

SISTEMA DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA R & R PLÁSTICOS S.A.S.

NICOLÁS DAVID GÓMEZ GUZMÁN
DIANA CAROLINA SÁNCHEZ POLINDARA

UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2016

SISTEMA DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA R & R PLÁSTICOS S.A.S.

NICOLÁS DAVID GÓMEZ GUZMÁN CÓDIGO 062111119
DIANA CAROLINA SÁNCHEZ POLINDARA 062111042

DIRECTOR
ING. ORLANDO DE ANTONIO SUAREZ

UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2016

HOJA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado “Sistema de Planeación, Programación y Control de la Producción en la empresa R & R Plásticos S.A.S.” realizado por los estudiantes Nicolás David Gómez Guzmán y Diana Carolina Sánchez Polindara con códigos 062111119 y 062111042 respectivamente, cumple con todos los requisitos de forma y contenido exigidos por la Universidad Libre, para optar al título de Ingeniero Industrial.

Director de Proyecto

Jurado número uno

Jurado número dos

Bogotá, D.C., agosto de 2016

DEDICATORIA

A Dios

Por haberme permitido culminar esta etapa con éxito. Por ayudarme a no desfallecer ante las dificultades y darme la fortaleza necesaria en cada momento de mi vida.

A mis padres

Por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida, por su motivación, comprensión y creer en mí. Sus ejemplos de perseverancia y constancia son mi mayor enseñanza.

Diana Carolina Sánchez Polindara

A todas las personas que me acompañaron durante el desarrollo de este proyecto y mi carrera, quienes siempre brindaron su apoyo y consejo incondicional, esto es para ustedes.

Nicolás David Gómez Guzmán

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas aquellas personas que con su disposición, enseñanzas, conocimiento y experiencia nos apoyaron en el desarrollo del presente proyecto:

Ingeniero Orlando de Antonio Suarez, director

R & R Plásticos S.A.S.

Javier Rodríguez, Sub Gerente R & R Plásticos S.A.S.

Ingeniero Edgar Duarte, asesor

Ingeniero Rafael Supelano, asesor

CP Libardo Laguna, asesor

Por último a la Universidad Libre, por brindarnos los espacios y recursos necesarios para la elaboración y finalización del presente proyecto.

RESUMEN

En el presente trabajo se muestra el desarrollo del proyecto SISTEMA DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA R & R PLÁSTICOS S.A.S, que tiene como finalidad ofrecer una alternativa para optimizar la producción en la empresa y a su vez dar solución a las fallas generadas por la falta de planeación de la producción.

Se realizó el diagnóstico de la empresa mediante observación, encuestas, entrevistas y listas de chequeo. Con esto se caracterizó las variables y parámetros que alimentarían el sistema de planeación, programación y control de la producción.

Herramientas como los pronósticos, estudios de tiempos, capacidad de planta, plan agregado, entre otras más, fueron claves para el desarrollo del sistema. Por medio de los indicadores de gestión se validó el proyecto y junto a la evaluación financiera se comprobó la viabilidad del proyecto.

Palabras clave: Sistema, planeación, programación, control, producción.

ABSTRACT

The present work shows the developed project of “SISTEMA DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA R & R PLÁSTICOS S.A.S”, which offer an alternative to optimize production in the company and in turn solve faults generated by a lack of production planning.

Company diagnosis through observation, surveys, interviews and checklists was performed. With this might characterize the variables and parameters that would feed system planning, scheduling and production control.

Tools such as forecasting, time studies, plant capacity, added plan, among others, were key to the development of the system. Through management indicators could validate the system and with the financial evaluation project feasibility was checked.

Key words: System, planning, schedule, control, production.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
JUSTIFICACIÓN	16
1. GENERALIDADES	17
1.1 PROBLEMA.....	17
1.1.1 Descripción del problema.	17
1.1.2 Formulación del problema:	18
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO	19
1.4 METODOLOGÍA.....	19
1.4.1 Tipo de investigación	19
1.4.2 Cuadro metodológico.....	21
1.5 MARCO REFERENCIAL	23
1.5.1 Presentación de la empresa y sector al que pertenece	23
1.5.2 Antecedentes:.....	24
1.5.3 Marco teórico.....	26
1.5.4 Marco conceptual	45
2. DESARROLLO DEL PROYECTO	48
2.1 DESARROLLO DEL SISTEMA.....	48
2.2 DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....	48
2.2.1 Encuestas, lista de chequeo y entrevistas	51
2.2.2 Análisis DOFA	51
2.2.3 Matriz vester	52
2.2.4 Estructura de efectos.....	53
2.2.5 Diagrama axial.....	53
2.3 CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES.....	54
2.3.1 Descripción del proceso	54
2.3.2 Maquinaria y equipos.....	57
2.3.3 Productos con mayor volumen de producción e ingresos	59
2.3.4 Diagramas	61

2.3.5	Estudio de tiempos	66
2.4	PLANEACIÓN	69
2.4.1	Pronósticos	69
2.4.2	Desestacionalización de pronósticos	71
2.4.3	Método de pronóstico por referencia	73
2.4.4	Resultados pronósticos de ventas 2016	73
2.4.5	Plan agregado de producción	75
2.4.6	Plan de producción	80
2.4.7	Plan maestro de producción	81
2.4.8	Plan de requerimiento de materiales	82
2.4.9	Capacidad de planta	87
2.5	PROGRAMACIÓN	89
2.5.1	Programación de actividades	89
2.5.2	Secuenciación	89
2.6	CONTROL	91
2.7	VALIDACIÓN DEL SISTEMA	93
2.7.1	Tiempo ocioso	94
2.7.2	Horas extras anuales	95
2.7.3	Eficiencia de la capacidad	95
2.7.4	Índice de producción	95
2.7.5	Costo anual de mano de obra	96
2.8	EVALUACIÓN FINANCIERA	96
	CONCLUSIONES	102
	RECOMENDACIONES	103
	BIBLIOGRAFÍA	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de Ishikawa	17
Figura 2.	Mapa de localización de la empresa R & R Plásticos S.A.S.	19
Figura 3.	Cuadro metodológico	21
Figura 4.	Diseño de un sistema de pronósticos	26
Figura 5.	Estructura de la planeación de la producción	37
Figura 6.	Proceso de planeación agregada	40
Figura 7.	Desarrollo de un plan maestro de producción	41
Figura 8.	Estructura del plan maestro de producción	42
Figura 9.	Aplicaciones y beneficios del MRP	43
Figura 10.	Desarrollo del sistema de planeación, programación y control de la producción	48
Figura 11.	Distribución del área operacional	50
Figura 12.	Matriz DOFA	52
Figura 13.	Alistamiento de material	55
Figura 14.	Alistamiento de maquinaria	55
Figura 15.	Elaboración de perfil	56
Figura 16.	Corte y empaque	57
Figura 17.	Diagrama de procesos perfilería rígida	62
Figura 18.	Diagrama de procesos perfilería flexible	63
Figura 19.	Diagrama de recorrido, perfilería flexible	64
Figura 20.	Diagrama de recorrido, perfilería rígida	65
Figura 21.	Flujograma perfilería rígida y flexibl	66
Figura 22.	Pronóstico de perfil pisador vidrio de 2	69
Figura 23.	Desestacionalización del pronóstico	72
Figura 24.	Diagrama hombre - máquina	77
Figura 25.	Árbol de precedencias, fabricación directa	83
Figura 26.	Árbol precedencias, fabricación PVC virgen	85
Figura 27.	Secuencia del proceso de fabricación	91
Figura 28.	Diagrama Gantt	91
Figura 29.	Formato de reporte de producción	92
Figura 30.	Hoja de vida indicadores	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Pronósticos objetivos	28
Tabla 2.	Características del plan maestro de producción	41
Tabla 3.	Líneas de perfilería plástica	49
Tabla 4.	Variables de Matriz de Vester	52
Tabla 5.	Características de extrusora de perfil flexible	57
Tabla 6.	Características de extrusora de perfil rígido	58
Tabla 7.	Características de extrusora de perfil carrilera	58
Tabla 8.	ABC por volumen de producción	59
Tabla 9.	ABC por ingresos	60
Tabla 10.	Número de ciclos recomendados	67
Tabla 11.	Tiempo estándar por cada referencia de perfil	68
Tabla 12.	Información pronóstico de perfil pisador vidrio de 2	70
Tabla 13.	Método de pronóstico según DAM	71
Tabla 14.	Capacidad necesaria	76
Tabla 15.	Capacidad disponible	77
Tabla 16.	Costos de plan agregado	78
Tabla 17.	Costos de mano de obra actual	78
Tabla 18.	Costos de mano de obra constante propuesto	79
Tabla 19.	Costos de mano de obra variable propuesto	79
Tabla 20.	Plan maestro de producción perfil pisador vidrio de 2	81
Tabla 21.	MRP de perfil pisador vidrio de 2	82
Tabla 22.	MRP de perfil rígido bomper gris	83
Tabla 23.	Método de pronóstico según referencia	73
Tabla 24.	Resultados pronósticos año 2016	74
Tabla 25.	MRP perfil pisador para vidrio de 2	85
Tabla 26.	Plan global de órdenes de compra	86
Tabla 27.	Plan global de órdenes de producción	87
Tabla 28.	Análisis de capacidad por método heurístico	88
Tabla 29.	Indicador tiempo ocioso	94
Tabla 30.	Indicador horas extras anuales	95
Tabla 31.	Indicador eficiencia de la capacidad	95

Tabla 32.	Índice de producción	96
Tabla 33.	Indicador costo anual de mano de obra	96
Tabla 34.	Flujo de caja	97
Tabla 35.	Presupuesto	98
Tabla 36.	Opciones de financiación	99
Tabla 37.	Análisis de financiación 3	100
Tabla 38.	Análisis de financiación 4	100
Tabla 39.	Resultados opciones de financiación	101

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.	Estructura de efectos	53
Gráfica 2.	Diagrama axial	54
Gráfica 3.	Participación por volumen de producción	61
Gráfica 4.	Participación por ventas	61
Gráfica 5.	Capacidad disponible Vs capacidad necesaria de la empresa	80
Gráfica 6.	Análisis de capacidad comparativo	87
Gráfica 7.	Capacidad disponible Vs capacidad necesaria, propuesta	80

ANEXOS

Anexo 1. Encuestas y lista de chequeo

Anexo 2. Existencia y representación legal registro mercantil

Anexo 3. Libros de comercio

Anexo 4. Matrícula mercantil

Anexo 5. Pronósticos

Anexo 6. Desestacionalización

Anexo 7. Tiempos

Anexo 8. Sistema de planeación y programación

Anexo 9. Formatos de control

Anexo 10. Históricos de ventas y ABC

Anexo 11. Flujo de caja

Anexo 12. Hoja de vida indicadores

Anexo 13. Secuenciación

INTRODUCCIÓN

A través de los años R y R Plásticos S.A.S., ha tratado de mantenerse en el mercado a pesar de los obstáculos que se han presentado tanto en el sector, como en todo el país en general. A causa de estos inconvenientes la empresa ha generado un considerable número de incumplimientos hacia sus clientes, lo cual conlleva a la pérdida de estos y a su vez crear mala imagen para la empresa.

A partir del diagnóstico realizado se dedujo que la empresa cuenta con varias oportunidades de mejora que se pueden estructurar bajo un sistema de planeación, programación y control de la producción, dando así una herramienta con la cual se dejará de producir bajo estándares empíricos, y poder dar cumplimiento con la demanda del mercado.

Conforme con lo anterior se comenzó a estructurar el sistema de planeación, programación y control de la producción, teniendo en cuenta que las herramientas a utilizar se pudieran adaptar a las características de la empresa y ayudaran a favorecerla. Después se realizó una validación por medio de indicadores de gestión que midieran y demostraran la efectividad del modelo propuesto. Posteriormente el presente trabajo se validó económicamente arrojando así los beneficios que podrá recibir R & R Plásticos con la implementación de este proyecto.

JUSTIFICACIÓN

Elaborar un sistema de planeación, programación y control de la producción en R & R Plásticos S.A.S, conlleva a la organización de los procesos productivos, permitiendo que se realice una correcta planificación de los recursos, mayor aprovechamiento de la maquinaria y así mismo el correcto uso de la mano de obra y manejo de la materia prima. Definir mejor los objetivos, estrategias y planes de acción, brinda a la compañía la oportunidad de actuar en el momento adecuado, generando así un beneficio a futuro dirigido a la organización y mejoramiento de la producción. Tener la capacidad de pronosticar una demanda del mercado, concede a la empresa una ventaja que permite conocer los requerimientos del cliente en un momento determinado.

Se hace notoria la necesidad por parte de la organización, en aplicar conceptos básicos de ingeniería, que permitan corregir las fallas y debilidades del proceso productivo; así mismo que proporcionen metodologías que contribuyan a identificar las necesidades de los clientes, reduciendo así los costos por incumplimientos, mano de obra y materia prima mal empleada. También es importante tener identificados varios aspectos como lo son el control de los tiempos generales de fabricación, el correcto orden de producción e identificar la cantidad correcta de productos que se deben manufacturar al día, de tal forma que dichos instrumentos entre otros más, beneficien el realizar estrategias de planeación de recursos, disminución del riesgo de incertidumbre del mercado, y costos en general.

La empresa actualmente ofrece empleo a 6 trabajadores vinculados directamente a la organización, de la misma forma ha establecido relaciones con proveedores directos a los cuales ha brindado trabajo en los últimos años. En la actualidad R & R Plásticos S.A.S busca consolidarse y crecer en el mercado actual de la perfilería plástica, para así continuar creando oportunidades de trabajo en un entorno altamente competitivo donde se ha mantenido durante más de 20 años.

1. GENERALIDADES

1.1 PROBLEMA

1.1.1 Descripción del problema: En la actualidad R & R Plásticos en el desarrollo interno de sus procesos de producción, cuenta con una serie de problemas principalmente enfocados en la falta de organización de procesos, desconocimiento de capacidad productiva, falta de pronósticos de la demanda y el no uso de herramientas de planeación, programación y control de la producción, dando así paso a problemáticas que han causado sobrecostos, pérdida de clientes, baja eficiencia de producción, entre otros problemas que a continuación se explican más al detalle.

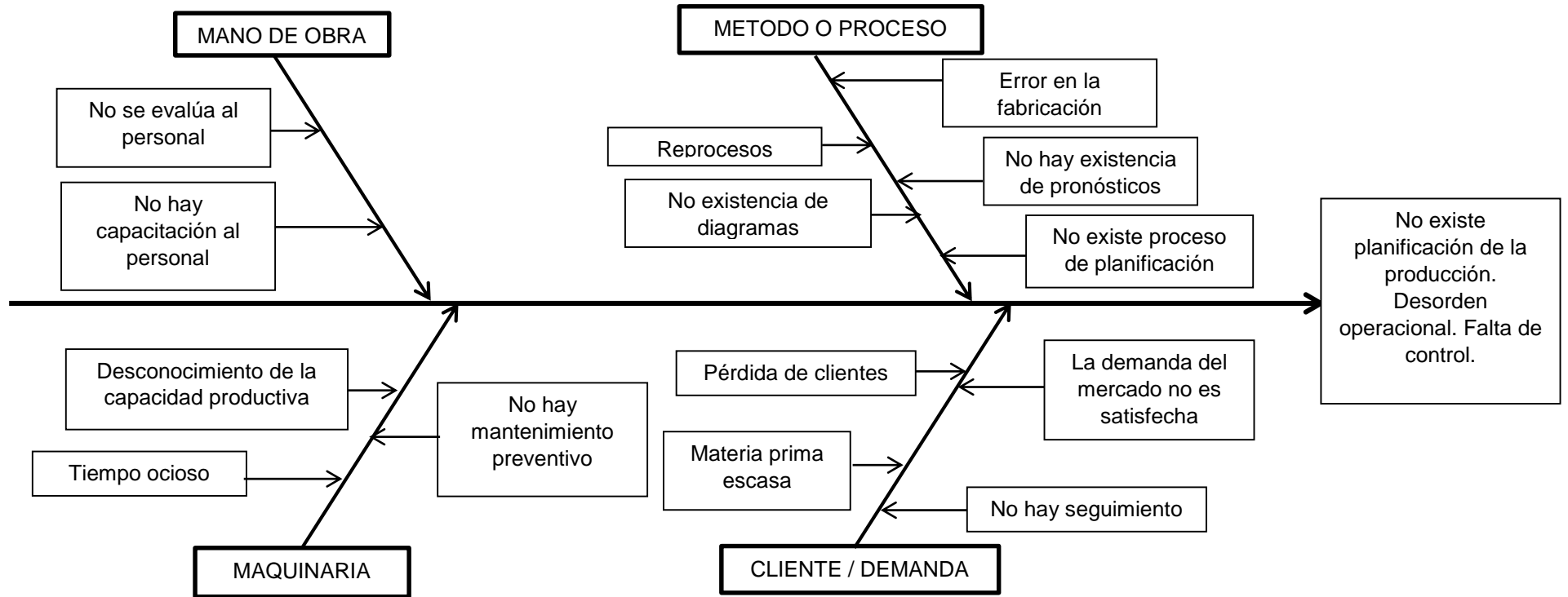
La empresa cuenta con 3 extrusoras (Cada una con su respectivo tablero de control); 2 de ellas fabrican perfilera rígida y 1 dedicada a la perfilera flexible, solo se cuenta con 2 zonas de enfriamiento para las 3 extrusoras y 1 halador. Debido a la existencia de un solo halador, la empresa se ve obligada a trabajar con 1 extrusora a la vez, ya que para dar funcionamiento a una línea de producción se hace uso de 1 extrusora con el tablero de control, 1 zona de enfriamiento y 1 halador; adicionalmente para el proceso de alistamiento y reprocesamiento de PVC se cuenta con 1 molino, 1 mezcladora y 1 horno en el cual fabrican su propio PVC.

Debido a la antigüedad de la maquinaria se han generado una serie de inconvenientes en la fabricación, causando defectos de elaboración en los perfiles en general; aunque anualmente se realiza un mantenimiento a toda la maquinaria como un ejercicio de revisión programada, no es suficiente para evitar las fallas presentadas a lo largo del año. La falta de mantenimiento preventivo causa paros no programados por mantenimiento correctivo de las mismas creando así reprocesos, desperdicios, pérdida de tiempo y sobrecostos en la producción.

La empresa no tiene conocimiento acerca de la capacidad de planta real de sus líneas de producción, generando así que en determinadas instancias no se logre cumplir con el pedido del cliente o en ocasiones ha generado tiempos ociosos de producción.

A continuación se presenta el diagrama de Ishikawa (Figura 1) donde se comprueba la problemática de la empresa, destacando su problema principal, como lo es la planificación y desorden operacional.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Los autores, 2016

Respecto a la mano de obra, R & R Plásticos tiene trabajadores experimentados quienes han desarrollado sus habilidades a lo largo del tiempo puesto que acompañan a la empresa desde sus inicios, sin embargo la organización no considera necesario realizar capacitaciones o inspección a sus operarios para detectar y evitar posibles fallas por la monotonía de las operaciones.

A nivel de los procesos de fabricación, la organización no cuenta con una descripción clara del producto terminado, tampoco hay un método de elaboración detallado de cada línea de producción, lo cual evidencia la falta de diagramas de proceso, flujogramas, tiempos estándar de producción y distribución de planta. Estos vacíos organizacionales han generado dificultades, causando reprocesos y retrasos en la entrega de pedidos a los clientes; consecuente a ello se percibe la pérdida de estos clientes.

La organización presenta escasas en información histórica, por lo cual para tener conocimiento de lo producido los últimos años, solo se puede hacer un chequeo a sus facturas, que son el único registro existente para la compañía. A causa de la falta de documentación, para la empresa fue imposible realizar algún tipo de estudio con el fin de analizar aspectos como pronósticos, eficiencia, productividad o capacidad de producción. Al no poder aplicar herramientas ingenieriles como las nombradas anteriormente, la empresa no puede llevar a cabo una planeación de la producción acertada conllevando a tener que pagar en algunas ocasiones más de lo estipulado en su producción, causando así sobrecostos y retardos en la entregas de pedidos.

1.1.2 Formulación del problema:

¿Qué herramientas debe aplicar la empresa R & R Plásticos S.A.S. en el área de procesos para mejorar la producción y reducir los incumplimientos hacia sus clientes?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general: Desarrollar un sistema de planeación, programación y control de la producción en el área de procesos de R & R Plásticos S.A.S, proporcionando una solución a los problemas de planificación y organización de procesos, de tal modo que mejore el cumplimiento con los clientes mediante el uso de una herramienta de ingeniería.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Realizar un diagnóstico de la condición actual de la planeación de la producción en la empresa R & R Plásticos S.A.S, mediante el uso de

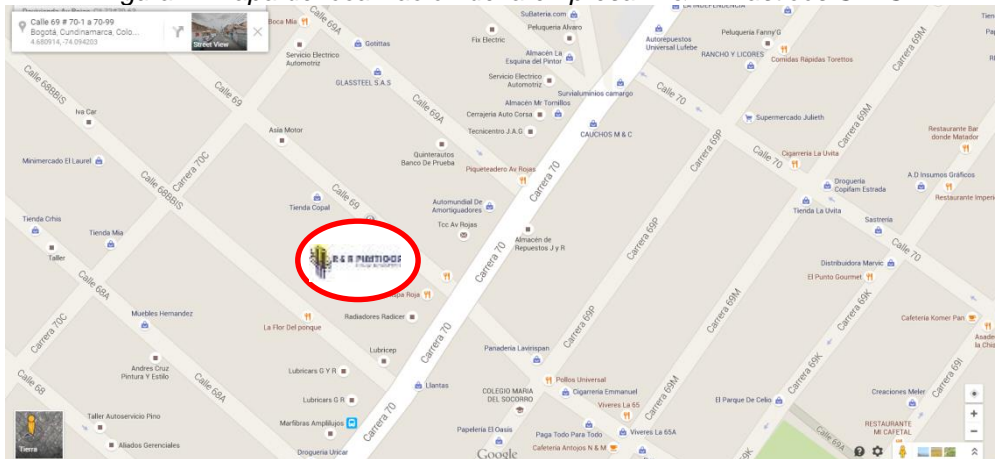
observaciones y encuestas con la cual se conozca el estado actual de la misma.

- Caracterizar las variables y parámetros que están involucrados en el sistema problémico, basados en el diagnóstico realizado.
- Desarrollar un método de planeación, programación y control de la producción basados en el uso de una herramienta de ingeniería.
- Validar el sistema propuesto de planeación, programación y control de la producción desarrollado en R & R Plásticos S.A.S. por medio de indicadores.
- Realizar una evaluación financiera para el conocimiento de la factibilidad del proyecto.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se llevó a cabo en la empresa R & R Plásticos S.A.S., ubicada en la Av. Rojas con Calle 69 # 70-43 barrio Estrada (Ver figura 2), donde teniendo en cuenta todas las variables analizadas inicialmente en el diagnostico se pudo dar fin con el desarrollo del sistema de planeación, programación y control de la producción.

Figura 2. Mapa de localización de la empresa R & R Plásticos S.A.S.



Fuente: <https://www.google.es/maps>, 2015

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Tipo de investigación: Se realizó un ejercicio de observación, recolección de datos, encuestas, entrevistas y listas de chequeo, las cuales son información primaria que se tomó como cualitativa y entro en proceso de análisis y evaluación, por lo tanto también tuvo un componente cuantitativo dado que se usaron

herramientas de ingeniería. Siendo así la orientación de este proyecto fue una metodología mixta. Esto es consecutivo a que se busca poner en práctica la teoría, el conocimiento y metodologías relacionadas con el tema a investigación.

Investigación cualitativa: Dada principalmente por la falta de información necesaria para el presente proyecto. La empresa actualmente no posee registros de ningún tipo, por lo cual se hizo necesario hacer observaciones, encuestas, y toma de datos de manera cualitativa.

Investigación cuantitativa: Basados en los datos que se obtuvieron, y todos los estudios realizados, fue necesario el uso de herramientas cuantitativas puesto que con los resultados obtenidos se analizó la viabilidad del proyecto.

1.4.2 Cuadro metodológico: En la figura 3 se presenta la descripción de cada actividad a realizar con el fin de llevar a cabo el sistema de planeación, programación y control de la producción en la empresa R y R Plásticos S.A.S.

Figura 3. Cuadro metodológico

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS / HERRAMIENTAS
Realizar un diagnóstico de la condición actual de la planeación de la producción en la empresa R & R Plásticos S.A.S, mediante el uso de observaciones y encuestas con la cual se conozca el estado actual de la misma.	Programar visitas	Se visitará las instalaciones de la empresa, para reconocer la actividad económica, realizar una observación documental y definir el cronograma de trabajo	Entrevistas, lista de chequeo, bases de datos obtenidos, diagramas de procesos, diagrama causa efecto.
	Realizar formatos para las encuestas, entrevistas y listas de chequeo	Se elaborará, validará, aplicará, tabulará y analizará las encuestas estructuradas	
	Realizar la matriz D.O.F.A	Análisis de la matriz D.O.F.A	
	Realizar matriz de Vester	Análisis de matriz de Vester	
	Revisión documental	Recolección de datos de producción de los últimos meses	
Caracterizar las variables y parámetros que están involucrados en el sistema problemático, basados en el diagnóstico realizado.	Identificar consumo de recursos	Informe detallado del método de producción de la empresa, se establecerá consumo de materias primas, tiempos de fabricación, y otros recursos	Diagrama de flujo, diagrama de procesos, diagrama de operaciones, observación directa y bibliografía.
	Clasificación y sub clasificación de los productos en familias de piezas	Se aplicará la herramienta de clasificación A, B, C	
	Realizar diagramas de procesos	Se construirá los diagramas de flujo de los procesos de fabricación en la empresa	
	Toma y estandarización de tiempos de producción	Estudio de tiempos y movimientos	
	Diferenciar cada uno de los procesos realizados en la empresa.	Análisis de las líneas de producción	
	Identificar la capacidad de producción	Con base a datos de las líneas de producción, se procede a definir la capacidad de producción	
Desarrollar un método de planeación, programación y control de la producción basados en el uso de una herramienta de ingeniería.	Identificación y análisis de los componentes del sistema	Entradas, procesamiento y salidas en la empresa	Planeación agregada, plan maestro de la producción, pronósticos de demanda, MRP.
	Seleccionar el método de planeación, programación y control con base a las variables establecidas	Adecuación de técnicas conocidas como el plan maestro de producción, pronósticos, MRP, programación y control	
	Realizar pronósticos con base a información suministrada y tomada en los últimos meses		
	Analizar y planear la capacidad de la empresa		
	Realizar plan agregado de producción		
	Realizar el plan maestro de producción		
	Realizar el plan de requerimiento de materiales		
Realizar formatos de control para todo el proceso productivo			

Validar el sistema propuesto de planeación, programación y control de la producción desarrollado en R & R Plásticos S.A.S. por medio de indicadores de gestión	Realizar la validación para comprobar la efectividad de la solución propuesta para la empresa.	Evaluación de costos y herramientas respecto al sistema propuesto	Herramienta computacional e indicadores de gestión.
	Comparar el modelo actual de la organización con el sistema propuesto	Resultados esperados para la validación del sistema con una producción más eficiente	
Realizar una evaluación financiera para el conocimiento de la factibilidad del proyecto.	Evaluación financiera, establecer estrategias de mejora con base al sistema propuesto	Análisis de resultados obtenidos del proyecto y comprobación de factibilidad	Evaluación financiera y documentación final.
	Presupuesto, flujo de caja, TIR y VPN	Aplicación de herramientas como el flujo de caja, TIR y VPN	

Fuente: Los autores, 2015

1.5 MARCO REFERENCIAL

1.5.1 Presentación de la empresa y sector al que pertenece: La empresa R & R Plásticos, ubicada en Bogotá en la Av. Rojas con calle 69 # 70-43 barrio Estrada, comienza a operar en el año de 1991. En dicho momento, su enfoque era la producción de tuberías para construcción. En el año 1996 debido al constante cambio del mercado, y a la estandarización de procesos con normas específicas para la producción de tuberías, la organización decide cambiar de tipo de fabricación, ya que estos lineamientos tenían un nivel alto de complejidad al momento de su implementación en la empresa. Fue así que en ese año, se definiera como líneas de producción la fabricación de perfilera plástica rígida y flexible en aras de ofrecer mayor calidad y servicio especializado dejando de fabricar la tubería que manejó en principio. En este orden de ideas la empresa tiene 2 actividades económicas según con la clasificación industrial internacional uniforme (CIIU), ellas son:

2221: Fabricación de formas básicas de plásticos.

2229: Fabricación de artículos de plástico en SP.

Esta organización actualmente se destaca por innovar en el diseño y desarrollo de productos en el mercado de plásticos para satisfacer las demandas de los clientes y del mercado actual; de esta forma se ha logrado cumplir una serie de objetivos, tales como reemplazar en algunos casos piezas metálicas para garantizar mayor seguridad y confianza en la industria y en el uso final del producto.

En la actualidad, la empresa cuenta con 2 líneas de producción, donde se fabrican las siguientes 8 referencias:

- Perfiles para carrocerías.
- Perfiles para muebles metálicos.
- Perfiles para muebles de madera.
- Perfiles para refrigeración industrial y comercial.
- Perfiles automotriz.
- Perfiles para oficina abierta.
- Perfiles para diseño: Productos y soportes para publicidad.

- Perfiles para construcciones civiles: Eléctrica y enchapes. ¹

1.5.2 Antecedentes:

Haciendo un escaneo nacional e internacional se encontraron investigaciones a fines con el proyecto.

Para comenzar, se hizo la evaluación del proyecto “SISTEMA DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN ASCENMETALICAS CUERVO LTDA.” realizado por Ana María Beltrán Díaz y Julio Cesar Reyes Triana, en la Universidad Libre para el año 2013. Este proyecto presenta la evaluación y propuesta de un sistema completo de producción en una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de estructuras para ascensores.

Como se mencionó anteriormente, esta empresa desarrolló un sistema de gestión de la producción con gran éxito; a principio contaban con una serie de dificultades que dieron lugar al desarrollo del proyecto, entre ellas se encontraban el incumplimiento en las órdenes de producción, desconocimiento de las necesidades de material, capacidad disponible, costos asociados, y las unidades de agregación con las que debían planear sus operaciones, por tales razones la empresa incurría en costos adicionales de subcontratación y horas extras.

Debido a estos inconvenientes se enfatizó en el uso de herramientas ingenieriles, iniciando por el uso del análisis DOFA, 5 fuerzas de Porter, análisis Pareto, y complementando en un modo más detallado con la planeación agregada para las horas extras y subcontratación, también para la fabricación anticipada de inventario con horas extras y horas de subcontratación, el plan maestro de producción, plan de requerimientos de material, programación de taller bajo la programación de escenarios y el control de la producción, ofreciendo así un complemento exitoso para este proyecto.

Un segundo proyecto evaluado fue “ANÁLISIS Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE CONFECCIONES”, desarrollado en la empresa DISEÑOS COCO, y realizado por Alejandro Villay Pereira en la Universidad Autónoma de Occidente ubicada en Cali, para el año 2013.

La empresa pertenece al sector de confección para ropa femenina y cuenta con una tercerización de sus confecciones y acabados. En tan solo cinco años lograron una tasa de crecimiento del 31% gracias a la gran demanda de productos que obtuvieron. Pero su problema radicó precisamente en la falta de capacidad que tenían para cumplir con la demanda. Llegaron a un porcentaje de incumplimientos de hasta un 17%, con lo cual se veía completamente afectada la compañía.

¹ R & R Plásticos SAS, Líneas de producción. 2015

A causa de la problemática, la empresa decide comenzar por un diagnóstico del sistema de planeación actual, además por medio de un diagrama de Ishikawa identificaron los aspectos claves por los que se podría estar presentando dicha situación.

Por último se decide con toda la recolección de los datos y análisis de estos mismos, diseñar una nueva guía de planeación y control de la producción que pueda beneficiar a la empresa.

Un tercer proyecto evaluado fue el de “DISEÑO, SIMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN COLFOPLAS S.A.” realizado por Vivian Tatiana Cajamarca Niño, Cindy Marcela Duarte López y Raquel Vanessa Varela Morales en la Universidad Libre para el año 2010. Dicha empresa está ubicada en la ciudad de Bogotá, dedicada a la producción de envases plásticos. Su problema radicaba en la falta de planeación y control de la producción, ya que al hacer los análisis pertinentes se descubrió que la empresa tenía una alta demanda de productos y no cumplía con los pedidos respectivos.

Como resultado de esta falta de control y planeación se hizo necesaria la implementación de un plan maestro de la producción para dar solución a dicha problemática, un control de inventarios y planillas de producción para la inspección de esta, entre otras herramientas que ofrecieron un complemento exitoso para este proyecto.

Por último, un proyecto internacional fue tomado en cuenta para la investigación, titulado como “PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN MODELO DE PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA DE MUEBLES EL CARRUSEL Cía. Ltda.”, el cual fue realizado en la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, por Hendry Criollo Tacuri en el año 2011. Esta empresa se caracterizaba por trabajar en un taller donde se ubicaban maquinas en paralelo, donde uno de los problemas era la secuenciación de las operaciones, por medio de los métodos heurísticos enfocados a la gestión de las operaciones se estableció la solución que permitiera disminuir considerablemente los tiempos de entrega y el retraso medio de los pedidos.

De tal modo estos estudios de los cuales se ha hecho énfasis, demuestran que cuentan con elementos claves que evidencian situaciones similares a las que se presentan en el sector de la perfilaría de los plásticos, como lo es, la falta de una planeación óptima en sus procesos de producción que ha ocasionado el común de los problemas de la empresa donde se ejecutará el proyecto. Esto es debido al alto nivel de complejidad de las organizaciones y del comportamiento del mercado.

Es por esta razón, que los trabajos que se tomaron en cuenta para el desarrollo de este proyecto son de gran utilidad ya que propenden por generar sistemas de planeación, programación y control de la producción en entornos tanto sencillos, como complejos y de incertidumbre; a través de la aplicación de métodos

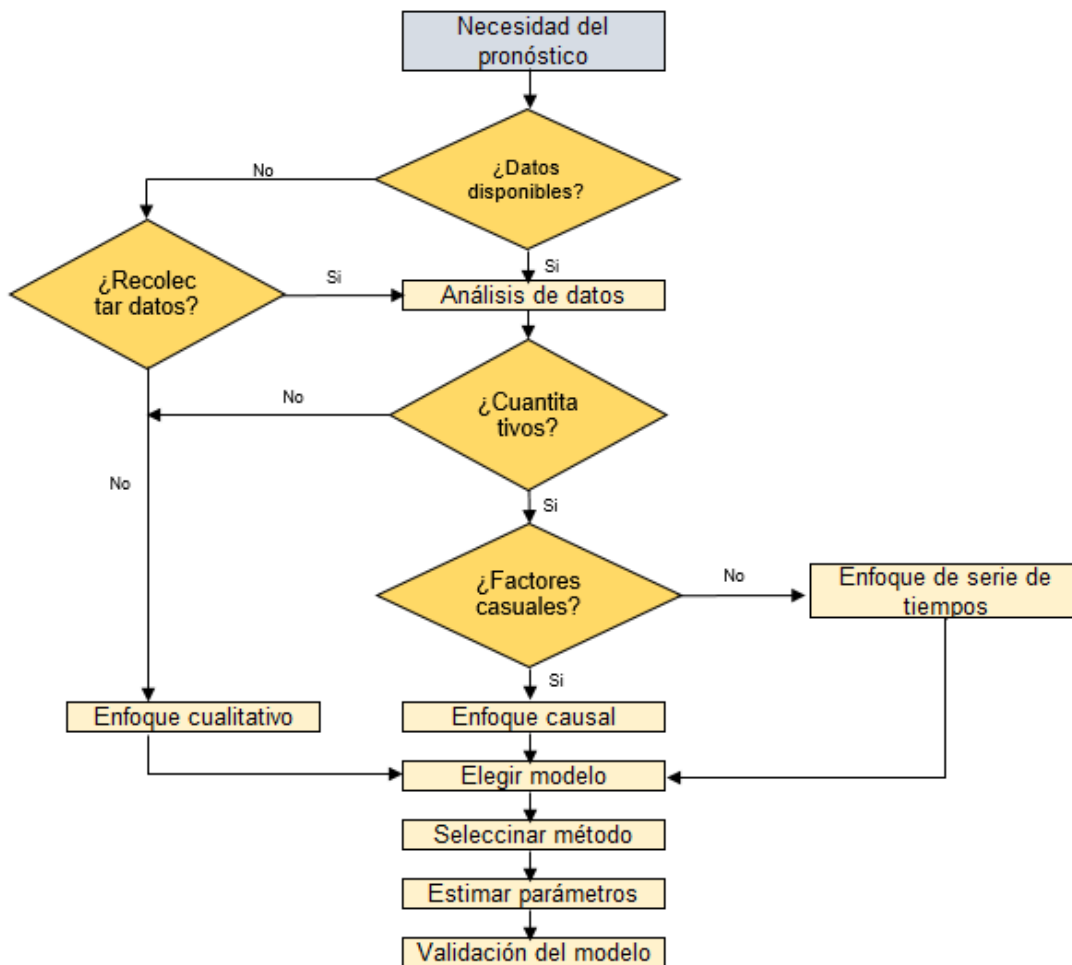
conocidos como los analíticos y heurísticos, con el fin de aumentar la efectividad de la empresa en general.

1.5.3 Marco teórico

1.5.3.1 Pronósticos: Con la constante variación en los mercados, se ve la necesidad de dejar de lado las predicciones intuitivas y buscar una manera más concreta de predecir los eventos futuros.

Los pronósticos son una técnica que proporciona un grado de seguridad para la toma de decisiones y para poder entender el proceso de pronósticos, se hace necesario comprender cuál es la problemática a evaluar.

Figura 4. Diseño de un sistema de pronósticos



Fuente: Los autores, 2015. Adaptado de: SIPPER & BULFIN, Planeación y control de la producción, 1998.

Como se observa en la figura 4, el proceso inicia con una necesidad de pronosticar una demanda a futuro, para ello se analiza y estudia la información que se encuentre disponible. En el caso que no se posea registros históricos, la empresa puede tomar dos decisiones, la primera es optar por una recolección de

datos (Cuantitativos), y la segunda opción es proceder con un enfoque cualitativo. Para tomar esta decisión la organización deberá hacer un análisis de los costos a los que incurriría en el caso que haga la recolección y validación de estos datos; si la evaluación es negativa por parte de la empresa se tomará los pronósticos cualitativos.

Después de evaluar la información obtenida, se comienza a valorar los factores causales de las tendencias y un análisis de los datos que se obtuvieron para realizar el respectivo pronóstico.

Se entiende que existen 2 tipos de pronósticos, los objetivos y los subjetivos, donde los objetivos se realizan con base en datos históricos y se pueden realizar según 2 métodos, series de tiempo y causales con regresión, y los subjetivos son aquellos que se basan en el juicio humano, es decir, en la percepción de cada persona.²

- Pronósticos subjetivos: Cuando no se cuenta con datos históricos, y específicos del pasado que den una guía hacia dónde ir, se toma la decisión de realizar un pronóstico por medio de un método cualitativo.

- ✓ Investigación de mercados: En una investigación de mercados se hace fundamental el desarrollo de un cuestionario donde se pueda obtener información necesaria para llevar a cabo el pronóstico.

Luego de esto se hace la entrevista a la población en la que se está haciendo el estudio, y dependiendo del número de población encuestada y la calidad de las respuestas, se podrá brindar un pronóstico acertado.

Una vez realizada la encuesta, estos datos se deben tabular de manera que se logre un análisis, teniendo cierto grado de cuidado en la interpretación de esta información.

Este método no es muy acertado, puesto que no se sabrá si las respuestas proporcionadas por la población fueron certeras o falsas. Además de esto, los factores que no se consideren influyentes a tomar, pueden hacer variar el resultado esperado.³

- ✓ Método delphi: Este método se desarrolla ocultando la identidad de la población a la que se le hará el estudio. Además de esto todas las opiniones entregadas por parte de la población serán tomadas con el mismo grado de importancia.

El procedimiento inicia desde la selección de un grupo de expertos a participar en el estudio. Por ejemplo al realizarlo dentro de una organización, se requiere que haya variedad de personas de las distintas áreas de la empresa, posteriormente

² SIPPEN & BULFIN, Planeación y control de la producción. 1998

³ Ibíd 2

se aplica un cuestionario donde se obtienen los datos esperados, y a partir de estos se realiza un nuevo cuestionario que será enviado o realizado a los participantes del estudio.

- **Pronósticos objetivos:** Los pronósticos objetivos se derivan de una serie de datos históricos. Por medio de series de tiempo pasados, se puede hacer un análisis y predecir los datos necesarios.

La tabla 1 brinda una guía para la selección de un método de pronóstico más adecuado, teniendo en cuenta el tipo de datos históricos que se posea y el patrón de estos mismos.

Tabla 1. Pronósticos objetivos

MÉTODOS DE PRONÓSTICO	No. DE DATOS HISTÓRICOS	PATRÓN DE LOS DATOS	HORIZONTE DE PRONÓSTICO
Promedio móvil simple	6 a 12 meses, a menudo se utilizan datos semanales	los datos deben ser estacionarios (Sin tendencia, ni temporalidad)	Corto a mediano
Promedio móvil ponderado y suavización exponencial simple	Para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones	los datos deben ser estacionarios	Corto
Suavización exponencial con tendencia	Para empezar se necesitan de 5 a 10 observaciones	Estacionarios y tendencias	Corto
Regresión lineal	De 10 a 20 observaciones; para la temporalidad, por lo menos 5 observaciones por temporada	Estacionarios, tendencias y temporalidad	Corto a mediano

Fuente: Los autores, 2015. Adaptado de: CHASE, JACOBS & AQUILANO, Administración de operaciones, 2009.

- ✓ **Métodos de serie de tiempo:** Dentro de estos métodos se encuentran cuatro características que los diferencian de los demás métodos de pronósticos:

Tendencia: Inclinación de una serie de tiempo a mostrar un patrón estable de crecimiento o de declive. Existe la tendencia lineal la cual se caracteriza por estar descrita por una línea recta, o la tendencia no lineal por lo que se describe como una curva exponencial o cuadrática.

Estacionalidad: Es un patrón que se repite en intervalos fijos puede ser en años, meses, semanas o días.

Ciclos: Es similar a la estacionalidad, se diferencia en que la duración y la magnitud del ciclo pueden variar. Los ciclos están asociados normalmente a variaciones económicas a largo plazo.

Aleatoriedad: Es aquella serie que no muestra un patrón reconocible para los datos.

✓ Regresión lineal: Los métodos como suavización exponencial y promedios móviles se retrasan cuando existe una serie de datos (Demanda) que tenga una tendencia. El análisis de regresión permite realizar un ajuste a la línea mediante un conjunto de datos.

Este análisis es definido como la relación entre dos o más variables correlacionadas, es utilizado para pronosticar una variable con base a la otra.

$$Y = a + bx \text{ [1]}$$

Dónde:

Y = Variable dependiente calculada mediante la ecuación.

a = Secante Y.

b = Pendiente de la recta.

x = Período. ⁴

✓ Promedios móviles: Promedio aritmético de las observaciones más recientes que se utiliza para pronosticar el próximo período.

El promedio móvil se queda atrás de la tendencia, lo cual evidencia que los promedios móviles simples no son la mejor manera de pronosticar cuando existe una tendencia en las series.

La fórmula del promedio móvil es:

$$Ft = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + A_{t-4}}{n} \text{ [2]}$$

Dónde:

Ft = Pronóstico para el siguiente período.

N = Número de períodos para promediar.

A_{t-1} = Ocurrencia real en el período pasado.

A_{t-2}, A_{t-3}, A_{t-n} = Ocurrencias reales hace dos períodos, hace tres períodos, y así sucesivamente hasta n períodos. ⁵

✓ Suavización exponencial: La razón por la cual este método es llamado suavización exponencial es debido a que cada incremento en el pasado se reduce

⁴ CHASE, JACOBS, & AQUILANO. *Administración de operaciones*. 2009

⁵ Ibíd 4

$(1 - \alpha)$, por lo cual, el pronóstico futuro es el promedio ponderado del último pronóstico y el valor actual de la demanda, por lo tanto:

$$\text{Nuevo pronóstico} = \alpha (\text{Observación actual de demanda}) + (1 - \alpha) (\text{Último pronóstico}) \quad [3]$$

Esta es una de las técnicas más utilizada para realizar pronósticos, debido a que:

- Los modelos exponenciales son muy precisos.
- Formular este tipo de modelos es relativamente fácil.
- Es un método el cual es fácil de entender.
- Se necesita poca cantidad de cálculos para utilizar este modelo.
- Debido a que es preciso, facilita calcular las pruebas de precisión relacionadas con el desempeño del modelo.

Para este método se necesitan 3 aspectos importantes, el pronóstico más reciente, la demanda real que ocurrió durante el período de pronóstico y una constante de uniformidad alfa (α). Esta constante es determinada según sea la naturaleza del producto y así mismo, se calcula de una forma cualitativa por la empresa, esta constante puede variar según un índice porcentual de 1 a 100. ⁶

✓ Suavizamiento exponencial doble usando el método Holt: Este método está diseñado para dar seguimiento a series de tiempo con tendencia lineal, este modelo requiere de 2 constantes de suavizamiento: α y β donde su valor oscila entre 0.1 y 1.0, así mismo se utilizan 2 ecuaciones que dan respuesta a las constantes, para el valor de la serie (Intercepción) y para la tendencia (Pendiente de la recta).⁷

En primera instancia la estimación del nivel base por período (L_t), que calcula el valor de X_t en la serie donde inicia el pronóstico.

$$L_t = \alpha * D_t + (1 - \alpha)(L_{(t-1)} + T_{(t-1)}) \quad [3]$$

La tendencia del período (T_t) la cual indica el incremento la serie a través del tiempo que se analiza.

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) (T_{t-1}) \quad [4]$$

✓ Método de Winters: Este método es utilizado cuando existen patrones de estacionalidad y tendencia. Winter supone los estimados de nivel, tendencia y estacionalidad calculando así valores dinámicos de estos. Sin embargo en el

⁶ NAHMIAS, Análisis de la producción y las operaciones. 2007

⁷ Ibíd 6

momento de obtención de datos nuevos, Winters requiere que todos los factores estacionales se calculen desde ceros una vez más.

Con el uso de esta técnica se usan tres ecuaciones de suavizamiento en cada período para actualizar los cálculos de la serie desestacionalizada.

Para las ecuaciones de (L_t) y (T_t) son las aplicadas en el método Holt mencionado anteriormente, de este modo cuentan con las mismas características de uso.

La serie

$$L_t = \alpha (X_t / S_{t-n}) + (1 - \alpha) (S_{t-1} + G_{t-1}) [5]$$

La tendencia

$$T_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) (T_{t-1}) [6]$$

Los factores estacionales

$$S_t = \gamma \left(\frac{X_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma) S_{(t-c)} [7]$$

Dónde:

α , β y γ : Constantes con valor entre 0.1 y 1.0

T_t = Estimación de la tendencia al inicio mes 1

S_t = Estimación de la estacionalidad del inicio del mes 1

L = Estimación de la base de estacionalidad⁸

1.5.3.2 Capacidad de planta: Se entiende como la habilidad de tener, recibir, almacenar o dar cabida para un bien o un servicio (Productos o clientes) según corresponda, también se entiende como la cantidad de producción que un sistema es capaz de brindar; por ello cuando se habla de capacidad se deben tener en cuenta las variables de insumos, recursos y productos terminados ya que para la planeación serán aspectos importantes.

La capacidad de planta está ligada a trabajar con los diferentes períodos de tiempo, corto, mediano y largo plazo, ya que en cada uno de ellos se tienen en cuenta elementos diferentes en el momento de evaluarlos.

✓ *Largo plazo (Más de un año)*: Hace referencia en el momento que se necesite adquirir o deshacerse de recursos como edificios, equipamiento, o instalaciones.

⁸ WISTON, Investigación de operaciones. 2005

✓ *Mediano plazo (6 a 18 meses)*: Cuando se habla de contratación, recortes de personal, adquisición de equipamiento y la subcontratación.

✓ *Corto plazo (Menos de un mes)*: Asignación de programas diarios o semanales con los respectivos ajustes para que no haya variación entre la producción planeada y la real.⁹

Una de las medidas más frecuentemente usadas es la tasa de utilización de la capacidad que brinda un rendimiento de la operación que se evalúa.

$$\text{Tasa de utilización de la capacidad} = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Mejor nivel de operación}} \text{ [8]}$$

Donde el mejor nivel operativo es el punto que indica el menor costo promedio por unidad.

Otra de las medidas ya establecidas es la medición de la eficiencia según la capacidad de planta, proceso, máquina, entre otros, se expresa con la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Capacidad disponible}} \text{ [9]}$$

✓ *Medición de la capacidad*: La determinación adecuada de la capacidad de una planta es un elemento importante para la empresa, del mismo modo conlleva a unas dificultades por lo complejo que puede llegar a ser esta actividad; la tasa de producción y el tamaño de los lote serán factores que brindarán apoyo al momento de realizar esta tarea; existen 5 tipos de capacidades explicadas a continuación:

✓ *Capacidad teórica (Ct)*: Se entiende como la producción máxima establecida con base las especificaciones brindadas por el fabricante (Ficha técnica), es usada por cortos lapsos de tiempo y condiciones bajo control, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Ct = \sum_{i=1}^m Ct_i = \sum_{i=1}^m 365 \text{días} * 24 \text{horas} * n_i \text{ [10]}$$

Dónde:

Ct = 365 días/año, 24 horas/día, ni

Ct_i = Capacidad teórica del sitio de trabajo (i)

n_i = Número de sitios de trabajo tipo (i)

⁹ VOLLMANN, BERRY, WHYBARK, & JACOBS, Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros. 2005

✓ *Capacidad instalada (CI)*: Es la capacidad teórica menos los mantenimientos preventivos que estableció la empresa en el año de gestión; se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$CI = \sum_{i=1}^m CI = \sum_{n=1}^m (365 * 24 - g_i) * n_i \quad [11]$$

$$CI = \left[\sum_{i=1}^m n_i (dh) * 24h / \text{día} \right] - \sum_{n=1}^m g_i * n_i [h / \text{año}] \quad [12]$$

Dónde:

C_i = Capacidad instalada del puesto de trabajo tipo (i)

N_i = Número de sitios de trabajo del tipo (i)

g_i = Tiempo de mantenimiento planificado para los equipos del tipo (i)

✓ *Capacidad disponible o efectiva (Cd)*: En esta capacidad se tienen en cuenta variables como los días hábiles de trabajo, número de turnos por día, horas de trabajo menos los ausentismo de los operarios, factores organizacionales y externos, se expresa de la siguiente forma:

$$Cd = \sum_{i=1}^m (dh * nt * h / t) - (G_1 + G_2 + G_3 + G_4) \quad [13]$$

Dónde:

I = Tipo de máquina tipo de instalación a analizar

C_d = Capacidad disponible en el puesto de trabajo del tipo (i)

G_1 = Pérdida de tiempo por mantenimiento $\sum g_i * n_i$

G_2 = Pérdida de tiempo por ausentismo

G_3 = Pérdida de tiempo por factores organizacionales

G_4 = Pérdida de tiempo por factores externos

✓ *Capacidad necesaria*: Está directamente relacionada con la demanda y es evaluada según el horizonte de planeación.¹⁰

$$CN_i = \sum_{j=1}^n Q_{pj} \left(\frac{\text{unid}}{\text{año}} \right) * T_{pji} \left(\frac{\text{horas}}{\text{Unid}} \right) \quad [14]$$

Dónde:

¹⁰ NOORI, Administración de operaciones y producción. 1997.

CNi = Capacidad necesario del sitio (i)

Qpj = Cantidad planeada de producto (j), para P tipos de productos

Tpji = Tiempo planeado de ejecución de una unidad de producto tipo (j), en el sitio de trabajo tipo (i)

✓ *Capacidad utilizada*: Está ligada según se haya establecido el plan de producción. ¹¹

$$CUI = \sum_{j=1}^n Q_{rj} \left(\frac{\text{unid}}{\text{año}} \right) * Tr_{ji} \left(\frac{\text{horas}}{\text{Unid}} \right) [15]$$

Dónde:

Cui = Capacidad utilizada en el sitio (i)

Qrj = Cantidad realmente elaborada de producto (j), en el horizonte de tiempo considerado

Trji = Tiempo realmente gastado en la elaboración de los sitios de trabajo (i), para la elaboración de productos tipo (j)

1.5.3.3 Estudio de tiempos: Este método determina la cantidad de trabajo que debe realizar un operario para cumplir con su objetivo en un día laboral. En el estudio de tiempos se puede tener en cuenta tres aspectos, como lo son las estimaciones de tiempo, los registros históricos y las mediciones del trabajo. Las estimaciones aunque se consideran de ayuda cuando la empresa no posee ningún dato, no dejan de ser un ejercicio netamente empírico que no proporcionará fiabilidad. Por otro lado los datos históricos a pesar de brindar información, contienen una desviación hasta del 50% con la realidad, por tal motivo se toma en cuenta el tercer aspecto que es la medición del trabajo. En este último caso, la medición del trabajo se considera el método más efectivo para calcular un tiempo de trabajo justo, teniendo en cuenta el tiempo necesario para realizar una operación, pero además de esto los tiempos suplementarios que todo trabajador necesita, donde se desencadenan las interrupciones personales, la fatiga y por último retrasos inevitables, que puede ser desde la decisión de parar la maquinaria por parte de uno de sus supervisores, o problemas con las herramientas a manejar. ¹²

Para iniciar con el estudio de tiempos, se debe tener presente tres pasos fundamentales. Primero se procede a definir cada elemento del trabajo, dando así facilidad en la toma de tiempos de cada uno de los procesos, siendo estos cronometrados y registrados de forma individual. Como segundo paso se debe tener en cuenta la diferencia entre las operaciones realizadas por la maquinaria automáticamente, y las realizadas por separado por el operario. Por último se

¹¹ Ibid 5.

¹² NIEBEL & FREIVALDS, Ingeniería industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo, 2009.

deben definir las demoras tanto de la maquinaria, como del empleado pero por separado respectivamente.

Al tener el registro de los tiempos tomados, se saca un promedio de estos y así se obtiene el tiempo del desempeño del trabajador. Pero se debe tener en cuenta además de este tiempo de desempeño, el índice de desempeño, siendo este el “tiempo normal”.¹³

$$\textit{Tiempo normal} = \textit{Tiempo del desempeño observado por unidad} \times \textit{Índice del desempeño} [16]$$

Por ejemplo, si un empleado desempeña su tarea aproximadamente en 3 minutos, pero el analista observa que su desempeño es un 30% más rápido del normal, el índice de desempeño sería 1,3 o 130% del normal. Calculándose entonces el TN (Tiempo normal) de la siguiente manera:

$$TN = 3 (1,3) = 3,9 \text{ minutos}$$

Cuando se ha observado un periodo extenso de tiempo una operación, se puede tomar el tiempo trabajado, el número de unidades terminadas y el índice de desempeño, siendo así la fórmula:

$$TN = \frac{\textit{Tiempo trabajado}}{\textit{Número de unidades producidas}} \times \textit{Índice de desempeño} [17]$$

Posteriormente al tener en TN establecido, se procede a calcular el tiempo estándar, donde se suma el tiempo normal con las tolerancias, siendo las tolerancias holguras presentadas durante el proceso, que desencadenan las necesidades normales de una persona, como ir al baño, tomar un receso, fatiga física o mental, o demoras inevitables como fallas en maquinaria o falta de materiales. Para el cálculo del TE (Tiempo estándar), se puede utilizar cualquiera de las siguientes ecuaciones:¹⁴

$$\textit{Tiempo estándar} = \textit{Tiempo normal} + (\textit{Tolerancias} \times \textit{Tiempo normal}) [18]$$

$$TE = TN (1 + \textit{Tolerancias}) [19]$$

1.5.3.4 Planeación de la producción: Posiblemente se puede entender que esta planeación sea una de las bases en la organización, ya que permite a la alta gerencia tomar decisiones diversas sobre la planeación de un negocio. En casos como la adaptación de un nuevo mercado que requiere un incremento en la capacidad de manufactura para nuevos productos y de este modo, coordinar recursos financieros para soportar el capital de trabajo en general.¹⁵

La planeación de la producción cuenta con cuatro fundamentos de análisis, ellos son: La demanda, la oferta, el volumen y la mezcla. En primera medida analizando

¹³ Ibíd 11.

¹⁴ Ibíd 11

¹⁵ Ibíd 9

la oferta, la demanda y su equilibrio, considérese cuando la demanda excede la oferta, el cliente es el directo perjudicado ya que los productos fabricados no son los suficientes para la demanda requerida; al momento de querer equilibrar la demanda, la empresa deberá incurrir en costos de tiempo extra y primas de transporte para el personal, y asimismo la calidad se verá afectada debido a la prisa de terminar el producto, perturbando el desarrollo de la institución en general. De igual manera, en el momento que la oferta presenta un incremento mayor que la demanda, los resultados se ven directamente en la empresa, como dificultades por sobrecostos en inventarios, despidos de personal, afectando directamente la eficiencia de la organización y haciendo que el clima organizacional de ésta sea tenso. Debido a estos inconvenientes, el ideal para un gerente y su grupo de trabajo es el de mantener el equilibrio entre la demanda y oferta, además de esto, también contar con planes de acción que identifiquen cuando alguna de estas variables comience a variar para así ejecutar la acción oportunamente. Es por esto que una sinergia por parte de todas las áreas, de la mano de la alta gerencia, permitirá establecer un correcto plan de producción que traiga beneficios para todos.

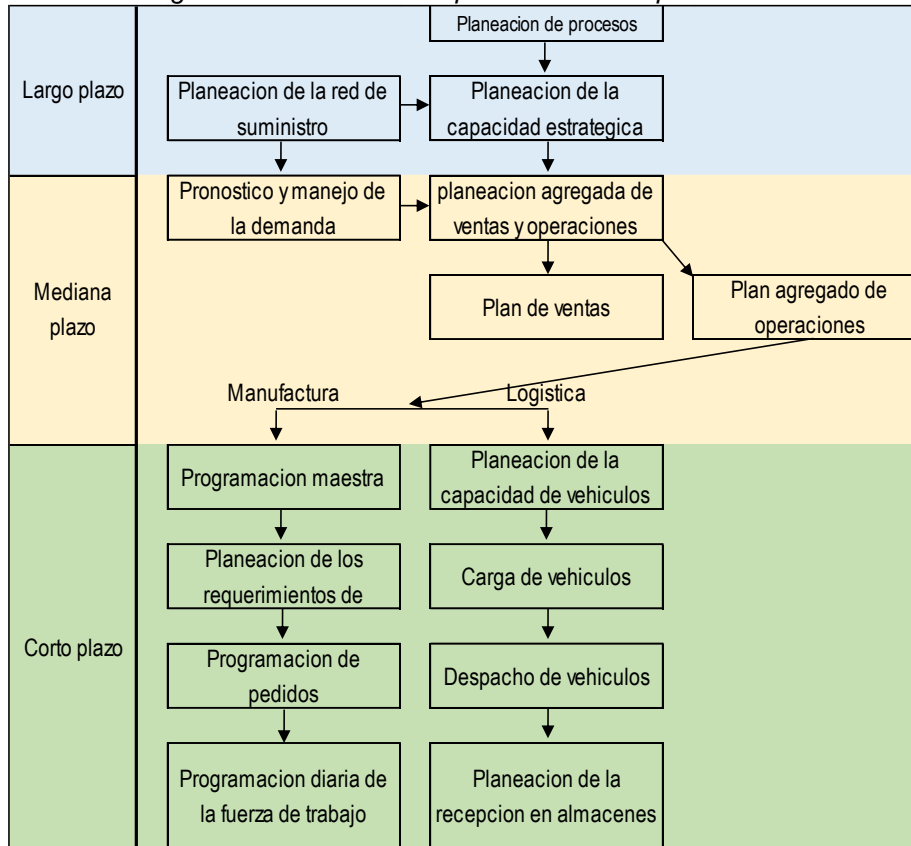
Otro de los fundamentos en la planeación de la producción es el volumen, el cual está ligado a la fabricación de un producto y tasas de producción para las familias de productos, estos tipos de volúmenes se consideran por lo general una vez al año donde en algunas ocasiones, no se usan los conocidos pronósticos para estimar con una mayor exactitud, lo que provoca que este sea determinado por cada una de las empresas, y en algunas ocasiones con una baja asertividad, perjudicando así los costos para la empresa.

El último enfoque de la planeación es la mezcla, la cual se determina por los productos individuales a fabricar, en que secuencia y para que cliente es el pedido. Generalmente en las empresas se centran en las decisiones de mezcla, ya que ellas son de carácter primordial debido a la presión de los clientes.

Como objetivo principal de la planeación de la producción, se basa en equilibrar la demanda y oferta en los niveles de volumen y entiéndase volumen como: Tasas totales de ventas, de producción, de inventarios y retrasos de órdenes, de tal modo que cuando el volumen este equilibrado o planeado, los problemas de mezcla de productos y órdenes individuales se facilitaran en gran medida, propendiendo así por una correcta planeación de la producción de una empresa.¹⁶

¹⁶ Ibíd 14.

Figura 5. Estructura de la planeación de la producción



Fuente: Los autores, 2016. Adaptado de: CHASE, JACOBS, & AQUILANO, ADMINISTRACIÓN DE OPERACION. Producción y cadena de suministros. 2009

En la figura 5 se fija como punto de partida el tiempo, el cual se divide en largo, mediano y corto plazo; la planeación producción es capaz de abarcar desde la programación diaria de trabajo, pasando por el plan maestro de producción, el plan agregado hasta la planeación estratégica y de procesos que se realiza a largo plazo en la empresa.

Claramente como se observa en la figura 5 se encuentra que la planeación consta de 3 estados de tiempo, analizando en primera medida el largo plazo el cual se encarga de manejar 2 áreas importantes, la primera de ellas es el diseño de los procesos de manufactura y servicios que producen los artículos de la empresa, y en segunda medida se encuentra el diseño de las actividades de logística que entregan los productos al cliente. De tal modo que explicando en principio la planeación de los procesos es aquella que identifica las tecnologías y procedimientos necesarios para producir un producto o un servicio, enseguida la planeación de la capacidad estratégica encargada de determinar las capacidades a largo plazo de los sistemas de producción de la empresa y de manera conjunta la planeación de red de suministro identifica de qué forma se suministrará el producto para todos los clientes de la empresa teniendo en cuenta aspectos como la ubicación de los almacenes y el tipo de transporte que se utilizará durante este proceso, internamente de la empresa, la planeación de la red de suministro tiene

decisión sobre la subcontratación de la empresa, la selección de proveedores, entre otros.

Continuando con el análisis de los tiempos, ahora se conocerá el de mediano plazo, el cual incluye los pronósticos y el manejo de la demanda, así como la planeación de ventas y operaciones. En primera medida la determinación de la demanda esperada del mercado es vital para poder realizar un pronóstico que brinde información confiable para la empresa, con esta información se llevan a cabo los planes de ventas y operaciones con el fin de cubrir estos requerimientos de la demanda, de tal forma, los planes de ventas proveen información a las actividades como la fuerza de ventas. En segunda medida el plan de operaciones muestra información sobre las actividades de manufactura, logística, y planeación, todas estas actividades desembocan en procesos más complejos como lo son, la programación maestra y la planeación de los requerimientos de material que fueron creadas para generar programas detallados donde se encuentran o indican las necesidades de las piezas para las actividades de manufactura, así mismo, los planes de logística enseñando la distribución de piezas y productos terminados por toda la cadena de suministro, todos estos procesos realizados gracias a los planes indicados anteriormente.

Por último y no menos importante, los planes a corto plazo dedicados a la programación de la producción y las órdenes de embarque, de tal modo que es vital sistematizar estas órdenes con los vehículos reales. En el área de los servicios, se realiza la programación a corto plazo de los empleados, la cual, es de suma importancia ya que asegura que se prestará un servicio de calidad al cliente y se mantendrán horarios justos para el trabajador.¹⁷

1.5.3.5 Planeación estratégica: Este tipo de planeación es una de las actividades más importantes de la alta gerencia. Existen diferentes estrategias en las cuales se puede ejecutar esta técnica, una de ellas es basar el plan más en los productos y mercados que en las organizaciones. Estos productos y mercados son agrupados en unidades estratégicas de negocio, dichos grupos son evaluados según sus fortalezas y debilidades frente al competidor. Estas unidades de negocio son ajustadas según su ciclo de vida, ventajas relativas y patrones de flujo de efectivo; la táctica radica en administrar correctamente estas unidades para así obtener una ventaja para la empresa.¹⁸

1.5.3.6 Plan agregado: Es una metodología que busca establecer cantidades de producción según la oferta y la demanda del mercado, este plan se realiza por grupos de productos u otras categorías, por lo general se enfoca a mediano plazo. El propósito fundamental del plan agregado es generar la combinación óptima de volumen de producción, nivel de la fuerza de trabajo e inventario; también se entiende que plan agregado busca establecer presupuestos para manejar los recursos de la producción. El propósito fundamental es generar la coordinación

¹⁷ Ibíd 15

¹⁸ Ibíd 16.

óptima de índices de producción para poder suministrar adecuadamente la fuerza de trabajo e inventarios.

Otros autores mencionan diferentes aspectos como son, la capacidad, las unidades agregadas y los costos, donde la capacidad se entiende como el volumen que puede fabricar el sistema de producción, las unidades agregadas hacen referencia a los planes a mediano plazo y los costos son todos aquellos que tienen que ver directamente en el plan de producción, como tal, se puede explicar que estos costos radican en el inventario y el costo de cambiar la capacidad¹⁹.

- Estrategias de planeación agregada

Pueden utilizarse 2 estrategias para satisfacer las fluctuaciones de la demanda con el tiempo, la primera es nivelar la fuerza de trabajo y la segunda consiste en relacionar la demanda con la fuerza de trabajo. Cuando en el mercado existan variaciones en la demanda se deberán tomar decisiones en cuento a los inventarios, tiempo extra, subcontratación, arreglos de cooperación o cualquier disposición que permite anteponerse con efectividad a las variaciones de esta demanda.

De este modo, enfatizando sobre las 2 estrategias mencionadas anteriormente, la aplicación de ellas variara según la empresa, o el departamento encargado, es decir, la estrategia de adaptarse a la demanda puede resultar más adecuada en las tareas rutinarias y que así mismo requieran un bajo nivel de capacitación en la mano de obra ya que su costo en general será bajo, mientras que la estrategia de nivelar la fuerza de trabajo según la demanda beneficia a empresas donde sus tareas de la mano de obra se necesiten de una calificación mayor y sus obligaciones son más complejas²⁰.

A continuación la figura 6 muestra cada de una de las opciones a tomar según se haga uso individual o mixto de las estrategias planteadas.

¹⁹ Ibíd 3.

²⁰ SCHROEDER, Administración de operaciones, 2011.

Figura 6. Proceso de planeación agregada

OPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	OBSERVACIONES
VARIAR EL TAMAÑO DE LA FUERZA DE TRABAJO MEDIANTE CONTRATACIONES O DESPIDOS	Los cambios en recursos humanos son graduales o nulos; no hay cambios abruptos en la producción.	Los costos de mantener inventarios se pueden incrementar. Los faltantes pueden ocasionar pérdidas de ventas.	Se aplica principalmente a operaciones de producción, no a las de servicios.
VARIAR LAS TASAS DE PRODUCCIÓN MEDIANTE EL USO TIEMPO EXTRA U OCIOSO	Evita los costos de otras alternativas.	Los costos por contrataciones, despidos y capacitación pueden ser significativos.	Se usa donde el tamaño de la fuerza de trabajo es grande.
SUBCONTRATACIÓN	Se ajusta a fluctuaciones estacionales sin generar costos de contratación y capacitación.	Primas de tiempo extra; trabajadores cansados; quizá no se satisfaga la demanda.	Permite flexibilidad dentro del plan agregado.
USO DE TRABAJADORES DE TIEMPO PARCIAL	Permite que la producción de la empresa sea flexible y suavizada.	Pérdida del control de la calidad; utilidades reducidas; pérdida de negocios futuros.	Se aplica principalmente en entornos de producción.
INFLUIR EN LA DEMANDA	Es menos costoso y más flexible que usar trabajadores de tiempo completo.	Altos costos por rotación y capacitación; se afecta la calidad, la programación es difícil.	Es bueno en el caso de trabajos no calificados, en áreas con gran fuerza de trabajo temporal.
ÓRDENES PENDIENTES DURANTE PERÍODOS DE DEMANDA ALTA	Intenta usar el exceso de capacidad. Los descuentos atraen a clientes nuevos.	Demanda incierta. Es difícil ajustar exactamente la oferta a la demanda.	Crea idea de marketing. Algunos negocios usan la sobreventa.
MEZCLA DE PRODUCTOS Y SERVICIOS CON ESTACIONALIDAD OPUESTA	Utiliza los recursos completamente; permite mantener una fuerza de trabajo estable.	Los clientes deben estar dispuestos a esperar, pero hay pérdida de confianza.	Es arriesgado encontrar productos o servicios con patrones de demanda opuestos.

Fuente: Los autores, 2016. Adaptado de: HEIZER & RENDER, *Principios de administración de operaciones*. 2009

1.5.3.7 Plan maestro de producción: Es claro que los sistemas de producción constan de capacidades limitadas y simultáneamente con recursos finitos, por lo tanto llegar a generar un plan maestro de producción para una empresa es altamente complejo, sobre todo si se desea que este plan sea lo más acertado posible.

Esta herramienta es usada para indicar el número de productos terminados dentro de un período específico, además de esto también se desprende el plan de operaciones y ventas en los programas de productos específicos²¹; Este plan de producción o de operaciones, es del cual se establece la fabricación de los productos según sea su familia de productos, horas estándar o volumen de dinero²²

²¹ KRAJEWSKI, MALHOTRA, & RITZMAN, *Administración de las operaciones procesos y cadenas de valor*. 2008.

²² HEIZER & RENDER, *Principios de administración de operaciones*. 2009

En la creación de un plan maestro de producción para una empresa donde se espera que sea viable la aplicación del PMP (Plan maestro de producción), se ejecuta en primera medida planes de prueba, con este plan se verifica que las variables como los recursos y tiempo de terminación sean acordes con lo que se necesita fabricar. En determinados momentos, los planes maestros de prueba arrojan resultados donde exigen demasiados recursos, conllevando a establecer nuevas necesidades de materiales, piezas y componentes en niveles inferiores; con este tipo de situación el plan maestro de prueba se adaptara hasta encontrar el correcto plan para ejecutarse; por ello se han establecido una serie de características para que este plan sea lo más seguro posible (Ver tabla 2).

Tabla 2. Características del plan maestro de producción

1	Tener en cuenta todas las demandas de venta de los productos, abastecimiento del almacen y necesidades de las plantas
2	Siempre cumplir el plan maestro que se realiza.
3	Comprometerse con lo que demanda el cliente.
4	Identificar y comunicar todos los problemas

Fuente: Los autores, 2015. Adaptado de: CHASE, JACOBS & AQUILANO, Administración de operaciones. 2009

- Desarrollo de un plan maestro de producción: Este proceso se enfoca en dos criterios; el primero es el calcular el inventario a la mano, y el segundo aspecto se basa en establecer el período de desarrollo del plan junto con la determinación del volumen de producción en productos específicos.

En primera medida, para calcular el inventario a la mano, se debe calcular el inventario disponible proyectado, el cual se entiende como una proyección que se realiza del inventario semanalmente cuando se ha satisfecho la demanda. La figura 7 permitirá una mejor comprensión del tema.

Figura 7. Desarrollo de un plan maestro de producción

Inventario disponible proyectado al final de esta semana	=	Inventario disponible al final de la semana pasada	+	Cantidad que según el PMP debe haber al principio de esta semana	-	Requerimientos proyectados para esta semana
--	---	--	---	--	---	---

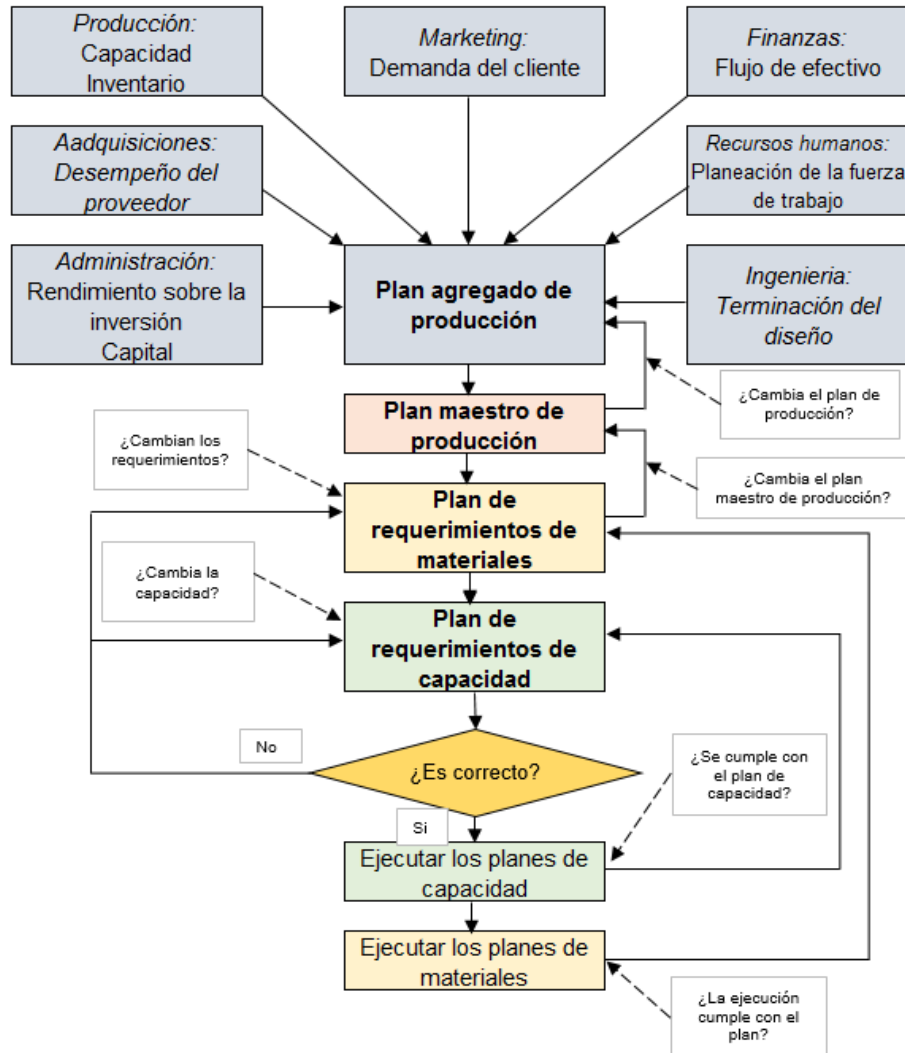
Fuente: Los autores, 2015. KRAJEWSKI, MALHOTRA, & RITZMAN, Administración de las operaciones procesos y cadenas de valor. 2008

En el siguiente paso, se determinan las fechas y el volumen de producción del plan maestro, donde uno de los aspectos a tener en cuenta es mantener un resultado no negativo del inventario disponible proyectado, en el momento cuando el inventario llegue a presentar este inconveniente de inventario negativo, se deberá programar las cantidades necesarias para compensar el PMP (Plan

maestro de producción), esta programación de cantidades faltantes se realizará para la semana en la cual el inventario evidencia que hay faltantes²³.

Como se ha demostrado en la explicación del plan maestro de producción, este consta de muchas variables a tener en cuenta, y asimismo reúne otras herramientas para trabajar en conjunto, como lo son la planeación agregada y el MRP, por tal razón, la figura 8 ilustra claramente como todas estas variables y herramientas juegan un papel fundamental dentro del plan maestro.

Figura 8. Estructura del plan maestro de producción



Fuente: Los autores, 2015. Adaptado de: HEIZER & RENDER, Principios de administración de operaciones. 2009

1.5.3.8 Plan de requerimiento de materiales: El MRP es una herramienta que determina la cantidad de materia prima a solicitar para la producción de un artículo. El plan de requerimiento de materiales además promueve programar el tiempo específico en el cual debe hacerse la orden de materia prima.

²³ Ibíd 21.

El MRP no se ocupa de dar un plan detallado de la producción, pero si puede dar una idea de unidades producidas en un lapso de tiempo establecido, o la cantidad de recursos necesarios para llevar a cabo una producción. Siendo así el MRP podrá ayudar a la implementación de planeación y programación de la producción, siendo esta la herramienta que al ejecutarse nos creará un balance de flujo de materiales y logrando así lotes pequeños de inventario.

Los propósitos del MRP van ligados a tres factores. El primero de ellos es el inventario, donde se busca ordenar la cantidad correcta en el momento correcto. El segundo son las prioridades, en las cuales se desea ordenar en las fechas correctas antes de un vencimiento. Por último la capacidad, donde se busca planear una carga completa, exacta y en el momento adecuado para pronosticar una carga futura.

Otro aspecto a estudiar es que tan viable es el uso del MRP, según la industria que se esté estudiando. Esta herramienta es de gran provecho cuando se hace producción por lotes con un mismo equipo de producción.²⁴ Pero por otro lado, cuando son compañías dedicadas al diseño avanzado, la configuración de un MRP se vuelve sumamente complejo (Ver figura 9).

Figura 9. Aplicaciones y beneficios del MRP

TIPO DE INDUSTRIA	EJEMPLOS	BENEFICIOS ESPERADOS
Ensamble a existencias	Combina múltiples partes componentes en un producto terminado, que se guarda en inventario para satisfacer la demanda de los clientes. Ejemplos: relojes, herramientas, electrodomésticos	Grandes
Fabricación a existencias	Los artículos se maquinan, más que armarse. Son existencias generalmente guardadas en anticipación de la demanda de los clientes. Ejemplos: anillos de pistones, alternadores eléctricos.	Escasos
Ensamble a pedidos	Se hace un ensamble final de opciones estándares que escoge el cliente. Ejemplos: camiones, generadores, motores.	Grandes
Fabricación a pedidos	Las piezas se maquinan sobre pedido de los clientes. En general se trata de pedidos industriales. Ejemplos: cojinetes, engranes, cinturones.	Escasos
Manufactura a pedidos	Las piezas se fabrican o arman completamente según las especificaciones del cliente. Ejemplos: generadores de turbinas, máquinas herramientas pesadas.	Grandes
Proceso	Incluye industrias como fundiciones, caucho y plásticos, papel especial, productos químicos, pintura, medicina y procesadoras de alimentos.	Regulares

Fuente: Los autores, 2016. Tomado de: CHASE, JACOBS, & AQUILANO, ADMINISTRACIÓN DE OPERACION. Producción y cadena de suministros. 2009.

- Ventajas del MRP: Por medio de esta planeación se logra una serie de ventajas, las cuales se han reflejado en muchas organizaciones, siendo estas mismas las que dan fe del resultado favorable de aplicar esta herramienta. A continuación se presenta unas de las tantas ventajas que nos brinda el MRP.

- ✓ Disminución en la cantidad de inventario
- ✓ Mejor servicio al cliente

²⁴ Ibíd 14.

- ✓ Mayor capacidad de respuesta a la demanda existente
- ✓ Reducción de costos
- ✓ Reducción de tiempos ociosos
- ✓ Reducción de inventarios

- Desventajas del MRP: A pesar de las ventajas que proporciona esta herramienta, se desglosan una serie de desventajas que complican su uso. Una ellas es la falta de compromiso por parte de la alta gerencia para desarrollar de manera adecuada el MRP. Otra es la falta de adaptación hacia la herramienta, puesto que no sirve de nada aplicar el programa de MRP si no se sabe correctamente como utilizarla. Además de esto, el grado de incertidumbre que puede generar inventarios.²⁵

1.5.3.9 Costos: En general, en la realización de un plan agregado se da por entendido que hay una demanda fija, por tal razón, son omitidos los procesos o estrategias que modifican la demanda; en tal caso cuando se considera que la demanda está dada, deben tomarse en cuenta los siguientes costos.

- ✓ Costo de contratación y despido: Se ven incluidos costos de reclutamiento, selección y capacitación de personal. Estos costos varían según sea el puesto que necesite en la empresa, también están las prestaciones del trabajador, las primas y otros costos relacionados con el despido.

- ✓ Costo de tiempo extra y tiempo perdido: El costo de tiempo extra se basa según el salario del trabajador y como lo exija la ley colombiana en este caso, el costo del tiempo perdido hace referencia a la productividad inferior de un trabajador con respecto a la total.

- ✓ Costo de mantenimiento de inventarios: Este costo se relaciona con los productos que yacen en el inventario, también están incluidos costos del capital, costo variable de almacenamiento, costo de la obsolescencia y del deterioro, en general estos costos están expresados como un porcentaje del valor real del producto.

- ✓ Costos de subcontratación: Precio por el cual se paga a los servicios de subcontratación o también conocido como “outsourcing”, se debe tener en cuenta que en algunas ocasiones este servicio puede ser más costoso que la producción de forma interna.

- ✓ Costo de la mano de obra eventual: Este costo también conocido como mano de obra temporal variara según sean las prestaciones de la ocupación que se necesite, en algunas empresas se establece el máximo porcentaje de mano de obra temporal según se disponga la operación a realizar.

²⁵ Ibíd 19.

✓ Costo de agotamiento de inventarios o pedidos: El costo de recibir un pedido o de faltantes en el inventario se refleja como un efecto en la reducción en el servicio a clientes. Este costo suele ser difícil de hallar aunque tiende a ser relacionado con la pérdida de credibilidad ante los clientes y la posible pérdida de ventas futuras²⁶.

✓ Costos de mano de obra directa: Los costos de la mano de obra obedecen a aspectos muy importantes para tener en cuenta en la organización, este costo en especial varía según elementos como las horas y días de trabajo, el cargo que ocupe el trabajador en la planta o empresa; a continuación se detallara más los aspectos a tener en cuenta para definir los costos de la mano de obra:

- Jornada laboral
- Días hábiles del período laboral, por lo general se entiende por mes
- Tasa salarial o costo por hora hombre²⁷

1.5.4 Marco conceptual: Para el proceso del presente proyecto de grado, es necesario tener claridad de ciertos conceptos que harán parte su desarrollo.

1.5.4.1 Extrusión: Es una operación de transformación de un material fundido que atraviesa una boquilla para darle forma.

1.5.4.2 Aglutinadora: Máquina que posee un sistema de cuchillas fijas y móviles que rotan arrastrando la película plástica, la cual se estira y por fricción generada por las cuchillas, se calienta y el plástico se vuelve viscoso exigiendo más fuerza al motor cuyo amperaje aumenta considerablemente, aumentando a su vez la temperatura de todo el sistema. Para reducir la temperatura, se adiciona agua. Después de un tiempo, el plástico se convierte en pequeñas bolitas.²⁸

1.5.4.3 Mezcladora: “El mezclador de plástico se utiliza principalmente para mezclar y tinturar de resina de cloruro de vinilo, tintura y seca grano de polipropileno, seca ABS y otras resinas higroscópicas antes de ser procesadas, y mezcla resinas fenólicas, etc. Es necesaria en la industria de transformación de plástico. Además, puede utilizarse en la industria del caucho y farmacia, y algunos otros campos.”²⁹

1.5.4.4 Molinos: “Máquina que procesa un material de forma que produce dicho material con trozos de un tamaño menor al tamaño original, además los productos finales son de forma de cubo, sin tensión y grietas. Puede romper diversos materiales gruesos, medianos y pequeños”.³⁰

²⁶ Ibíd 8.

²⁷ WISTON, Investigación de operaciones 2005

²⁸ ceu0917, FUNCIONES Y FALLAS DE UNA AGLUTINADORA DE PLÁSTICO. 2011.

²⁹ Pjfillingmachine, Mezclador de Plástico. 2015.

³⁰ <http://es.wikipedia.org/>, 2015

1.5.4.5 Tolvas: “Caja en forma de tronco de pirámide o de cono invertido y abierta por abajo, dentro de la cual se agregan granos u otros cuerpos para que caigan poco a poco entre las piezas del mecanismo destinado a triturarlos, molerlos, limpiarlos, clasificarlos o para facilitar su descarga.”³¹

1.5.4.6 PVC: “El PVC es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a poli cloruro de vinilo. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales cloruro de sodio o sal común y petróleo o gas natural, siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos. El PVC se presenta en su forma original como un polvo blanco, amorfo y opaco.

La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de la familia de los plásticos; pues además de ser termoplástica, a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles.”³²

1.5.4.7 Perfilería: “Las barras que componen las estructuras se fabrican en diferentes formas, a la sección transversal perpendicular al eje longitudinal se le denomina perfil.

Dependiendo del material del que está construida la barra, la obtención de un determinado perfil se realizará por un procedimiento u otro”.³³

En la perfilería plástica existen dos clases de perfil, esos son el perfil rígido y el perfil plástico, se realizan a través del proceso de la extrusión donde el plástico extrusionado tiene que ser fácilmente maleable, de forma que se le empuja a través de un orificio que tiene la forma del perfil que se desea obtener.

³¹ <http://www.boletinagrario.com>, Tolva. 2015

³² <http://www.eis.uva.es/>, Que es el PVC? 2015

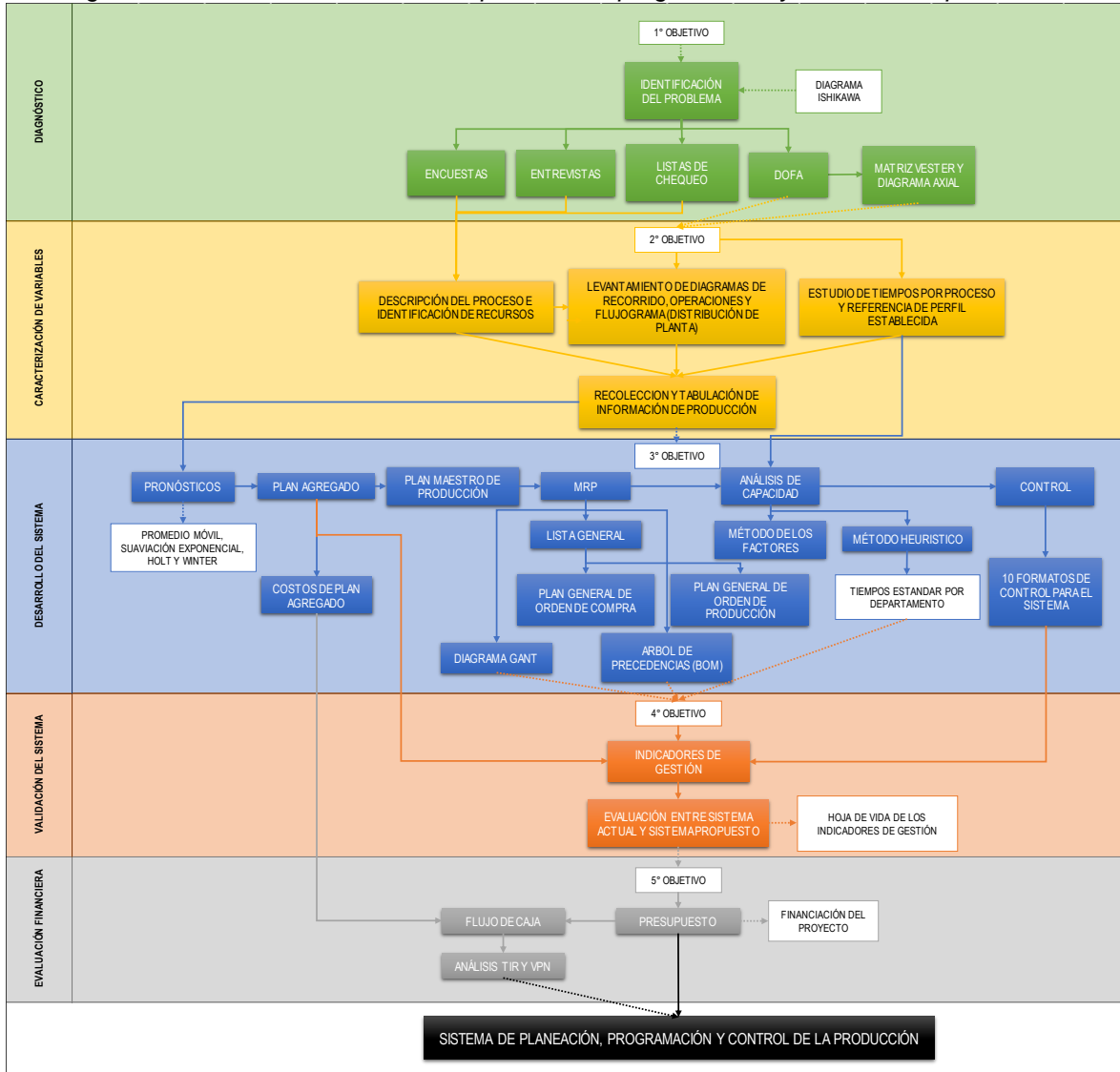
³³ <http://thales.cica.es/>, El perfil 2015

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 DESARROLLO DEL SISTEMA

El siguiente capítulo, tiene como objetivo presentar el sistema de planeación, programación y control de la producción diseñado en la empresa R & R Plásticos; en principio la investigación se conllevó a identificar el problema principal con el apoyo de herramientas como el diagrama de Ishikawa y el DOFA, como segunda parte, con la información suministrada se realizó la caracterización de variables del sistema, lo que condujo a recolectar una serie de datos y generar el levantamiento de la información que no existía en la empresa junto al estudio de tiempos, en tercera medida se diseñó toda la metodología propuesta con ayuda de mecanismos como los pronósticos, el plan agregado, MRP, análisis de la capacidad de planta y otras más, finalizando los 2 últimos puntos se validó el sistema con el apoyo de los indicadores de gestión y las hojas de vida de cada uno de los mismos y concluyendo el proyecto con un estudio de la factibilidad y análisis de flujo de caja, en la siguiente figura se da a conocer todo lo mencionado (Ver figura 10).

Figura 10. Desarrollo del sistema de planeación, programación y control de la producción



Fuente: Los autores, 2016

2.2 DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

La empresa lleva una trayectoria de 20 años produciendo perfilería rígida y flexible. Debido a la falta de organización en la poca información existente, se realizó un trabajo de recolección de facturas de dos años consecutivos, procediendo a digitalizar y analizar los datos los cuales se encuentran en el anexo 10. Histórico de ventas y ABC, encontrando así más de 150 referencias, donde 66 tuvieron una producción única (Ver tabla 3). De tal modo se muestra que manejan 84 referencias de perfilería en la empresa, en la cual el perfil rígido tiene la superioridad con el 60% de participación sobre el perfil flexible.

Tabla 3. Líneas de perfilería plástica

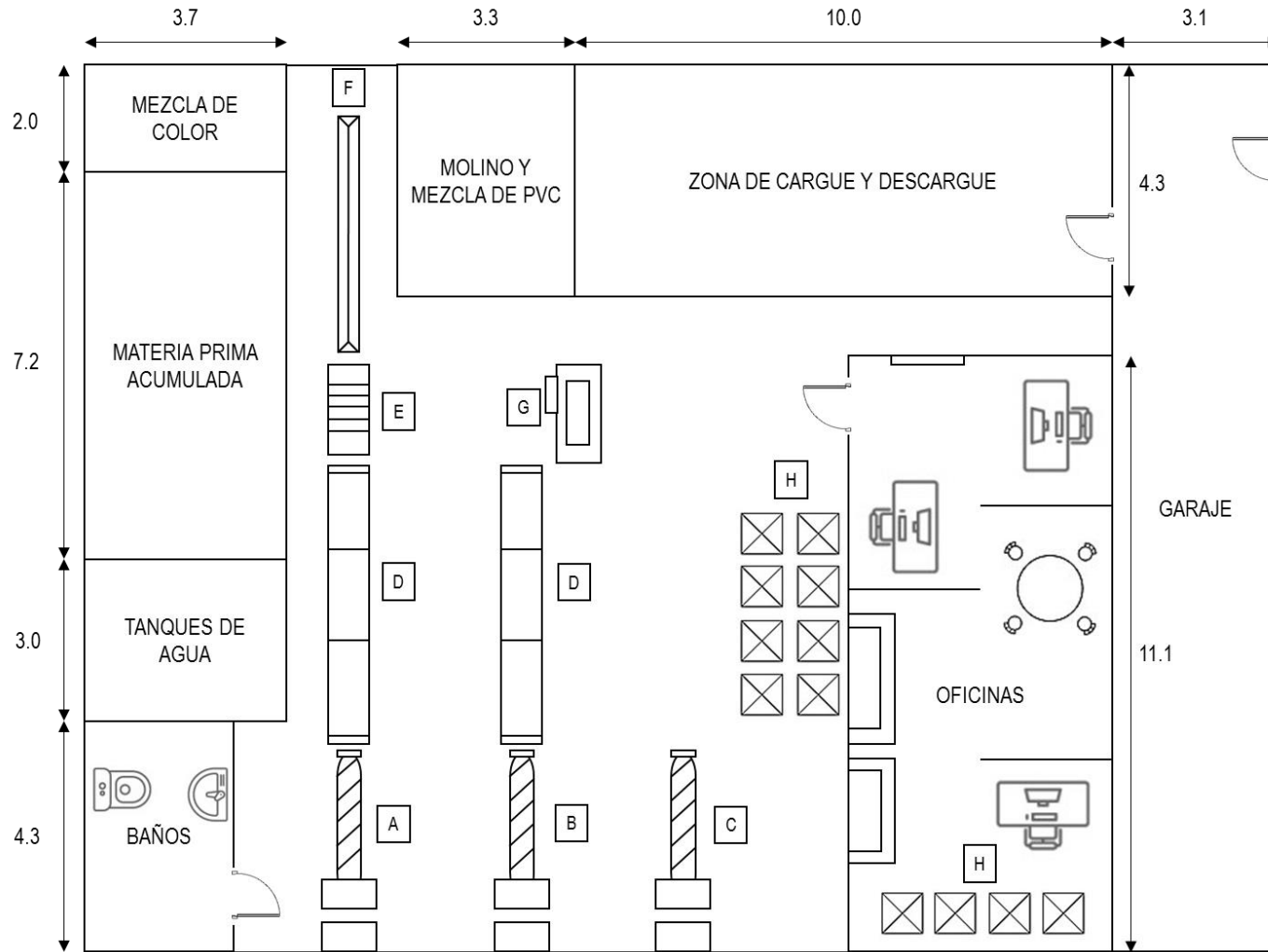
PERFILERÍA PLÁSTICA	LÍNEA	CANTIDAD DE REFERENCIAS
	FLEXIBLE	33
	RÍGIDA	51
	TOTAL	84

Fuente: Los autores, 2016

R & R Plásticos S.A.S cuenta con 366m² de área operacional disponible, en la figura 12 se aprecia cómo está ubicada la maquinaria y equipos. Se puede observar que han establecido algunas áreas específicas como lo son:

- El almacenaje de materia prima que ocupa un área de 27.07m² lo que equivale a un volumen de 49.55m³.
- Mezcladora de PVC, molino, mezcladora de color, torno, 1 línea de producción flexible y 2 líneas de producción rígida que hacen parte del área de procesos, con un área total de 97.52m².
- El producto terminado ocupa un espacio de 37.74m².
- El área de carga de descargue de materia prima y producto terminado cuenta con un área 43.2m².
- Las oficinas de la empresa ocupan un área de 53.72m².

Figura 11. Distribución del área operacional



A	EXTRUSORA PERFIL RIGIDO
B	EXTRUSORA PERFIL FLEXIBLE
C	EXTRUSORA PERFIL RIGIDO (CARRILERA)
D	ZONA DE ENFRIAMIENTO
E	HALADOR
F	EMPAQUE, PERFIL RIGIDO
G	EMPAQUE, PERFIL FLEXIBLE
H	PRODUCTO TERMINADO

Fuente: Los autores, 2016

2.2.1 Encuestas, lista de chequeo y entrevistas: Con el fin de obtener el mejor diagnóstico posible, se elaboraron encuestas y listas de chequeo que se demuestran en el anexo 1. Encuestas y lista de chequeo. Se realizó también una revisión documental, tanto de facturas (que son sus únicos registros) y de documentos legales en anexo 2. Existencia y representación legal registro mercantil, anexo 3. Libros de comercio y anexo 4. Matrícula mercantil, con lo cual se verificó que todo está legalmente constituido, y fue renovado en el año 2015. Basados en estas herramientas, además de la observación realizada, se pudo concluir que:

- La empresa no cuenta con ningún plan específico de producción. Cada vez que llega un cliente se inicia con la producción requerida, pero si llega un pedido de un cliente preferencial se toma en cuenta de inmediato para iniciar dicha producción.
- No manejan un sistema para marcar sus productos con número de lote o serie para verificar que realmente sean perfiles entregados por R y R Plásticos, y teniendo en cuenta que ya se han presentado anteriormente devoluciones del artículo, no se ha podido comprobar la posible falla.
- La empresa no reconoce exactamente su capacidad instalada. El gerente tiene en consideración una cifra pero al ver datos reales de producción, estos no se asemejan.
- Se cuenta con transporte propio para llegada de materia prima y para entrega de producto terminado, pero no tiene conocimiento del costo que esto genera.
- La empresa no cuenta con formatos de control para la producción, calidad o mantenimiento de su maquinaria.
- Se evidencia la falta de información como diagramas de flujo, procesos, operaciones, hilos y hombre máquina, estudios de tiempos, bases de datos de ventas y de niveles de producción.

2.2.2 Análisis DOFA: Con el resultado obtenido de las encuestas, listas de chequeo y entrevistas junto al apoyo de la compañía se llevó a cabo la matriz DOFA para poder analizar el contexto interno y externo que posee la empresa (Ver figura 13).

Figura 12. Matriz DOFA

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Personal calificado	Atiende necesidades del cliente frente al diseño del producto
	Facilidad en el diseño de nuevos productos en perfleria
	Fidelidad por parte sus clientes más importantes
	Nuevas oportunidades de negocio
DEBILIDADES	AMENAZAS
Capacidad de producción desconocida	Entrada del producto elaborado por los competidores a un menor precio
Costos producción desconocidos	Fluctuaciones de los precios de la materia prima
No existe sistema de planeación, programación y control de la producción	Competidores mejor establecidos en el mercado
Falta de documentación	Desconocimiento de la demanda
Inadecuada distribución de planta	Escases de materia prima en todo el sector
Desperdicio de materia prima	Amenaza por oscilacion de la moneda extranjera
No se poseen indicadores que permitan medir la eficiencia del proceso ni la satisfacción del cliente (Indicadores de gestión)	Falta de reconocimiento de la empresa en el mercado
Incumplimiento con la entrega del producto terminado a los clientes	
No hay manuales de función	
Carencia de un sistema de información que apoye la toma de decisiones	
No se tiene una base de datos sistematizada que le ayude a organizar la información interrelacionada entre productos proveedores y clientes	
Ineficiente tiempo de entrega del producto frente a la competencia	

Fuente: Los autores, 2016

2.2.3 Matriz vester: De la matriz DOFA se derivan ciertas debilidades que en general encierran dificultades en la planeación de la producción y la organización interna de la empresa; como paso siguiente se extraen los elementos más importantes para poder crear la matriz de vester y de este modo entender a mejor medida los problemas de la organización (Ver tabla 4).

Tabla 4. Variables de Matriz de Vester

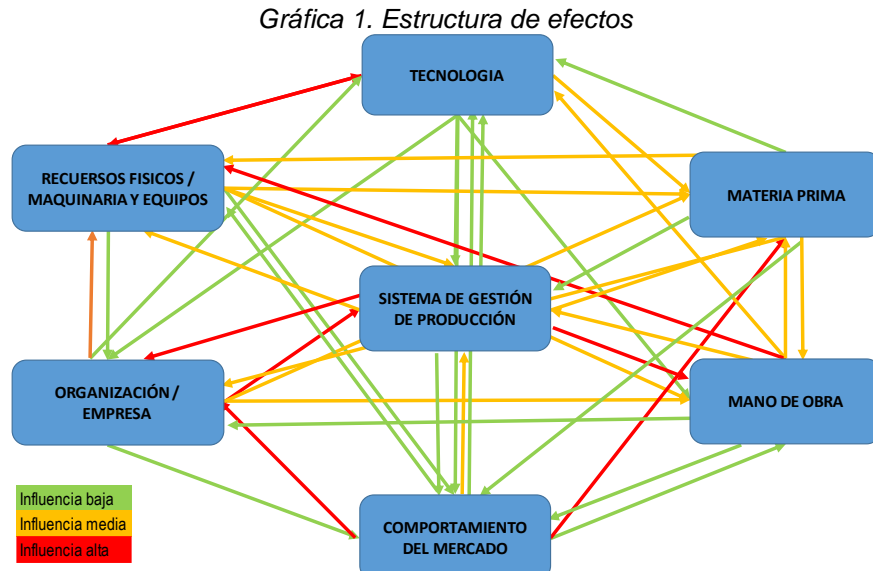
	CARACTERISTICAS	a	b	c	d	e	f	g	Suma de activos (SA)
a	Tecnología	X	3	1	0	1	1	2	8
b	Recursos físicos, maquinaria y equipo	3	X	0	0	2	2	2	9
c	Organización / Empresa	1	2	X	1	2	3	2	11
d	Comportamiento del mercado	1	0	3	X	1	2	3	10
e	Mano de obra	2	3	1	0	X	2	2	10
f	Sistema de gestión de producción	1	2	3	0	3	X	2	11
g	Materia prima	0	2	2	1	2	1	X	8
Suma de pasivos (SP)		8	12	10	2	11	11	13	67
SP X SA		64	108	110	20	110	121	104	

Fuente: Los autores, 2016

Para la aplicación de esta herramienta se utilizó la siguiente ponderación:

- 0. Ninguna relación.
- 1. Relación baja.
- 2. Relación media.
- 3. Relación alta.

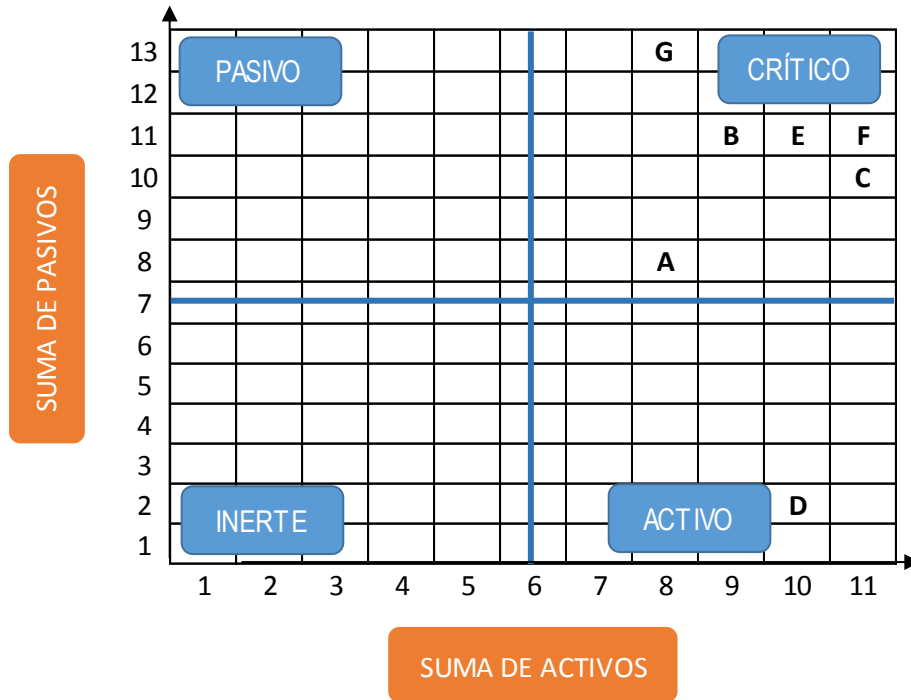
2.2.4 Estructura de efectos: De este modo, la característica del sistema de gestión de producción tiene la relación más alta con respecto a todas las variables establecidas, el desconocimiento de la capacidad y costos de la producción, del funcionamiento de la demanda, entre otros elementos han causado este resultado. En el gráfico 1 se puede analizar de igual manera que alrededor del sistema de gestión de producción se ven involucradas a menor o mayor importancia los aspectos a tratar.



Fuente: Los autores, 2016

2.2.5 Diagrama axial: Es necesario definir la importancia de cada uno de los factores y asignar la categoría a la cual pertenece. El diagrama Axial establece 4 cuadrantes donde se ubican las características de la matriz de Vester, esta ubicación es establecida según la suma de pasivos y suma de activos (Ver gráfica 2).

Gráfica 2. Diagrama axial



CUADRANTE CRÍTICO	
a Tecnología	e Mano de obra
b Recursos físicos, maquinaria y equipo	f Sistema de gestión de producción
c Organización / Empresa	g Materia prima
CUADRANTE ACTIVO	
d Comportamiento del mercado	

Fuente: Los autores, 2016

Según el diagrama AXIAL, seis de las siete características estudiadas se encuentran en el cuadrante crítico y una característica en el cuadrante activo; este cuadrante indica que no hay una influencia directa con los otros factores analizados ya que su interrelación es finita y para la empresa se vuelve un elemento de baja relevancia, las 6 características halladas en el cuadrante crítico demuestran los puntos sobre los cuales se debe basar la investigación debido a que los factores tienen una relación directa con las actividades principales de la empresa.

2.3 CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES

2.3.1 Descripción del proceso: Para la fabricación de perfilaría plástica, se requiere pasar una serie de subprocesos que se describen a continuación.

- Adquisición de materia prima: Este proceso es el primero y uno de los más importantes para la fabricación de perfilaría plástica. El procedimiento se puede llevar a cabo por dos medios: El primer método es produciendo el PVC

directamente en la empresa mediante el uso de una mezcla procesada en la mezcladora de PVC con los siguientes componentes: Resina, DOP (Líquido), estabilizante, ácido esteárico, carbonato y colorante. El segundo es por medio de la compra de PVC reprocesado, que a pesar de haber pasado por un proceso de extrusión, aun es útil para algunas referencias de perfilería, siendo este más económico de adquirir, también la empresa cuenta con la capacidad de generar su propio perfil reprocesado ya que dispone de un molino para que el producto defectuoso sea nuevamente utilizado (Ver figura 14).

Figura 13. Alistamiento de material



Fuente: Los autores, 2016

- **Alistamiento y calentamiento de línea de producción:** Para dar inicio a la producción, se requiere hacer limpieza y calibración de toda la extrusora, la cual se compone del cabezal, la tolva, zona de enfriamiento y halador, ya que de anteriores procesos realizados en la línea quedan restos de material que pueden alterar el color y calidad del nuevo lote a fabricar.

Después de realizar la debida limpieza, se procede a calentar la extrusora por medio de los tableros de control donde se inspecciona la temperatura adecuada para poder dar inicio al proceso productivo. Según el tipo de perfil, ya sea flexible o rígido, se determina la temperatura apta (Ver figura 15).

Figura 14. Alistamiento de maquinaria



Fuente: Los autores, 2016

- **Elaboración perfil:** Una vez se encuentre en la temperatura adecuada para dar inicio a la producción y garantizadas todas las condiciones establecidas anteriormente, se procede por introducir el PVC en la tolva de la extrusora, posteriormente el material comienza a entrar a las zonas de calentamiento y luego al cabezal donde se encuentra el molde del perfil a elaborar, en esta etapa del

proceso el PVC que se encuentra en su estado sólido y molido, se vuelve una mezcla totalmente homogénea.

Continuando con el proceso, el perfil comienza a salir por el cabezal y entra en la zona de enfriamiento la cual tiene 5 m de largo, en esta fase el producto que es maleable comienza a tomar sus propiedades de rigidez; los operarios como función principal en este determinado instante verifican que el artículo en fabricación cumpla con las características establecidas por el cliente (Color, rigidez, textura y dimensiones), de no ser así el producto se cataloga como defectuoso y pasará a ser molido para ser reutilizado posteriormente, en esta etapa del proceso se genera de 10% a 15% de material imperfecto que pasa a ser reprocesado (Ver figura 16).

Figura 15. Elaboración de perfil



Fuente: Los autores, 2016

- Inspección, corte y almacenado: El perfil termina su proceso productivo al salir del halador, el cual moldea y da el calibre requerido. Cuando sale del halador, el operario procede a hacer una inspección, comprobando así que se cumpla con las medidas necesarias. Si detecta que el producto no cumple con las condiciones, se procede a declarar como defectuoso e ira a un reprocesamiento, en el momento que toda la línea de producción esta calibrada, se genera un 5% de este producto que es molido. Por el contrario si el perfil obtiene sus propiedades correctamente, se continúa con el proceso de empaque y almacenado (Ver figura 17).

Como se da a conocer anteriormente, la empresa cuenta con 3 extrusoras pero solo 1 halador, lo cual limita a la empresa a trabajar con una sola línea de producción a la vez; esto significa que 1 extrusora se está usando mientras las otras 2 máquinas esperan que finalice el proceso lote de fabricación para poder trabajar con ellas.

Figura 16. Corte y empaque



Fuente: Los autores, 2016

2.3.2 Maquinaria y equipos: La empresa cuenta con una variedad de maquinarias y equipos con los cuales se puede desarrollar la diversidad de productos y cumplir con las necesidades particulares que cada referencia requiera (Ver tablas 5, 6 y 7).

Tabla 5. Características de extrusora de perfil flexible

EXTRUSORA PERFIL FLEXIBLE	
Calentamiento extrusora rígida, para dar inicio a producción. (Tiempo estimado de calentamiento 1 hora)	Zona 1, 160°C
	Zona 2, 165°C
	Zona 3, 170°C
	Zona 4, 175°C
	Cabezal, 180°C
Temperatura de la extrusora, en proceso productivo.	Zona 1, 155°C
	Zona 2, 160°C
	Zona 3, 165°C
	Zona 4, 170°C
	Cabezal, 160°C
Velocidad extrusora rígida.	De 300 RPM hasta 600 RPM

Fuente: Los autores, 2016

Tabla 6. Características de extrusora de perfil rígido

EXTRUSORA PERFIL RÍGIDO	
Calentamiento extrusora rígida, para dar inicio a producción. (Tiempo estimado de calentamiento 1 hora)	Zona 1, 140°C
	Zona 2, 145°C
	Zona 3, 150°C
	Zona 4, 155°C
	Zona 5, 160°C
	Cabezal, 195°C
Temperatura de la extrusora, en proceso productivo.	Zona 1, 120°C
	Zona 2, 125°C
	Zona 3, 130°C
	Zona 4, 135°C
	Zona 5, 135°C
	Cabezal, 136°C
Velocidad extrusora rígida.	De 400 RPM hasta 1000 RPM

Fuente: Los autores, 2016

Tabla 7. Características de extrusora de perfil carrilera

EXTRUSORA PERFIL CARRILERA	
Calentamiento extrusora rígida, para dar inicio a producción. (Tiempo estimado de calentamiento 1 hora)	Zona 1, 160°C
	Zona 2, 165°C
	Zona 3, 170°C
	Zona 4, 175°C
	Cabezal, 180°C
Temperatura de la extrusora, en proceso productivo.	Zona 1, 155°C
	Zona 2, 160°C
	Zona 3, 165°C
	Zona 4, 170°C
	Cabezal, 160°C
Velocidad extrusora rígida.	De 200 RPM hasta 400 RPM

Fuente: Los autores, 2016

2.3.3 Productos con mayor volumen de producción e ingresos: Por medio del procesamiento de los datos recolectados se realizó un análisis a la facturación adjuntado en el anexo 10. Histórico de ventas y ABC, pagina 2014-105, donde se ejecutó una serie de estudios, entre los cuales se hizo un ABC, tanto por volumen de producción, como por ingresos. Teniendo en cuenta que actualmente la compañía cuenta con solo 84 referencia activas de las 105 que manejaba, y la relevancia de los productos en el cuadrante A, se tomó un equivalente al 74,7% del total en volumen de producción y un 65,2% del total en ingresos (Ver tablas 8 y 9). Siendo así, para nuestro estudio se tomaron en conjunto 24 productos comunes entre ambos ABC.

Tabla 8. ABC por volumen de producción

	PERFIL	METROS	%	% ACUMULADO	CLASIFICACIÓN
1	BOCEL NEGRO 25 MM	30.250	9,6%	9,6%	A
2	BOCEL NEGRO 22 MM	20.450	6,5%	16,1%	
3	BOCEL NEGRO 17 MM	19.800	6,3%	22,4%	
4	BOCEL NEGRO 15 MM	18.200	5,8%	28,1%	
5	PERFIL PISADOR NUEVO PARA VIDRIO DE 2	13.856	4,4%	32,5%	
6	BOCEL NEGRO 19 MM	12.600	4,0%	36,5%	
7	PERFIL RÍGIDO PLATEADO	12.290	3,9%	40,4%	
8	BOCEL NEGRO 33 MM	10.450	3,3%	43,7%	
9	PERFIL RÍGIDO PITILLO PARA PUERTA BLANCO	9.040	2,9%	46,6%	
10	PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS	9.024	2,9%	49,4%	
11	BOCEL NEGRO 20 MM	8.950	2,8%	52,3%	
12	BOCEL NEGRO 12 MM	8.900	2,8%	55,1%	
13	BOCEL GRIS 22 MM	7.750	2,5%	57,6%	
14	TUBO PROTECTOR CRISTAL	7.194	2,3%	59,8%	
15	PERFIL RÍGIDO INSERTO GRIS	6.523	2,1%	61,9%	
16	PERFIL RÍGIDO REGLETA BOMPER	6.261	2,0%	63,9%	
17	BOCEL NEGRO 30 MM	5.950	1,9%	65,8%	
18	BOCEL NEGRO 28 MM	5.700	1,8%	67,6%	
19	BOCEL NEGRO 35 MM	5.650	1,8%	69,4%	
20	EMPAQUE U FLEXIBLE NEGRO	5.100	1,6%	71,0%	
21	TAPON RECTANGULAR NEGRO	5.000	1,6%	72,6%	
22	BOCEL GRIS 33 MM	4.950	1,6%	74,2%	
23	PERFIL RÍGIDO J GRIS HUMO	4.665	1,5%	75,6%	
24	BOCEL ROJO 19 MM	4.400	1,4%	77,0%	
25	PERFIL RÍGIDO CARROCERÍA GRIS	4.147	1,3%	78,3%	
26	PERFIL RÍGIDO T GRIS	3.278	1,0%	79,4%	

PARTICIPACIÓN	CLASIFICACIÓN	#	% ACUMULADO
0% - 80%	A	26	79%
80% - 97%	B	32	17%
97% - 100%	C	26	3%
			100%

Fuente: Los autores, 2016

Tabla 9. ABC por ingresos

	PERFIL	VALOR	%	% ACUMULADO	CLASIFICACIÓN
1	PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS	\$ 73.399.956	15,8%	15,8%	A
2	PERFIL PISADOR NUEVO PARA VIDRIO DE 2	\$ 26.745.329	5,7%	21,5%	
3	BOCEL NEGRO 25 MM	\$ 26.418.850	5,7%	27,2%	
4	PERFIL RÍGIDO REGLETA BOMPER	\$ 25.749.066	5,5%	32,7%	
5	TUBO PROTECTOR CRISTAL	\$ 23.090.929	5,0%	37,7%	
6	BOCEL NEGRO 22 MM	\$ 15.333.750	3,3%	40,9%	
7	PUNTERAS PASAMANOS GRIS	\$ 14.950.000	3,2%	44,2%	
8	PERFIL RÍGIDO INSERTO GRIS	\$ 14.196.055	3,0%	47,2%	
9	BOCEL NEGRO 33 MM	\$ 11.105.450	2,4%	49,6%	
10	PERFIL RÍGIDO ÁNGULO CARA LISA - CARA ACANAL	\$ 10.101.600	2,2%	51,8%	
11	BOCEL NEGRO 17 MM	\$ 9.722.400	2,1%	53,8%	
12	PERFIL RÍGIDO LATERAL PACHA GRIS	\$ 9.646.776	2,1%	55,9%	
13	TUBO PROTECTOR LED ROJIZO	\$ 9.174.318	2,0%	57,9%	
14	PERFIL RÍGIDO PISADOR PARA LED	\$ 8.175.974	1,8%	59,6%	
15	BOCEL GRIS 22 MM	\$ 8.163.600	1,8%	61,4%	
16	BOCEL GRIS 33 MM	\$ 7.966.600	1,7%	63,1%	
17	PERFIL RÍGIDO PLATEADO	\$ 7.957.884	1,7%	64,8%	
18	BOCEL NEGRO 15 MM	\$ 7.765.000	1,7%	66,5%	
19	BOCEL NEGRO 19 MM	\$ 7.005.600	1,5%	68,0%	
20	PERFIL RÍGIDO ÁNGULO AMARILLO	\$ 6.658.400	1,4%	69,4%	
21	PERFIL RÍGIDO PITILLO PARA PUERTA BLANCO	\$ 6.373.600	1,4%	70,8%	
22	BOCEL NEGRO 35 MM	\$ 6.322.800	1,4%	72,1%	
23	BOCEL NEGRO 20 MM	\$ 5.838.500	1,3%	73,4%	
24	BOCEL NEGRO 30 MM	\$ 5.614.650	1,2%	74,6%	
25	PERFIL RÍGIDO CARROCERÍA GRIS	\$ 5.423.704	1,2%	75,8%	
26	PERFIL RÍGIDO J GRIS HUMO	\$ 5.161.425	1,1%	76,9%	
27	BOCEL NEGRO 28 MM	\$ 4.965.750	1,1%	77,9%	
28	PERFIL RÍGIDO ÁNGULO NEGRO	\$ 4.643.720	1,0%	78,9%	
29	PERFIL RÍGIDO PASAMANOS BLANCO GRIS	\$ 4.590.000	1,0%	79,9%	

PARTICIPACIÓN	CLASIFICACIÓN	#	% EN VENTAS
0% - 80%	A	29	80%
80% - 97%	B	33	17%
97% - 100%	C	22	3%
			100%

Fuente: Los autores, 2016

Al observar cada línea de perfil según el ABC, se pudo ver como cada una tiene un aspecto específico a exaltar. En este caso se evidenció que la perfilería flexible posee el mayor volumen de producción equivalente al 61% del total producido en un periodo de 24 meses (315.413 metros), como se puede demostrar en la gráfica 3. Para observar a detalle cada uno de los ABC, se adjunta anexo 10. Histórico de ventas y ABC, pagina ABC – Cantidad e ingresos.

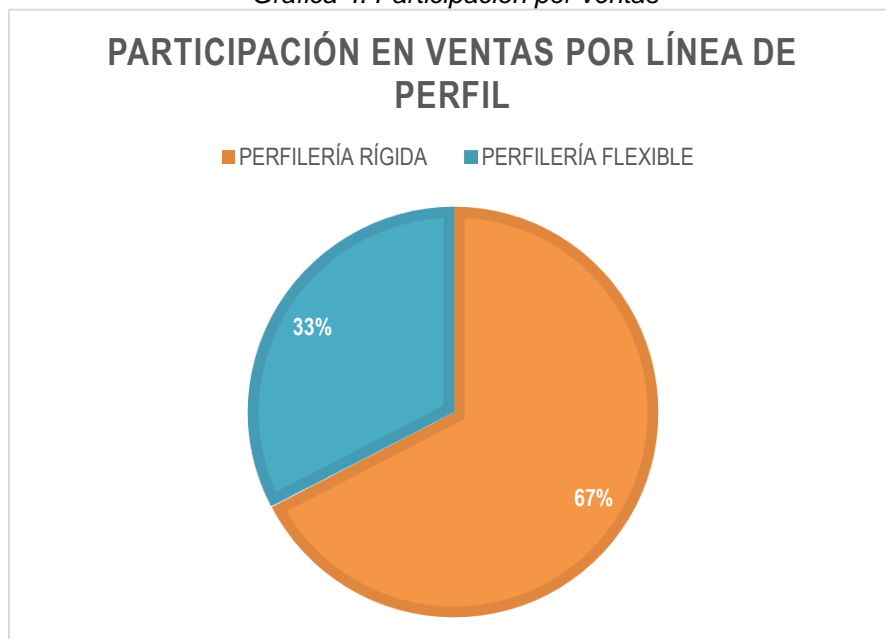
Gráfica 3. Participación por volumen de producción



Fuente: Los autores, 2016

Además la perfilería rígida posee el mayor volumen de ingresos equivalente al 67% del total de unidades vendidas en un periodo de 24 meses (\$465.788.257 moneda cte), como se puede demostrar en la gráfica 4.

Gráfica 4. Participación por ventas



Fuente: Los autores, 2016

2.3.4 Diagramas: La empresa actualmente no cuenta con diagramas de ningún tipo, por tal razón se hizo necesario hacer el levantamiento de dicha información, para poder estudiar de manera adecuada todo su proceso productivo. Se hizo levantamiento de diagrama de procesos, diagrama de recorrido y diagrama de flujo, que se presentan a continuación.

2.3.4.1 Diagrama de procesos ASME: Para entender más a detalle los métodos de la empresa, se presentan las figuras 18 y 19 donde se puede detallar el diagrama de procesos de las 2 líneas de perfilería plástica que se fabrican en la organización (Perfil rígido y perfil flexible), en este diagrama se analiza paso a paso la fabricación del perfil plástico, teniendo en cuenta los metros de desplazamiento del operario y las horas tomadas para realizar la acción respectiva, es importante tener en cuenta que los 2 perfiles mencionados manejan las mismas actividades en el proceso de producción, la diferencia se encuentra en, las operaciones de calibración e inspección y los procesos de corte y empaque.

De este modo, con el apoyo del personal de la empresa se levantaron los diagramas de procesos ASME de perfilería rígida y perfilería flexible, ya que anteriormente no existía registro alguno de estos diagramas; del mismo modo todos los diagramas presentados en esta sección del documento fueron realizados por los autores del proyecto con base a la recolección de información; los tiempos utilizados fueron determinados en el estudio de tiempos que se encuentra en el anexo 7, 8 y en el siguiente apartado.

Figura 17. Diagrama de procesos perfilería rígida

DIAGRAMA DE PROCESOS PERFILERÍA RÍGIDA								
COMENTARIOS:					ACTIVIDADES	PROCESO ACTUAL		
PROCESO: PERFILERÍA RÍGIDA						ACTUAL	DISTANCIA (M)	
FECHA: 13 DE JUNIO DE 2016					OPERACIÓN	9	18.8	
OPERADOR	RODOLFO CISNEROS - URIEL DORADO				TRANSPORTE	2	18.76	
ANALISTA	DIANA SÁNCHEZ - NICOLÁS GÓMEZ				INSPECCIÓN	3	8.8	
MÉTODO:	ACTUAL		PROPUESTO		DEMORA	1	0	
TIPO	TRABAJADOR	MATERIAL	MÁQUINA		ALMACENAJE	1	7.8	
ACTIVIDAD						TIEMPO (HR)	DISTANCIA (M)	OBSERVACIONES
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	○	⇨	◓	◑	▽			
Calentamiento de tableros de control						0.33	0	
Selección de MP en fase 2						0.00	0	
Inspección						0.08	5	
Orden de producción						0.02	0	
Mezcla de color predeterminado						0.05	10	
Transporte de mezcla hacia tolva						0.05	18.76	
Limpieza de cabezal						0.25	0	
Introducir mezcla a tolva						0.02	0	
Calibración e inspección						0.33	3.8	
Salida de desperdicio por ensayo						0.75	0	
Introducir mezcla a tolva						0.02	0	
Corte de material terminado						0.02	0	
Inspección						0.02	0	
Empacar						0.02	5	
Almacenar						0.02	7.8	
Despacho y entrega						0.00	N/A	

Fuente: Los autores, 2016

Figura 18. Diagrama de procesos perfilería flexible

DIAGRAMA DE PROCESOS PERFILERÍA FLEXIBLE							
COMENTARIOS:				ACTIVIDADES	PROCESO ACTUAL		
PROCESO: PERFILERÍA FLEXIBLE					ACTUAL	DISTANCIA (M)	
FECHA: 13 DE JUNIO DE 2016				OPERACIÓN	9	13.8	
OPERADOR	RODOLFO CISNEROS - URIEL DORADO			TRANSPORTE	2	18.76	
ANALISTA	DIANA SÁNCHEZ - NICOLÁS GÓMEZ			INSPECCIÓN	3	8.8	
MÉTODO:	ACTUAL		PROPUESTO	DEMORA	1	0	
TIPO	TRABAJADOR	MATERIAL	MÁQUINA	ALMACENAJE	1	7.8	
ACTIVIDAD				TIEMPO (HR)	DISTANCIA (M)	OBSERVACIONES	
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	○	⇨	◻				
Calentamiento de tableros de control	█			0.33	0		
Selección de MP en fase 2	█			0.00	0		
Inspección			█	0.08	5		
Orden de producción	█			0.02	0		
Mezcla de color predeterminado	█			0.05	10		
Transporte de mezcla hacia tolva		█		0.05	18.76		
Limpieza de cabezal	█			0.25	0		
Introducir mezcla a tolva	█			0.02	0		
Calibración e inspección	█		█	0.33	3.8		
Salida de desperdicio por ensayo			█	0.07	0		
Introducir mezcla a tolva	█			0.02	0		
Corte de material terminado	█			0.01	0		
Inspección			█	0.02	0		
Empacar	█			0.01	0		
Almacenar			█	0.02	7.8		
Despacho y entrega		█		0.00	N/A		

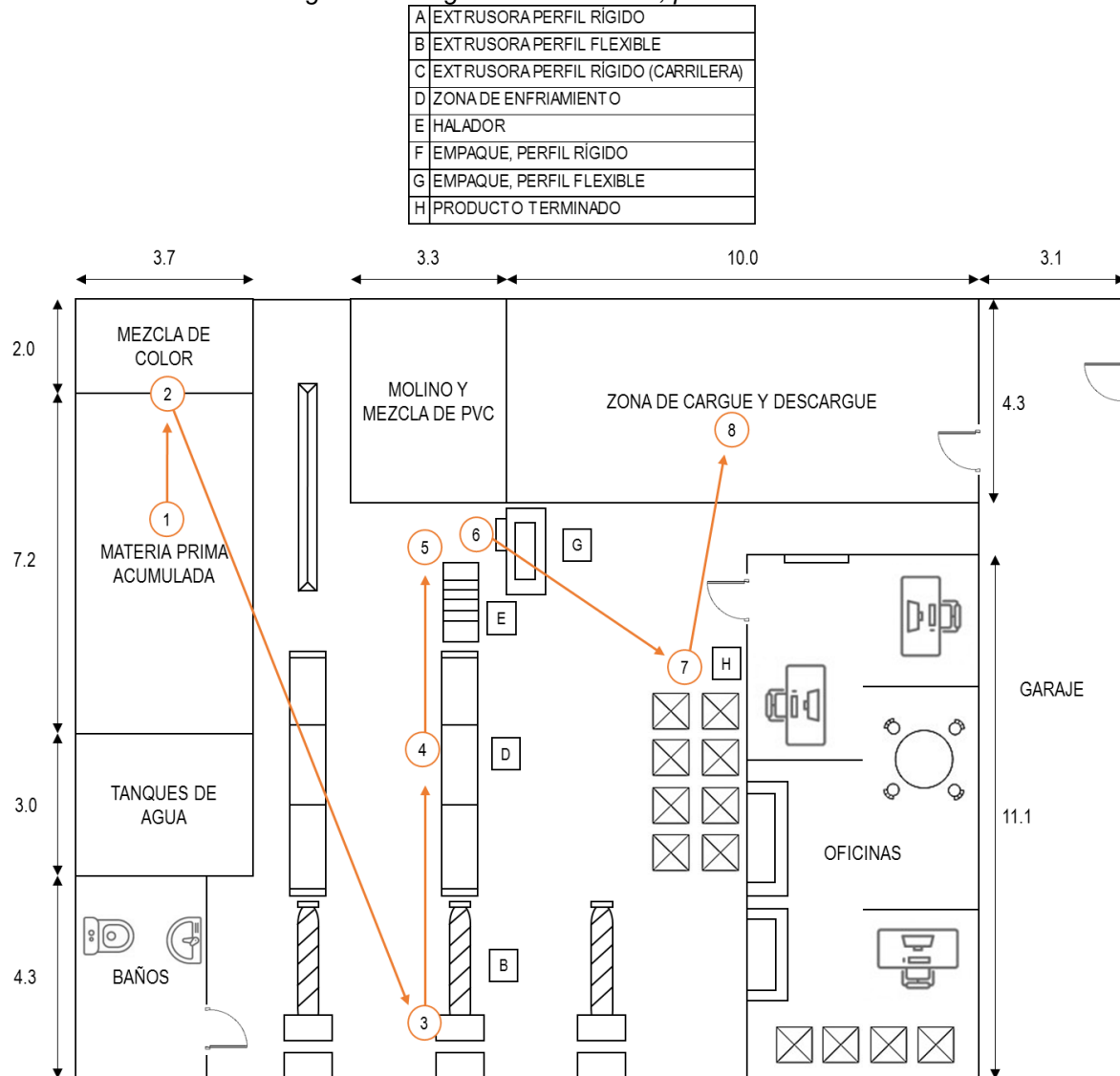
Fuente: Los autores, 2016

2.3.4.2 Diagramas de recorrido: En el diagrama de recorrido que se observa en las figuras 20 y 21, se analiza todo el trayecto del operario en el proceso de fabricación del perfil rígido o flexible; uno de los elementos a tener en cuenta como se mencionó anteriormente, es el desplazamiento del halador que tienen que hacer los operarios para trabajar cualquiera de las líneas de producción, que como se menciona anteriormente es indispensable para dar inicio al proceso productivo.

El perfil rígido es fabricado con materia prima virgen, la cual entra en un proceso de mezcla de componentes y enseguida se dirige a la extrusora, mientras que el perfil flexible usa materia prima que se cataloga como reprocesada, que del mismo modo es mezclada y transportada a la extrusora. En adelante los procesos presentan una similitud en su fabricación hasta el momento final de corte y empaque donde según corresponda, la referencia se corta cada 3, 5 o 6 metros (Perfilería rígida) y es empacado con base a las especificaciones del cliente, o es cortado cada 50 o 100 metros dependiendo de la referencia (Perfilería flexible), posteriormente se enrolla y empaqueta. Para finalizar el proceso, es almacenado y por último entregado al cliente.

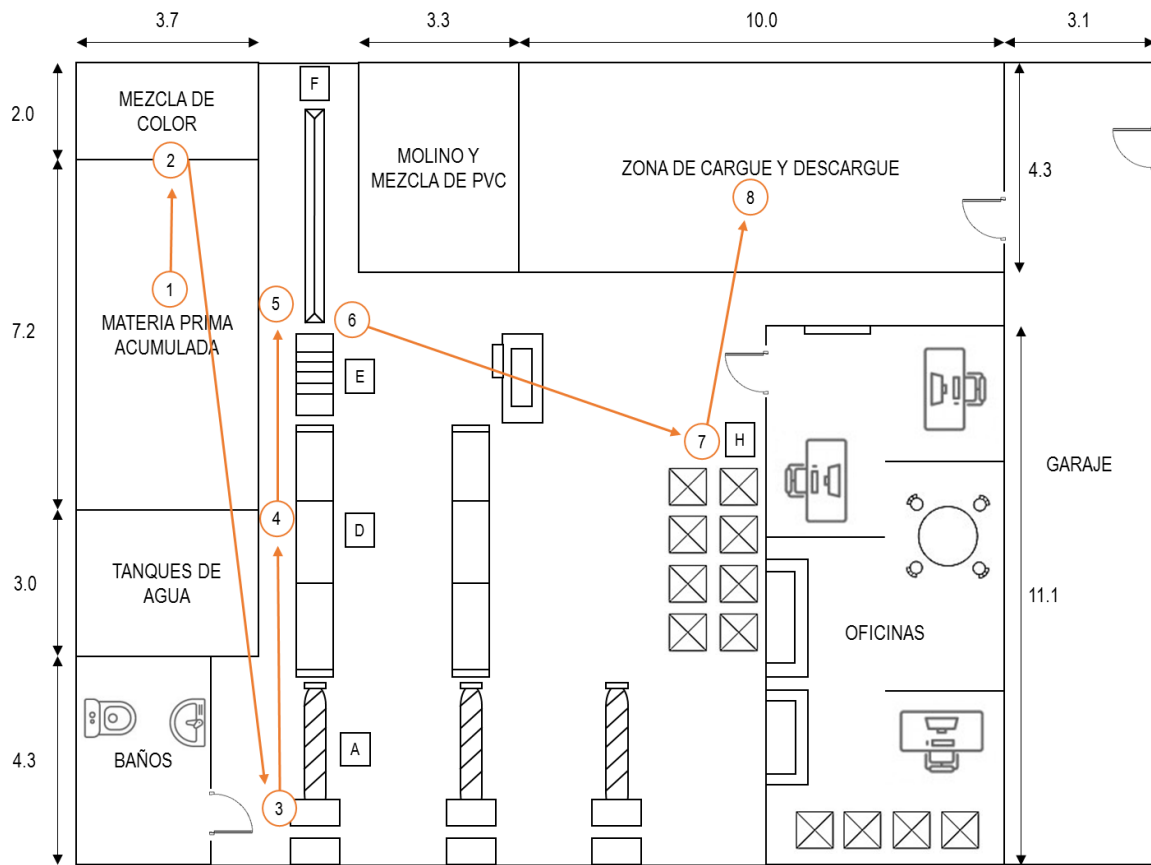
Es importante tener en cuenta que durante el proceso de fabricación de cualquier tipo de perfil plástico, siempre se generará producto defectuoso, siendo esta una situación que puede ocurrir tanto en el inicio, durante y finalización del transcurso productivo, todo este material es llevado al molino para ser triturado al final de cada jornada y almacenado en el área de materia prima para ser reutilizado.

Figura 19. Diagrama de recorrido, perfilería flexible



Fuente: Los autores, 2016

Figura 20. Diagrama de recorrido, perfilería rígida

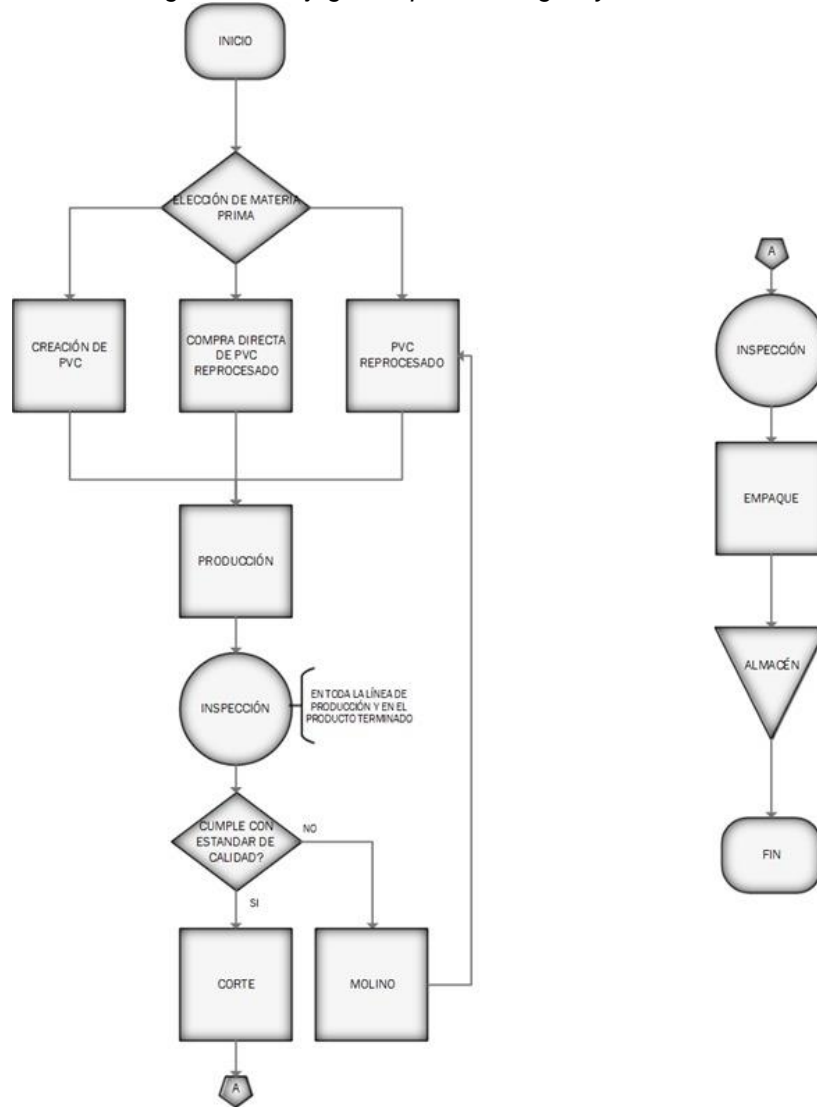


Fuente: Los autores, 2016

2.3.4.3 Diagrama de flujo: Complementando la información y en busca de dejar en claro el completo funcionamiento de producción de la perfilería rígida y flexible de la empresa, se presenta la figura 22 que describe el proceso de fabricación de toda la familia de productos.

Es importante tener en cuenta que el proceso producción del perfil rígido y flexible presentan operaciones similares, las cuales en el flujograma no son diferenciadas ya que este diagrama no lo abarca; por el contrario se toman procesos importantes como es la elección de la materia prima que se muestran a continuación.

Figura 21. Flujograma perfilería rígida y flexible



Fuente: Los autores, 2016

2.3.5 Estudio de tiempos: Por el desconocimiento de la empresa en cuanto a tiempos estándar de producción, se hizo necesario realizar una toma de tiempos de cada una de las referencias en estudio. Para poder tener un índice de confianza adecuado, se determinó el tamaño de la muestra por medio del método estadístico, el cual arroja un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 5%. La fórmula utilizada fue:

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2 [20]$$

Siendo:

n = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones)

n' = Número de observaciones del estudio preliminar

Σ = Suma de los valores

x = Valor de las observaciones.

40 = Constante para un nivel de confianza de 95%

Para detallar la secuencia del trascurso productivo, se determinó tres fases del proceso en la toma de tiempos. La primera es el tiempo de cargue y alistamientos que es un tiempo fijo el cual tiene duración de una hora, consecutivamente sigue el tiempo de salida de cada unidad de perfil, el cual al ser automatizado en la extrusora tiene un bajo grado de error al hacer la toma de tiempos, por lo cual se requiere de 1 a 29 tomas según el perfil, y por último el proceso de corte, inspección y empaque que al ser tiempos tan cortos se unen en uno solo y nos arroja según la ecuación que se requieren el siguiente número de tomas detallado en la tabla 10.

Tabla 10. Número de ciclos recomendados

TOMA DE TIEMPOS RECOMENDADA SEGÚN MÉTODO ESTADÍSTICO							
$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \Sigma x^2 - \Sigma(x)^2}}{\Sigma x} \right)^2$							
#	PRODUCTO	# DE TOMAS INSPECCIÓN PROCESO	# DE TOMAS EXTRUSIÓN	# DE TOMAS ENFRIAMIENTO	# DE TOMAS INSPECCIÓN PRODUCTO	# DE TOMAS CORTE	# DE TOMAS EMPAQUE
1	PERFIL PISADOR VIDRIO DE 2	2	2	2	2	3	5
2	PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS	20	2	2	20	30	50
3	PERFIL RÍGIDO PLATEADO	1	2	2	1	2	3
4	PERFIL RÍGIDO REGLETA BOMPER	3	3	3	3	4	7
5	BOCEL NEGRO 25 MM	7	1	1	7	10	17
6	BOCEL NEGRO 19 MM	3	1	1	3	4	7
7	TUBO PROTECTOR CRISTAL	0	2	2	0	1	1
8	BOCEL NEGRO 22 MM	8	1	1	8	12	21
9	BOCEL NEGRO 33 MM	6	1	1	6	8	14
10	BOCEL GRIS 22 MM	8	1	1	8	12	20
11	PERFIL RÍGIDO PITILLO P-B	1	3	3	1	2	3
12	BOCEL NEGRO 28 MM	8	1	1	8	12	20
13	PERFIL RÍGIDO T GRIS	0	1	1	0	0	1
14	CARRILERA NEGRA 20 MM	0	1	1	0	0	1
15	BOCEL GRIS 25 MM	6	1	1	6	9	15
16	PERFIL RÍGIDO CARROCEÍA GRIS	0	29	29	0	1	1
17	BOCEL NEGRO 17 MM	2	1	1	2	4	6
18	BOCEL NEGRO 15 MM	3	1	1	3	4	7
19	BOCEL NEGRO 35 MM	0	1	1	0	1	1
20	BOCEL NEGRO 20 MM	3	1	1	3	4	7
21	BOCEL NEGRO 30 MM	6	1	1	6	8	14
22	BOCEL NEGRO 12 MM	3	1	1	3	4	7
23	BOCEL GRIS 33 MM	6	1	1	6	8	14
24	PERFIL RÍGIDO J GRIS HUMO	0	1	1	0	1	1

Fuente: Los autores, 2016.

A partir de lo recomendado en la tabla 10, se realizó la toma de ciclos por cada proceso en cada una de las referencias de perfil en estudio, lo cual se puede evidenciar en el anexo 7. Tiempos. Con esta toma de ciclos, inicialmente se halló el tiempo promedio, con este tiempo promedio se determinó el factor de calificación a aplicar para sacar el tiempo normal siendo de un 93%, y luego de obtener el tiempo normal, hallar el tiempo estándar de producción que se

estableció con un 7% de tolerancia para cada proceso, evidenciándose así en tabla 11 los resultados.

Tabla 11. Tiempo estándar por cada referencia de perfil

	PRODUCTO	INSPECCIÓN PROCESO	EXTRUSIÓN	ENFRIAMIENTO	INSPECCIÓN PRODUCTO	CORTE	EMPAQUE	TIEMPO PROMEDIO TOTAL
A1	PERFIL PISADOR VIDIRIO DE 2	0,30	0,74	0,44	0,10	0,15	0,26	4,33
B1	PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS	0,47	1,18	0,71	0,12	0,18	0,30	6,07
C1	PERFIL RÍGIDO PLATEADO	0,67	1,68	1,01	0,11	0,16	0,27	7,93
D1	PERFIL RÍGIDO REGLETA BOMPER	0,14	0,35	0,21	0,04	0,06	0,10	1,94
E1	BOCEL NEGRO 25 MM	0,02	0,06	0,03	0,01	0,01	0,02	0,63
F1	BOCEL NEGRO 19 MM	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,55
G1	TUBO PROTECTOR CRISTAL	0,12	0,29	0,17	0,04	0,06	0,11	1,72
H1	BOCEL NEGRO 22 MM	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,59
I1	BOCEL NEGRO 33 MM	0,04	0,10	0,06	0,01	0,01	0,02	0,80
J1	BOCEL GRIS 22 MM	0,02	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,59
K1	PERFIL RÍGIDO PITILLO P-B	0,02	0,04	0,03	0,01	0,02	0,03	0,65
L1	BOCEL NEGRO 28 MM	0,02	0,06	0,04	0,01	0,01	0,02	0,66
M1	PERFIL RÍGIDO T GRIS	0,08	0,20	0,12	0,02	0,03	0,05	1,35
N1	CARRILERA NEGRA 20 MM	0,10	0,25	0,15	0,04	0,06	0,10	1,73
O1	BOCEL GRIS 25 MM	0,02	0,06	0,03	0,01	0,01	0,02	0,63
P1	PERFIL RÍGIDO CARROCERÍA GRIS	0,12	0,30	0,18	0,07	0,10	0,17	2,03
Q1	BOCEL NEGRO 17 MM	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,49
R1	BOCEL NEGRO 15 MM	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,48
S1	BOCEL NEGRO 35 MM	0,04	0,10	0,06	0,01	0,01	0,02	0,82
T1	BOCEL NEGRO 20 MM	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,55
U1	BOCEL NEGRO 30 MM	0,02	0,06	0,04	0,01	0,01	0,02	0,66
V1	BOCEL NEGRO 12 MM	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,45
W1	BOCEL GRIS 33 MM	0,04	0,10	0,06	0,01	0,01	0,02	0,80
X1	PERFIL RÍGIDO J GRIS HUMO	0,05	0,13	0,08	0,04	0,05	0,09	0,99

A1	PERFIL PISADOR VIDIRIO DE 2	93%	4,026	3%	2%	2%	7%	4,307
B1	PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS	93%	5,643	3%	2%	2%	7%	6,038
C1	PERFIL RÍGIDO PLATEADO	93%	7,375	3%	2%	2%	7%	7,891
D1	PERFIL RÍGIDO REGLETA BOMPER	93%	1,800	3%	2%	2%	7%	1,926
E1	BOCEL NEGRO 25 MM	93%	0,590	3%	2%	2%	7%	0,631
F1	BOCEL NEGRO 19 MM	93%	0,513	3%	2%	2%	7%	0,549
G1	TUBO PROTECTOR CRISTAL	93%	1,599	3%	2%	2%	7%	1,711
H1	BOCEL NEGRO 22 MM	93%	0,550	3%	2%	2%	7%	0,588
I1	BOCEL NEGRO 33 MM	93%	0,743	3%	2%	2%	7%	0,795
J1	BOCEL GRIS 22 MM	93%	0,549	3%	2%	2%	7%	0,587
K1	PERFIL RÍGIDO PITILLO P-B	93%	0,609	3%	2%	2%	7%	0,651
L1	BOCEL NEGRO 28 MM	93%	0,612	3%	2%	2%	7%	0,655
M1	PERFIL RÍGIDO T GRIS	93%	1,255	3%	2%	2%	7%	1,343
N1	CARRILERA NEGRA 20 MM	93%	1,613	3%	2%	2%	7%	1,726
O1	BOCEL GRIS 25 MM	93%	0,589	3%	2%	2%	7%	0,631
P1	PERFIL RÍGIDO CARROCERÍA GRIS	93%	1,891	3%	2%	2%	7%	2,023
Q1	BOCEL NEGRO 17 MM	93%	0,456	3%	2%	2%	7%	0,488
R1	BOCEL NEGRO 15 MM	93%	0,449	3%	2%	2%	7%	0,480
S1	BOCEL NEGRO 35 MM	93%	0,759	3%	2%	2%	7%	0,812
T1	BOCEL NEGRO 20 MM	93%	0,509	3%	2%	2%	7%	0,544
U1	BOCEL NEGRO 30 MM	93%	0,615	3%	2%	2%	7%	0,658
V1	BOCEL NEGRO 12 MM	93%	0,418	3%	2%	2%	7%	0,448
W1	BOCEL GRIS 33 MM	93%	0,743	3%	2%	2%	7%	0,795
X1	PERFIL RÍGIDO J GRIS HUMO	93%	0,923	3%	2%	2%	7%	0,987

Fuente: Los autores, 2016

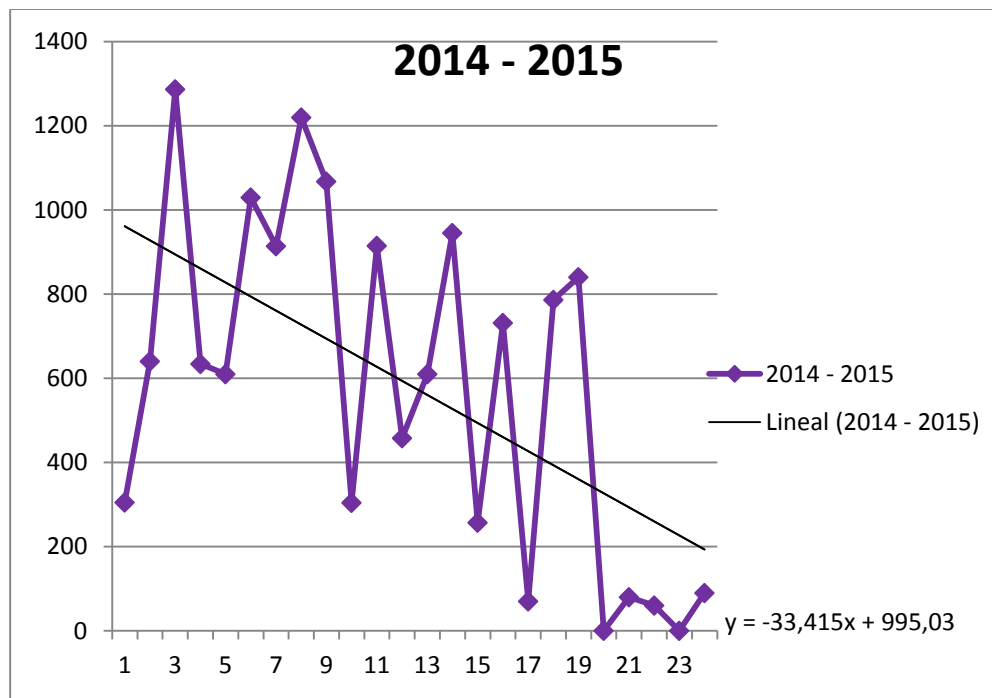
2.4 PLANEACIÓN

2.4.1 Pronósticos: Inicialmente se realizó un estudio sobre el comportamiento del mercado. Para ello se hizo un proceso de levantamiento de información histórica de producción que se obtuvo de su historial de facturas de dos años anteriores. Teniendo en cuenta que la empresa no cuenta con bases de datos computarizadas sobre sus producciones anteriores o ventas, dicha información se computarizó para dar inicio a todo el análisis.

Con el fin de realizar una proyección de la demanda se tomó la decisión de estudiar cuatro modelos de pronósticos, como lo son promedio móvil, suavizamiento exponencial simple, suavización exponencial con tendencia (Holt), suavizamiento exponencial con estacionalidad (Winters). El criterio principal para la selección del tipo de pronóstico a utilizar en cada perfil, fue su desviación media absoluta. Se puede apreciar el trabajo realizado en el Anexo 5. Pronósticos (Ver figuras 22 y tabla 12).

Figura 22. Pronóstico de perfil pisador vidrio de 2

PERFIL PISADOR NUEVO PARA VIDRIO DE 2	2014	305	640,5	1287,1	634,4	610	1030	914,3	1220	1067,5	304	915	457,5
	2015	610	945,5	257,4	732	70	786	840	0	80	60	0	90



ANÁLISIS DE RESULTADOS	DAM	ECM	EPM
PROMEDIO MÓVIL	274,10	115623,93	124,47
SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	304,48	133879,52	107,11
SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA	298,07	120037,88	107,74
SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA Y ESTACIONALIDAD	382,86	236128,69	121,27
Menor	274,10	115623,93	107,11

Fuente: Los autores, 2016

Tabla 12. Información pronóstico de perfil pisador vidrio de 2

ANÁLISIS CON PROMEDIO MÓVIL							
Tamaño de N		3					
Periodo	Ventas Histórico	Promedio Móvil	Ft	ERROR	ERROR ABS	ERROR CUADRATIC	E/D
1	305						
2	640,5						0,00
3	1287,1						0,00
4	634,4	744,20	744,20	-109,8	109,8	12.056,0	0,17
5	610	854,00	854,00	-244,0	244,0	59.536,0	0,40
6	1030	844	844	186,2	186,2	34.658,0	0,18
7	914,3	758	758	156,2	156,2	24.388,0	0,17
8	1220	851	851	368,6	368,6	135.841,4	0,30
9	1067,5	1.055	1.055	12,7	12,7	162,1	0,01
10	304	1.067	1.067	-763,3	763,3	582.576,0	2,51
11	915	864	864	51,2	51,2	2.618,0	0,06
12	457,5	762	762	-304,7	304,7	92.821,8	0,67
13	610	559	559	51,2	51,2	2.618,0	0,08
14	945,5	661	661	284,7	284,7	81.035,1	0,30
15	257,4	671	671	-413,6	413,6	171.065,0	1,61
16	732	604	604	127,7	127,7	16.307,3	0,17
17	70	645	645	-575,0	575,0	330.586,7	8,21
18	786	353	353	432,9	432,9	187.373,6	0,55
19	840	529	529	310,7	310,7	96.513,8	0,37
20	0	565	565	-565,3	565,3	319.601,8	0,00
21	80	542	542	-462,0	462,0	213.444,0	5,78
22	60	307	307	-246,7	246,7	60.844,4	4,11
23	0	47	47	-46,7	46,7	2.177,8	0,00
24	90	47	47	43,3	43,3	1.877,8	0,48
	N	21	TOTAL	-1.705,77	5756,166667	2428103	26,14
				21			

DAM	274,10
ECM	115623,93
EPM	124,47

Fuente: Los autores, 2016

De cada uno de estos pronósticos se evaluó la desviación media absoluta como se observa en la tabla 13, siendo esta la que muestra una demanda cercana al comportamiento histórico.

Tabla 13. Método de pronóstico según DAM

DESVIACIÓN MEDIA ABSOLUTA					
	PERFIL	PROMEDIO MÓVIL	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA Y ESTACIONALIDAD
1	PERFIL PISADOR NUEVO PARA VIDRIO DE 2	274,10	304,48	298,07	382,86
2	PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS	274,87	270,18	255,86	260,22
3	PERFIL RÍGIDO PLATEADO	486,41	491,43	493,75	568,04
4	PERFIL RÍGIDO REGLETA BOMPER	235,67	242,58	238,21	255,51
5	BOCEL NEGRO 25 MM	892,63	807,30	810,04	1187,88
6	BOCEL NEGRO 19 MM	650,37	672,59	685,92	839,44
7	TUBO PROTECTOR CRISTAL	222,34	249,06	235,16	275,23
8	BOCEL NEGRO 22 MM	830,08	760,27	758,71	1008,71
9	BOCEL NEGRO 33 MM	378,57	378,63	334,96	388,48
10	BOCEL GRIS 22 MM	270,14	306,37	315,96	427,78
11	PERFIL RÍGIDO PITILLO PARA PUERTA BLANCO	706,36	566,80	604,58	744,28
12	BOCEL NEGRO 28 MM	329,84	295,14	310,50	347,32
13	PERFIL RÍGIDO T GRIS	163,85	169,89	158,42	198,72
14	CARRILERA NEGRA 20 MM	129,87	128,30	128,06	161,98
15	BOCEL GRIS 25 MM	174,60	184,71	189,04	261,73
16	PERFIL RÍGIDO CARROCERÍA GRIS	118,89	180,19	178,29	252,94
17	BOCEL NEGRO 17 MM	893,75	1080,25	728,38	875,95
18	BOCEL NEGRO 15 MM	855,56	1156,45	790,88	915,25
19	BOCEL NEGRO 35 MM	241,43	222,84	229,63	268,22
20	BOCEL NEGRO 20 MM	395,24	415,64	420,38	438,44
21	BOCEL NEGRO 30 MM	340,00	329,57	321,00	359,62
22	BOCEL NEGRO 12 MM	578,95	513,36	484,67	609,48
23	BOCEL GRIS 33 MM	159,29	193,87	185,58	312,23
24	PERFIL RÍGIDO J GRIS HUMO	286,15	333,70	316,88	387,13

Fuente: Los autores, 2016

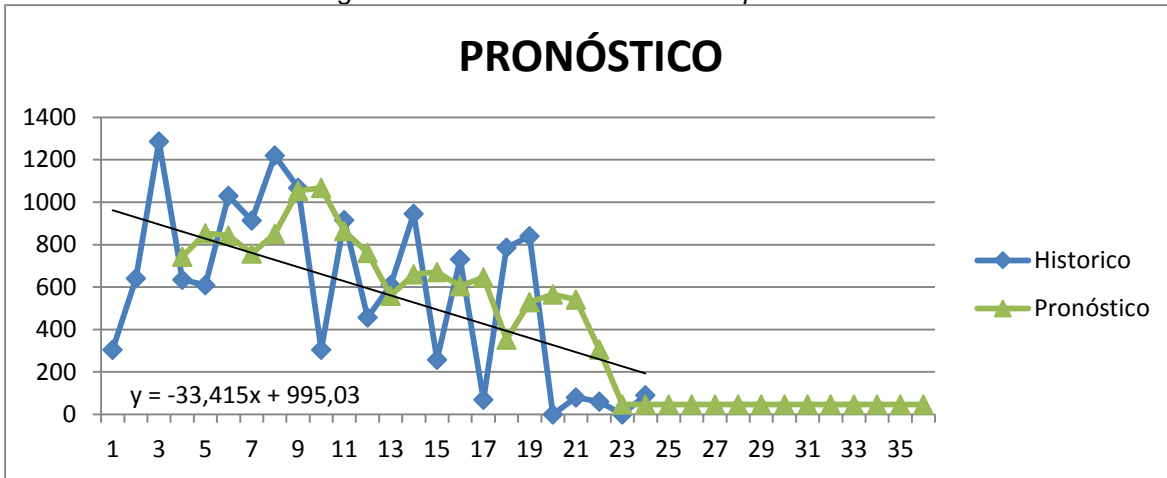
2.4.2 Proyección de pronósticos: Después de definir el tipo de pronóstico a utilizar en cada referencia de perfil con el criterio del DAM, se procede a realizar la proyección de los pronósticos según corresponda cada tipo de ellos, se puede apreciar en el anexo 6 proyecciones.

En la práctica, para los métodos establecidos de promedio móvil, suavizamiento exponencial simple, suavización exponencial con tendencia (Winter) y suavizamiento exponencial con tendencia y estacionalidad (Holt), se han graficado inicialmente los 24 datos históricos, después se aplicó el modelo de pronóstico que más se ajuste a la demanda correspondiente, es decir, se ajusta la curva de pronósticos a los datos históricos, con base al DAM (Desviación absoluta media) se toma el modelo de pronóstico que obtenga el menor error.

Como paso siguiente para proyectar los datos para los 12 períodos de los 4 métodos establecidos, se usó el estudio del autor Bowerman, quien indica que en el caso de los promedios móviles y suavización exponencial se debe tomar el último dato pronosticado y usarlo para cualquier período futuro, de esta forma se crea una línea recta en los 12 datos pronosticados; para Holt son tenidos en cuenta los datos finales de las tasas de crecimiento y pronóstico que son multiplicados por un factor el cual hace que la recta tome una tendencia creciente o decreciente según corresponda a los datos de la demanda, y en Winter son

usados de igual modo los componentes del método anterior junto a un índice estacional que se le agrega a la nueva recta de proyección (Ver figura 23).

Figura 23. Desestacionalización del pronóstico



Tamaño de N		3	
Periodo	Ventas Históricas	Promedio Móvil	Ft
1	305	0	
2	640.5	0	
3	1287.1	0	
4	634.4	744.20	744.20
5	610	854.00	854.00
6	1030	843.83	843.83
7	914.3	758.13	758.13
8	1220	851.43	851.43
9	1067.5	1,054.77	1,054.77
10	304	1,067.27	1,067.27
11	915	863.83	863.83
12	457.5	762.17	762.17
13	610	558.83	558.83
14	945.5	660.83	660.83
15	257.4	671.00	671.00
16	732	604.30	604.30
17	70	644.97	644.97
18	786	353.13	353.13
19	840	529.33	529.33
20	0	565.33	565.33
21	80	542.00	542.00
22	60	306.67	306.67
23	0	46.67	46.67
24	90	46.67	46.67
25			46.67
26			46.67
27			46.67
28			46.67
29			46.67
30			46.67
31			46.67
32			46.67
33			46.67
34			46.67
35			46.67
36			46.67

Fuente: Los autores, 2016

2.4.3 Método de pronóstico por referencia: En la tabla 14 se resume el método utilizado para cada línea de perfil estudiado, por medio de la cual se halló su demanda futura.

Tabla 14. Método de pronóstico según referencia

MÉTODO DE PRONÓSTICO SEGÚN REFERENCIA		
	PERFIL	MÉTODO DE PRONÓSTICO
1	PERFIL PISADOR NUEVO PARA VIDRIO DE 2	PROMEDIO MÓVIL
2	PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA
3	PERFIL RÍGIDO PLATEADO	PROMEDIO MÓVIL
4	PERFIL RÍGIDO REGLETA BOMPER	PROMEDIO MÓVIL
5	BOCEL NEGRO 25 MM	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE
6	BOCEL NEGRO 19 MM	PROMEDIO MÓVIL
7	TUBO PROTECTOR CRISTAL	PROMEDIO MÓVIL
8	BOCEL NEGRO 22 MM	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA
9	BOCEL NEGRO 33 MM	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA
10	BOCEL GRIS 22 MM	PROMEDIO MÓVIL
11	PERFIL RÍGIDO PITILLO PARA PUERTA BLANCO	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE
12	BOCEL NEGRO 28 MM	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE
13	PERFIL RÍGIDO T GRIS	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA
14	CARRILERA NEGRA 20 MM	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA
15	BOCEL GRIS 25 MM	PROMEDIO MÓVIL
16	PERFIL RÍGIDO CARROCERÍA GRIS	PROMEDIO MÓVIL
17	BOCEL NEGRO 17 MM	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA
18	BOCEL NEGRO 15 MM	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA
19	BOCEL NEGRO 35 MM	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL SIMPLE
20	BOCEL NEGRO 20 MM	PROMEDIO MÓVIL
21	BOCEL NEGRO 30 MM	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA
22	BOCEL NEGRO 12 MM	SUAVIZACIÓN EXPONENCIAL CON TENDENCIA
23	BOCEL GRIS 33 MM	PROMEDIO MÓVIL
24	PERFIL RÍGIDO J GRIS HUMO	PROMEDIO MÓVIL

Fuente: Los autores, 2016

2.4.4 Resultados pronósticos de ventas 2016: A continuación se presentan los resultados obtenidos respecto a lo pronosticado para el año 2016, con lo cual también se podrá alimentar el plan agregado (Ver tabla 15).

Tabla 15. Resultados pronósticos año 2016

		PRONÓSTICOS 2016					
			ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
1	PERFIL PISADOR VIDRIO DE 2	2014	305	640.5	1287.1	634.4	610
		2015	610	945.5	257.4	732	70
		PRONÓSTICO	46.67	46.67	46.67	46.67	46.67
		REDONDEAR	47.00	47	47	47	47
2	PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS	2014	283.5	0	0	138.3	518.5
		2015	0	165	196.2	0	917
		PRONÓSTICO	1049	1165	1281	1397	1513
		REDONDEAR	1049	1165	1281	1397	1513
3	PERFIL RÍGIDO PLATEADO	2014	350	300	100	1500	1344
		2015	0	0	500	700	800
		PRONÓSTICO	604.6	604.6	604.6	604.6	604.6
		REDONDEAR	605	605	605	605	605
4	PERFIL RÍGIDO REGLETA BOMPER	2014	150	360	0	363	0
		2015	0	360	0	360	480
		PRONÓSTICO	354	354	354	354	354
		REDONDEAR	354	354	354	354	354
5	BOCEL NEGRO 25 MM	2014	1000	1500	2100	1400	0
		2015	2000	1350	2150	0	400
		PRONÓSTICO	1240.3	1240.3	1240.3	1240.3	1240.3
		REDONDEAR	1241	1241	1241	1241	1241
6	BOCEL NEGRO 19 MM	2014	0	1600	300	0	0
		2015	1000	1000	1000	0	0
		PRONÓSTICO	555.56	555.56	555.56	555.56	555.56
		REDONDEAR	556	556	556	556	556
7	TUBO PROTECTOR CRISTAL	2014	370.5	741	232.18	138.32	494
		2015	0	547	300	0	90
		PRONÓSTICO	115.56	115.56	115.56	115.56	115.56
		REDONDEAR	116	116	116	116	116
8	BOCEL NEGRO 22 MM	2014	1200	1650	0	0	1500
		2015	1050	1650	3000	1050	0
		PRONÓSTICO	751	733	715	697	680
		REDONDEAR	751	733	715	697	680
9	BOCEL NEGRO 33 MM	2014	300	650	1000	650	400
		2015	0	800	1000	400	0
		PRONÓSTICO	70	26	0	0	0
		REDONDEAR	70	26	0	0	0
10	BOCEL GRIS 22 MM	2014	0	800	100	750	200
		2015	800	100	100	400	200
		PRONÓSTICO	283.33	283.33	283.33	283.33	283.33
		REDONDEAR	284	284	284	284	284
11	PERFIL RÍGIDO PITILLO P-B	2014	400	0	0	0	840
		2015	0	700	0	800	0
		PRONÓSTICO	431.47	431.47	431.47	431.47	431.47
		REDONDEAR	432	432	432	432	432
12	BOCEL NEGRO 28 MM	2014	230	300	0	0	0
		2015	0	450	600	300	0
		PRONÓSTICO	316.46	316.46	316.46	316.46	316.46
		REDONDEAR	317	317	317	317	317
13	PERFIL RÍGIDO T GRIS	2014	200	0	0	0	0
		2015	0	0	0	1160	0
		PRONÓSTICO	406	460	514	568	622
		REDONDEAR	406	460	514	568	622
14	CARRILERA NEGRA 20 MM	2014	150	300	95	126	235
		2015	0	100	200	0	90
		PRONÓSTICO	156	164	171	178	185
		REDONDEAR	156	164	171	178	185
15	BOCEL GRIS 25 MM	2014	500	0	0	300	0
		2015	400	0	0	0	400
		PRONÓSTICO	100	100	100	100	100
		REDONDEAR	100	100	100	100	100
16	PERFIL RÍGIDO CARROCERÍA GRIS	2014	930	420	180	159	0
		2015	0	0	252	19	0
		PRONÓSTICO	82	82	82	82	82
		REDONDEAR	82	82	82	82	82

17	BOCEL NEGRO 17 MM	2014	0	2000	1000	0	1200
		2015	1000	2200	0	500	200
		PRONÓSTICO	817	814	810	807	804
		REDONDEAR	817	814	810	807	804
18	BOCEL NEGRO 15 MM	2014	600	1000	0	1000	0
		2015	0	200	0	1800	500
		PRONÓSTICO	939	950	961	972	983
		REDONDEAR	939	950	961	972	983
19	BOCEL NEGRO 35 MM	2014	50	50	400	700	300
		2015	150	1000	850	0	350
		PRONÓSTICO	207.00	207.00	207.00	207.00	207.00
		REDONDEAR	207	207	207	207	207
20	BOCEL NEGRO 20 MM	2014	500	1500	0	0	0
		2015	0	1400	1000	300	1100
		PRONÓSTICO	133.33	133.33	133.33	133.33	133.33
		REDONDEAR	134	134	134	134	134
21	BOCEL NEGRO 30 MM	2014	300	550	700	0	0
		2015	150	0	1500	800	0
		PRONÓSTICO	194	186	179	172	164
		REDONDEAR	194	186	179	172	164
22	BOCEL NEGRO 12 MM	2014	200	1000	0	0	0
		2015	0	0	0	2100	0
		PRONÓSTICO	482	497	511	526	540
		REDONDEAR	482	497	511	526	540
23	BOCEL GRIS 33 MM	2014	700	50	300	50	300
		2015	400	0	400	0	0
		PRONÓSTICO	100	100	100	100	100
		REDONDEAR	100	100	100	100	100
24	PERFIL RÍGIDO J GRIS HUMO	2014	300	0	0	0	900
		2015	0	0	1080	240	0
		PRONÓSTICO	124.09	124.09	124.09	124.09	124.09
		REDONDEAR	125	125	125	125	125
Total de unidades			9,564.00	9,695.00	9,842.00	10,017.00	10,191.00

Fuente: Los autores, 2016

2.4.5 Plan agregado de producción: Tratándose de un estudio que contiene distintas referencias, con diferentes posibilidades de producción según la maquinaria requerida para cada perfil, la unidad de agregación con la cual se unifica todo el sistema de planeación es el tiempo. Para esto se tuvo en cuenta el estudio de tiempos y los pronósticos para cada una de las referencias de la perfilería rígida y flexible realizados anteriormente, procediendo así a multiplicar la demanda pronosticada por el tiempo estándar hallando de esta manera la capacidad necesaria en unidades de tiempo como se puede observar en la tabla 16.

Tabla 16. Capacidad necesaria

CAPACIDAD NECESARIA (HORAS)														
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	% PARTICIPACIÓN	
PERFIL RIGIDO														
1	PERFIL PISADOR VIDRIO DE 2	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	1.56	92.52%	
2	PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS	51.93	57.68	63.42	69.16	74.91	80.65	86.39	92.14	97.88	103.62	109.36		115.11
3	PERFIL RÍGIDO PLATEADO	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34	39.34		39.34
4	PERFIL RÍGIDO REGLETA BOMPER	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34	5.34		5.34
5	TUBO PROTECTOR CRISTAL	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54	1.54		1.54
6	PERFIL RÍGIDO PITILLO P-B	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13		1.13
7	PERFIL RÍGIDO TGRIS	3.41	3.86	4.32	4.77	5.22	5.68	6.13	6.58	7.05	7.50	7.95		8.41
8	CARRILERA NEGRA 20 MM	1.81	1.90	1.98	2.07	2.15	2.24	2.32	2.40	2.50	2.58	2.66		2.75
9	PERFIL RÍGIDO CARROCERÍA GRIS	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30		1.30
10	PERFIL RÍGIDO J GRIS HUMO	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90		0.90
TOTAL		108.26	114.55	120.83	127.11	133.39	139.68	145.95	152.23	158.53	164.81	171.08	177.37	
PERFIL FLEXIBLE														
1	BOCEL NEGRO 25 MM	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	3.03	7.48%	
2	BOCEL NEGRO 19 MM	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97		
3	BOCEL NEGRO 22 MM	1.56	1.52	1.48	1.45	1.41	1.37	1.34	1.30	1.26	1.23	1.19		1.15
4	BOCEL NEGRO 33 MM	0.27	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
5	BOCEL GRIS 22 MM	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59		0.59
6	BOCEL NEGRO 28 MM	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84		0.84
7	BOCEL GRIS 25 MM	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24		0.24
8	BOCEL NEGRO 17 MM	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97		0.96
9	BOCEL NEGRO 15 MM	1.10	1.11	1.13	1.14	1.15	1.16	1.18	1.19	1.20	1.22	1.23		1.24
10	BOCEL NEGRO 35 MM	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82		0.82
11	BOCEL NEGRO 20 MM	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23		0.23
12	BOCEL NEGRO 30 MM	0.52	0.49	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32		0.30
13	BOCEL NEGRO 12 MM	0.43	0.45	0.46	0.47	0.49	0.50	0.51	0.52	0.54	0.55	0.56		0.58
14	BOCEL GRIS 33 MM	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38		0.38
TOTAL		11.97	11.77	11.63	11.60	11.57	11.53	11.50	11.46	11.43	11.39	11.36	11.32	

Fuente: Los autores, 2016

Después de tener estipulada la capacidad necesaria, evidenciada en anexo 8. Sistema de planeación y programación, hoja plan agregado, se debe obtener el dato de la capacidad disponible (Ver tabla 17). Para este se tomó en cuenta el número de días a trabajar en la empresa, el número de operarios actuales, horas diarias trabajadas, y factores de pérdida de la capacidad disponible (Descansos programados como almuerzo, onces y necesidades personales, paros no programados como fallas de mantenimiento, tiempos de alistamiento fijos, y paros programados como desplazamientos o reuniones). Los alistamientos al ser un tiempo fijo todos los días, se aplican también dentro de la pérdida de capacidad, teniendo en cuenta que se hace un alistamiento al iniciar la jornada laboral y otro a la mitad del día. Todos los datos de factores de pérdida de capacidad, se hallaron con toma de tiempo de estos mismos y comparándolo con los datos de la empresa respecto a estos. Se evidencia estos datos en anexo 8. Sistema de planeación y programación, hoja plan agregado.

Tabla 17. Capacidad disponible

HORAS POR TURNO	8
OPERARIOS	3

CAPACIDAD DISPONIBLE (HORAS)													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
DÍAS HÁBILES	19	21	20	21	20	21	19	22	22	20	20	17	
HR POR EMPLEADO	152	168	160	168	160	168	152	176	176	160	160	136	
HR TOTALES	456	504	480	504	480	504	456	528	528	480	480	408	
DESCANSOS PROGRAMADOS	29.26	32.34	30.8	32.34	30.8	32.34	29.26	33.88	33.88	30.8	30.8	26.18	
PAROS NO PROGRAMADOS	72.2	79.8	76	79.8	76	79.8	72.2	83.6	83.6	76	76	64.6	
TIEMPO ALISTAMIENTO FIJO	38	42	40	42	40	42	38	44	44	40	40	34	
PAROS PROGRAMADOS	45.6	50.4	48	50.4	48	50.4	45.6	52.8	52.8	48	48	40.8	
DISPONIBILIDAD TOTAL	270.94	299.46	285.2	299.46	285.2	299.46	270.94	313.72	313.72	285.2	285.2	242.42	3451
CAPACIDAD NECESARIA	120.24	126.32	132.46	138.71	144.95	151.21	157.45	163.69	169.96	176.2	182.44	188.698	1852

Fuente: Los autores, 2016

Actualmente se cuenta con 3451 horas disponibles, de las 1852 horas necesarias para la ejecución de labores. Con esto se muestra que la capacidad esta excedida en un 53%.

De la propuesta que se realiza, se busca la optimización de los recursos y mitigando tiempos ociosos o que no sean correctamente aprovechados por el personal; la figura 24 da a conocer cómo funciona la organización en el área de producción trabajando con 3 operarios en aproximadamente medio jornada (El complemento del día se repiten las mismas operaciones).

Figura 24. Diagrama hombre - Máquina

DESCRIPCIÓN DE ELEMENTO	OPERARIO 1	OPERARIO 2	OPERARIO 3	EXTRUSORA	MEZCLADORA
CALENTAMIENTO DE EXTRUSORA	0.33	0.33	0.33	0.75	-
LIMPIEZA DE CABEZAL	0.4	0.33			-
MEZCLADE COLOR	-	0.05	0.05		0.05
INTRODUCIR MEZCLA A TOLVA	-	0.02		-	-
CALIBRACIÓN E INSPECCIÓN	0.33	0.33		-	-
SALIDA DESPERDICIO	0.07	0.07		0.07	-
FABRICACIÓN CONTINUA	-	-		4.5	-
CORTE Y EMPAQUE	4.5	-		-	-
INSPECCIÓN	-	4.5	4	-	-
TOTAL	5.63	5.63	4.38	5.32	0.05

Fuente: Los autores, 2016

Teniendo pactada la capacidad disponible y necesaria, se procede a estipular los costos del plan agregado, donde se tiene en cuenta el sueldo actual que paga la compañía a sus empleados considerándose dentro de este todos los pagos obligatorios de parte del empleador como prestaciones sociales, descansos remunerados, seguridad social y parafiscales³⁴, y el costo de horas extra actualmente concertado según el Ministerio de trabajo (Ver tabla 18).

³⁴ <http://www.mintrabajo.gov.co/calculadora-laboral.html>, 2016.

Tabla 18. Costos de plan agregado

TABLA DE COSTOS	
COSTO DE CONTRATAR PERSONAL	\$ 967,093
COSTO DE DESPEDIR PERSONAL	\$ 689,454
COSTO HORA DE TRABAJO TIEMPO NORMAL	\$ 6,000
COSTO HORA DE TRABAJO TIEMPO EXTRA	\$ 7,500
COSTO DE HORA DE TRABAJO OCIOSA	\$ 6,000
COSTO DE SUBCONTRATAR HORAS DE TRABAJO	\$ 7,500

Fuente: Los autores, 2016

A partir de los costos de plan agregado evidenciados en el anexo 8. Sistema de planeación y programación, hoja costos de plan agregado, se procede a hacer la comparación de los precios que actualmente está generando la mano de obra, teniendo en cuenta que es una mano de obra constante. En la tabla 19 se puede detallar como el costo anual es de \$30.775.064.

Tabla 19. Costos de mano de obra actual

MANO DE OBRA CONSTANTE												
DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Capacidad necesaria	120	126	132	139	145	151	157	164	170	176	182	189
Capacidad disponible	271	299	285	299	285	299	271	314	314	285	285	242
Tiempo ocioso	151	173	153	161	140	148	113	150	144	109	103	54
Tiempo faltante												
Techo horas extras	68	75	71	75	71	75	68	78	78	71	71	61
Horas extras												
Externalización												
Total tiempo dispon	120.2	126.3	132.5	138.7	145.0	151.2	157.5	163.7	170.0	176.2	182.4	188.7

	TABLA DE COSTOS											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MANO DE OBRA	\$ 1,625,640	\$ 1,796,760	\$ 1,711,200	\$ 1,796,760	\$ 1,711,200	\$ 1,796,760	\$ 1,625,640	\$ 1,882,320	\$ 1,882,320	\$ 1,711,200	\$ 1,711,200	\$ 1,454,520
TIEMPO OCIOSO	\$ 904,228	\$ 1,038,834	\$ 916,415	\$ 964,508	\$ 841,491	\$ 889,514	\$ 680,933	\$ 900,168	\$ 862,569	\$ 653,995	\$ 616,544	\$ 322,333
HORAS EXTRAS												
EXTERNALIZAR												
TOTAL MENSUAL	\$ 2,529,868	\$ 2,835,594	\$ 2,627,615	\$ 2,761,268	\$ 2,552,691	\$ 2,686,274	\$ 2,306,573	\$ 2,782,488	\$ 2,744,889	\$ 2,365,195	\$ 2,327,744	\$ 1,776,853
COSTO TOTAL ANUAL	\$ 30,297,052											

Fuente: Los autores, 2016

El modelo propuesto para la empresa, reduce los costos de mano de obra, donde analizando detalladamente se sugiere el uso de mano de obra constante que proyecta cierta cantidad de horas extras como se ve en la tabla 20, pero aun así el costo no es alto ante el modelo actual. También se puede analizar la posibilidad del uso de mano de obra variable que se detalla en la tabla 21.

Tabla 20. Costos de mano de obra constante propuesto

MANO DE OBRA CONSTANTE												
DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Capacidad necesaria	120	126	132	139	145	151	157	164	170	176	182	189
Capacidad disponible	119	131	125	131	125	131	119	138	138	125	125	106
Tiempo ocioso		5										
Tiempo faltante	1		7	7	20	20	39	26	32	51	57	82
Techo horas extras	30	33	31	33	31	33	30	34	34	31	31	27
Horas extras	1		7	7	20	20	30	26	32	31	31	27
Externalización							9			20	26	56
Total tiempo dispon	120.2	126.3	132.5	138.7	145.0	151.2	157.5	163.7	170.0	176.2	182.4	188.7

TABLA DE COSTOS												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MANO DE OBRA	\$ 713,640	\$ 788,760	\$ 751,200	\$ 788,760	\$ 751,200	\$ 788,760	\$ 713,640	\$ 826,320	\$ 826,320	\$ 751,200	\$ 751,200	\$ 638,520
TIEMPO OCIOSO	\$ 30,834											
HORAS EXTRAS	\$ 9,715		\$ 54,481	\$ 54,365	\$ 148,137	\$ 148,107	\$ 223,013	\$ 194,790	\$ 241,789	\$ 234,750	\$ 234,750	\$ 199,538
EXTERNALIZAR							\$ 65,821			\$ 147,757	\$ 194,570	\$ 417,546
TOTAL MENSUAL	\$ 723,355	\$ 819,594	\$ 805,681	\$ 843,125	\$ 899,337	\$ 936,867	\$ 1,002,474	\$ 1,021,110	\$ 1,068,109	\$ 1,133,707	\$ 1,180,520	\$ 1,255,604
COSTO TOTAL ANUAL	\$ 11,689,482											

Fuente: Los autores, 2016

Tabla 21. Costos de mano de obra variable propuesto

OPERARIOS:	MANO DE OBRA VARIABLE											
2	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Contratar/Despedir	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Capacidad disponible	152	168	160	168	160	168	152	176	176	160	160	136
Tiempo ocioso	32	42	28	29	15	17		12	6			
Tiempo faltante							5			16	22	53
Techo horas extras	38	42	40	42	40	42	38	44	44	40	40	34
Horas extras							5			16	22	34
Externalización												19

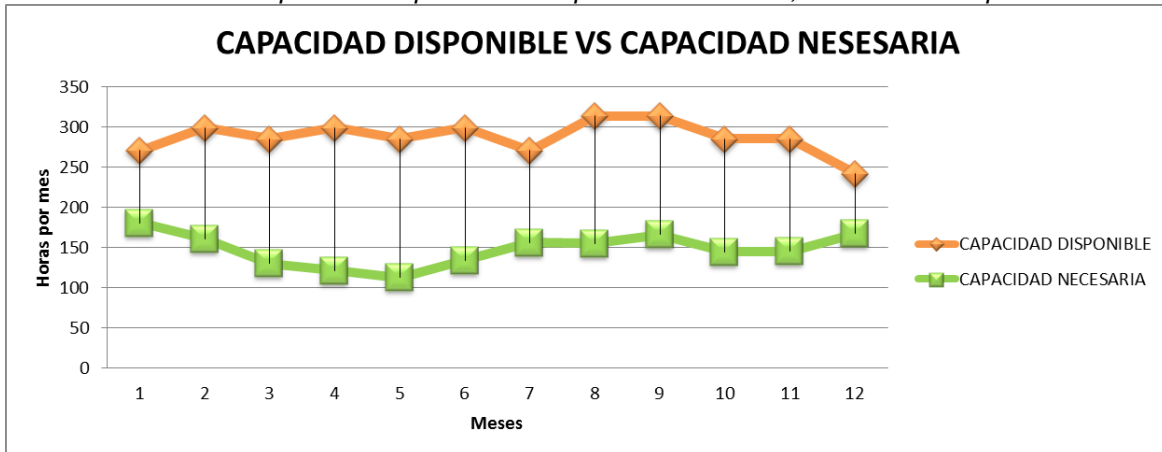
TABLA DE COSTOS												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MANO DE OBRA	\$ 912,000	\$ 1,008,000	\$ 960,000	\$ 1,008,000	\$ 960,000	\$ 1,008,000	\$ 912,000	\$ 1,056,000	\$ 1,056,000	\$ 960,000	\$ 960,000	\$ 816,000
TIEMPO OCIOSO	\$ 190,588	\$ 250,074	\$ 165,215	\$ 175,748	\$ 90,291	\$ 100,754		\$ 73,848	\$ 36,249			
HORAS EXTRAS							\$ 40,884				\$ 121,507	\$ 168,320
EXTERNALIZACI												\$ 140,234
CONTRATAR/DE												
TOTAL MENSUAL	\$ 1,102,588	\$ 1,258,074	\$ 1,125,215	\$ 1,183,748	\$ 1,050,291	\$ 1,108,754	\$ 952,884	\$ 1,129,848	\$ 1,092,249	\$ 1,081,507	\$ 1,128,320	\$ 1,211,234
ANUAL	\$ 13,424,711											

Fuente: Los autores, 2016

Tomando el modelo de mano de obra constante, con solo dos operarios al año, se puede reducir el costo, lo cual da un gran beneficio para la empresa, reduciendo desde costos hasta horas ociosas.

Teniendo en cuenta que actualmente la compañía trabaja con 3 operarios, se realizó una comparación de como actualmente está operando la empresa y como es el método propuesto. Como se puede ver en la gráfica 5 actualmente por el uso de tres operarios, se está sobrepasando excesivamente la capacidad disponible, incurriendo en costos innecesarios.

Gráfica 5. Capacidad disponible Vs capacidad necesaria, actual de la empresa



Fuente: Los autores, 2016

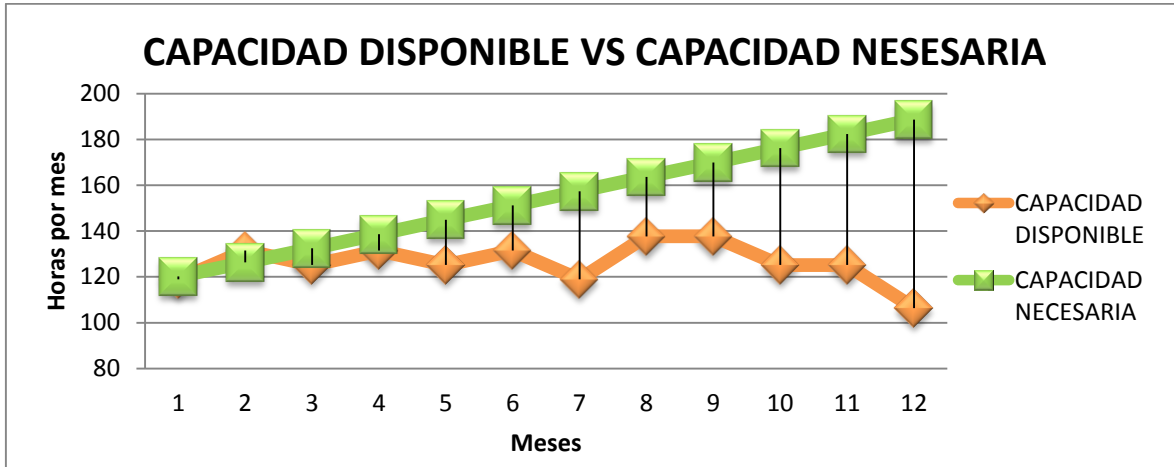
2.4.6 Plan de producción: Al hacer el análisis de plan agregado, se pudo detectar que para el horizonte de planeación que se está proyectando, solo se requiere de dos operarios, dado que la capacidad disponible actualmente excede por completo la necesaria.

Con el modelo propuesto, se propone el uso de solo dos operarios, arrojando así un resultado total de 1515 horas disponibles, para las 1852 horas necesarias, que aunque refleja un déficit en horas, se puede subsanar con horas extras que no incurrirá en costos tan altos como los del plan actual de producción. En la gráfica 6 se puede observar la relación de capacidades propuesta.

Gráfica 6. Capacidad disponible Vs capacidad necesaria, propuesta

HORAS POR TURNO	8
OPERARIOS	2

CAPACIDAD DISPONIBLE (HORAS)													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
DIAS HABILES	19	21	20	21	20	21	19	22	22	20	20	17	
HR POR EMPLEADO	152	168	160	168	160	168	152	176	176	160	160	136	
HR TOTALES	304	336	320	336	320	336	304	352	352	320	320	272	
DESCANSOS PROGRAMADOS	29.26	32.34	30.8	32.34	30.8	32.34	29.26	33.88	33.88	30.8	30.8	26.18	
PAROS NO PROGRAMADOS	72.2	79.8	76	79.8	76	79.8	72.2	83.6	83.6	76	76	64.6	
TIEMPO ALISTAMIENTO FIJO	38	42	40	42	40	42	38	44	44	40	40	34	
PAROS PROGRAMADOS	45.6	50.4	48	50.4	48	50.4	45.6	52.8	52.8	48	48	40.8	
DISPONIBILIDAD TOTAL	118.94	131.46	125.2	131.46	125.2	131.46	118.94	137.72	137.72	125.2	125.2	106.42	TOTAL
CAPACIDAD NECESARIA	120.24	126.32	132.46	138.71	144.95	151.21	157.45	163.69	169.96	176.2	182.44	188.698	1852



Fuente: Los autores, 2016

2.4.7 Plan maestro de producción: Para el plan maestro de producción, se tomó la técnica de lote a lote puesto que es lo más cercano al sistema de producción utilizado en la compañía, además de esto se toma en cuenta la característica de la empresa donde su zona de almacenamiento de producto terminado no es tan amplia. Esta técnica lote a lote permite:

- Reducir al mínimo el costo de inventarios.
- Producir lo estrictamente necesario sin depender de las limitaciones de la capacidad.
- La cantidad de producción se ajusta a la demanda.³⁵

Como se puede observar en la tabla 22, se dividió el pronóstico en el número de semanas a trabajar dando así la demanda semanal que se requiere suplir. Por tal motivo se descompone en unidades iguales la demanda por semana para disminuir el costo de almacenamiento de sobrantes. Para los demás perfiles se encuentra en el anexo 8. Sistema de planeación y programación, hoja plan maestro.

Tabla 22. Plan maestro de producción perfil pisador vidrio de 2

PERFIL PISADOR VIDRIO DE 2	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
PRONOSTICO	47				47				47				47				47			
SEMANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
DEMANDA	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fuente: Los autores, 2016

Teniendo la demanda mensual de cada producto, se sumó para tener la demanda anual de cada perfil, con la cual se alimenta el plan de requerimiento de materiales.

³⁵ CHASE, JACOBS & AQUILANO, Administración de operaciones. 2009

2.4.8 Plan de requerimiento de materiales: Cabe aclarar que R y R Plásticos, no cuenta actualmente con ningún plan para el requerimiento de materiales, con lo cual se originó una acumulación de materia prima, ocupando espacio que podría ser utilizado de mejor manera. Por tal motivo se realizó un MRP evidenciado en el anexo 8. Sistema de planeación y programación, hoja índice MRP, para estimar en que momento y cuánto debe adquirir la empresa, teniendo en cuenta los pronósticos, la capacidad y todo el modelo ya planteado de plan maestro de producción. Todo se planteó para un horizonte de 12 meses. (Ver tabla 23 y 24)

Es importante tener en cuenta en el MRP las 2 formas de creación de perfil independientemente de cual referencia se fabrique; la primera de ellas es mediante una creación directa, es decir, con el material reprocesado que ya ha sido molido y almacenado en la empresa el cual es catalogado como materia prima reutilizable, se introduce en la tolva para volver a fabricar perfilera plástica sin necesidad de realizar una operación sobre este material; la segunda opción ya es más elaborada, comprende el uso de materiales para la creación del PVC virgen que se realiza con una mezcla de 20 Kg de resina, 10 Kg de DOP (Líquido), 135 g de estabilizante, 250 g de ácido esteárico, 350 g de carbonato y 600 g de colorante. En las figuras 25 y 26 se muestra los requerimientos para crear el PVC virgen y fabricar el perfil que se necesite.

Tabla 23. MRP de perfil pisador vidrio de 2

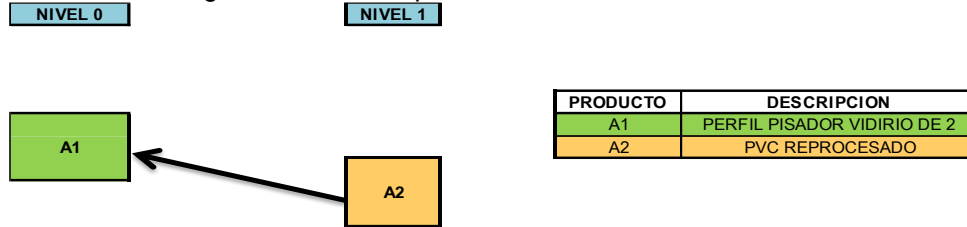
PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES												
PERFIL PISADOR VIDRIO DE 2												
DEMANDA ANUAL	PRODUCTO	DESCRIPCION	TIPO DE PRODUCTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	TAMAÑO LOTE	TIEMPO DE ENTREGA (SEMANAS)	INVENTARIO INICIAL	STOCK DE SEGURIDAD	COSTO UNITARIO DE ALMACENAMIENTO O ANUAL	COSTO COLOCACION DE ORDENES	
564	A1	PERFIL PISADOR VIDRIO DE 2	PT	1	METROS	40	1	0	4	\$ 1,645	\$ 2,250	
	A2	PVC REPROCESADO	PP	0.38	KILOS	15.2	0	537.6	1.52			

PRODUCTO	A1																			
TAMAÑO LOTE	40			TIEMPO DE ENTREGA				1				STOCK DE SEGURIDAD				4				
MESES	ENERO												FEBRERO				MARZO			
SEMANAS	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
NECESIDADES BRUTAS				12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12					
LLEGADAS PROGRAMADAS																				
INVENTARIO DE MATERIALES			0	28	16	4	32	20	8	36	24	12	40	28	16					
NECESIDADES NETAS				16	0	0	12	0	0	8	0	0	4	0	0					
RECEPCION DE ORDENES				40	0	0	40	0	0	40	0	0	40	0	0					
COLOCACION DE ORDENES	0	0	40	0	0	40	0	0	40	0	0	40	0	0	0					

PRODUCTO	A2																			
TAMAÑO LOTE	15.2			TIEMPO DE ENTREGA				0				STOCK DE SEGURIDAD				1.52				
MESES	ENERO												FEBRERO				MARZO			
SEMANAS	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
NECESIDADES BRUTAS	0	0	15.2	0	0	15.2	0	0	15.2	0	0	15.2	0	0	0					
LLEGADAS PROGRAMADAS																				
INVENTARIO DE MATERIALES			537.6	537.6	537.6	522.4	522.4	522.4	507.2	507.2	507.2	492	492	492	492					
NECESIDADES NETAS			15.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
RECEPCION DE ORDENES		0	15.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
COLOCACION DE ORDENES	0	0	15.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					

Fuente: Los autores, 2016

Figura 25. Árbol de precedencias, fabricación directa



Fuentes: Los autores, 2016

Tabla 24. MRP de perfil rígido bomper gris

PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES													
PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS													
DEMANDA ANUAL	PRODUCTO	DESCRIPCION	TIPO DE PRODUCTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	TAMAÑO LOTE	TIEMPO DE ENTREGA (SEMANAS)	INVENTARIO INICIAL	STOCK DE SEGURIDAD	COSTO UNITARIO DE ALMACENAMIENTO ANUAL	COSTO COLOCACION DE ORDENES		
20,244	B1	PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS	PT	1	METROS	236	1	0	113				
	B2	PVC VIRGEN	PP	0.38	KILOS	89.68	0	62.5	42.94				
	B3	RESINA	PP	0.304	KILOS	27.26272	0	2	13.05376				
	B4	DOP	PP	0.152	KILOS	13.63136	0	2	6.52688				
	B5	ESTABILIZANTE	PP	0.002052	KILOS	0.1840234	0	2	0.08811288				
	B6	ACIDO ESTEARICO	PP	0.0038	KILOS	0.340784	0	2	0.163172				
	B7	CARBONATO	PP	0.00532	KILOS	0.4770976	0	2	0.2284408				
	B8	COLORANTE	PP	0.00912	KILOS	0.8178816	0	2	0.3916128				

PRODUCTO	B1														
TAMAÑO LOTE	236			TIEMPO DE ENTREGA				1			STOCK DE SEGURIDAD			113	
MESES				ENERO				FEBRERO				MARZO			
SEMANAS	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NECESIDADES BRUTAS				262	262	262	262	291	291	291	291	320	320	320	320
LLEGADAS PROGRAMADAS															
INVENTARIO DE MATERIALES			0	210	184	158	132	313	258	203	148	300	216	132	284
NECESIDADES NETAS				375	165	191	217	272	91	146	201	285	133	217	301
RECEPCION DE ORDENES				472	236	236	236	472	236	236	236	472	236	236	472
COLOCACION DE ORDENES	0	0	472	236	236	236	472	236	236	236	472	236	236	472	236

PRODUCTO	B2														
TAMAÑO LOTE	89.68			TIEMPO DE ENTREGA				0			STOCK DE SEGURIDAD			42.94	
MESES				ENERO				FEBRERO				MARZO			
SEMANAS	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NECESIDADES BRUTAS	0	0	179.4	89.68	89.68	89.68	179.4	89.68	89.68	89.68	179.4	89.68	89.68	179.4	89.68
LLEGADAS PROGRAMADAS															
INVENTARIO DE MATERIALES			62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	152.2	62.5
NECESIDADES NETAS			179.4	70.12	70.12	70.12	159.8	70.12	70.12	70.12	159.8	70.12	70.12	229.9	0
RECEPCION DE ORDENES		0	179.4	89.68	89.68	89.68	179.4	89.68	89.68	89.68	179.4	89.68	89.68	269	0
COLOCACION DE ORDENES	0	0	179.4	89.68	89.68	89.68	179.4	89.68	89.68	89.68	179.4	89.68	89.68	269	0

PRODUCTO	B3														
TAMAÑO LOTE	27.26272			TIEMPO DE ENTREGA				0			STOCK DE SEGURIDAD			13.05376	
MESES				ENERO				FEBRERO				MARZO			
SEMANAS	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
NECESIDADES BRUTAS	0	0	143.5	71.74	71.74	71.74	143.5	71.74	71.74	71.74	143.5	71.74	71.74	143.5	71.74
LLEGADAS PROGRAMADAS															
INVENTARIO DE MATERIALES			0	37.31	20.09	30.13	22.96	33	15.78	25.83	18.65	28.7	38.74	31.57	14.35
NECESIDADES NETAS		0	143.5	84.8	47.49	64.71	126.4	61.84	51.8	69.01	130.7	66.14	56.1	117.8	53.23
RECEPCION DE ORDENES		0	163.6	109.1	54.53	81.79	136.3	81.79	54.53	81.79	136.3	81.79	81.79	136.3	54.53
COLOCACION DE ORDENES	0	0	163.6	109.1	54.53	81.79	136.3	81.79	54.53	81.79	136.3	81.79	81.79	136.3	54.53

PRODUCTO	B4																		
TAMAÑO LOTE	8,25968			TIEMPO DE ENTREGA				0				STOCK DE SEGURIDAD				2,42592		0,152	
MESES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL						
SEMANAS	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
NECESIDADES BRUTAS	0	0	43,47	21,74	21,74	21,74	0	21,74	0	21,74	0	0	21,74	0	0	21,74	0	0	0
LLEGADAS PROGRAMADAS																			
INVENTARIO DE MATERIALES			0	3,043	6,086	9,129	9,129	3,912	3,912	6,956	6,956	6,956	9,999	9,999	9,999	9,999	4,782	4,782	4,782
NECESIDADES NETAS			0	43,47	24,16	21,12	18,08	0	15,03	0	20,25	0	0	17,21	0	0	0	14,16	0
RECEPCION DE ORDENES			0	49,56	24,78	24,78	24,78	0	16,52	0	24,78	0	0	24,78	0	0	0	16,52	0
COLOCACION DE ORDENES	0	0	49,56	24,78	24,78	24,78	0	16,52	0	24,78	0	0	24,78	0	0	0	16,52	0	0

PRODUCTO	B5																		
TAMAÑO LOTE	0,11150568			TIEMPO DE ENTREGA				0				STOCK DE SEGURIDAD				0,03274992		0,002052	
MESES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL						
SEMANAS	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
NECESIDADES BRUTAS	0	0	0,587	0,293	0,293	0,293	0	0,293	0	0,293	0	0	0,293	0	0	0	0,293	0	0
LLEGADAS PROGRAMADAS																			
INVENTARIO DE MATERIALES			0	0,041	0,082	0,123	0,123	0,053	0,053	0,094	0,094	0,094	0,135	0,135	0,135	0,135	0,065	0,065	0,065
NECESIDADES NETAS			0	0,587	0,326	0,285	0,244	0	0,203	0	0,273	0	0	0,232	0	0	0	0,191	0
RECEPCION DE ORDENES			0	0,669	0,335	0,335	0,335	0	0,223	0	0,335	0	0	0,335	0	0	0	0,223	0
COLOCACION DE ORDENES	0	0	0,669	0,335	0,335	0,335	0	0,223	0	0,335	0	0	0,335	0	0	0	0,223	0	0

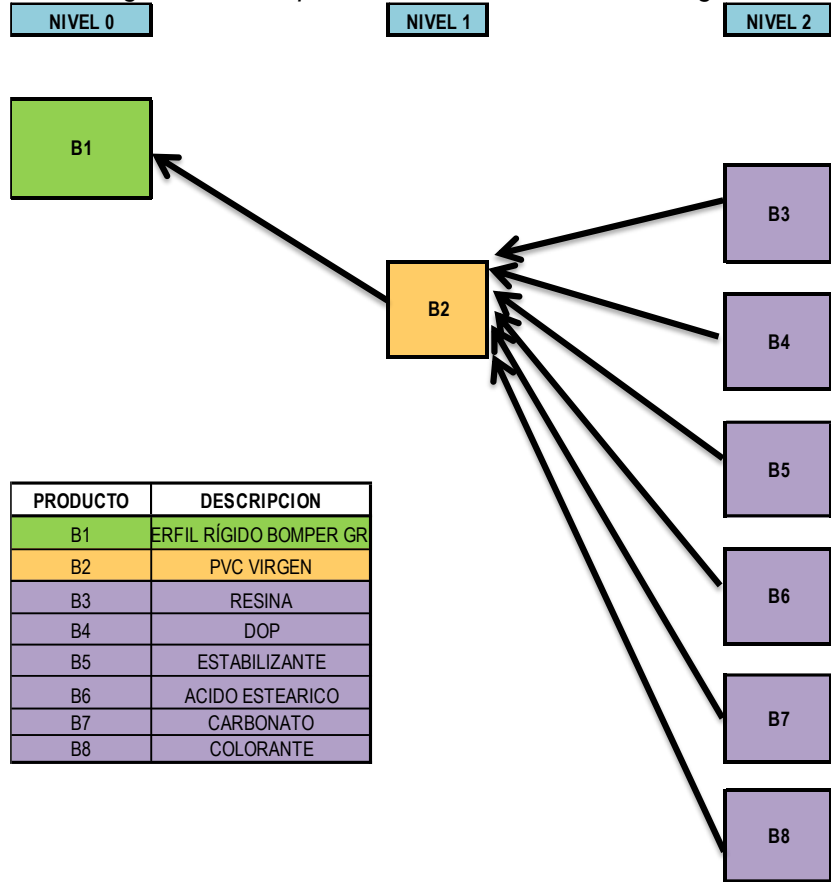
PRODUCTO	B6																		
TAMAÑO LOTE	0,206492			TIEMPO DE ENTREGA				0				STOCK DE SEGURIDAD				0,060648		0,0038	
MESES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL						
SEMANAS	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
NECESIDADES BRUTAS	0	0	1,087	0,543	0,543	0,543	0	0,543	0	0,543	0	0	0,543	0	0	0	0,543	0	0
LLEGADAS PROGRAMADAS																			
INVENTARIO DE MATERIALES			0	0,076	0,152	0,228	0,228	0,098	0,098	0,174	0,174	0,174	0,25	0,25	0,25	0,25	0,12	0,12	0,12
NECESIDADES NETAS			0	1,087	0,604	0,528	0,452	0	0,376	0	0,506	0	0	0,43	0	0	0	0,354	0
RECEPCION DE ORDENES			0	1,239	0,619	0,619	0,619	0	0,413	0	0,619	0	0	0,619	0	0	0	0,413	0
COLOCACION DE ORDENES	0	0	1,239	0,619	0,619	0,619	0	0,413	0	0,619	0	0	0,619	0	0	0	0,413	0	0

PRODUCTO	B7																		
TAMAÑO LOTE	0,2890888			TIEMPO DE ENTREGA				0				STOCK DE SEGURIDAD				0,0849072		0,00532	
MESES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL						
SEMANAS	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
NECESIDADES BRUTAS	0	0	0,527	0,264	0,264	0,264	0	0,176	0	0,264	0	0	0,264	0	0	0	0,176	0	0
LLEGADAS PROGRAMADAS																			
INVENTARIO DE MATERIALES			0	0,315	0,34	0,365	0,365	0,19	0,19	0,215	0,215	0,215	0,241	0,241	0,241	0,241	0,354	0,354	0,354
NECESIDADES NETAS			0	0,527	0,349	0,034	0,009	0	0	0,159	0	0	0,133	0	0	0	0,02	0	0
RECEPCION DE ORDENES			0	0,578	0,578	0,289	0,289	0	0	0,289	0	0	0,289	0	0	0	0,289	0	0
COLOCACION DE ORDENES	0	0	0,578	0,578	0,289	0,289	0	0	0,289	0	0	0,289	0	0	0	0,289	0	0	0

PRODUCTO	B8																		
TAMAÑO LOTE	0,4955808			TIEMPO DE ENTREGA				0				STOCK DE SEGURIDAD				0,1455552		0,00912	
MESES	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL						
SEMANAS	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
NECESIDADES BRUTAS	0	0	0,904	0,452	0,452	0,452	0	0,301	0	0,452	0	0	0,452	0	0	0	0,301	0	0
LLEGADAS PROGRAMADAS																			
INVENTARIO DE MATERIALES			0	0,539	0,583	0,626	0,626	0,325	0,325	0,369	0,369	0,369	0,412	0,412	0,412	0,412	0,607	0,607	0,607
NECESIDADES NETAS			0	0,904	0,598	0,058	0,015	0	0	0,272	0	0	0,229	0	0	0	0,035	0	0
RECEPCION DE ORDENES			0	0,991	0,991	0,496	0,496	0	0	0,496	0	0	0,496	0	0	0	0,496	0	0
COLOCACION DE ORDENES	0	0	0,991	0,991	0,496	0,496	0	0	0,496	0	0	0,496	0	0	0	0,496	0	0	0

Fuente: Los autores, 2016

Figura 26. Árbol precedencias, fabricación PVC virgen



Fuentes: Los autores, 2016

Complementando la información presentada en la tabla 23 y 24 del numeral 2.5.1, se aplicaron las herramientas del EOQ (Cantidad óptima de pedido) [21] y SS (Stock de seguridad) [22], para el requerimiento de materiales, de lo cual se tomó en cuenta la demanda anual y diaria de producción sé que saco del plan maestro de producción, costos de almacenamiento y de colocación de pedido, y el plazo máximo y normal de entrega (PME y PNE) del producto para el caso del stock de seguridad, a continuación se presentación la formulación.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} [21]$$

$$SS = (PME - PNE) * VD [22]$$

Tabla 25. MRP perfil pisador para vidrio de 2

PLAN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES											
PERFIL PISADOR VIDRIO DE 2											
DEMANDA ANUAL	PRODUCTO	DESCRIPCION	TIPO DE PRODUCTO	CANTIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	TAMAÑO LOTE	TIEMPO DE ENTREGA (SEMANAS)	INVENTARIO INICIAL	STOCK DE SEGURIDAD	COSTO UNITARIO DE ALMACENAMIENTO O ANUAL	COSTO COLOCACION DE ORDENES
564	A1	PERFIL PISADOR VIDRIO DE 2	PT	1	METROS	40	1	0	4	\$ 1,645	\$ 2,250
	A2	PVC REPROCESADO	PP	0.38	KILOS	15.2	0	537.6	1.52		

Fuente: Los autores, 2016

Estas ecuaciones se aplicaron en el proyecto como se puede ver en la tabla 25 y se encuentran en el anexo 8. Sistema de planeación y programación, fueron formuladas para hallar el tamaño de lote y el stock de seguridad para cada uno de los productos en estudio y del mismo modo para cada uno de los subproductos a los que corresponde su artículo principal, enseguida se muestra un ejemplo de aplicación para el producto perfil pisador de vidrio 2.

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * 564 * 2250}{1645}} \quad EOQ = 40$$

$$SS = (5 - 3) * \frac{564}{360} \quad SS = 4$$

Los datos utilizados como la demanda, fueron traídos con base a la información suministrada por los pronósticos, el costo de pedir y costo de inventario fueron definidos con el apoyo del área administrativa de la empresa, en el caso del costo de inventario se analizó el área que ocupa los inventarios de materia prima y de producto terminado, también los costos administrativos e indirectos de fabricación, analizando la proporción ocupada correspondiendo a un 13% del área total que equivale a 364 m2 y hallando un valor estimado de \$1.645 costo por metro anual; y por último se definieron los días máximo y mínimo de entrega de productos

Asimismo con el MRP se generaron los planes globales de compra y de producción, que se presentan en las tablas 26 y 27. Cada uno de estos se encuentran completos en el anexo 8. Sistema de planeación y programación, hojas “pg compr” y “pg produ”.

Tabla 26. Plan global de órdenes de compra

		PLAN GLOBAL DE ORDENES DE COMPRA																						
		SEMANAS			ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO			
DESCRIPCION		-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
KILOS	RESINA	0	0	0	398	220	115	153	208	156	147	132	252	164	248	206	188	212	168	250	172	252	133	224
KILOS	DOP	0	0	0	199	110	58	77	104	78	74	66	126	82	124	278	24	8	78	125	86	126	66	112
KILOS	ESTABILIZANT	0	0	0	3	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	2
KILOS	ACIDO ESTEAR	0	0	0	5	3	1	2	3	2	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3
KILOS	CARBONATO	0	0	0	2	2	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	2
KILOS	COLORANTE	0	0	0	4	4	1	1	1	2	2	1	2	1	3	2	1	2	2	2	2	2	2	3
KILOS	PVC REPROCE	0	0	0	572	0	0	0	38	38	111	104	205	132	229	378	93	212	339	235	301	327	266	293

Fuente: Los autores, 2016

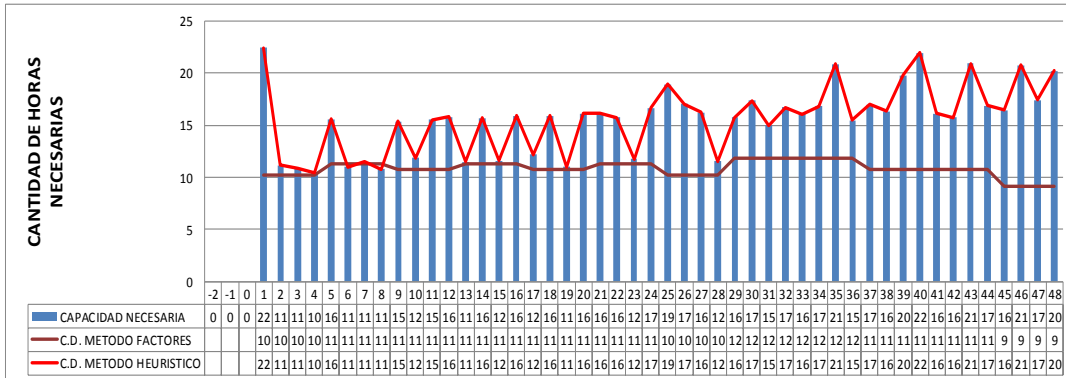
Tabla 27. Plan global de órdenes de producción

		CODIGO	DESCRIPCION	SEMANAS			ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL					
				-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
METRO	1	A1	PERFIL PISADOR VIDRIO DE 2	0	0	0	40	0	0	40	0	0	40	0	0	40	0	0	40	0	0	40	0	0
METRO	1	B1	PERFIL RIGIDO BOMPER GRIS	0	0	0	472	236	236	236	472	236	236	472	236	236	472	236	236	472	236	472	236	472
KILOS	0.38	B2	PVC VIRGEN	0	0	0	68	34	34	34	68	34	34	68	34	34	68	34	34	102	0	68	34	68
METRO	1	C1	PERFIL RIGIDO PLATEADO	0	0	0	282	141	141	141	282	141	141	282	141	141	282	141	141	282	141	141	282	141
KILOS	0.38	C2	PVC VIRGEN	0	0	0	41	20	20	20	41	20	20	41	20	20	41	20	20	41	20	20	41	20
METRO	1	D1	PERFIL RIGIDO REGLITA BOMPER	0	0	0	216	0	0	0	216	0	0	216	0	0	216	0	0	216	0	0	216	0
KILOS	0.38	D2	PVC VIRGEN	0	0	0	31	0	0	0	31	0	0	31	0	0	31	0	0	16	16	16	31	0
METRO	1	E1	BOCEL NEGRO 25 MM	0	0	0	404	404	404	202	404	202	404	202	404	202	404	202	404	202	404	202	404	202
METRO	1	F1	BOCEL NEGRO 19 MM	0	0	0	272	136	136	136	272	136	136	272	136	136	272	136	136	272	136	136	272	136
METRO	1	G1	TUBO PROTECTOR CRISTAL	0	0	0	62	62	0	0	62	0	62	0	62	0	62	0	62	0	62	0	62	0
KILOS	0.38	G2	PVC VIRGEN	0	0	0	9	0	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0
METRO	1	H1	BOCEL NEGRO 22 MM	0	0	0	294	147	147	147	294	147	147	294	147	147	294	147	147	294	147	147	294	147
METRO	1	I1	BOCEL NEGRO 33 MM	0	0	0	34	17	17	17	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
METRO	1	J1	BOCEL GRIS 22 MM	0	0	0	97	97	97	97	0	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
METRO	1	K1	PERFIL RIGIDO PITILLO P-B	0	0	0	240	120	0	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
METRO	1	L1	BOCEL NEGRO 28 MM	0	0	0	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
METRO	1	M1	PERFIL RIGIDO T GRIS	0	0	0	152	152	152	0	152	152	152	152	0	152	152	152	152	152	152	152	152	152
METRO	1	N1	CARRILERA NEGRA 20 MM	0	0	0	81	81	0	81	0	81	0	81	0	81	0	81	0	81	0	81	0	81
METRO	1	O1	BOCEL GRIS 25 MM	0	0	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0
METRO	1	P1	PERFIL RIGIDO CARROCEA GRIS	0	0	0	52	0	52	0	52	0	52	0	52	0	52	0	52	0	52	0	52	0
KILOS	0.38	P2	PVC VIRGEN	0	0	0	8	0	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0	0	8	0
METRO	1	Q1	BOCEL NEGRO 17 MM	0	0	0	324	162	162	162	324	162	162	324	162	162	324	162	162	324	162	162	324	162
METRO	1	R1	BOCEL NEGRO 15 MM	0	0	0	364	182	182	182	364	182	182	364	182	182	364	182	182	364	182	182	364	182
METRO	1	S1	BOCEL NEGRO 35 MM	0	0	0	83	83	83	0	83	0	83	83	0	83	83	0	83	83	0	83	83	83
METRO	1	T1	BOCEL NEGRO 20 MM	0	0	0	67	67	0	67	0	67	0	67	0	67	0	67	0	67	0	67	0	67
METRO	1	U1	BOCEL NEGRO 30 MM	0	0	0	71	71	71	0	71	71	71	0	71	71	71	0	71	71	71	0	71	71
METRO	1	V1	BOCEL NEGRO 12 MM	0	0	0	272	136	0	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136
METRO	1	W1	BOCEL GRIS 33 MM	0	0	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0	58	0
METRO	1	X1	PERFIL RIGIDO J GRIS HUMO	0	0	0	65	65	0	65	0	65	0	65	0	65	0	65	0	65	0	65	0	65
KILOS	0.38	X2	PVC VIRGEN	0	0	0	9	0	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0	0	9	0
KILOS	0.38		PVC VIRGEN	0	0	0	166	54	54	54	89	54	73	54	122	78	109	154	46	89	96	104	104	
KILOS	0.38		PVC REPROCESADO	0	0	0	572.5	0	0	0	38.38	38.38	111.3	103.7	204.6	131.7	228.8	378.5	93.1	212.2	338.8	235	235	

Fuente: Los autores, 2016

2.4.9 Capacidad de planta: Teniendo en cuenta el tiempo demandado en la producción de cada perfilería, se realizó un análisis de la capacidad para cada área del proceso productivo por el método de los factores y por método heurístico.

Gráfica 7. Análisis de capacidad comparativo
ANÁLISIS DE CAPACIDAD EXTRUSIÓN



Fuente: Los autores, 2016

Enlazando el plan global de órdenes de producción y los tiempos por área se pudo hallar la capacidad de cada una de las áreas que componen el sistema productivo. En la gráfica 7 se puede detallar un ejemplo del análisis desarrollado, donde se aprecia en las barras de color azul la capacidad necesaria, y las respectivas líneas rojas muestran el tipo de capacidad sea por método de factores o heurístico, donde a simple vista por el método heurístico se propone una capacidad que reduce al máximo los tiempos ociosos, dando oportunidad a el uso de horas extras

o externalización. En el anexo 8. Sistema de planeación y programación de la producción, hoja índice capacidad planta, se puede evidenciar el trabajo realizado con las demás áreas.

Se encuentran los métodos de la lista de capacidad, el método de todos los factores [23] y los métodos heurísticos [24] que son igualmente válidos.³⁶

Método de todos los factores:

$$H_t = \sum_{p=1}^n q_{p,t} h_p \quad [23]$$

Método heurístico:

$$I_{wt} = \sum_{p=1}^n q_{p,t} h_{p,w} \quad [24]$$

Dónde:

H: Número total de horas de producción requeridas para la semana t.

q: Número de unidades del producto p que deben producirse durante la semana t.

h: horas totales de producción requeridas para el producto p.

n: Numero de productos que deben elaborarse.

I: Carga de trabajo esperada en el centro w durante la semana t.

r: Porcentaje de horas totales de producción asignadas al centro de trabajo w durante el periodo previo.

Haciendo el análisis de capacidades por factores y heurístico, se evidencio que el mejor modelo a manejar era el heurístico, puesto que da a cada área el tiempo que el operario necesita, y aunque en ocasiones se excede en el capacidad, da la oportunidad al operario de laborar en otras áreas (Ver tabla 28).

Tabla 28. Análisis de capacidad por método heurístico

CAPACIDAD DISPONIBLE DE PRODUCCIÓN PARA CADA MES EN HORAS	MESES	FEBRERO	MARZO	ABRIL
		131,46	125,20	131,46

³⁶ 45 COLLIER, David. Administración de operaciones. 1 Edición. México. Cengage Learning. 2009. 460 p.

CAPACIDAD DISPONIBLE DE PROD PARA CADA SEMANA EN HORAS		FEBRERO				MARZO				ABRIL			
	SEMANAS	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5
		32,87	32,87	32,87	32,87	34,78	34,78	20,87	34,78	32,87	32,87	32,87	32,87

EFICIENCIA DEL SISTEMA		FEBRERO				MARZO				ABRIL			
	SEMANAS	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			75%	133%	117%	152%	88%	77%	183%	108%	108%	88%	123%

CAPACIDAD GENERAL UTILIZADA(HORAS)		FEBRERO				MARZO				ABRIL			
	SEMANAS	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			25	44	38	50	31	27	38	38	36	29	40

Fuente: Los autores, 2016

2.5 PROGRAMACIÓN

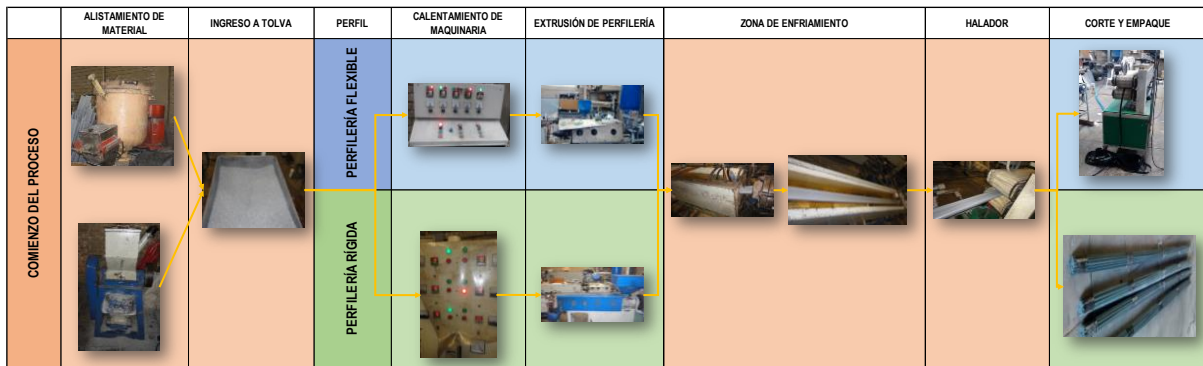
2.5.1 Programación de actividades: Tiene como objetivo elaborar un calendario o guía que indique las fechas de producción de los respectivos perfiles de plásticos, la empresa anteriormente no manejaba programación mes a mes, solo se manufacturaba cuando se requería según las ordenes de producción como se menciona en el capítulo de descripción del problema.

2.5.2 Secuenciación: Para el proceso de determinar el orden correcto de programación se tuvieron en cuenta varios aspectos:

- Cumplir plazos establecidos a clientes.
- Minimizar el tiempo en la demora.
- Maximizar el aprovechamiento de las máquinas y trabajadores.
- Minimizar tiempos ociosos y costos de preparación

En los diagramas de Gantt (Anexo 13. Secuenciación) se presenta la simulación de la programación de la producción para un periodo de un mes, planteándose éste con un promedio de los pronósticos mensuales y teniendo en cuenta el tiempo de preparación por producto. Se toma en cuenta tres modelos: Tiempo de procesamiento más largo, tiempo de procesamiento más corto y primeros en entrar-primeros en salir. En éste último modelo se tomó de manera aleatoria los productos por orden de llegada. En todos los modelos se llegó hasta el día 23 del mes, dando espacio en los siguientes 7 días a la producción de los demás productos que tiene la empresa, teniendo en cuenta que todo el estudio realizado fue a un porcentaje del total ofertado por R & R Plásticos.

Figura 28. Secuencia del proceso de fabricación



Fuente: Los autores, 2016

En el siguiente diagrama de Gantt de la figura 29 se presenta una simulación de la programación de la producción, se plantea la secuenciación de unidades con base a el número de lotes a fabricar de mayor a menor según la cantidad de metros, ya que una de las razones es finalizar los bocelos de las distintas referencias expuestos en el menor tiempo posible.

Figura 29. Diagrama Gantt

ARTÍCULO	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	
	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	28	29	30	31	
BOCEL NEGRO 25 MM	■																															
BOCEL NEGRO 22 MM			■	■																												
BOCEL NEGRO 15 MM					■																											
BOCEL NEGRO 20 MM						■																										
BOCEL NEGRO 19 MM							■																									
BOCEL NEGRO 17 MM								■																								
PERFIL RÍGIDO PLAT EADO									■																							
BOCEL GRIS 22 MM										■																						
PERFIL PISADOR VIDRIO DE 2											■																					
PERFIL RÍGIDO J GRIS HUMO												■																				
BOCEL GRIS 33 MM													■																			
TUBO PROTECTOR CRISTAL														■																		
BOCEL NEGRO 33 MM															■																	
BOCEL NEGRO 12 MM																■																
PERFIL RÍGIDO PITILLO P-B																	■															
PERFIL RÍGIDO REGLETA BOMPER																		■														
BOCEL NEGRO 35 MM																			■													
BOCEL NEGRO 30 MM																				■												
BOCEL NEGRO 28 MM																					■											
PERFIL RÍGIDO T GRIS																						■										
PERFIL RÍGIDO CARROCERÍA GRIS																							■									
CARRILERA NEGRA 20 MM																								■								
PERFIL RÍGIDO BOMPER GRIS																									■							
BOCEL GRIS 25 MM																																

Fuente: Los autores, 2016

2.6 CONTROL

El manejo del control se va a desarrollar de 2 formas; una por medio de formatos de control y otra con indicadores de gestión, para que de esta manera se genere un levantamiento de información por parte de la empresa y así se evalúe si se cumple con los objetivos de cada indicador.

La empresa no posee ningún tipo de documentación establecida, para llevar un control de todo su sistema productivo, ni de alguna otra actividad relacionada con


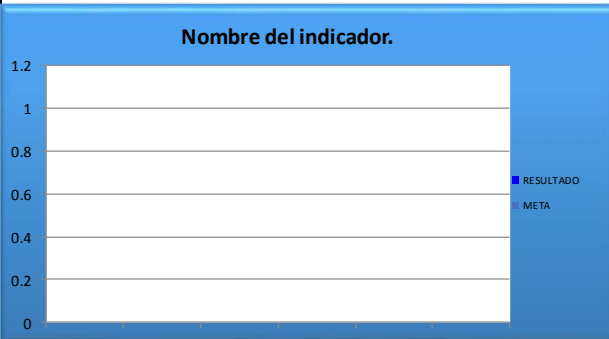
2.7 VALIDACIÓN DEL SISTEMA

Mediante el uso de indicadores de gestión se comprobó el funcionamiento óptimo de las herramientas que se están aplicando en el proyecto, en este caso analizando las variaciones que tuvo el sistema actual frente al propuesto en el área de procesos de la empresa R & R Plásticos S.A.S.; los indicadores cuentan con la gran ventaja que son fáciles de entender y aplicar a las necesidades según corresponda, a continuación se hace mención de ellos con su respectiva ilustración.

- Tiempo ocioso
- Horas extras anuales
- Eficiencia de la capacidad
- Índice de producción
- Costo anual de mano de obra

La figura 30 es la hoja de vida del indicador, la cual da a conocer y explica el funcionamiento de cada uno de ellos, en el anexo 12. Hoja de vida indicadores, se encuentran las hojas de vida de todos los indicadores.

Figura 31. Hoja de vida indicadores

		HOJA DE VIDA DE INDICADOR DE GESTIÓN			CÓDIGO FECHA VERSION PÁGINA	01/06/2016 1 1 de 1
Nombre del indicador		Tiempo ocioso				
Objetivo		Disminuir en mayor medida el tiempo ocioso garantizando que habrá un mejor aprovechamiento de los recursos, en este caso el tiempo.				
Tipo de Indicador Eficiencia <input checked="" type="checkbox"/> Eficacia <input type="checkbox"/> Efectividad <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> ¿Cuál? _____				Fórmula de cálculo $\text{Indicador de tiempo ocioso} = \frac{\text{Tiempo ocioso del año}}{\text{Tiempo disponible del año}} * 100$		Unidades Porcentual
Rango de gestión Sobresaliente Satisfactorio Deficiente <= 30% de la meta del periodo ≥30% y <60% de la meta del periodo >60% de la meta del periodo 				Periodicidad Anual		
Periodo	Dato 1	Dato 2	Resultado	Meta	Gráfica de Tendencia 	
Línea base:						
Fecha meta final:						
Meta final:						
Interpretación y análisis de tendencia: Este indicador analiza porcentualmente los tiempos inactivos de los operarios en el transcurso del año, el objetivo es disminuir en mayor medida estos lapsos de tiempo garantizando que habrá un mejor aprovechamiento de los recursos				Responsable de la interpretación: Gerencia de la empresa Responsable de la medición: Supervisor del área de producción		

Fuente: Los autores, 2016

2.7.1 Tiempo ocioso: Este indicador analiza porcentualmente los tiempos inactivos de los operarios en el transcurso del año, el objetivo es disminuir en mayor medida estos lapsos de tiempo garantizando que habrá un mejor aprovechamiento de los recursos, en este caso el tiempo, el indicador se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Indicador de tiempo ocioso} = \frac{\text{Tiempo ocioso del año}}{\text{Tiempo disponible del año}} * 100 \text{ [25]}$$

Tabla 29. Indicador tiempo ocioso

MODELO	ECUACIÓN	INDICADOR
ACTUAL	$\frac{1599}{3451} * 100 =$	46.3%
PROPUESTO	$\frac{5}{1515} * 100 =$	0.3%

Fuente: Los autores, 2016

El indicador en la tabla 29 da como resultado una clara reducción del tiempo ocioso por un total del 46%, esto es debido a que se reduce la fuerza de trabajo en el área y permite una mejor optimización de los recursos, según el plan establecido se buscó nivelar la fuerza de trabajo con la demanda del mercado, siendo así que en determinadas instancias se dispondrán de horas extras cuando la empresa lo necesite en vez de optar por contratar a un nuevo operario.

2.7.2 Horas extras anuales: Con respecto a este indicador, analiza directamente las horas extras anuales entre el modelo actual y propuesto, de modo que en la tabla 30 se observa un incremento de este recurso para el modelo propuesto, consecuente a que esta metodología propone trabajar con menos operarios y buscando aprovechar de una mejor manera a los que hay actualmente, es importante tener en cuenta que con base al costo de mano de obra es más económico para la empresa seguir esta idea de trabajo

Tabla 30. Indicador horas extras anuales

MODELO	HORAS EXTRAS
ACTUAL	0
PROPUESTO	343

Fuente: Los autores, 2016

2.7.3 Eficiencia de la capacidad: Indicador que busca determinar porcentualmente el uso de la capacidad entre los modelos propuestos, el objetivo es obtener la mayor y mejor medida posible, el indicador se expresa de la siguiente forma y se ilustra a continuación con base a los resultados obtenidos:

$$\text{Indicador eficiencia de la capacidad} = \frac{\text{Capacidad necesaria anual}}{\text{Capacidad disponible anual}} * 100 \text{ [26]}$$

Tabla 31. Indicador eficiencia de la capacidad

MODELO	ECUACIÓN	INDICADOR
ACTUAL	$\frac{1852}{3451} * 100 =$	54%
PROPUESTO	$\frac{1852}{1515} * 100 =$	122%

Fuente: Los autores, 2016

Según el análisis con base al plan agregado de los 2 modelos, se observa en la tabla 31, que la metodología actual tiene un uso de la capacidad del 54% frente a 122% del modelo propuesto, esto responde a la disminución de operarios y de este mismo modo menos horas en la capacidad disponible de los trabajadores, en este caso el indicador presenta un equivalencia inversamente proporcional

2.7.4 Índice de producción: Este índice que se encuentra en la tabla 32 trabaja con las unidades anuales de producción y el tiempo utilizado, el objetivo es tener un índice mayor que significa un nivel de producción más alto con un período de tiempo de referencia, se expresa con la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de producción} = \frac{\text{Unidades anuales producidas}}{\text{Tiempo anual utilizado}} [27]$$

Tabla 32. Índice de producción

MODELO	ECUACIÓN	INDICADOR
ACTUAL	$\frac{121040\text{unds}}{3451\text{hr}} =$	35.1
PROPUESTO	$\frac{121040\text{unds}}{1515\text{hr}} =$	79.9

Fuente: Los autores, 2016

El resultado obtenido del índice producción, evaluando los modelos presentados, indica que en relación a la metodología actual se fabrican 35.1 unidades por hora, mientras que la opción propuesta elevaría este índice a los 79.9 unidades por hora que es igual a un crecimiento del 128% con base al modelo actual, mostrando una vez más la eficiencia del sistema propuesto.

2.7.5 Costo anual de mano de obra: Se aplicó este indicador para determinar la viabilidad de aplicación del modelo propuesto frente al actual, de este modo se hizo una comparación que dio el siguiente resultado:

Tabla 33. Indicador costo anual de mano de obra

MODELO	COSTO MANO DE OBRA
ACTUAL	\$ 30,785,325
PROPUESTO	\$ 11,320,344

Fuente: Los autores, 2016

Como se evidencia en la tabla 33, hay una disminución equivalente a un 63% respecto al modelo actual de los costos asociados a la mano de obra, consecuente a que se busca trabajar con menos operarios y bajo condiciones especiales en sus contratos.

2.8 EVALUACIÓN FINANCIERA

Buscando demostrar la viabilidad del proyecto, se aplicaron diferentes herramientas que expongan los beneficios económicos que traerán a la empresa el sistema; instrumentos como el flujo de caja, presupuesto, TIR, VPN serán mecanismos de ayuda para el proyecto.

En primera instancia el uso del flujo de caja en el cual se analizaron aspectos directamente vinculados al proyecto como los costos de mano de obra, costo de tiempo ocioso, costo de subcontratar y costo de horas extras fueron elementales para estudiar y entender la aplicación del sistema de producción en la empresa

Tabla 34. Flujo de caja

MES/PERÍODO	PERÍODO 0	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
INGRESOS							
GANANCIA		\$994,853	\$1,624,053	\$1,854,534	\$2,016,000	\$1,920,000	\$1,986,550
EGRESOS							
INVERSIÓN	\$18,025,000						
MANO DE OBRA		\$713,640	\$788,760	\$751,200	\$788,760	\$751,200	\$788,760
TIEMPO OCIOSO					\$61,576	\$76,459	
HORAS EXTRAS		\$223,013	\$217,748	\$36,370			\$16,361
EXTERNALIZAR		\$237,625					
TOTAL EGRESOS	\$18,025,000	\$1,174,277	\$1,006,508	\$787,570	\$850,336	\$827,659	\$805,121
SALDO INICIAL (CAJA)	\$0	-\$18,025,000	-\$18,204,425	-\$17,586,880	-\$16,519,916	-\$15,354,252	-\$14,261,912
SALDO FINAL (CAJA)	-\$18,025,000	-\$179,425	\$617,545	\$1,066,965	\$1,165,664	\$1,092,341	\$1,181,429

Fuente: Los autores, 2016

Según la tabla 34 donde se contemplan los costos mencionados frente a los modelos de la empresa actual y propuesto se analizan los siguientes aspectos (Anexo 8. Sistema de planeación y programación, costos de plan agregado):

- Los costos de mano de obra son directamente traídos de los “costos de plan agregado”, es importante tener en cuenta que están incluidos parafiscales y la carga prestacional correspondiente al salario establecido a los operarios.
- En comparación entre el modelo actual y el propuesto hay un ahorro promedio de \$1.600.000 al mes, de este modo al año equivaldría a los \$19.200.000, lo que significa un dinero representativo para la empresa debido a que es una Microempresa y se podrían buscar opciones de invertir en la empresa y continuar con su crecimiento.
- Se observa que los costos de mano de obra mes a mes son mucho mayores para el modelo actual que para el propuesto, corresponden a una diferencia entre los de \$11.616.000, esta situación ocurre al trabajar con menos operarios y comenzar a requerir horas extras y subcontratación (Modelo propuesto), de este modo haciendo un análisis completo e incluyendo las variables faltantes, se aprecia una disminución del costo en un 63% que representa ganancia para la empresa.
- Aplicando las herramientas VPN y TIR dan como resultado \$9.936.198 y 3.234% respectivamente, teniendo en cuenta un período de 5 años, se demuestra así lo viable que es la inversión que se puede realizar en la empresa (Ver anexo 11. Flujo de caja).

Continuando con el análisis del sistema de producción, la de idea de su implementación conlleva unos gastos asociados, para su comprensión se presenta la tabla 35 en la cual se realizó un presupuesto evaluando cada una de las variables allí establecidas.

Tabla 35. Presupuesto

VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
INGENIERO INDUSTRIAL	UNIDAD	2	\$ 7,000,000	\$ 14,000,000
PAPELERÍA	UNIDAD	500	\$ 50	\$ 25,000
CAPACITACION A EMPLEADOS	DÍAS	30	\$ 80,000	\$ 2,400,000
INDUCCION A DIRECTIVOS	HORAS	15	\$ 40,000	\$ 600,000
COMPUTADOR	UNIDAD	1	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
			TOTAL	\$ 18,025,000

Fuente: Los autores, 2016

En este presupuesto se evalúan 5 ítems los cuales son necesarios para ejecutar el sistema de planeación, programación y control de la producción en la empresa.

El primer aspecto a tener en cuenta son los ingenieros industriales quienes han desarrollado el sistema en el presente proyecto, se estima un período de 3 a 6 meses para implementar todas las metodologías establecidas; también se destina un determinado presupuesto para la papelería que servirá de apoyo para las capacitaciones e inducciones planeadas y asimismo para el manejo de los diagramas propuestos, controles del sistema y manejo de indicadores, entre otras actividades que se desarrollarán en el transcurso del tiempo.

Frente a la capacitación de empleados se destinan 30 días que serán ejecutadas en un plazo no mayor a 3 meses, este entrenamiento se realizará de carácter teórico-práctico buscando que el operario sea parte fundamental de la implementación del sistema, que conozca, aplique y con su apoyo permita mejorar el sistema según los escenarios que se presenten; en la inducción a directivos se emplean 15 horas destinadas a cumplirse en un lapso de 2 a 3 meses, con estas charlas que se harán a la parte administrativa se desea exponer al detalle el sistema establecido, explicar cada una de las metodologías propuestas (Recolección de datos, pronósticos, toma de tiempos, MRP, capacidad de planta, programación de la producción, ETC) para que de este modo continúen con el estudio del sistema, que sea mejorado constantemente y les permita tomar decisiones asertivamente.

Para la financiación del dinero, y que la empresa pueda comenzar a efectuar el modelo, existen algunas técnicas de amortización que facilitará su decisión, estas son (Ver tabla 36):

Tabla 36. Opciones de financiación

PAGO DE CAPITAL E INTERESES AL FINAL DE LOS CINCO AÑOS
PAGO DE CANTIDADES IGUALES AL FINAL DE CADA AÑO
PAGO DE INTERESES Y UNA PARTE PROPORCIONAL DEL CAPITAL AL FINALIZAR CADA AÑO
PAGO DE INTERÉS AL FINAL DE CADA AÑO Y DE CAPITAL AL FINALIZAR EL ÚLTIMO AÑO

Fuente: Los autores, 2016

Para el estudio se usaron períodos de 6 meses y una tasa interés representativo del 14% que se encuentra en el mercado actualmente.

- Pago de capital e intereses al final de los cinco años: Para el uso de esta técnica se utiliza la siguiente ecuación:

$$F = P(1 + i)^n \quad [28]$$

Dónde:

F = Valor futuro a pagar

i = Interés bancario

n = Numero de períodos

$$F = 18.025.000(1 + 14\%)^6 = \$39.564.382$$

- Pago de cantidades iguales al final de cada año: Para la aplicación de esta herramienta se hace uso de la siguiente ecuación:

$$A = P \frac{i(1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \quad [29]$$

Donde:

A = Pago anual a pagar

P = Valor presente que se proyecta

i = Interés bancario

n = Numero de períodos

$$A = 18.025.000 \frac{14\%(1+14\%)^6}{(1+14\%)^6 - 1} = \$27.811.583$$

- Pago de intereses y una parte proporcional del capital al finalizar cada año: Para el uso de esta herramienta se hace uso de la tabla 37 para entender a mejor medida:

Tabla 37. Análisis de financiación 3

AÑO	INTERES	ABONO A CAPITAL	PAGO A FINAL DE CADA AÑO	DEUDA DESPUES DEL PAGO
0				\$ 18,025,000
1	\$ 2,523,500	\$ 3,004,167	\$ 5,527,667	\$ 15,020,833
2	\$ 2,102,917	\$ 3,004,167	\$ 5,107,083	\$ 12,016,667
3	\$ 1,682,333	\$ 3,004,167	\$ 4,686,500	\$ 9,012,500
4	\$ 1,261,750	\$ 3,004,167	\$ 4,265,917	\$ 6,008,333
5	\$ 841,167	\$ 3,004,167	\$ 3,845,333	\$ 3,004,167
6	\$ 420,583	\$ 3,004,167	\$ 3,424,750	\$ 0

PAGO TOTAL
\$ 26,857,250

Fuente: Los autores, 2016

- Pago de interés al final de cada año y de capital al finalizar el último año: A continuación se muestra la tabla 38 explicando el uso de esta herramienta

Tabla 38. Análisis de financiación 4

AÑO	INTERES	ABONO A CAPITAL	PAGO A FINAL DE CADA AÑO	DEUDA DESPUES DEL PAGO
0				\$ 18,025,000
1	\$ 2,523,500		\$ 2,523,500	\$ 18,025,000
2	\$ 2,523,500		\$ 2,523,500	\$ 18,025,000
3	\$ 2,523,500		\$ 2,523,500	\$ 18,025,000
4	\$ 2,523,500		\$ 2,523,500	\$ 18,025,000
5	\$ 2,523,500		\$ 2,523,500	\$ 18,025,000
6	\$ 2,523,500	\$ 18,025,000	\$ 20,548,500	\$ -

PAGO TOTAL
\$ 33,166,000

Fuente: Los autores, 2016

En conclusión de la aplicación de las 4 herramientas se obtiene la tabla 39.

Tabla 39. Resultados opciones de financiación

PAGO DE CAPITAL E INTERESES AL FINAL DE LOS CINCO AÑOS	\$39,564,382
PAGO DE CANTIDADES IGUALES AL FINAL DE CADA AÑO	\$27,811,583
PAGO DE INTERESES Y UNA PARTE PROPORCIONAL DEL CAPITAL AL FINALIZAR CADA AÑO	\$ 26,857,250
PAGO DE INTERÉS AL FINAL DE CADA AÑO Y DE CAPITAL AL FINALIZAR EL ÚLTIMO AÑO	\$33,166,000

Fuente: Los autores, 2016

De este modo se observa que la opción más viable para la empresa es el “pago de intereses y una parte proporcional del capital al finalizar cada año” ya que es la más económica del estudio y es una buena elección que la organización puede tomar.

CONCLUSIONES

- Por medio del diagnóstico realizado, se pudo ver la necesidad de un sistema de planeación, programación y control de la producción, puesto que la empresa carece de estudios, uso de herramientas ingenieriles y controles operacionales.
- La empresa venía operando sin saber el tiempo real de producción de cada uno de sus productos, además de esto, la falta de conocimiento de su capacidad.
- La demanda pronosticada, tuvo una tendencia a la baja por la alta fluctuación del mercado, dato que concuerda con la situación actual que presenta la empresa.
- Se evidencia en la compañía, la falta de diagramas y la poca claridad en el flujo del proceso productivo, lo cual demuestra la desorganización existente dentro de la empresa
- Se demuestra a la compañía la falta de conocimiento que tenía en cuanto a su producto de mayor utilidad, que inicialmente para ellos era el perfil flexible, y por medio de los estudios realizados se detecta que el perfil rígido es el que más ingresos da a la empresa.
- Se da a conocer la falta de estandarización en los procesos, lo que conlleva a la empresa a mantener una producción sin ningún tiempo de estándar o control.
- Se detecta una gran cantidad de tiempo ocioso en la compañía, lo que hace reevaluar la necesidad de 3 operarios.
- Aplicando el sistema propuesto, la empresa podrá responder con más facilidad a la demanda del mercado.
- Los formatos de control permitirán una evaluación constante de los procesos, estableciendo estándares a cumplir.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la compañía, realizar pronósticos para poder tener más claridad de la demanda futura.
- Se propone manejar mejor la capacidad de planta y asimismo la disponibilidad de la maquinaria haciendo un uso eficiente de este recurso.
- Se recomienda desarrollar un programa de mantenimiento, para evitar los retrasos del proceso productivo.
- Se recomienda llevar trazabilidad a todos los productos finales de la compañía con el fin de evitar fraudes por reclamaciones y para tener conocimiento de los errores de cada lote de producción devuelto.
- Se sugiere mantener 2 operarios, y horas extras, bajando así costos de producción o buscar la manera de incrementar el mercado para que la capacidad de planta disponible que hay actualmente sea copada al 100%.
- Se recomienda hacer planes de mercadeo y extender más las posibilidades de fabricación de nuevos productos, captando nuevas oportunidades de clientes.
- Se recomienda considerar el uso de shiller para la línea de enfriamiento, dando este una acelerada disminución de la temperatura en el perfil al momento de salida por el cabezal.

BIBLIOGRAFÍA

ASKIN, R. (2004). Modeling and analysis of lean production systems. Boston, USA.

Cactus, C. (2010). Colectivodeabogados. Obtenido de <http://www.colectivodeabogados.org/>

ceu0917. (03 de 09 de 2011). <http://www.buenastareas.com>. Obtenido de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Aglutinadora/2699528.html>

CHASE, R. B., JACOBS, F., & AQUILANO, N. (2009). ADMINISTRACIÓN DE OPERACION. Producción y cadena de suministros. McGRAW-HILL.

HEIZER, J., & RENDER, B. (2009). Principios de administración de operaciones. PEARSON Educación.

KRAJEWSKI, L., MALHOTRA, M., & RITZMAN, L. (2008). Administración de las operaciones procesos y cadenas de valor. PEARSON Educación.

NIEBEL, B., & FREIVALDS, A. (2009). Ingeniería industrial, Métodos, estándares y diseño del trabajo. Mexico: McGraw-Hill.

NOORI, H. (1997). Administración de operaciones y producción. Mc Graw Hill.

Pjfillingmachine. (2015). <http://pjfillingmachine.es/>. Obtenido de <http://pjfillingmachine.es/2-plastic-mixer-2c.html>

SCHROEDER, R. (s.f.). Administración de operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones. Mc.GRAW-HILL.

SIPPER, D., & BULFIN Jr., R. (1998). Planeacion y Control de la Produccion. McGRAW-HILL.

VOLLMANN, T., BERRY, W., WHYBARK, D., & JACOBS, F. (2005). Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros. Mexico: McGraw-Hill.

WISTON, W. (2005). Investigación de operaciones. México: Cengage Learning.