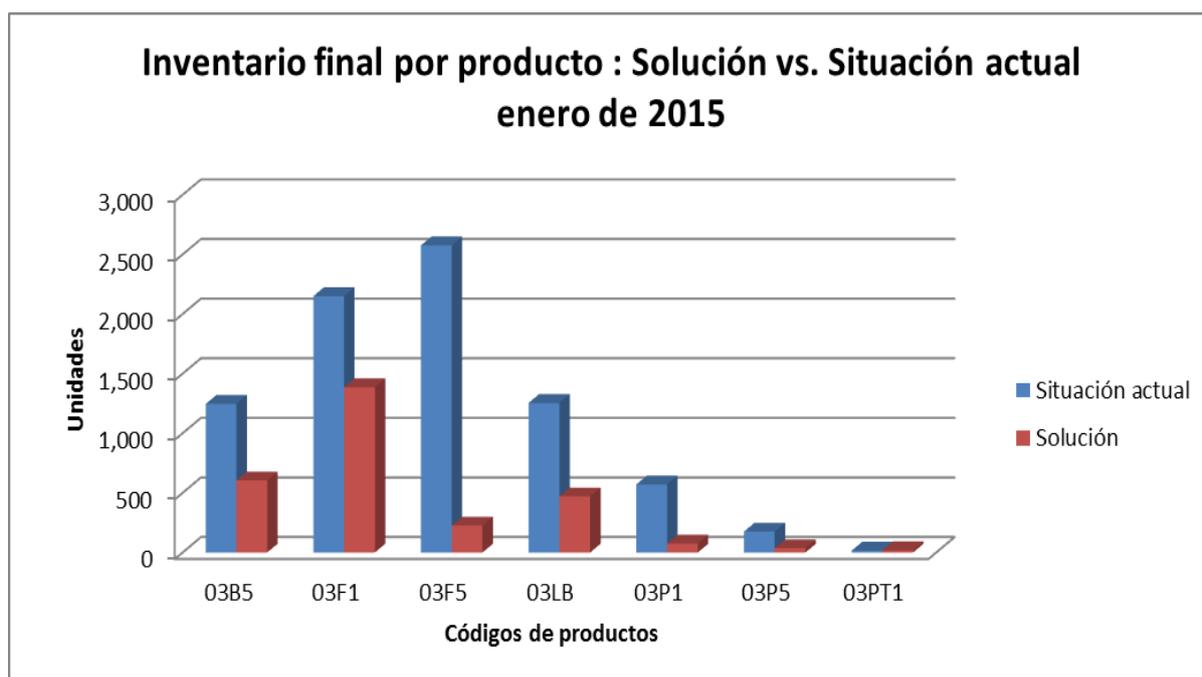


Figura 5.2: Niveles de inventarios finales – Solución vs. Situación actual correspondiente a enero de 2015

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 5.9: Cantidades de unidades a producir – Solución vs. Situación actual correspondiente a enero del 2015

Cantidad de unidades a producir: Solución vs. Situación inicial - enero de 2015				
Código del producto	Descripción	Solución	Situación actual	% Mejora
03B5	BOTELLAS DE 500CC	54,604	52,908	-0.03205564
03F1	FUNDA DE 1GL	105,300	112,858	0.06696911
03F5	FUNDA DE 600CC	6,680	9,365	0.28670582
03LB	BOTELLON DE 20LT	52,065	51,457	-0.01181569
03P1	POMA DE 1GL	8,998	9,667	0.06920451
03P5	POMA DE 5LT	1,593	1,788	0.1090604
03PT1	POMA DE 3,785LT	1,241	1,261	0.01586043
			Promedio % mejora	0.07198985

Fuente: Elaborado por las autoras

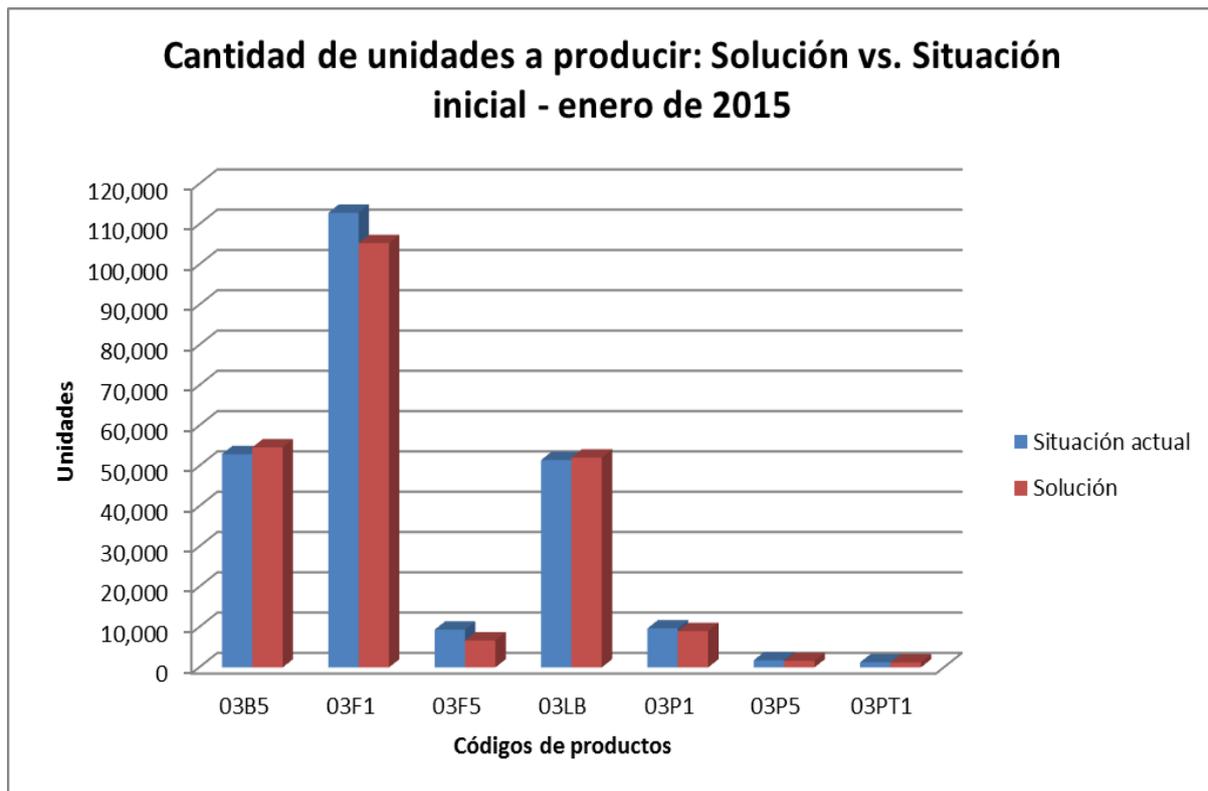


Figura 5.3: Cantidad de unidades a producir – Solución vs. Situación actual correspondiente a enero de 2015

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 5.10: Pronósticos vs. Ventas reales de febrero de 2015

Pronósticos vs. Ventas reales - febrero de 2015				
Código del producto	Descripción	Ventas reales	Pronósticos	% Error
03B5	BOTELLAS DE 500CC	54,195	51,812	0.04397085
03F1	FUNDA DE 1GL	91,198	94,649	-0.03784074
03F5	FUNDA DE 600CC	7,109	6,958	0.02124068
03LB	BOTELLON DE 20LT	45,832	48,039	-0.04815413
03P1	POMA DE 1GL	8,827	8,521	0.03466636
03P5	POMA DE 5LT	1,520	1,468	0.03421053
03PT1	POMA DE 3,785LT	1,691	1,146	0.3222945

Fuente: Elaborado por las autoras

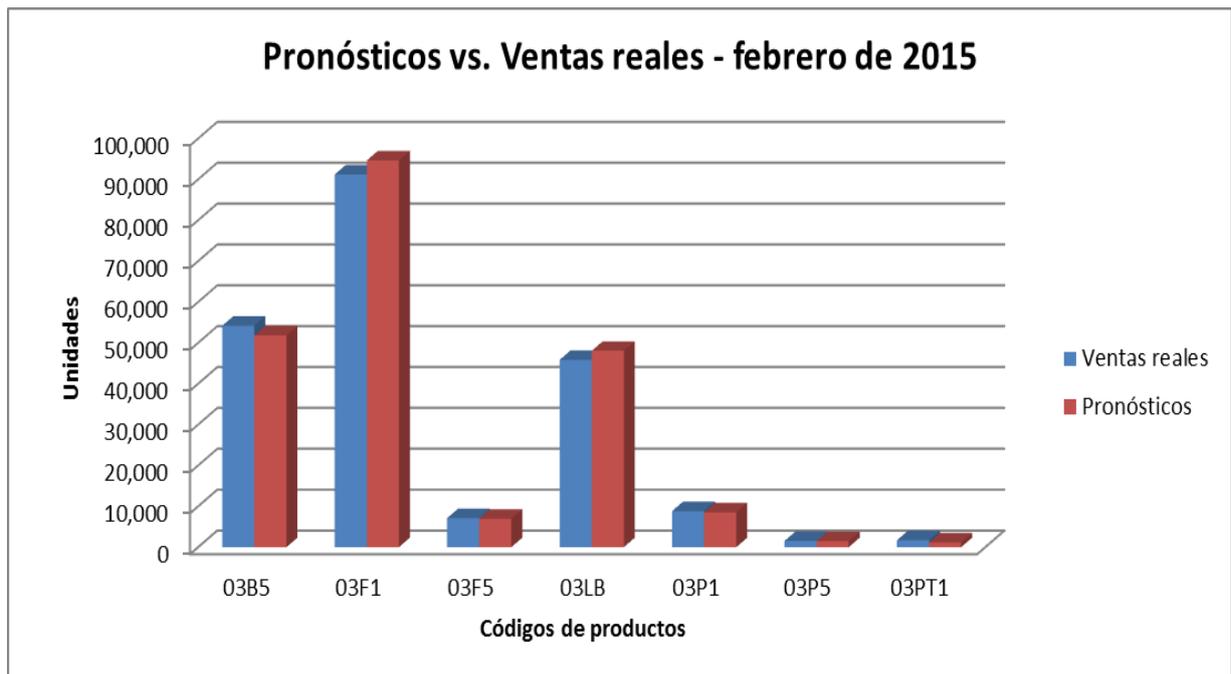


Figura 5.4: Gráfico de Pronóstico vs. Ventas reales correspondientes a febrero de 2015

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 5.11: Inventarios finales por producto – Solución vs. Situación actual correspondiente a febrero de 2015

Inventario final por producto : Solución vs. Situación actual - febrero de 2015				
Código del producto	Descripción	Solución	Situación actual	% Mejora
03B5	BOTELLAS DE 500CC	598	2,678	0.776699029
03F1	FUNDA DE 1GL	1,241	1,385	0.103971119
03F5	FUNDA DE 600CC	208	1,328	0.843373494
03LB	BOTELLON DE 20LT	468	1,152	0.59375
03P1	POMA DE 1GL	80	124	0.35483871
03P5	POMA DE 5LT	30	292	0.897260274
03PT1	POMA DE 3,785LT	18	32	0.4375
			Promedio % mejora	0.572484661

Fuente: Elaborado por las autoras

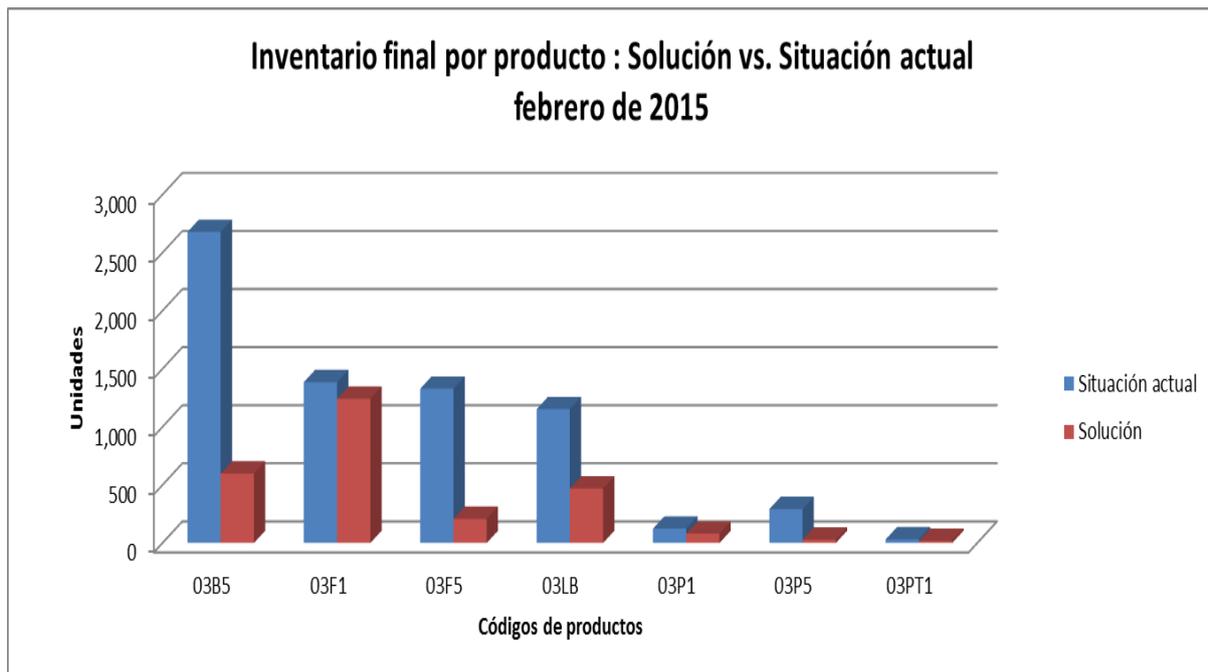


Figura 5.5: Niveles de inventarios finales – Solución vs. Situación actual correspondiente a febrero de 2015

Fuente: Elaborado por las autoras

Tabla 5.12: Cantidades de unidades a producir – Solución vs. Situación actual correspondiente a febrero de 2015

Cantidad de unidades a producir: Solución vs. Situación inicial - febrero de 2015				
Código del producto	Descripción	Solución	Situación actual	% Mejora
03B5	BOTELLAS DE 500CC	51,806	55,627	0.06868967
03F1	FUNDA DE 1GL	94,504	90,433	-0.04501675
03F5	FUNDA DE 600CC	6,940	5,861	-0.18409828
03LB	BOTELLON DE 20LT	48,037	45,729	-0.05047125
03P1	POMA DE 1GL	8,527	8,381	-0.01742036
03P5	POMA DE 5LT	1,462	1,637	0.10690287
03PT1	POMA DE 3,785LT	1,146	1,708	0.32903981
			Promedio % mejora	0.02966082

Fuente: Elaborado por las autoras

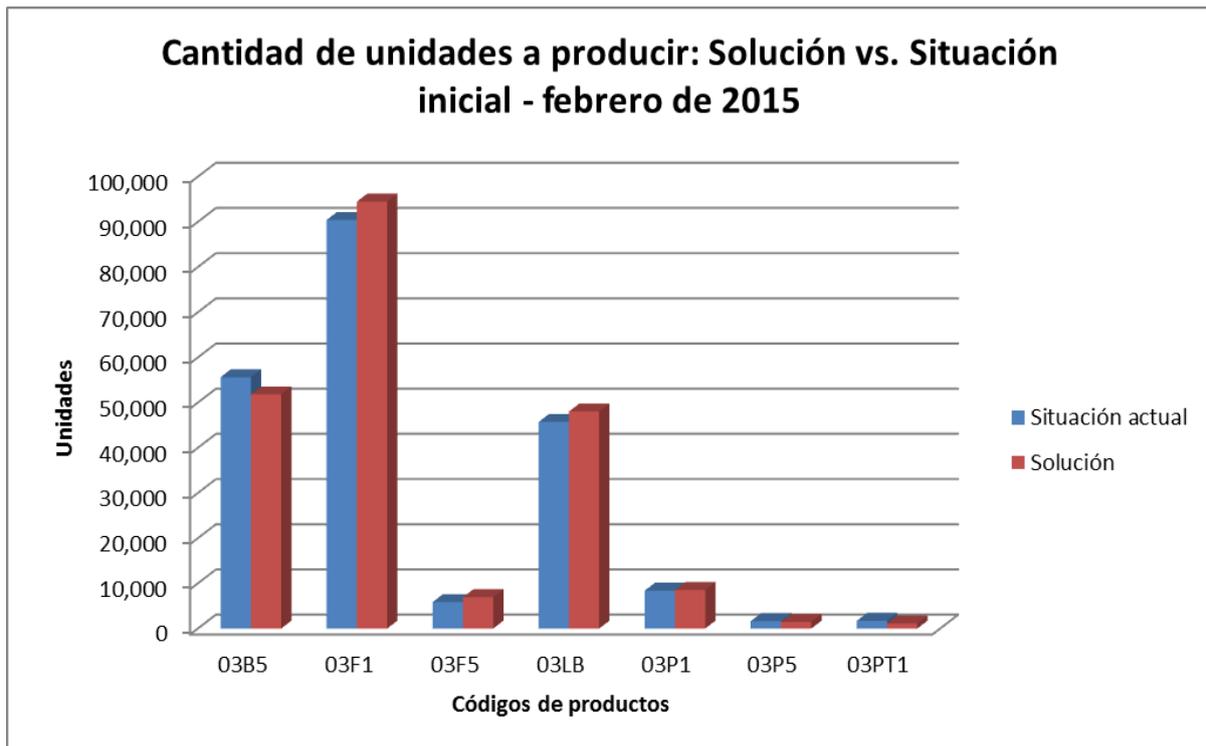


Figura 5.6: Cantidad de unidades a producir – Solución vs. Situación actual correspondiente a febrero de 2015

Fuente: Elaborado por las autoras

5.2 Análisis de los resultados

En las tablas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, y 5.6 se observan los resultados obtenidos con el modelo matemático desarrollado en el software GAMS. Por lo tanto se presenta esta solución como una alternativa para la empresa, por medio de la cual podrá tener una planificación más organizada y con mayor control sobre sus operaciones.

El modelo refleja resultados sobre la producción respondiendo a las interrogantes acerca de cuánto se debe producir, cuánto se va a almacenar al finalizar un período y qué cantidad de materia prima se va a requerir para realizar la producción.

Para la elaboración del modelo se consideraron datos sobre cómo se lleva a cabo la producción de la empresa de estudio, como por ejemplo, que la producción es diaria y que ésta se considera únicamente de lunes a sábado ya que los domingos no labora el personal; que puede producirse un mismo ítem varias veces en el mismo día; que la demanda de ciertos productos puede ser fabricada unas cuantas horas del día; que en el caso de los productos de baja rotación, existen tres productos que se realizan en la misma línea; que se considera un stock de seguridad del 40%; que

el horizonte de planificación es de un año, en el cual se consideran solo 313 días laborables (se omiten todos los domingos) en el año para realizar la producción.

Según los resultados obtenidos se puede apreciar que existen días en los que no se producen ciertos ítems, esto sucede porque hay suficiente producto disponible en inventario para satisfacer la demanda de los clientes. Además nos permite saber las horas específicas del día en las que se está fabricando un producto y a la vez cuántos operadores están desocupados, de tal manera que se pueda realizar una asignación de tareas de limpieza y mantenimiento con el personal que se encuentre disponible.

El stock de seguridad garantiza que se produzca un 40% más con respecto a las necesidades de demanda, con la finalidad de que estas cantidades sean almacenadas. Por lo tanto, como se trata de un problema de minimización de las cantidades a producir y almacenar, la brecha entre la solución obtenida con una óptima va a tender a crecer, por motivo de que el resultado óptimo sería que no se almacene producto alguno, y que se produzca únicamente para cumplir con la demanda. Pero este último criterio no es el adecuado, ya que haría que la empresa no esté en condiciones de satisfacer demandas imprevistas.

En lo que se refiere a los resultados sobre requerimientos de materia prima, existen requerimientos especiales como es el caso de las fundas para empacar, en los que se necesita 1 funda para empacar 10 fundas de 600cc y al ser la cantidad requerida por unidad un número decimal, se obliga a que la cantidad a producir de este producto en particular sea un múltiplo de 10, garantizando que la variable de requerimiento sea entera.

En las tablas 5.7 y 5.10 se muestra la comparación entre las ventas reales y el pronóstico de enero y febrero del año 2015 respectivamente, y el margen de error encontrado entre ambas. Nótese que para algunos productos, el pronóstico está por encima de las ventas reales y en otros por debajo. Estos desfases ocurren por la cantidad de datos proporcionada por la empresa, para realizar el pronóstico.

En las tablas 5.8 y 5.11 se presentan los niveles de inventario del producto terminado al final del último día de enero y febrero del año 2015 respectivamente, donde se compara la situación actual con la solución proporcionada por el software

GAMS. A partir de ello, se concluye que se logró una disminución notable en los niveles de inventarios de producto terminado.

Finalmente, en las tablas 5.9 y 5.12 se muestran la cantidad de unidades de producto terminado a producir correspondientes a enero y febrero del año 2015 respectivamente, tanto para la situación actual como para la solución obtenida y se observa una mejora mínima en algunos productos. Es decir, que a pesar de que la empresa produce actualmente una cantidad similar a la solución encontrada, la distribución de las cantidades de producción diaria es la que permite mantener inventarios con niveles más bajos. Por otro lado, no existe mejora alguna en otros productos porque sus pronósticos de la demanda están por debajo de las ventas reales.

Uno de los problemas más relevantes dentro de la empresa es la falta de espacio en el almacén de producto terminado específicamente en los meses de temporada alta, para lo que se suele utilizar el espacio destinado para pasillos. Para remediar dicho inconveniente, el modelo matemático implementado limita la capacidad de almacenamiento en 27 pallets, y se observó que para el año 2015, la bodega almacenaría como máximo 20 pallets diariamente, optimizando de esta manera el espacio disponible. De igual forma, se debe hacer énfasis en que este problema seguirá existiendo mientras no se lleve a cabo una mejor planificación de la producción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Los pronósticos de la demanda dependen de la cantidad y calidad de datos que proporcione la empresa, puesto que hubieron datos faltantes en algunos días. La ausencia de registro de ventas se específicamente a la falta de fabricación de la materia prima requerida por parte del proveedor, provocando errores de $\pm 0,05\%$. Este problema evidencia la alta relación de dependencia de la empresa con algunos proveedores.
2. Tras la implantación del modelo matemático MRPII se pudo verificar la posibilidad de disminución de los niveles de inventario de producto terminado hasta en un 0.56% en promedio con respecto a enero y febrero del 2015, de manera que se produzca lo necesario considerando el inventario anterior para la satisfacción de la demanda de los clientes.
3. Al lograr la disminución de los niveles de inventario, la empresa podría lograr una mejor administración de los espacios de la bodega, para evitar tener que incurrir en gastos en alquiler de bodega por falta de indisponibilidad de espacio.
4. La producción de cada producto no alcanza la tasa máxima por día, debido a la intervención de la restricción de mano de obra y también a que dicha tasa de producción de las estaciones de trabajo depende directamente de la cantidad de operadores y máquinas con las que cuenta la empresa.
5. A partir de los análisis se pudo verificar que los productos 03LB y 03F1 (botellones de 20 L y fundas de 1 gal. respectivamente) no son solo los productos de mayor rotación sino también los que le generan mayor utilidad a la empresa, y por tanto son los productos a los que la empresa debe poner mayor atención tratando de mejorar sus tasas de producción, puesto que cada año crece su demanda.

6. El hecho de contar con una planificación de la producción y requerimientos de la materia prima, exige a la empresa, la integración entre los departamentos de producción y abastecimiento, ya que éste primero provee las cantidades a producir y por consiguiente el requerimiento de materia prima, mientras que el segundo deberá encargarse de mantener en stock la materia prima necesaria para la elaboración del producto final.

Recomendaciones

1. Implantar el modelo para la planificación de la producción, puesto que se ha comprobado que aportará en la solución de varios problemas que afectan a la empresa actualmente y que a la larga podría ocasionar gastos innecesarios.
2. Contratar una persona especializada en temas referentes a pronósticos, pudiendo ésta dedicarse al estudio del comportamiento de la demanda mediante métodos más sistemáticos, lo que aportaría notablemente en la planificación de la producción.
3. Planificar reuniones periódicas para fomentar el trabajo en conjunto entre los departamentos de abastecimiento y producción, para evidenciar una producción más eficiente y así mantener o mejorar el nivel de servicio que brinda la empresa a sus clientes.
4. Invertir en la automatización de la línea de producción del producto 03F1 (fundas de 1 gal.), ya que el proceso de producción del mismo es limitado por ser manejado netamente de manera manual por los operadores. Se considera como un cambio importante por motivo de que tal producto es de alta rotación y con un continuo crecimiento en sus demandas, por lo que en un futuro se podría no llegar a satisfacer la demanda de los clientes.
5. Asignar las tareas a los operadores, organizar y distribuir las funciones que cada uno debe desempeñar no solo permitirá un mayor control de las operaciones sino también permitirá que cada uno pueda ser evaluado por cada tarea específica que realice.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **Krajewski, L., Ritzman, L., (2000).** *Administración de operaciones: estrategia y análisis.* Pearson educación, pp. 304.

- [2] **Quante, R., (2009).** *Management of Stochastic Demand in Make-to-Stock Manufacturing.* Peter Lang International Academic Publishers, pp. 26.

- [3] **Flores, M., (2013).** “*Propuesta de implementación de un MRPII para una planta de confecciones textiles*”. Retrieved from Repositorio digital de Tesis PUCP:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5025/FLORES_MARCO_PROPUESTA_IMPLEMENTACION_MRP_II_CONFECCIONES_TEXTILES.pdf?sequence=5

ANEXOS

ANEXO 1

RESULTADOS OBTENIDOS: CANTIDADES A PRODUCIR DE MARZO A DICIEMBRE DE 2015

<i>Cantidad de unidades a producir de cada producto para marzo de 2015</i>																										
<i>Código del producto</i>	<i>Días del mes</i>																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	2,747	3,702	1,357	6,800	3,024	5,904	2,720	3,702	1,392	6,792	2,949	5,930	2,695	3,700	1,429	6,780	2,877	5,957	2,670	3,697	1,465	6,769	2,809	5,979	2,645	3,699
03F5	620	0	520	20	530	40	550	50	550	10	510	80	610	0	510	10	570	0	590	10	600	0	470	150	520	0
03B5	3,010	937	2,179	3,012	1,492	2,280	2,960	964	2,182	2,987	1,490	2,302	2,910	992	2,184	2,962	1,489	2,322	2,864	1,017	2,189	2,935	1,490	2,340	2,819	1,044
03P1	210	360	115	647	204	572	219	352	124	637	209	562	229	345	134	628	210	555	234	340	140	620	215	545	242	335
03PT1	54	35	49	54	44	50	54	35	49	52	45	50	52	37	49	52	44	50	50	39	47	54	42	52	49	40
03P5	27	100	27	60	80	77	14	99	34	67	74	79	24	99	24	65	80	74	15	104	30	67	70	86	17	101
03LB	2,922	1,040	1,930	2,624	1,167	2,320	2,910	1,040	1,930	2,619	1,167	2,332	2,895	1,044	1,927	2,615	1,165	2,344	2,882	1,045	1,927	2,610	1,166	2,352	2,870	1,047

<i>Cantidad de unidades a producir de cada producto para abril de 2015</i>																										
<i>Código del producto</i>	<i>Días del mes</i>																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	1,499	6,757	2,742	6,002	2,620	3,697	1,535	6,742	2,680	6,022	2,599	3,694	1,572	6,724	2,622	6,039	2,579	3,692	1,610	6,705	2,567	6,055	2,560	3,689	1,647	6,685
03F5	560	0	570	0	590	0	610	0	460	150	510	0	570	0	570	10	580	0	610	0	460	110	560	0	540	30
03B5	2,189	2,914	1,487	2,360	2,772	1,070	2,192	2,889	1,489	2,374	2,732	1,095	2,194	2,865	1,490	2,389	2,690	1,120	2,194	2,844	1,489	2,402	2,652	1,144	2,195	2,822
03P1	149	609	219	535	250	329	155	602	223	527	257	324	162	594	224	522	260	322	167	587	227	514	267	315	175	579
03PT1	47	52	44	50	50	40	49	50	45	50	49	40	49	50	45	50	49	40	49	49	44	50	47	42	49	49
03P5	22	70	79	72	20	102	30	65	72	84	17	99	25	72	75	75	22	102	27	65	74	80	17	99	27	72
03LB	1,925	2,607	1,164	2,364	2,857	1,049	1,924	2,604	1,162	2,375	2,844	1,049	1,924	2,599	1,162	2,385	2,832	1,050	1,924	2,594	1,162	2,394	2,819	1,052	1,924	2,590

Cantidad de unidades a producir de cada producto para mayo de 2015																										
Código del producto	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	2,514	6,069	2,542	3,685	1,685	6,664	2,464	6,082	2,524	3,682	1,724	6,639	2,419	6,092	2,509	3,677	1,762	6,615	2,376	6,100	2,495	3,674	1,799	6,590	2,332	6,111
03F5	530	20	610	0	580	0	480	80	580	0	550	20	520	60	560	0	600	0	470	90	560	0	560	30	500	30
03B5	1,490	2,415	2,615	1,167	2,197	2,800	1,492	2,427	2,577	1,192	2,197	2,779	1,492	2,439	2,542	1,214	2,197	2,759	1,494	2,449	2,507	1,237	2,199	2,737	1,499	2,455
03P1	230	507	274	310	182	570	235	499	279	307	187	564	237	494	282	305	192	557	239	487	289	300	199	551	240	482
03PT1	44	51	45	45	47	50	44	50	47	44	47	50	44	51	45	45	47	49	44	50	47	44	47	49	44	49
03P5	72	77	22	100	27	65	75	79	15	102	27	70	72	79	20	102	24	69	74	78	17	102	27	70	70	82
03LB	1,162	2,404	2,807	1,054	1,922	2,587	1,160	2,416	2,792	1,057	1,920	2,584	1,159	2,424	2,781	1,057	1,920	2,580	1,159	2,434	2,769	1,059	1,919	2,575	1,160	2,442

Cantidad de unidades a producir de cada producto para junio de 2015																										
Código del producto	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	2,477	3,670	1,837	6,565	2,292	6,117	2,465	3,665	1,876	6,537	2,255	6,124	2,450	3,664	1,910	6,512	2,219	6,127	2,440	3,657	1,950	6,480	2,189	6,129	2,429	3,652
03F5	630	0	540	20	490	80	550	0	570	30	490	60	590	0	560	0	510	40	600	0	540	50	470	80	570	0
03B5	2,479	1,257	2,200	2,717	1,500	2,465	2,445	1,280	2,200	2,699	1,502	2,474	2,414	1,302	2,199	2,679	1,505	2,480	2,385	1,322	2,199	2,660	1,510	2,484	2,359	1,340
03P1	292	299	202	545	244	476	295	297	205	540	245	470	300	294	210	534	247	465	304	290	217	525	252	459	307	289
03PT1	45	45	47	49	44	49	45	45	47	49	44	49	45	45	47	49	44	49	45	45	47	49	44	49	45	47
03P5	19	100	25	70	74	77	19	102	27	69	70	82	17	102	24	72	70	79	19	102	25	70	70	82	17	102
03LB	2,757	1,060	1,920	2,572	1,159	2,450	2,745	1,064	1,917	2,570	1,157	2,462	2,730	1,067	1,915	2,567	1,155	2,472	2,719	1,067	1,917	2,562	1,157	2,479	2,707	1,069

Cantidad de unidades a producir de cada producto para julio de 2015																											
Código del producto	Días del mes																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
03F1	1,989	6,450	2,159	6,130	2,420	3,647	2,027	6,419	2,130	6,132	2,409	3,642	2,064	6,387	2,105	6,130	2,400	3,639	2,100	6,357	2,080	6,129	2,391	3,632	2,139	6,322	2,060
03F5	560	20	490	80	530	0	600	10	490	40	630	0	510	50	480	60	560	0	590	20	460	140	480	0	610	0	500
03B5	2,200	2,642	1,512	2,490	2,332	1,362	2,199	2,624	1,515	2,495	2,305	1,382	2,197	2,607	1,520	2,497	2,282	1,400	2,197	2,590	1,524	2,500	2,259	1,417	2,197	2,572	1,529
03P1	219	522	252	454	310	287	224	515	257	447	315	284	230	507	260	442	319	280	234	504	260	439	320	280	237	499	262
03PT1	45	49	44	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	46	45	49	45	47	48	45	47	47	47	45
03P5	24	74	69	80	19	102	24	72	69	80	17	103	24	74	67	82	17	104	22	74	67	82	15	104	24	74	67
03LB	1,915	2,559	1,155	2,489	2,694	1,070	1,915	2,555	1,157	2,495	2,684	1,072	1,915	2,552	1,155	2,505	2,670	1,075	1,914	2,547	1,155	2,512	2,659	1,075	1,915	2,544	1,155

Cantidad de unidades a producir de cada producto para agosto de 2015																										
Código del producto	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	6,125	2,385	3,627	2,175	6,290	2,039	6,120	2,379	3,622	2,212	6,255	2,020	6,117	2,370	3,619	2,248	6,220	2,004	6,110	2,365	3,614	2,284	6,187	1,987	6,104	2,359
03F5	20	620	0	540	50	450	80	580	0	540	60	450	70	570	0	570	30	460	80	570	0	550	50	450	50	610
03B5	2,502	2,237	1,435	2,197	2,556	1,532	2,505	2,215	1,454	2,195	2,540	1,537	2,505	2,195	1,470	2,195	2,524	1,542	2,507	2,174	1,487	2,194	2,509	1,547	2,507	2,155
03P1	435	324	277	240	495	264	430	327	276	242	490	267	425	330	275	247	485	269	420	334	272	250	480	270	419	333
03PT1	49	45	47	47	47	45	49	46	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47
03P5	82	17	104	23	72	69	80	17	104	22	75	65	84	15	104	22	75	67	80	19	102	24	74	65	84	15
03LB	2,520	2,647	1,079	1,912	2,542	1,155	2,529	2,634	1,080	1,914	2,537	1,155	2,535	2,624	1,082	1,912	2,535	1,155	2,544	2,610	1,085	1,912	2,532	1,154	2,550	2,600

<i>Cantidad de unidades a producir de cada producto para septiembre de 2015</i>																										
<i>Código del producto</i>	<i>Días del mes</i>																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	3,609	2,319	6,152	1,974	6,097	2,354	3,604	2,355	6,117	1,960	6,090	2,350	3,600	2,391	6,080	1,950	6,080	2,347	3,595	2,425	6,045	1,940	6,070	2,344	3,590	2,459
03F5	0	540	50	440	110	530	0	570	50	450	60	590	0	550	50	440	60	600	0	530	80	420	70	590	0	550
03B5	1,504	2,192	2,494	1,552	2,507	2,137	1,520	2,190	2,480	1,557	2,505	2,122	1,534	2,190	2,465	1,562	2,505	2,104	1,551	2,187	2,452	1,565	2,505	2,087	1,565	2,187
03P1	272	252	477	270	415	335	272	255	474	272	412	337	272	257	469	274	407	340	270	260	465	277	404	340	270	262
03PT1	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	48	45	47	47
03P5	105	22	75	65	82	17	104	22	75	65	84	15	105	22	75	65	82	17	104	20	77	64	82	17	104	22
03LB	1,087	1,912	2,529	1,154	2,560	2,585	1,090	1,910	2,525	1,155	2,565	2,577	1,090	1,912	2,520	1,155	2,572	2,565	1,092	1,910	2,519	1,154	2,579	2,554	1,094	1,910

<i>Cantidad de unidades a producir de cada producto para octubre de 2015</i>																											
<i>Código del producto</i>	<i>Días del mes</i>																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
03F1	6,009	1,932	6,060	2,340	3,587	2,492	5,974	1,924	6,049	2,337	3,582	2,525	5,939	1,918	6,037	2,335	3,579	2,557	5,902	1,912	6,027	2,332	3,575	2,590	5,866	1,907	6,015
03F5	60	420	70	600	0	530	80	410	110	540	0	570	50	430	80	570	0	550	70	420	80	580	0	540	70	420	60
03B5	2,437	1,572	2,502	2,074	1,579	2,185	2,425	1,577	2,500	2,059	1,594	2,184	2,410	1,584	2,495	2,047	1,607	2,182	2,399	1,587	2,495	2,032	1,620	2,182	2,385	1,595	2,490
03P1	462	277	402	342	269	264	457	279	397	345	269	265	455	280	395	345	269	269	450	282	392	347	267	272	447	284	389
03PT1	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	46	47	45	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49
03P5	75	65	82	17	104	20	77	64	82	17	104	20	79	62	84	15	105	20	79	62	84	15	105	20	79	60	85
03LB	2,515	1,155	2,587	2,542	1,097	1,910	2,512	1,155	2,594	2,530	1,099	1,910	2,509	1,154	2,600	2,520	1,100	1,910	2,507	1,154	2,607	2,509	1,102	1,911	2,502	1,155	2,612

Cantidad de unidades a producir de cada producto para noviembre de 2015																									
Código del producto	Días del mes																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
03F1	2,330	3,572	2,620	5,830	1,905	6,002	2,329	3,569	2,652	5,792	1,905	5,987	2,329	3,564	2,684	5,755	1,905	5,973	2,327	3,562	2,714	5,719	1,904	5,960	2,325
03F5	600	0	540	80	400	110	540	0	560	80	390	100	560	0	550	90	390	80	590	0	530	90	400	90	560
03B5	2,022	1,632	2,180	2,374	1,599	2,489	2,007	1,647	2,177	2,362	1,605	2,485	1,997	1,659	2,175	2,350	1,610	2,482	1,985	1,672	2,172	2,340	1,615	2,477	1,977
03P1	347	267	274	444	284	387	349	267	275	440	287	384	350	267	277	437	287	382	350	268	277	435	289	379	352
03PT1	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44
03P5	15	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15
03LB	2,499	1,104	1,910	2,500	1,155	2,619	2,485	1,107	1,910	2,497	1,155	2,625	2,475	1,109	1,910	2,494	1,155	2,632	2,464	1,111	1,910	2,490	1,157	2,635	2,455

Cantidad de unidades a producir de cada producto para diciembre de 2015																											
Código del producto	Días del mes																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
03F1	3,560	2,742	5,684	1,904	5,944	2,327	3,555	2,772	5,647	1,907	5,927	2,329	3,552	2,802	5,610	1,910	5,912	2,329	3,550	2,829	5,575	1,912	5,897	2,329	5,261	0	0
03F5	0	550	90	380	100	570	0	540	100	380	120	520	0	580	70	390	100	560	0	550	90	380	90	580	300	30	0
03B5	1,682	2,172	2,327	1,622	2,472	1,967	1,694	2,169	2,317	1,629	2,467	1,959	1,704	2,167	2,307	1,634	2,462	1,950	1,715	2,165	2,297	1,639	2,459	1,940	3,024	0	0
03P1	267	280	432	289	377	352	267	280	430	290	375	354	265	284	426	291	372	356	265	285	424	292	370	355	438	0	0
03PT1	47	47	47	45	49	45	46	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	75	0	0
03P5	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15	105	20	80	60	85	15	105	20	80	60	85	15	116	0	0
03LB	1,112	1,912	2,485	1,159	2,640	2,445	1,114	1,912	2,484	1,157	2,647	2,434	1,115	1,912	2,480	1,159	2,652	2,422	1,119	1,910	2,479	1,157	2,659	2,410	2,268	0	0

ANEXO 2

RESULTADOS OBTENIDOS: REQUERIMIENTOS DE MATERIA PRIMA DE MARZO A DICIEMBRE DE 2015

Requerimientos de materia prima para marzo de 2015																										
Materia prima	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
funda1gl	2,747	3,702	1,357	6,800	3,024	5,904	2,720	3,702	1,392	6,792	2,949	5,930	2,695	3,700	1,429	6,780	2,877	5,957	2,670	3,697	1,465	6,769	2,809	5,979	2,645	3,699
funda600cc	620	0	520	20	530	40	550	50	550	10	510	80	610	0	510	10	570	0	590	10	600	0	470	150	520	0
fundaempaque	62	0	52	2	53	4	55	5	55	1	51	8	61	0	51	1	57	0	59	1	60	0	47	15	52	0
poma500cc	3,010	937	2,179	3,012	1,492	2,280	2,960	964	2,182	2,987	1,490	2,302	2,910	992	2,184	2,962	1,489	2,322	2,864	1,017	2,189	2,935	1,490	2,340	2,819	1,044
tapa500cc	3,010	937	2,179	3,012	1,492	2,280	2,960	964	2,182	2,987	1,490	2,302	2,910	992	2,184	2,962	1,489	2,322	2,864	1,017	2,189	2,935	1,490	2,340	2,819	1,044
fajilla500cc	3,010	937	2,179	3,012	1,492	2,280	2,960	964	2,182	2,987	1,490	2,302	2,910	992	2,184	2,962	1,489	2,322	2,864	1,017	2,189	2,935	1,490	2,340	2,819	1,044
poma1gl	210	360	115	647	204	572	219	352	124	637	209	562	229	345	134	628	210	555	234	340	140	620	215	545	242	335
tapa1gl	210	360	115	647	204	572	219	352	124	637	209	562	229	345	134	628	210	555	234	340	140	620	215	545	242	335
etiqueta1gl	210	360	115	647	204	572	219	352	124	637	209	562	229	345	134	628	210	555	234	340	140	620	215	545	242	335
poma3785	54	35	49	54	44	50	54	35	49	52	45	50	52	37	49	52	44	50	50	39	47	54	42	52	49	40
tapa3785-5	81	135	76	114	124	127	68	134	83	119	119	129	76	136	73	117	124	124	65	143	77	121	112	138	66	141
etiqueta3785	54	35	49	54	44	50	54	35	49	52	45	50	52	37	49	52	44	50	50	39	47	54	42	52	49	40
agarradera	81	135	76	114	124	127	68	134	83	119	119	129	76	136	73	117	124	124	65	143	77	121	112	138	66	141
poma5lt	27	100	27	60	80	77	14	99	34	67	74	79	24	99	24	65	80	74	15	104	30	67	70	86	17	101
fajilla5lt	27	100	27	60	80	77	14	99	34	67	74	79	24	99	24	65	80	74	15	104	30	67	70	86	17	101
etiqueta20lt	2,922	1,040	1,930	2,624	1,167	2,320	2,910	1,040	1,930	2,619	1,167	2,332	2,895	1,044	1,927	2,615	1,165	2,344	2,882	1,045	1,927	2,610	1,166	2,352	2,870	1,047
etiquetatermo20lt	2,922	1,040	1,930	2,624	1,167	2,320	2,910	1,040	1,930	2,619	1,167	2,332	2,895	1,044	1,927	2,615	1,165	2,344	2,882	1,045	1,927	2,610	1,166	2,352	2,870	1,047
tapa20lt	2,922	1,040	1,930	2,624	1,167	2,320	2,910	1,040	1,930	2,619	1,167	2,332	2,895	1,044	1,927	2,615	1,165	2,344	2,882	1,045	1,927	2,610	1,166	2,352	2,870	1,047
botellones20lt	2,922	1,040	1,930	2,624	1,167	2,320	2,910	1,040	1,930	2,619	1,167	2,332	2,895	1,044	1,927	2,615	1,165	2,344	2,882	1,045	1,927	2,610	1,166	2,352	2,870	1,047

Requerimientos de materia prima para abril de 2015																										
Materia prima	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
funda1gl	1,499	6,757	2,742	6,002	2,620	3,697	1,535	6,742	2,680	6,022	2,599	3,694	1,572	6,724	2,622	6,039	2,579	3,692	1,610	6,705	2,567	6,055	2,560	3,689	1,647	6,685
funda600cc	560	0	570	0	590	0	610	0	460	150	510	0	570	0	570	10	580	0	610	0	460	110	560	0	540	30
fundaempaque	56	0	57	0	59	0	61	0	46	15	51	0	57	0	57	1	58	0	61	0	46	11	56	0	54	3
poma500cc	2,189	2,914	1,487	2,360	2,772	1,070	2,192	2,889	1,489	2,374	2,732	1,095	2,194	2,865	1,490	2,389	2,690	1,120	2,194	2,844	1,489	2,402	2,652	1,144	2,195	2,822
tapa500cc	2,189	2,914	1,487	2,360	2,772	1,070	2,192	2,889	1,489	2,374	2,732	1,095	2,194	2,865	1,490	2,389	2,690	1,120	2,194	2,844	1,489	2,402	2,652	1,144	2,195	2,822
fajilla500cc	2,189	2,914	1,487	2,360	2,772	1,070	2,192	2,889	1,489	2,374	2,732	1,095	2,194	2,865	1,490	2,389	2,690	1,120	2,194	2,844	1,489	2,402	2,652	1,144	2,195	2,822
poma1gl	149	609	219	535	250	329	155	602	223	527	257	324	162	594	224	522	260	322	167	587	227	514	267	315	175	579
tapa1gl	149	609	219	535	250	329	155	602	223	527	257	324	162	594	224	522	260	322	167	587	227	514	267	315	175	579
etiqueta1gl	149	609	219	535	250	329	155	602	223	527	257	324	162	594	224	522	260	322	167	587	227	514	267	315	175	579
poma3785	47	52	44	50	50	40	49	50	45	50	49	40	49	50	45	50	49	40	49	49	44	50	47	42	49	49
tapa3785-5	69	122	123	122	70	142	79	115	117	134	66	139	74	122	120	125	71	142	76	114	118	130	64	141	76	121
etiqueta3785	47	52	44	50	50	40	49	50	45	50	49	40	49	50	45	50	49	40	49	49	44	50	47	42	49	49
agarradera	69	122	123	122	70	142	79	115	117	134	66	139	74	122	120	125	71	142	76	114	118	130	64	141	76	121
poma5lt	22	70	79	72	20	102	30	65	72	84	17	99	25	72	75	75	22	102	27	65	74	80	17	99	27	72
fajilla5lt	22	70	79	72	20	102	30	65	72	84	17	99	25	72	75	75	22	102	27	65	74	80	17	99	27	72
etiqueta20lt	1,925	2,607	1,164	2,364	2,857	1,049	1,924	2,604	1,162	2,375	2,844	1,049	1,924	2,599	1,162	2,385	2,832	1,050	1,924	2,594	1,162	2,394	2,819	1,052	1,924	2,590
etiquetatermo20lt	1,925	2,607	1,164	2,364	2,857	1,049	1,924	2,604	1,162	2,375	2,844	1,049	1,924	2,599	1,162	2,385	2,832	1,050	1,924	2,594	1,162	2,394	2,819	1,052	1,924	2,590
tapa20lt	1,925	2,607	1,164	2,364	2,857	1,049	1,924	2,604	1,162	2,375	2,844	1,049	1,924	2,599	1,162	2,385	2,832	1,050	1,924	2,594	1,162	2,394	2,819	1,052	1,924	2,590
botellones20lt	1,925	2,607	1,164	2,364	2,857	1,049	1,924	2,604	1,162	2,375	2,844	1,049	1,924	2,599	1,162	2,385	2,832	1,050	1,924	2,594	1,162	2,394	2,819	1,052	1,924	2,590

Requerimientos de materia prima para mayo de 2015																										
Materia prima	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
funda1gl	2,514	6,069	2,542	3,685	1,685	6,664	2,464	6,082	2,524	3,682	1,724	6,639	2,419	6,092	2,509	3,677	1,762	6,615	2,376	6,100	2,495	3,674	1,799	6,590	2,332	6,111
funda600cc	530	20	610	0	580	0	480	80	580	0	550	20	520	60	560	0	600	0	470	90	560	0	560	30	500	30
fundaempaque	53	2	61	0	58	0	48	8	58	0	55	2	52	6	56	0	60	0	47	9	56	0	56	3	50	3
poma500cc	1,490	2,415	2,615	1,167	2,197	2,800	1,492	2,427	2,577	1,192	2,197	2,779	1,492	2,439	2,542	1,214	2,197	2,759	1,494	2,449	2,507	1,237	2,199	2,737	1,499	2,455
tapa500cc	1,490	2,415	2,615	1,167	2,197	2,800	1,492	2,427	2,577	1,192	2,197	2,779	1,492	2,439	2,542	1,214	2,197	2,759	1,494	2,449	2,507	1,237	2,199	2,737	1,499	2,455
fajilla500cc	1,490	2,415	2,615	1,167	2,197	2,800	1,492	2,427	2,577	1,192	2,197	2,779	1,492	2,439	2,542	1,214	2,197	2,759	1,494	2,449	2,507	1,237	2,199	2,737	1,499	2,455
poma1gl	230	507	274	310	182	570	235	499	279	307	187	564	237	494	282	305	192	557	239	487	289	300	199	551	240	482
tapa1gl	230	507	274	310	182	570	235	499	279	307	187	564	237	494	282	305	192	557	239	487	289	300	199	551	240	482
etiqueta1gl	230	507	274	310	182	570	235	499	279	307	187	564	237	494	282	305	192	557	239	487	289	300	199	551	240	482
poma3785	44	51	45	45	47	50	44	50	47	44	47	50	44	51	45	45	47	49	44	50	47	44	47	49	44	49
tapa3785-5	116	128	67	145	74	115	119	129	62	146	74	120	116	130	65	147	71	118	118	128	64	146	74	119	114	131
etiqueta3785	44	51	45	45	47	50	44	50	47	44	47	50	44	51	45	45	47	49	44	50	47	44	47	49	44	49
agarradera	116	128	67	145	74	115	119	129	62	146	74	120	116	130	65	147	71	118	118	128	64	146	74	119	114	131
poma5lt	72	77	22	100	27	65	75	79	15	102	27	70	72	79	20	102	24	69	74	78	17	102	27	70	70	82
fajilla5lt	72	77	22	100	27	65	75	79	15	102	27	70	72	79	20	102	24	69	74	78	17	102	27	70	70	82
etiqueta20lt	1,162	2,404	2,807	1,054	1,922	2,587	1,160	2,416	2,792	1,057	1,920	2,584	1,159	2,424	2,781	1,057	1,920	2,580	1,159	2,434	2,769	1,059	1,919	2,575	1,160	2,442
etiquetatermo20lt	1,162	2,404	2,807	1,054	1,922	2,587	1,160	2,416	2,792	1,057	1,920	2,584	1,159	2,424	2,781	1,057	1,920	2,580	1,159	2,434	2,769	1,059	1,919	2,575	1,160	2,442
tapa20lt	1,162	2,404	2,807	1,054	1,922	2,587	1,160	2,416	2,792	1,057	1,920	2,584	1,159	2,424	2,781	1,057	1,920	2,580	1,159	2,434	2,769	1,059	1,919	2,575	1,160	2,442
botellones20lt	1,162	2,404	2,807	1,054	1,922	2,587	1,160	2,416	2,792	1,057	1,920	2,584	1,159	2,424	2,781	1,057	1,920	2,580	1,159	2,434	2,769	1,059	1,919	2,575	1,160	2,442

Requerimientos de materia prima para junio de 2015																										
Materia prima	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
funda1gl	2,477	3,670	1,837	6,565	2,292	6,117	2,465	3,665	1,876	6,537	2,255	6,124	2,450	3,664	1,910	6,512	2,219	6,127	2,440	3,657	1,950	6,480	2,189	6,129	2,429	3,652
funda600cc	630	0	540	20	490	80	550	0	570	30	490	60	590	0	560	0	510	40	600	0	540	50	470	80	570	0
fundaempaque	63	0	54	2	49	8	55	0	57	3	49	6	59	0	56	0	51	4	60	0	54	5	47	8	57	0
poma500cc	2,479	1,257	2,200	2,717	1,500	2,465	2,445	1,280	2,200	2,699	1,502	2,474	2,414	1,302	2,199	2,679	1,505	2,480	2,385	1,322	2,199	2,660	1,510	2,484	2,359	1,340
tapa500cc	2,479	1,257	2,200	2,717	1,500	2,465	2,445	1,280	2,200	2,699	1,502	2,474	2,414	1,302	2,199	2,679	1,505	2,480	2,385	1,322	2,199	2,660	1,510	2,484	2,359	1,340
fajilla500cc	2,479	1,257	2,200	2,717	1,500	2,465	2,445	1,280	2,200	2,699	1,502	2,474	2,414	1,302	2,199	2,679	1,505	2,480	2,385	1,322	2,199	2,660	1,510	2,484	2,359	1,340
poma1gl	292	299	202	545	244	476	295	297	205	540	245	470	300	294	210	534	247	465	304	290	217	525	252	459	307	289
tapa1gl	292	299	202	545	244	476	295	297	205	540	245	470	300	294	210	534	247	465	304	290	217	525	252	459	307	289
etiqueta1gl	292	299	202	545	244	476	295	297	205	540	245	470	300	294	210	534	247	465	304	290	217	525	252	459	307	289
poma3785	45	45	47	49	44	49	45	45	47	49	44	49	45	45	47	49	44	49	45	45	47	49	44	49	45	47
tapa3785-5	64	145	72	119	118	126	64	147	74	118	114	131	62	147	71	121	114	128	64	147	72	119	114	131	62	149
etiqueta3785	45	45	47	49	44	49	45	45	47	49	44	49	45	45	47	49	44	49	45	45	47	49	44	49	45	47
agarradera	64	145	72	119	118	126	64	147	74	118	114	131	62	147	71	121	114	128	64	147	72	119	114	131	62	149
poma5lt	19	100	25	70	74	77	19	102	27	69	70	82	17	102	24	72	70	79	19	102	25	70	70	82	17	102
fajilla5lt	19	100	25	70	74	77	19	102	27	69	70	82	17	102	24	72	70	79	19	102	25	70	70	82	17	102
etiqueta20lt	2,757	1,060	1,920	2,572	1,159	2,450	2,745	1,064	1,917	2,570	1,157	2,462	2,730	1,067	1,915	2,567	1,155	2,472	2,719	1,067	1,917	2,562	1,157	2,479	2,707	1,069
etiquetatermo20lt	2,757	1,060	1,920	2,572	1,159	2,450	2,745	1,064	1,917	2,570	1,157	2,462	2,730	1,067	1,915	2,567	1,155	2,472	2,719	1,067	1,917	2,562	1,157	2,479	2,707	1,069
tapa20lt	2,757	1,060	1,920	2,572	1,159	2,450	2,745	1,064	1,917	2,570	1,157	2,462	2,730	1,067	1,915	2,567	1,155	2,472	2,719	1,067	1,917	2,562	1,157	2,479	2,707	1,069
botellones20lt	2,757	1,060	1,920	2,572	1,159	2,450	2,745	1,064	1,917	2,570	1,157	2,462	2,730	1,067	1,915	2,567	1,155	2,472	2,719	1,067	1,917	2,562	1,157	2,479	2,707	1,069

Requerimientos de materia prima para julio de 2015																											
Materia prima	Días del mes																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
funda1gl	1,989	6,450	2,159	6,130	2,420	3,647	2,027	6,419	2,130	6,132	2,409	3,642	2,064	6,387	2,105	6,130	2,400	3,639	2,100	6,357	2,080	6,129	2,391	3,632	2,139	6,322	2,060
funda600cc	560	20	490	80	530	0	600	10	490	40	630	0	510	50	480	60	560	0	590	20	460	140	480	0	610	0	500
fundaempaque	56	2	49	8	53	0	60	1	49	4	63	0	51	5	48	6	56	0	59	2	46	14	48	0	61	0	50
poma500cc	2,200	2,642	1,512	2,490	2,332	1,362	2,199	2,624	1,515	2,495	2,305	1,382	2,197	2,607	1,520	2,497	2,282	1,400	2,197	2,590	1,524	2,500	2,259	1,417	2,197	2,572	1,529
tapa500cc	2,200	2,642	1,512	2,490	2,332	1,362	2,199	2,624	1,515	2,495	2,305	1,382	2,197	2,607	1,520	2,497	2,282	1,400	2,197	2,590	1,524	2,500	2,259	1,417	2,197	2,572	1,529
fajilla500cc	2,200	2,642	1,512	2,490	2,332	1,362	2,199	2,624	1,515	2,495	2,305	1,382	2,197	2,607	1,520	2,497	2,282	1,400	2,197	2,590	1,524	2,500	2,259	1,417	2,197	2,572	1,529
poma1gl	219	522	252	454	310	287	224	515	257	447	315	284	230	507	260	442	319	280	234	504	260	439	320	280	237	499	262
tapa1gl	219	522	252	454	310	287	224	515	257	447	315	284	230	507	260	442	319	280	234	504	260	439	320	280	237	499	262
etiqueta1gl	219	522	252	454	310	287	224	515	257	447	315	284	230	507	260	442	319	280	234	504	260	439	320	280	237	499	262
poma3785	45	49	44	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	46	45	49	45	47	48	45	47	47	47	45
tapa3785-5	69	123	113	129	64	149	71	119	114	129	62	150	71	121	112	131	63	149	71	119	114	130	60	151	71	121	112
etiqueta3785	45	49	44	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	46	45	49	45	47	48	45	47	47	47	45
agarradera	69	123	113	129	64	149	71	119	114	129	62	150	71	121	112	131	63	149	71	119	114	130	60	151	71	121	112
poma5lt	24	74	69	80	19	102	24	72	69	80	17	103	24	74	67	82	17	104	22	74	67	82	15	104	24	74	67
fajilla5lt	24	74	69	80	19	102	24	72	69	80	17	103	24	74	67	82	17	104	22	74	67	82	15	104	24	74	67
etiqueta20lt	1,915	2,559	1,155	2,489	2,694	1,070	1,915	2,555	1,157	2,495	2,684	1,072	1,915	2,552	1,155	2,505	2,670	1,075	1,914	2,547	1,155	2,512	2,659	1,075	1,915	2,544	1,155
etiquetatermo20lt	1,915	2,559	1,155	2,489	2,694	1,070	1,915	2,555	1,157	2,495	2,684	1,072	1,915	2,552	1,155	2,505	2,670	1,075	1,914	2,547	1,155	2,512	2,659	1,075	1,915	2,544	1,155
tapa20lt	1,915	2,559	1,155	2,489	2,694	1,070	1,915	2,555	1,157	2,495	2,684	1,072	1,915	2,552	1,155	2,505	2,670	1,075	1,914	2,547	1,155	2,512	2,659	1,075	1,915	2,544	1,155
botellones20lt	1,915	2,559	1,155	2,489	2,694	1,070	1,915	2,555	1,157	2,495	2,684	1,072	1,915	2,552	1,155	2,505	2,670	1,075	1,914	2,547	1,155	2,512	2,659	1,075	1,915	2,544	1,155

Requerimientos de materia prima para agosto de 2015																										
Materia prima	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
funda1gl	6,125	2,385	3,627	2,175	6,290	2,039	6,120	2,379	3,622	2,212	6,255	2,020	6,117	2,370	3,619	2,248	6,220	2,004	6,110	2,365	3,614	2,284	6,187	1,987	6,104	2,359
funda600cc	20	620	0	540	50	450	80	580	0	540	60	450	70	570	0	570	30	460	80	570	0	550	50	450	50	610
fundaempaque	2	62	0	54	5	45	8	58	0	54	6	45	7	57	0	57	3	46	8	57	0	55	5	45	5	61
poma500cc	2,502	2,237	1,435	2,197	2,556	1,532	2,505	2,215	1,454	2,195	2,540	1,537	2,505	2,195	1,470	2,195	2,524	1,542	2,507	2,174	1,487	2,194	2,509	1,547	2,507	2,155
tapa500cc	2,502	2,237	1,435	2,197	2,556	1,532	2,505	2,215	1,454	2,195	2,540	1,537	2,505	2,195	1,470	2,195	2,524	1,542	2,507	2,174	1,487	2,194	2,509	1,547	2,507	2,155
fajilla500cc	2,502	2,237	1,435	2,197	2,556	1,532	2,505	2,215	1,454	2,195	2,540	1,537	2,505	2,195	1,470	2,195	2,524	1,542	2,507	2,174	1,487	2,194	2,509	1,547	2,507	2,155
poma1gl	435	324	277	240	495	264	430	327	276	242	490	267	425	330	275	247	485	269	420	334	272	250	480	270	419	333
tapa1gl	435	324	277	240	495	264	430	327	276	242	490	267	425	330	275	247	485	269	420	334	272	250	480	270	419	333
etiqueta1gl	435	324	277	240	495	264	430	327	276	242	490	267	425	330	275	247	485	269	420	334	272	250	480	270	419	333
poma3785	49	45	47	47	47	45	49	46	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47
tapa3785-5	131	62	151	70	119	114	129	63	149	71	120	112	131	62	149	71	120	114	127	66	147	73	119	112	131	62
etiqueta3785	49	45	47	47	47	45	49	46	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47
agarradera	131	62	151	70	119	114	129	63	149	71	120	112	131	62	149	71	120	114	127	66	147	73	119	112	131	62
poma5lt	82	17	104	23	72	69	80	17	104	22	75	65	84	15	104	22	75	67	80	19	102	24	74	65	84	15
fajilla5lt	82	17	104	23	72	69	80	17	104	22	75	65	84	15	104	22	75	67	80	19	102	24	74	65	84	15
etiqueta20lt	2,520	2,647	1,079	1,912	2,542	1,155	2,529	2,634	1,080	1,914	2,537	1,155	2,535	2,624	1,082	1,912	2,535	1,155	2,544	2,610	1,085	1,912	2,532	1,154	2,550	2,600
etiquetatermo20lt	2,520	2,647	1,079	1,912	2,542	1,155	2,529	2,634	1,080	1,914	2,537	1,155	2,535	2,624	1,082	1,912	2,535	1,155	2,544	2,610	1,085	1,912	2,532	1,154	2,550	2,600
tapa20lt	2,520	2,647	1,079	1,912	2,542	1,155	2,529	2,634	1,080	1,914	2,537	1,155	2,535	2,624	1,082	1,912	2,535	1,155	2,544	2,610	1,085	1,912	2,532	1,154	2,550	2,600
botellones20lt	2,520	2,647	1,079	1,912	2,542	1,155	2,529	2,634	1,080	1,914	2,537	1,155	2,535	2,624	1,082	1,912	2,535	1,155	2,544	2,610	1,085	1,912	2,532	1,154	2,550	2,600

<i>Requerimientos de materia prima para septiembre de 2015</i>																										
<i>Materia prima</i>	<i>Días del mes</i>																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
funda1gl	3,609	2,319	6,152	1,974	6,097	2,354	3,604	2,355	6,117	1,960	6,090	2,350	3,600	2,391	6,080	1,950	6,080	2,347	3,595	2,425	6,045	1,940	6,070	2,344	3,590	2,459
funda600cc	0	540	50	440	110	530	0	570	50	450	60	590	0	550	50	440	60	600	0	530	80	420	70	590	0	550
fundaempaque	0	54	5	44	11	53	0	57	5	45	6	59	0	55	5	44	6	60	0	53	8	42	7	59	0	55
poma500cc	1,504	2,192	2,494	1,552	2,507	2,137	1,520	2,190	2,480	1,557	2,505	2,122	1,534	2,190	2,465	1,562	2,505	2,104	1,551	2,187	2,452	1,565	2,505	2,087	1,565	2,187
tapa500cc	1,504	2,192	2,494	1,552	2,507	2,137	1,520	2,190	2,480	1,557	2,505	2,122	1,534	2,190	2,465	1,562	2,505	2,104	1,551	2,187	2,452	1,565	2,505	2,087	1,565	2,187
fajilla500cc	1,504	2,192	2,494	1,552	2,507	2,137	1,520	2,190	2,480	1,557	2,505	2,122	1,534	2,190	2,465	1,562	2,505	2,104	1,551	2,187	2,452	1,565	2,505	2,087	1,565	2,187
poma1gl	272	252	477	270	415	335	272	255	474	272	412	337	272	257	469	274	407	340	270	260	465	277	404	340	270	262
tapa1gl	272	252	477	270	415	335	272	255	474	272	412	337	272	257	469	274	407	340	270	260	465	277	404	340	270	262
etiqueta1gl	272	252	477	270	415	335	272	255	474	272	412	337	272	257	469	274	407	340	270	260	465	277	404	340	270	262
poma3785	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	48	45	47	47
tapa3785-5	150	71	120	112	129	64	149	71	120	112	131	62	150	71	120	112	129	64	149	69	122	111	130	62	151	69
etiqueta3785	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	48	45	47	47
agarradera	150	71	120	112	129	64	149	71	120	112	131	62	150	71	120	112	129	64	149	69	122	111	130	62	151	69
poma5lt	105	22	75	65	82	17	104	22	75	65	84	15	105	22	75	65	82	17	104	20	77	64	82	17	104	22
fajilla5lt	105	22	75	65	82	17	104	22	75	65	84	15	105	22	75	65	82	17	104	20	77	64	82	17	104	22
etiqueta20lt	1,087	1,912	2,529	1,154	2,560	2,585	1,090	1,910	2,525	1,155	2,565	2,577	1,090	1,912	2,520	1,155	2,572	2,565	1,092	1,910	2,519	1,154	2,579	2,554	1,094	1,910
etiquetatermo20lt	1,087	1,912	2,529	1,154	2,560	2,585	1,090	1,910	2,525	1,155	2,565	2,577	1,090	1,912	2,520	1,155	2,572	2,565	1,092	1,910	2,519	1,154	2,579	2,554	1,094	1,910
tapa20lt	1,087	1,912	2,529	1,154	2,560	2,585	1,090	1,910	2,525	1,155	2,565	2,577	1,090	1,912	2,520	1,155	2,572	2,565	1,092	1,910	2,519	1,154	2,579	2,554	1,094	1,910
botellones20lt	1,087	1,912	2,529	1,154	2,560	2,585	1,090	1,910	2,525	1,155	2,565	2,577	1,090	1,912	2,520	1,155	2,572	2,565	1,092	1,910	2,519	1,154	2,579	2,554	1,094	1,910

Requerimientos de materia prima para octubre de 2015																											
Materia prima	Días del mes																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
funda1gl	6,009	1,932	6,060	2,340	3,587	2,492	5,974	1,924	6,049	2,337	3,582	2,525	5,939	1,918	6,037	2,335	3,579	2,557	5,902	1,912	6,027	2,332	3,575	2,590	5,866	1,907	6,015
funda600cc	60	420	70	600	0	530	80	410	110	540	0	570	50	430	80	570	0	550	70	420	80	580	0	540	70	420	60
fundaempaque	6	42	7	60	0	53	8	41	11	54	0	57	5	43	8	57	0	55	7	42	8	58	0	54	7	42	6
poma500cc	2,437	1,572	2,502	2,074	1,579	2,185	2,425	1,577	2,500	2,059	1,594	2,184	2,410	1,584	2,495	2,047	1,607	2,182	2,399	1,587	2,495	2,032	1,620	2,182	2,385	1,595	2,490
tapa500cc	2,437	1,572	2,502	2,074	1,579	2,185	2,425	1,577	2,500	2,059	1,594	2,184	2,410	1,584	2,495	2,047	1,607	2,182	2,399	1,587	2,495	2,032	1,620	2,182	2,385	1,595	2,490
fajilla500cc	2,437	1,572	2,502	2,074	1,579	2,185	2,425	1,577	2,500	2,059	1,594	2,184	2,410	1,584	2,495	2,047	1,607	2,182	2,399	1,587	2,495	2,032	1,620	2,182	2,385	1,595	2,490
poma1gl	462	277	402	342	269	264	457	279	397	345	269	265	455	280	395	345	269	269	450	282	392	347	267	272	447	284	389
tapa1gl	462	277	402	342	269	264	457	279	397	345	269	265	455	280	395	345	269	269	450	282	392	347	267	272	447	284	389
etiqueta1gl	462	277	402	342	269	264	457	279	397	345	269	265	455	280	395	345	269	269	450	282	392	347	267	272	447	284	389
poma3785	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	46	47	45	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49
tapa3785-5	122	110	131	62	151	67	124	109	131	62	151	67	126	108	131	60	152	67	126	107	133	59	152	67	126	105	134
etiqueta3785	47	45	49	45	47	47	47	45	49	45	47	47	47	46	47	45	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49
agarradera	122	110	131	62	151	67	124	109	131	62	151	67	126	108	131	60	152	67	126	107	133	59	152	67	126	105	134
poma5lt	75	65	82	17	104	20	77	64	82	17	104	20	79	62	84	15	105	20	79	62	84	15	105	20	79	60	85
fajilla5lt	75	65	82	17	104	20	77	64	82	17	104	20	79	62	84	15	105	20	79	62	84	15	105	20	79	60	85
etiqueta20lt	2,515	1,155	2,587	2,542	1,097	1,910	2,512	1,155	2,594	2,530	1,099	1,910	2,509	1,154	2,600	2,520	1,100	1,910	2,507	1,154	2,607	2,509	1,102	1,911	2,502	1,155	2,612
etiquetatermo20lt	2,515	1,155	2,587	2,542	1,097	1,910	2,512	1,155	2,594	2,530	1,099	1,910	2,509	1,154	2,600	2,520	1,100	1,910	2,507	1,154	2,607	2,509	1,102	1,911	2,502	1,155	2,612
tapa20lt	2,515	1,155	2,587	2,542	1,097	1,910	2,512	1,155	2,594	2,530	1,099	1,910	2,509	1,154	2,600	2,520	1,100	1,910	2,507	1,154	2,607	2,509	1,102	1,911	2,502	1,155	2,612
botellones20lt	2,515	1,155	2,587	2,542	1,097	1,910	2,512	1,155	2,594	2,530	1,099	1,910	2,509	1,154	2,600	2,520	1,100	1,910	2,507	1,154	2,607	2,509	1,102	1,911	2,502	1,155	2,612

Requerimientos de materia prima para noviembre de 2015																									
Materia prima	Días del mes																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
funda1gl	2,330	3,572	2,620	5,830	1,905	6,002	2,329	3,569	2,652	5,792	1,905	5,987	2,329	3,564	2,684	5,755	1,905	5,973	2,327	3,562	2,714	5,719	1,904	5,960	2,325
funda600cc	600	0	540	80	400	110	540	0	560	80	390	100	560	0	550	90	390	80	590	0	530	90	400	90	560
fundaempaque	60	0	54	8	40	11	54	0	56	8	39	10	56	0	55	9	39	8	59	0	53	9	40	9	56
poma500cc	2,022	1,632	2,180	2,374	1,599	2,489	2,007	1,647	2,177	2,362	1,605	2,485	1,997	1,659	2,175	2,350	1,610	2,482	1,985	1,672	2,172	2,340	1,615	2,477	1,977
tapa500cc	2,022	1,632	2,180	2,374	1,599	2,489	2,007	1,647	2,177	2,362	1,605	2,485	1,997	1,659	2,175	2,350	1,610	2,482	1,985	1,672	2,172	2,340	1,615	2,477	1,977
fajilla500cc	2,022	1,632	2,180	2,374	1,599	2,489	2,007	1,647	2,177	2,362	1,605	2,485	1,997	1,659	2,175	2,350	1,610	2,482	1,985	1,672	2,172	2,340	1,615	2,477	1,977
poma1gl	347	267	274	444	284	387	349	267	275	440	287	384	350	267	277	437	287	382	350	268	277	435	289	379	352
tapa1gl	347	267	274	444	284	387	349	267	275	440	287	384	350	267	277	437	287	382	350	268	277	435	289	379	352
etiqueta1gl	347	267	274	444	284	387	349	267	275	440	287	384	350	267	277	437	287	382	350	268	277	435	289	379	352
poma3785	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44
tapa3785-5	59	152	67	126	105	134	59	152	67	126	105	134	59	152	67	126	105	134	59	152	67	126	105	134	59
etiqueta3785	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44
agarradera	59	152	67	126	105	134	59	152	67	126	105	134	59	152	67	126	105	134	59	152	67	126	105	134	59
poma5lt	15	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15
fajilla5lt	15	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15
etiqueta20lt	2,499	1,104	1,910	2,500	1,155	2,619	2,485	1,107	1,910	2,497	1,155	2,625	2,475	1,109	1,910	2,494	1,155	2,632	2,464	1,111	1,910	2,490	1,157	2,635	2,455
etiquetatermo20lt	2,499	1,104	1,910	2,500	1,155	2,619	2,485	1,107	1,910	2,497	1,155	2,625	2,475	1,109	1,910	2,494	1,155	2,632	2,464	1,111	1,910	2,490	1,157	2,635	2,455
tapa20lt	2,499	1,104	1,910	2,500	1,155	2,619	2,485	1,107	1,910	2,497	1,155	2,625	2,475	1,109	1,910	2,494	1,155	2,632	2,464	1,111	1,910	2,490	1,157	2,635	2,455
botellones20lt	2,499	1,104	1,910	2,500	1,155	2,619	2,485	1,107	1,910	2,497	1,155	2,625	2,475	1,109	1,910	2,494	1,155	2,632	2,464	1,111	1,910	2,490	1,157	2,635	2,455

Requerimientos de materia prima para diciembre de 2015																											
Materia prima	Días del mes																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
funda1gl	3,560	2,742	5,684	1,904	5,944	2,327	3,555	2,772	5,647	1,907	5,927	2,329	3,552	2,802	5,610	1,910	5,912	2,329	3,550	2,829	5,575	1,912	5,897	2,329	5,261	0	0
funda600cc	0	550	90	380	100	570	0	540	100	380	120	520	0	580	70	390	100	560	0	550	90	380	90	580	300	30	0
fundaempaque	0	55	9	38	10	57	0	54	10	38	12	52	0	58	7	39	10	56	0	55	9	38	9	58	30	3	0
poma500cc	1,682	2,172	2,327	1,622	2,472	1,967	1,694	2,169	2,317	1,629	2,467	1,959	1,704	2,167	2,307	1,634	2,462	1,950	1,715	2,165	2,297	1,639	2,459	1,940	3,024	0	0
tapa500cc	1,682	2,172	2,327	1,622	2,472	1,967	1,694	2,169	2,317	1,629	2,467	1,959	1,704	2,167	2,307	1,634	2,462	1,950	1,715	2,165	2,297	1,639	2,459	1,940	3,024	0	0
fajilla500cc	1,682	2,172	2,327	1,622	2,472	1,967	1,694	2,169	2,317	1,629	2,467	1,959	1,704	2,167	2,307	1,634	2,462	1,950	1,715	2,165	2,297	1,639	2,459	1,940	3,024	0	0
poma1gl	267	280	432	289	377	352	267	280	430	290	375	354	265	284	426	291	372	356	265	285	424	292	370	355	438	0	0
tapa1gl	267	280	432	289	377	352	267	280	430	290	375	354	265	284	426	291	372	356	265	285	424	292	370	355	438	0	0
etiqueta1gl	267	280	432	289	377	352	267	280	430	290	375	354	265	284	426	291	372	356	265	285	424	292	370	355	438	0	0
poma3785	47	47	47	45	49	45	46	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	75	0	0
tapa3785-5	152	67	126	105	134	60	151	67	126	105	134	59	152	67	127	105	134	59	152	67	127	105	134	59	191	0	0
etiqueta3785	47	47	47	45	49	45	46	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	47	47	47	45	49	44	75	0	0
agarradera	152	67	126	105	134	60	151	67	126	105	134	59	152	67	127	105	134	59	152	67	127	105	134	59	191	0	0
poma5lt	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15	105	20	80	60	85	15	105	20	80	60	85	15	116	0	0
fajilla5lt	105	20	79	60	85	15	105	20	79	60	85	15	105	20	80	60	85	15	105	20	80	60	85	15	116	0	0
etiqueta20lt	1,112	1,912	2,485	1,159	2,640	2,445	1,114	1,912	2,484	1,157	2,647	2,434	1,115	1,912	2,480	1,159	2,652	2,422	1,119	1,910	2,479	1,157	2,659	2,410	2,268	0	0
etiquetatermo20lt	1,112	1,912	2,485	1,159	2,640	2,445	1,114	1,912	2,484	1,157	2,647	2,434	1,115	1,912	2,480	1,159	2,652	2,422	1,119	1,910	2,479	1,157	2,659	2,410	2,268	0	0
tapa20lt	1,112	1,912	2,485	1,159	2,640	2,445	1,114	1,912	2,484	1,157	2,647	2,434	1,115	1,912	2,480	1,159	2,652	2,422	1,119	1,910	2,479	1,157	2,659	2,410	2,268	0	0
botellones20lt	1,112	1,912	2,485	1,159	2,640	2,445	1,114	1,912	2,484	1,157	2,647	2,434	1,115	1,912	2,480	1,159	2,652	2,422	1,119	1,910	2,479	1,157	2,659	2,410	2,268	0	0

ANEXO 3

RESULTADOS OBTENIDOS: INVENTARIOS FINALES DE MARZO A DICIEMBRE DE 2015

<i>Inventarios finales de producto terminado - marzo de 2015</i>																										
<i>Código del producto</i>	<i>Días del mes</i>																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	2,350	1,099	1,481	543	2,720	1,210	2,362	1,088	1,481	557	2,717	1,180	2,372	1,078	1,480	572	2,712	1,151	2,383	1,069	1,479	586	2,708	1,124	2,392	1,058
03F5	32	249	54	208	30	212	21	221	84	220	4	205	35	245	59	204	5	228	5	238	53	243	23	188	86	211
03B5	903	1,204	375	872	1,205	597	912	1,184	386	873	1,195	596	921	1,164	397	874	1,185	596	929	1,146	407	876	1,174	596	936	1,128
03P1	233	84	144	46	259	82	229	88	141	50	255	84	225	92	138	54	252	84	222	94	136	56	248	86	218	97
03PT1	20	22	14	20	22	18	20	22	14	20	21	18	20	21	15	20	21	18	20	20	16	19	22	17	21	20
03P5	30	11	40	11	24	32	31	6	40	14	27	30	32	10	40	10	26	32	30	6	42	12	27	28	35	7
03LB	924	1,169	416	772	1,050	467	928	1,164	416	772	1,048	467	933	1,158	418	771	1,046	466	938	1,153	418	771	1,044	467	941	1,148

<i>Inventarios finales de producto terminado - abril de 2015</i>																										
<i>Código del producto</i>	<i>Días del mes</i>																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	1,480	600	2,703	1,097	2,401	1,048	1,479	614	2,697	1,072	2,409	1,040	1,478	629	2,690	1,049	2,416	1,032	1,477	644	2,682	1,027	2,422	1,024	1,476	659
03F5	32	225	5	231	13	238	38	244	28	185	84	205	29	228	0	232	27	234	31	244	30	187	50	226	52	217
03B5	418	876	1,166	595	945	1,109	428	877	1,156	596	950	1,093	438	878	1,146	596	956	1,076	448	878	1,138	596	961	1,061	458	878
03P1	134	60	244	88	214	100	132	62	241	90	211	103	130	65	238	90	209	104	129	67	235	91	206	107	126	70
03PT1	16	19	21	18	20	20	16	20	20	18	20	20	16	20	20	18	20	20	16	20	20	18	20	19	17	20
03P5	41	9	28	32	29	8	41	12	26	29	34	7	40	10	29	30	30	9	41	11	26	30	32	7	40	11
03LB	419	770	1,043	466	946	1,143	420	770	1,042	465	950	1,138	420	770	1,040	465	954	1,133	420	770	1,038	465	958	1,128	421	770

Inventarios finales de producto terminado - mayo de 2015

Código del producto	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	2,674	1,006	2,428	1,017	1,474	674	2,666	986	2,433	1,010	1,473	690	2,656	968	2,437	1,004	1,471	705	2,646	951	2,440	998	1,470	720	2,636	933
03F5	12	212	17	247	43	233	19	195	33	233	58	230	11	209	53	227	24	241	25	189	43	226	48	227	15	200
03B5	1,129	596	966	1,046	467	879	1,120	597	971	1,031	477	879	1,112	597	976	1,017	486	879	1,104	598	980	1,003	495	880	1,095	600
03P1	232	92	203	110	124	73	228	94	200	112	123	75	226	95	198	113	122	77	223	96	195	116	120	80	221	96
03PT1	20	18	21	18	18	19	20	18	20	19	18	19	20	18	21	18	18	19	20	18	20	19	18	19	20	18
03P5	29	29	31	9	40	11	26	30	32	6	41	11	28	29	32	8	41	10	28	30	32	7	41	11	28	28
03LB	1,036	465	962	1,123	422	769	1,035	464	967	1,117	423	768	1,034	464	970	1,113	423	768	1,032	464	974	1,108	424	768	1,030	464

Inventarios finales de producto terminado - junio de 2015

Código del producto	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	2,445	991	1,468	735	2,626	917	2,447	986	1,466	751	2,615	902	2,450	980	1,466	764	2,605	888	2,451	976	1,463	780	2,592	876	2,452	972
03F5	13	253	53	216	16	199	49	223	42	229	16	199	40	238	40	227	2	205	20	244	59	216	22	191	51	228
03B5	982	992	503	880	1,087	600	986	978	512	880	1,080	601	990	966	521	880	1,072	602	992	954	529	880	1,064	604	994	944
03P1	193	117	120	81	218	98	191	118	119	82	216	98	188	120	118	84	214	99	186	122	116	87	210	101	184	123
03PT1	20	18	18	19	20	18	20	18	18	19	20	18	20	18	18	19	20	18	20	18	18	19	20	18	20	18
03P5	33	8	40	10	28	30	31	8	41	11	28	28	33	7	41	10	29	28	32	8	41	10	28	28	33	7
03LB	977	1,103	424	768	1,029	464	980	1,098	426	767	1,028	463	985	1,092	427	766	1,027	462	989	1,088	427	767	1,025	463	992	1,083

<i>Inventarios finales de producto terminado - julio de 2015</i>																											
<i>Código del producto</i>	<i>Días del mes</i>																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
03F1	1,461	796	2,580	864	2,452	968	1,459	811	2,568	852	2,453	964	1,457	826	2,555	842	2,452	960	1,456	840	2,543	832	2,452	957	1,453	856	2,529
03F5	33	224	14	198	59	212	23	241	7	201	20	257	64	208	22	197	42	224	31	241	17	185	104	192	0	245	3
03B5	536	880	1,057	605	996	933	545	880	1,050	606	998	922	553	879	1,043	608	999	913	560	879	1,036	610	1,000	904	567	879	1,029
03P1	116	88	209	101	182	124	115	90	206	103	179	126	114	93	203	104	177	128	112	94	202	104	176	128	112	95	200
03PT1	19	18	20	18	20	18	19	19	19	18	20	18	19	19	19	18	20	19	18	20	18	19	20	18	19	19	19
03P5	41	10	30	28	32	8	41	10	29	28	32	7	42	10	30	27	33	7	42	9	30	27	33	6	42	10	30
03LB	428	766	1,024	462	996	1,078	428	766	1,022	463	998	1,074	429	766	1,021	462	1,002	1,068	430	766	1,019	462	1,005	1,064	430	766	1,018

<i>Inventarios finales de producto terminado - agosto de 2015</i>																										
<i>Código del producto</i>	<i>Días del mes</i>																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	824	2,450	954	1,451	870	2,516	816	2,448	952	1,449	885	2,502	808	2,447	948	1,448	900	2,488	802	2,444	946	1,446	914	2,475	795	2,442
03F5	201	9	248	52	216	21	183	43	233	42	218	31	183	43	230	32	229	13	187	48	229	38	225	24	180	22
03B5	612	1,001	895	574	879	1,023	613	1,002	886	582	878	1,016	615	1,002	878	588	878	1,010	617	1,003	870	595	878	1,004	619	1,003
03P1	105	174	130	111	96	198	106	172	131	111	97	196	107	170	132	110	99	194	108	168	134	109	100	192	108	168
03PT1	18	20	18	19	19	19	18	20	19	18	20	18	19	19	19	18	20	18	19	19	19	18	20	18	19	19
03P5	27	33	7	42	10	29	28	32	7	42	9	30	26	34	6	42	9	30	27	32	8	41	10	30	26	34
03LB	462	1,008	1,059	432	765	1,017	462	1,012	1,054	432	766	1,015	462	1,014	1,050	433	765	1,014	462	1,018	1,044	434	765	1,013	462	1,020

Inventarios finales de producto terminado - septiembre de 2015

Código del producto	Días del mes																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
03F1	944	1,444	928	2,461	790	2,439	942	1,442	942	2,447	784	2,436	940	1,440	957	2,432	780	2,432	939	1,438	970	2,418	776	2,428	938	1,436
03F5	247	47	218	20	176	69	212	20	228	23	183	36	239	38	223	23	181	26	240	46	215	36	171	34	236	34
03B5	862	602	877	998	621	1,003	855	608	876	992	623	1,002	849	614	876	986	625	1,002	842	621	875	981	626	1,002	835	626
03P1	134	109	101	191	108	166	134	109	102	190	109	165	135	109	103	188	110	163	136	108	104	186	111	162	136	108
03PT1	19	18	20	18	19	19	19	18	20	18	19	19	19	18	20	18	19	19	19	18	20	18	19	20	18	19
03P5	6	42	9	30	26	33	7	42	9	30	26	34	6	42	9	30	26	33	7	42	8	31	26	33	7	42
03LB	1,040	435	765	1,012	462	1,025	1,034	436	764	1,010	462	1,026	1,031	436	765	1,008	462	1,029	1,026	437	764	1,008	462	1,032	1,022	438

Inventarios finales de producto terminado - octubre de 2015

Código del producto	Días del mes																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
03F1	984	2,404	773	2,424	936	1,435	997	2,390	770	2,420	935	1,433	1,010	2,376	768	2,415	934	1,432	1,023	2,361	765	2,411	933	1,430	1,036	2,347	763
03F5	223	30	170	28	243	47	217	35	164	67	218	16	228	21	173	43	229	31	222	28	171	44	235	32	218	28	172
03B5	875	975	629	1,001	830	632	874	970	631	1,000	824	638	874	964	634	998	819	643	873	960	635	998	813	648	873	954	638
03P1	105	185	111	161	137	108	106	183	112	159	138	108	106	182	112	158	138	108	108	180	113	157	139	107	109	179	114
03PT1	19	19	18	20	18	19	19	19	18	20	18	19	19	19	19	18	19	19	19	18	20	18	19	19	19	18	19
03P5	9	30	26	33	7	42	8	31	26	33	7	42	8	32	25	34	6	42	8	32	25	34	6	42	8	32	24
03LB	764	1,006	462	1,035	1,017	439	764	1,005	462	1,038	1,012	440	764	1,004	462	1,040	1,008	440	764	1,003	462	1,043	1,004	441	765	1,001	462

<i>Inventarios finales de producto terminado - noviembre de 2015</i>																									
<i>Código del producto</i>	<i>Días del mes</i>																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
03F1	2,406	932	1,429	1,048	2,332	762	2,401	932	1,428	1,061	2,317	762	2,395	932	1,426	1,074	2,302	762	2,390	931	1,425	1,086	2,288	762	2,385
03F5	25	241	40	223	37	164	68	219	15	224	40	156	51	227	24	220	41	161	35	237	33	214	36	164	50
03B5	996	809	653	872	950	640	996	803	659	871	945	642	994	799	664	870	940	644	993	794	669	869	936	646	991
03P1	156	139	107	110	178	114	155	140	107	110	176	115	154	140	107	111	175	115	153	140	108	111	174	116	152
03PT1	20	18	19	19	19	18	20	18	19	19	19	18	20	18	19	19	19	18	20	18	19	19	19	18	20
03P5	34	6	42	8	32	24	34	6	42	8	32	24	34	6	42	8	32	24	34	6	42	8	32	24	34
03LB	1,045	1,000	442	764	1,000	462	1,048	994	443	764	999	462	1,050	990	444	764	998	462	1,053	986	445	764	996	463	1,054

<i>Inventarios finales de producto terminado - diciembre de 2015</i>																											
<i>Código del producto</i>	<i>Días del mes</i>																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
03F1	930	1,424	1,097	2,274	762	2,378	931	1,422	1,109	2,259	763	2,371	932	1,421	1,121	2,244	764	2,365	932	1,420	1,132	2,230	765	2,359	932	3,133	0
03F5	226	21	220	39	152	46	229	23	217	45	156	73	209	1	233	30	156	51	225	18	224	39	153	41	237	327	12
03B5	791	673	869	931	649	989	787	678	868	927	652	987	784	682	867	923	654	985	780	686	866	919	656	984	776	1,988	0
03P1	141	107	112	173	116	151	141	107	112	172	116	150	142	106	114	171	117	149	143	106	114	170	117	148	142	278	0
03PT1	18	19	19	19	18	20	19	19	19	19	18	20	18	19	19	19	18	20	18	19	19	19	18	20	18	47	0
03P5	6	42	8	32	24	34	6	42	8	32	24	34	6	42	8	32	24	34	6	42	8	32	24	34	6	53	0
03LB	982	445	765	994	464	1,056	978	446	765	994	463	1,059	974	446	765	992	464	1,061	969	448	764	992	463	1,064	964	1,595	0

ANEXO 4

RESULTADO DE GAMS: VARIABLE BINARIA Y

```

----- 166 VARIABLE Y.L 1 si el producto final i se fabrica en la línea j en l
          a hora h del día t y 0 sino

INDEX 1 = 03F1

```

	1	2	3	4	5	6
l1.h1	1.000	1.000		1.000	1.000	
l1.h2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
l1.h3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
l1.h4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
l1.h5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
l1.h6	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
l1.h7	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
l1.h8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
+	7	8	9	10	11	12
l1.h1	1.000	1.000	1.000	1.000		1.000
l1.h2	1.000	1.000	1.000		1.000	1.000
l1.h3	1.000		1.000	1.000	1.000	1.000
l1.h4	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ANEXO 5

RESULTADO DE GAMS: FUNCIÓN OBJETIVO Z

```

----- 166 VARIABLE Z.L = 3778210.000 funcion objetivo

```

ANEXO 6

RESULTADO DE GAMS: GAP ABSOLUTO Y RELATIVO

```

MIP Solution:      3778210.000000    (579407 iterations, 200268 nodes)
Final Solve:      3778210.000000    (0 iterations)

Best possible:    3777354.284855
Absolute gap:     855.715145
Relative gap:     0.000226

```