



**TECNÓLOGICO NACIONAL DE MÉXICO**

Instituto Tecnológico de Apizaco

## **DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

“MODELADO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE UN GRUPO DE PYMES TEXTILERAS DE SANTA ANA CHIAUTEMPAN, TLAXCALA”

### **TESIS**

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA**

PRESENTA

**I.I. Ignacio Sánchez García**

DIRECTOR

**Dra. Alejandra Torres López**

CODIRECTOR

**M.C. Crisanto Tenopala Hernández**

APIZACO, TLAXCALA. SEPTIEMBRE 2015

"2015. Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

Apizaco, Tlax., 01 de Septiembre de 2015

**ASUNTO:** Aprobación del trabajo de Tesis de Maestría.

**M.A.D. MA. A. ACELA DAVILA JIMENEZ  
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS  
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN.  
P R E S E N T E.**

Por este medio se le informa a usted, que los integrantes de la **Comisión Revisora** para el trabajo de tesis de maestría que presenta el: **ING. IGNACIO SANCHEZ GARCIA**, con número de control **M98370627** candidato al grado de **Maestro en Ingeniería Administrativa** y egresado del **Instituto Tecnológico de Apizaco**, cuyo tema es: **"MODELADO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE UN GRUPO DE PYMES TEXTILERAS DE SANTA ANA CHIAUTEMPAN, TLAXCALA"**, fue:

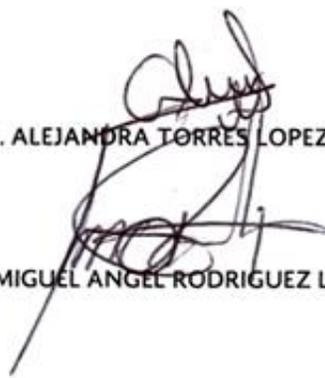
**A P R O B A D O**

Lo anterior, al valorar el trabajo profesional presentado por el candidato y constatar que las observaciones que con anterioridad se le marcaron así como correcciones sugeridas para su mejora ya han sido realizadas.

Por lo que se avala se continúe con los trámites pertinentes para su titulación.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

LA COMISIÓN REVISORA

  
DRA. ALEJANDRA TORRES LOPEZ

  
M.C. CRISANTO TENOPALA HERNANDEZ

DR. MIGUEL ANGEL RODRIGUEZ LOZADA

  
M.C. GERARDO ISLAS TELLEZ

C. p.- Interesado



"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

Apizaco, Tlax., 02 de Septiembre de 2015

No. OFICIO: DEPI/265/15

**ASUNTO:** Se Autoriza Impresión de Tesis de Grado.

**ING. IGNACIO SANCHEZ GARCIA**  
CANDIDATO AL GRADO DE MAESTRO  
EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA  
No. de Control: **M98370627**  
PRESENTE.

Por este medio me permito informar a usted, que por aprobación de la Comisión Revisora asignada para valorar el trabajo, mediante la Opción: **I Tesis de Grado por Proyecto de Investigación**, de la **Maestría en Ingeniería Administrativa**, que presenta con el tema: **"MODELADO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE UN GRUPO DE PYMES TEXTILERAS DE SANTA ANA CHIAUTEMPAN, TLAXCALA"** y conforme a lo establecido en el Procedimiento para la Obtención del Grado de Maestría en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios de Posgrado e Investigación a mi cargo le emite la:

#### AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar un ejemplar del mismo debidamente encuadernado y seis copias en CD en formato PDF, para presentar su Acto de Recepción Profesional a la brevedad.

Sin otro particular por el momento, le envío un cordial saludo.

#### ATENTAMENTE

*PENSAR PARA SERVIR, SERVIR PARA TRIUNFAR\**

  
**M.A.D. MA. A. ACELA DAVILA JIMENEZ**  
**JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS**  
**DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN.**



Secretaría de Educación Pública  
Instituto Tecnológico de Apizaco  
División de Estudios de Posgrado  
e Investigación

Cp.- Consecutivo.

MAADJ/mebr



## TABLA DE CONTENIDO

<i>Introducción</i> .....	1
<i>i. Descripción del problema</i> .....	2
<i>ii. Planteamiento de hipótesis</i> .....	4
<i>iii. Objetivo general</i> .....	4
<i>iv. Justificación</i> .....	4
<i>v. Variables de estudio.</i> .....	5
<b>CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	6
1.1 Estado del arte.....	6
1.2 Marco teórico .....	25
1.2.1 Pronósticos .....	26
Pronósticos cuantitativos: series de tiempo .....	27
1.2.2 Planeación de la producción.....	30
1.2.2.1 Plan maestro de producción (MPS) .....	31
1.2.2.2 Planeación de requerimientos de materiales (MRP).....	34
1.2.3 Lean manufacturing .....	38
1.2.3.1 Desperdicios de manufactura (muda).....	39
1.2.3.2 Value Stream Mapping (VSM) .....	41
1.2.3.3 Kanban .....	44
1.2.3.4 Las 5 S's.....	45
1.2.3.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	46
1.2.4 Diagramas de flujo del proceso y de recorridos .....	47
Diagrama de flujo del proceso .....	47
Diagrama de flujo o recorrido .....	50
1.3 Marco contextual .....	50
Empresas caso de estudio .....	54

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

2.1 Metodología de la investigación .....	56
2.2 Metodología para la estructuración del modelo de PyCP. ....	57
<i>CAPÍTULO III. DESARROLLO DE LAS ETAPAS DEL MODELO DE PYCP .....</i>	<i>61</i>
EMPRESA CASO DE ESTUDIO “A” .....	61
Etapa 1. Análisis de los procesos .....	61
Herramientas para la recolección de datos.....	61
Etapa 2. Pronósticos.....	63
Selección de método de pronósticos .....	64
Promedio Móvil simple y promedio móvil ponderado.....	65
Suavización exponencial .....	67
Etapa 3. Análisis y mejoramiento de los procesos.....	69
Mapa de cadena de valor (VSM) .....	70
Etapa 1. Selección de la familia.....	70
Etapa 2. Construcción del VSM actual .....	70
Estrategia de implementación Lean.....	73
Paso 1- Implementación de Procesos Estandarizados.....	73
Técnica: Metodología 5S .....	73
Paso 2- Implementación de Procesos Flexibles .....	77
Técnica: KANBAN.....	78
Paso 3- Implementación de Procesos Confiables .....	81
Técnica: Mantenimiento Productivo Total (TPM) .....	81
Etapa 4. Simulación del programa maestro de producción (MPS) .....	82
Etapa 5. Simulación MRP .....	86
Modelo PyCP desarrollado. Planta A.....	94
Resumen de actividades realizadas. Planta A.....	95
EMPRESA CASO DE ESTUDIO “B” .....	96
Etapa 1. Análisis de los procesos .....	96

Herramientas para la recolección de datos.....	96
Etapa 2. Pronósticos.....	97
Selección de método de pronósticos .....	98
Pronósticos de series de tiempos .....	99
Promedio Móvil simple y promedio móvil ponderado.....	99
Suavización exponencial .....	101
Etapa 3. Análisis y mejoramiento de los procesos.....	103
Mapa de cadena de valor (VSM) .....	103
Etapa 1. Selección de la Familia.....	104
Etapa 2. Construcción del VSM actual .....	104
Estrategia de Implementación lean.....	107
Paso 1- Implementación de Procesos Estandarizados.....	107
Técnica: Metodología 5S .....	107
Paso 2- Implementación de Procesos Flexibles .....	107
Técnica: KANBAN.....	107
Técnica: KAIZEN .....	110
Paso 3- Implementación de Procesos Confiables .....	111
Técnica: Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	111
Etapa 4. Simulación del programa maestro de producción (MPS) .....	111
Restricciones del problema.....	115
Etapa 5. Simulación MRP .....	118
Modelo PyCP desarrollado. Planta B.....	125
Resumen de actividades realizadas. Planta B.....	126
<i>Análisis comparativo .....</i>	<i>128</i>
<i>Conclusiones.....</i>	<i>130</i>
<i>Bibliografía .....</i>	<i>131</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cadena de valor agregado.....	12
Figura 2. Despliegue de las técnicas de producción a partir de las escenas. ....	15
Figura 3. Diseño de un sistema de pronósticos.....	29
Figura 4. Proceso de planeación de la producción.....	31
Figura 5. Muestra de una lista de materiales.....	34
Figura 6. Ejemplo de explosión MRP. ....	37
Figura 7. Simbologías necesarias para el diseño del VSM. ....	43
Figura 8. Sistema kanban-supermercado .....	45
Figura 9. Conjunto de símbolos de diagrama de proceso .....	49
Figura 10. Símbolos no estándares de los diagramas de procesos. ....	49
Figura 11. Etapas de investigación en la modelación de un sistema de PyCP. ....	59
Figura 12. Modelo propuesto de PyCP. ....	60
Figura 13. Diagrama de procesos, planta A. ....	62
Figura 14. Diagrama de flujo de recorridos, planta A. ....	63
Figura 15. Ruta a seguir en el diseño de un sistema de pronósticos. ....	64
Figura 16. Ventas en el periodo 2014 y gráfico del comportamiento de la demanda durante ese periodo.....	65
Figura 17. Gráfico del comportamiento de las diferentes técnicas de pronósticos con respecto a la demanda real.....	69
Figura 18. Etapas iniciales del trazado del mapa de una cadena de valor.....	70
Figura 19. Caja de procesos. ....	71
Figura 20. Representación del flujo de proceso actual.....	72
Figura 21. Línea de tiempo del VSM. ....	72
Figura 22. Mapa de la cadena de valor actual, para la elaboración de un lote de 742 piezas de colcha en la empresa A. ....	72
Figura 23. Representación gráfica de las áreas clave en la implementación de las 5's en la empresa caso de estudio A.....	74
Figura 24. Objetivos y pasos de cada etapa en la implementación de las 5s, a la empresa caso de estudio A. ....	75

Figura 25. Propuesta de un formato de evaluación, para el seguimiento y medición de las 5s. ....	77
Figura 26. Oportunidad de mejora mediante pasillos PEPS entre procesos.....	78
Figura 27. Propuesta de implementación Kanban, primera tarjeta. Planta A. ....	79
Figura 28. Propuesta de implementación Kanban, segunda tarjeta. Planta A.. ....	79
Figura 29. Propuesta de implementación kanban, tercera tarjeta. Planta A.....	80
Figura 30. Mapa de la cadena de valor, para la elaboración de un lote de 742 piezas de colcha matrimonial en la empresa caso de estudio A.....	81
Figura 31. Bill of materials, empresa caso de estudio A.....	86
Figura 32. Explosión MRP, empresa caso de estudio A.. ....	89
Figura 33. Modelo final PyCP.....	94
Figura 34. Diagrama de procesos, planta B. ....	96
Figura 35. Diagrama de flujo de recorridos, planta B. ....	97
Figura 36. Ruta a seguir en el diseño de un sistema de pronósticos. ....	98
Figura 37. Tabla de ventas en el periodo 2014 y gráfico del comportamiento de la demanda durante ese periodo.. ....	99
Figura 38. Muestra el comportamiento de las diferentes técnicas de pronósticos con respecto a la demanda real.....	103
Figura 39. Etapas iniciales del trazado del mapa de una cadena de valor.....	104
Figura 40. Caja de procesos.. ....	105
Figura 41. Representación del flujo de proceso y la línea de tiempo actual.....	106
Figura 42. Mapa de la cadena de valor, para la elaboración de un lote de 200 piezas de colcha matrimonial en la empresa caso de estudio B.....	106
Figura 43. Propuesta de implementación Kanban, primera tarjeta. Planta B. ....	108
Figura 44. Propuesta de implementación kanban, segunda tarjeta. Planta B. ....	109
Figura 45. Propuesta de implementación kanban, tercera tarjeta. Planta B.....	109
Figura 46. Mapa de la cadena de valor futuro, para la elaboración de un lote de 200 piezas de colcha matrimonial en la empresa caso de estudio B.....	110
Figura 47. Bill of materials, empresa caso de estudio B.....	118
Figura 48. Explosión MRP, empresa caso de estudio B.. ....	122

Figura 49. Modelo final PyCP.....	126
Figura 50. Análisis comparativo, etapa 4. Empresa caso de estudio A.....	128
Figura 51. Análisis comparativo, etapa 4. Empresa caso de estudio B.....	129

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos resultados de la aplicación del método de pronósticos “Promedio móvil” y “Promedio móvil ponderado”. Planta A.....	66
Tabla 2. Datos resultados de la aplicación del método de pronósticos “Suavización exponencial” con valor de alfa de 0.2..	68
Tabla 3. Datos resultados de la aplicación del método de pronósticos “Suavización exponencial” con valor de alfa de 0.5 y 0.8.....	68
Tabla 4. Concentrado de errores de pronósticos de acuerdo a las diferentes técnicas de pronósticos. ....	69
Tabla 5. Plan de producción con cantidad fija de 13,658 unidades por mes.....	83
Tabla 6. Plan de producción con cantidad fija de 9000 unidades por mes.....	84
Tabla 7. Plan de producción con cantidad variable.....	84
Tabla 8. Plan de producción con cantidad fija de 8500 unidades por mes.....	85
Tabla 9. Plan de producción con cantidad variable.....	85
Tabla 10. Cálculo MRP con la demanda pronosticada para 2015.....	87
Tabla 11. Emisión de órdenes planificadas (EOP), para 2015.....	88
Tabla 12. Emisión de órdenes planificadas (EOP), con inventario 0, para 2015...	89
Tabla 13. MRP de hilo. Periodo 2015.....	90
Tabla 14. MRP de la cinta elástica. Periodo 2015.....	91
Tabla 15. MRP de las etiquetas. Periodo 2015 .....	92
Tabla 16. MRP de la bolsa. Periodo 2015.....	93
Tabla 17. Emisión de órdenes programadas (EOP). Periodo 2015.....	94
Tabla 18. Datos resultados de la aplicación del método de pronósticos “Promedio móvil” y “Promedio móvil ponderado”. Planta B.....	101
Tabla 19. Muestra los datos resultado de la aplicación del método de pronósticos “Suavización exponencial” con valor de alfa de 0.2.....	102
Tabla 20. Muestra los datos resultado de la aplicación del método de pronósticos “Suavización exponencial” con valor de alfa de 0.5 y 0.8. ....	102
Tabla 21. Concentrado de errores de pronósticos de acuerdo a las diferentes técnicas de pronósticos .....	103

Tabla 22. Plan de producción con cantidad fija de 13,658 unidades por mes.....	113
Tabla 23. Plan de producción con cantidad fija de 3700 unidades por mes.....	114
Tabla 24. Plan de producción con cantidad fija de 3600 unidades por mes.....	114
Tabla 25. Plan de producción con cantidad fija de 3000 unidades por mes.....	114
Tabla 26. Plan de producción con cantidad fija de 2900 unidades por mes.....	115
Tabla 27. Plan de producción con demanda real 2014 y cantidad fija de 2900 unidades para 2015 .....	116
Tabla 28. Plan de producción con demanda pronosticada 2015 y cantidad fija de 2900 unidades para ése mismo año.....	116
Tabla 29. Plan de producción con demanda real 2014 y cantidad fija de 3400 unidades para 2015. ....	117
Tabla 30. Plan de producción con demanda pronosticada 2015 y cantidad fija de 3400 unidades para ése mismo año.....	117
Tabla 31. Cálculo MRP con la demanda pronosticada para 2015.....	119
Tabla 32. Cálculo MRP con la demanda real del 2014. ....	120
Tabla 33. Ejemplo de estrategia del cálculo MRP con la demanda pronosticada 2015.....	121
Tabla 34. Emisión de órdenes planificadas (EOP), para 2015.....	122
Tabla 35. MRP de hilo. Periodo 2015.....	123
Tabla 36. Cálculo MRP con la demanda pronosticada para 2015. Ejemplo 1.....	124
Tabla 37. MRP de la bolsa. Periodo 2015. Ejemplo 2.....	124
Tabla 38. Emisión de órdenes programadas (EOP). Periodo 2015.....	125

## **Introducción**

La planeación y control de la producción siempre será una parte importante para la productividad de una empresa, ya que le permite un mejor desarrollo en la actividad empresarial y toma de decisiones en cuanto a ejecución de las etapas del proceso de producción.

En esta investigación se realizó la estructuración de un modelo de plan y control de la producción que tuvo como objeto de estudio a dos pymes del sector textil en el municipio de Ixcotla, Tlaxcala. La finalidad es la generación de una base estructurada que ayude a determinar los límites y niveles de producción adecuados y así obtener la máxima rentabilidad de la producción.

Las estructura del proyecto de investigación se presentan a continuación:

La primera parte está conformada por la descripción del problema y planteamiento de la hipótesis. También se definirán los objetivos generales y específicos que se esperan lograr con la investigación; la justificación del proyecto y las variables de estudio.

El primer capítulo está compuesto por los fundamentos teóricos. El análisis de las investigaciones recientes que se han realizado sobre el tema, además de los conceptos, teorías y modelos que sustentan el trabajo de campo. Terminando con la identificación de la fuente de datos donde se realizó el estudio (marco contextual).

El segundo capítulo define el tipo de investigación, su alcance y método, así como las técnicas e instrumentos utilizados en la recolección de la información del fenómeno de estudio. También el modelo de PyCP propuesto y cada etapa que lo conforma.

El tercer capítulo presenta el desarrollo de cada una de las fases del modelo propuesto para cada uno de los dos casos de estudio. Un resumen de actividades realizadas y el análisis comparativo de la aplicación del modelo a las dos empresas así como las conclusiones del proyecto de investigación.

## **i. Descripción del problema**

La información de los Censos Económicos 2009, muestra que el sector manufacturero en México es el más importante en la generación de producción total bruta. Las micros, medianas y pequeñas empresas, representan a nivel mundial el segmento de la economía que aporta el mayor número de unidades económicas y personal ocupado; las empresas micro (de hasta 10 personas) representaron 92.5% de las unidades económicas del total del sector, 23.2% del personal ocupado total y generaron 2.4% de la producción bruta total. De ahí la relevancia que reviste este tipo de empresas y la necesidad de fortalecer su desempeño, al incidir éstas de manera fundamental en el comportamiento global de las economías nacionales (INEGI, 2009).

No obstante, la industria textil y del vestido, tiene problemas estructurales que hay que superar, por ejemplo: el rezago tecnológico, la falta de diseño propio, escasez de personal capacitado y la poca integración de los eslabones de la cadena productiva textil, a los que hay que sumar la caída del mercado interno, la falta de financiamiento para las empresas, la creciente participación en el mercado de la industria “ilegal” y los costos derivados de la inseguridad (García, 2004). De acuerdo a las cifras difundidas por el Centro para el Desarrollo de la Competitividad Empresarial (CETRO-CRECE), sólo el 10% de las pymes mexicanas llegan a los diez años de vida y logran el éxito esperado, mientras que el 75% de las nuevas empresas del país fracasan y deben cerrar sus negocios sólo dos años después de haber iniciado sus actividades, es decir, casi la mitad de las pymes mexicanas fracasan por una mala administración (Marker, 2013).

Para Soriano (2005), las cifras de fracaso de las pymes son abrumadoras en cualquier país que se analicen. Las razones del alto índice de fracaso es necesario atribuirles, como primer grupo, a fuerzas externas a las empresas que actúan en el entorno económico-político-social. Se refiere, entre otras, a escaso apoyo oficial, deficientes programas de ayuda a las Pymes, casi inexistentes fuentes de financiación, excesivos controles gubernamentales, altas tasas

impositivas y alto costo de las fuentes de financiación disponibles. El segundo grupo de respuestas, las de los analistas empresariales, aún tomando en consideración el entorno negativo en que operan las pymes, se orienta más a encontrar las causas del fracaso en las propias pymes y, en particular, en la capacidad de gestión de sus responsables.

En específico, la industria textil en Tlaxcala ha dejado un legado de experiencia, concentrándose en varios municipios principalmente Chiautempan, uno de los más importantes del estado. Pero la situación de las empresas de este ramo ha tenido un escaso proceso modernizador debido a la falta de liquidez para financiar proyectos de inversión en la planta productiva, ya que durante mucho tiempo no hubo reinversión de utilidades, reflejándose en la obsolescencia de maquinaria y equipo, así como en las técnicas productivas, diseño de los productos y forma de llevar a cabo su administración, Whaibe (2013).

Derivado de los resultados de los cuestionarios que aplicó Whaibe (2013), a 10 pymes del sector en estudio, para efectuar la investigación “Propuesta de integración de un clúster con pymes de la industria textil del municipio de Chiautempan, Tlaxcala”, se determinó que las problemáticas que se presentan en común son las siguientes:

- No cuentan con metas definidas
- No tienen establecidos planes de acción a corto o largo plazo (1 año).
- No están definidos los tiempos de producción de sus procesos.
- No se cuenta con un adecuado programa de plan y control de la producción.
- No trabajan con un sistema de inventarios, porque solo efectúan el registro de los mismos, sin llevar a cabo estrategias de control.

Asimismo los dueños desconocen la importancia de la relación costo-beneficio en sus procesos de producción, lo que les lleva a contar con una mala administración que afecta al desarrollo de la empresa.

Tomando como punto de partida una primera síntesis elaborada por el Consejo Nacional de la Micro y Pequeña Empresa (Conamype), se pueden agrupar las variadas causas de fracaso de las pymes en cinco grandes problemas: Ventas, Producción y operación, Control, Planificación y Gestión.

## **ii. Planteamiento de hipótesis**

Con el desarrollo de un modelo de Plan y control de la producción (PyCP), para un grupo de pymes textileras en Ixcotla Tlaxcala, se buscará optimizar los recursos y procesos de fabricación mediante el análisis de la cadena de valor, capacidad de procesos y eliminación de mudas a través de la reducción del Lead Time (plazo de entrega), en al menos un 10%; permitiendo una mayor oportunidad de permanencia en el mercado nacional.

## **iii. Objetivo general**

Desarrollar un modelo de PyCP que permita optimizar los recursos del grupo de pymes textileras objeto de estudio, para dar una mayor oportunidad de permanencia en el mercado.

### Objetivos específicos

- Elaborar un mapeo de la cadena de valor del proceso de producción (VSM), e identificar eslabones que no agreguen valor, para la eliminación de desperdicios y aprovechamiento de la capacidad.
- Establecer directrices a seguir para los diferentes escenarios en la planeación de la producción para optimizar la toma de decisiones.
- Determinar las necesidades de equipo y nivel de las existencias anticipadas para utilizar al máximo la capacidad de producción.

## **iv. Justificación**

Una de las razones por las cuales las pequeñas y medianas empresas son poco competitivas, es porque carecen de un sistema de planeación apropiado para la toma de decisiones en sus procesos. Los sistemas comerciales de planeación de

materiales (Materials Requirement Planning, MRP) pueden contribuir a que las pymes mejoren sus resultados, con pronósticos más precisos, mejores planes de producción e información del estado y capacidad de la planta, Cardona y Gano (2005, citado por Hernández y Mejía, 2008).

La planeación de la producción agrupa diversas técnicas que apoyan la toma de decisiones en cuanto a ejecución de las etapas del proceso de producción. Sin embargo, en ocasiones los responsables de llevar a cabo la PyCP, trabajan con la técnica que más conocen y que no siempre resulta ser la idónea para llevar a cabo las diferentes funciones del proceso productivo, pudiendo afectar la decisión con referente a la elección de las prioridades de producción y su capacidad, así como, desaprovechamiento de los recursos, generando una planeación inapropiada, que puede afectar el tiempo de los procesos y costo de los productos y/o servicios.

Ante esto, se visualiza en las pymes de este sector, una área de oportunidad para estructurar un modelo adecuado de plan y control de la producción, tal que les permita contar con una base más estructurada y medible, que apoye a la toma de decisiones en sus métodos de trabajo y procesos, dándoles una mayor oportunidad de permanencia en el mercado, y aprovechamiento de la capacidad instalada.

**v. Variables de estudio.**

<i>Dependientes</i>	<i>Independientes</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planeación de la producción (Tiempo y cantidades totales a producir).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pronósticos (Demanda).</li> <li>• Análisis de los procesos (Capacidad).</li> <li>• Programa maestro de producción (Tiempo y cantidad estimada a producir de producto terminado por periodo).</li> <li>• Planeación de requerimiento de materiales (Tiempo y cantidad estimada a producir de cada componente del producto terminado).</li> </ul>

## CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 1.1 Estado del arte

El estado del arte describe las investigaciones más recientes y actuales que se han realizado sobre un tema en específico. Se refiere al conocimiento o tecnología de punta o vanguardia. Es el primer acercamiento formal del sujeto que investiga a las producciones intelectuales en el tema que le interesa saber, qué es lo último que se ha producido respecto al tema y los autores que están haciendo las investigaciones (Flores, 2011).

Para tal efecto se establecen tres ejes epistemológicos: Pronósticos, Lean manufacturing y Plan y control de la producción; para analizar los avances en cuanto al tema principal a investigar.

Los siguientes artículos nos permitirán recorrer las investigaciones en las cuáles se han realizado las implementaciones de las herramientas tanto de Lean manufacturing como de administración de operaciones en empresas de diferentes sectores, aplicados a diferentes enfoques en las variadas problemáticas dentro de las organizaciones.

Eje epistemológico

- Pronósticos

**Título:** *Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la producción de caña de azúcar.*

**Autores:** Ruiz Ramírez, Juan, Hernández Rodríguez, Gabriela E., Zulueta Rodríguez, Ramón.

**Año y lugar:** México, 2011.

Carecer de un programa de planeación y control sistemático de procedimientos de operación, implica el fracaso de cualquier esfuerzo tendiente a fomentar la sustentabilidad de los procesos agro-productivos y de la transformación de la caña

de azúcar. En consecuencia, para promover la instalación de un ingenio azucarero exitoso, se requiere la reordenación de la superficie cañera sembrada en sitios donde las condiciones agroecológicas garanticen de algún modo la productividad. Así, cabe señalar que algunos de los programas utilizados para realizar el pronóstico de la producción de caña de azúcar mediante el método de Box-Jenkins han sido EViews (Rodríguez, 2001), TRAMO/SEATS (Kikut et al., 2002) y SPSS (Gómez et al. 2007).

En el caso de las aplicaciones para la predicción de cosechas en caña de azúcar, el programa “Pronóstico de riego” permite valorar los requerimientos de agua de las distintas variedades comerciales (tempranas, medianas y tardías), a través de un modelo de regresión múltiple, donde se utilizan variables climáticas con el fin de conocer el rendimiento potencial de este cultivo (Cañamero y Helfgott, 2009). Sin embargo, los autores no pronosticaron el valor futuro de la producción.

En este trabajo se utilizó la serie de tiempo conformada por las zafras del ingenio Independencia y, con ellas, se generó una base de datos en el programa Statistica con las siguientes variables: año (periodo del ciclo agrícola) que representa las zafras iniciadas en el mes de noviembre y finalizadas en el mes de julio del año siguiente, motivo por el cual, ésta serie de tiempo incluyó 57 datos, que correspondieron a las zafras del periodo de 1949-1950 a 2005-2006, en las que se registró su correspondiente producción de azúcar (toneladas). La metodología de Box-Jenkins se aplicó a esta serie de tiempo para pronosticar la producción de azúcar, correspondiente a la zafra 2006/2007 (Box et al., 1994).

En el modelo auto-regresivo integrado de medias móviles (ARIMA) (p, d, q) utilizado en este estudio, se consideró a p como el parámetro autoregresivo, d al número de fases de diferenciación no estacionales y q al parámetro de medias móviles.

### *Conclusión*

En relación a los resultados obtenidos, se concluye que el uso de los métodos estadísticos en la estimación o pronóstico de la producción de la caña de

azúcar, son útiles en la toma de decisiones y en la planeación del sistema de producción de caña de azúcar.

Los métodos de series de tiempo estiman o pronostican el dato más inmediato de la serie de datos estudiada, para lo cual es indispensable trabajar con antecedentes históricos (pasados), los cuales se caracterizan por ser información dispuesta para su tratamiento por una computadora.

Este trabajo muestra la importancia de introducir los métodos de series de tiempo en el análisis de pronósticos productivos de la agroindustria azucarera, con el objetivo de contribuir a una mejora sustancial en la planeación productiva de los ingenios azucareros, optimizando los recursos existentes y evitando pérdidas futuras en el mercado.

**Título:** *Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC.*

**Autores:** Arango Marin, Jaime Antero; Giraldo Garcia, Jaime Alberto; Castrillón Gómez, Omar Danilo.

**Año y lugar:** Colombia, 2013.

El objetivo de la investigación que se documenta en el presente trabajo es minimizar el capital de trabajo invertido en inventarios, tomando como restricción principal el cumplimiento de niveles de servicio establecidos por política de la empresa. La solución consiste en una metodología de planeación del abastecimiento con un modelo probabilístico de inventarios por demanda, guiado por niveles de servicio diferenciales de acuerdo a una clasificación ABC por volumen de ventas, a partir de pronósticos de ventas obtenidos por el modelo Holt-Winters que incluye suavización exponencial, tendencia y estacionalidad.

En este artículo se expone un modelo de gestión de inventarios y abastecimiento que parte de pronósticos de ventas calculados por el método de Holt-Winters. Los productos se clasifican según sus volúmenes de ventas para establecer niveles de servicio diferenciales a aplicar en un sistema de inventarios por demanda probabilístico que incrementa el valor obtenido con el pronóstico de

ventas en tantas desviaciones estándar como las que correspondan a la probabilidad relacionada con el nivel de servicio deseado para cada categoría. El modelo se ha implementado con éxito en organizaciones comerciales y de servicio, tanto en inventarios de alto número de ítems como en otros con menor variedad de productos. La aplicación ha redundado en menores costos de capital de trabajo invertido en inventarios y en mejoras sustanciales del nivel de servicio a los clientes reduciendo los indicadores de ventas pérdidas por agotamiento de existencias. A futuro se prevé la adaptación del modelo a inventarios de empresas industriales.

El modelo usa la clasificación ABC por volumen de los productos para permitir un mayor nivel de servicio resultante con menor costo. Su implementación en empresas comerciales y de servicios ha producido resultados satisfactorios, tanto en su desempeño computacional como en el aumento del nivel de servicio al mismo costo inicial, o en la reducción del costo de inventario prestando el mismo nivel de servicio. También ha permitido reducir las acciones emergentes para evitar la pérdida de ventas por falta de inventario y los rompimientos de inventario totales (inventarios en cero entre dos compras consecutivas).

### *Conclusión*

Los pronósticos de ventas pasan a ser una importante fuente de información para prever la demanda de la forma más realista posible. La aleatoriedad propia de la mayoría de los mercados puede reproducirse por modelos probabilísticos que tienen mejores posibilidades de implementación informática que antaño. La integralidad de las soluciones que consideren el problema desde la previsión de la demanda hasta el cálculo de las cantidades a pedir es un imperativo para diseñar modelos confiables y eficientes.

**Título:** *Pronósticos restringidos con modelos de series de tiempo múltiples y su aplicación para evaluar metas de política macroeconómica en México.*

**Autor:** Guerrero, Víctor M.

**Año y lugar:** México, 2007.

El método de pronósticos restringidos considera como parte fundamental la realización de una prueba de significancia estadística que permita validar la compatibilidad entre los pronósticos irrestrictos (basados en la información histórica) y las metas que se desea alcanzar (que constituyen la información externa del modelo).

Se utiliza el modelo de pronósticos restringidos para monitorear el cumplimiento de las metas anunciadas para el gobierno mexicano para algunas variables de importancia macroeconómica. El método proporciona escenarios acordes con el futuro esperado, según las metas planteadas. Se construyen primero varios modelos del tipo VAR, BEC y BVAR, y se analiza su capacidad predictiva. La metodología emplea entonces el modelo que produce los mejores pronósticos, que resulto se run modelo BVAR.

El contenido del artículo es el siguiente. En la sección dos se presenta el tipo de modelos de series de tiempo a utilizar, así como la formulación del método para obtener pronósticos restringidos con dichos modelos. Acto seguido, se presenta la construcción de un modelo para seis variables consideradas relevantes dentro del sistema económico mexicano. En particular, se enfatiza la capacidad predictiva del modelo y se brinda evidencia de la misma, la cual condujo al uso de un modelo de tipo bayesiano, sin pretender realizar un análisis bayesiano completo y formal. Después, se muestra la aplicación propiamente dicha del método de pronósticos restringidos, para monitorear las metas por lograr en el año 2004. En la última sección se concluye con algunos comentarios y recomendaciones prácticas.

### *Conclusión*

Con los escenarios de los pronósticos restringidos es posible determinar si las metas son variables, así como el momento en el que se presente evidencia de que las metas dejan de ser factibles.

## *Eje epistemológico*

- Lean manufacturing

**Título:** *Análisis de la cadena de valor industrial y de la cadena de valor agregado para las pequeñas y medianas industrias.*

**Autor:** Morillo, Marysela C.

**Año y lugar:** Venezuela, 2005.

El análisis de la cadena de valor agregado es un método utilizado para descomponer la cadena en cada una de las actividades que la conforman, desde la recepción de la materia prima hasta el cliente, con la finalidad de entender el comportamiento de los costos y las fuentes de diferenciación del producto (bien o servicio), y para tratar de maximizar la diferencia entre compras y ventas, con el objeto de crear el mayor valor agregado, que permita maximizar las utilidades y así ser más fuerte en el mercado.

La cadena de valor industrial es un ejercicio de análisis, donde la idea es ubicar al negocio frente a proveedores, clientes y competidores, además de buscar la forma de interactuar y formar alianzas con éstos. El segundo enfoque, el Análisis de la Cadena de Valor Agregado, se refiere a la interdependencia de las actividades de valor dentro de la empresa, en las cuales se deben explotar vínculos de coordinación internos. Estos vínculos internos surgen de la descomposición de las actividades empresariales, en búsqueda de fuentes de diferenciación y reducción de costos frente a los competidores, pues el análisis implica el conocimiento de todo el proceso productivo de la organización y la reestructuración del mismo en actividades creadoras de valor, desde la adquisición de la materia prima hasta el servicio postventa, figura 1. Ambos enfoques son complementarios puesto que la organización puede ser vista como parte de un todo; es decir, donde la cadena de valor agregado de la organización constituye una pequeña parte de las actividades realizadas conjuntamente con proveedores, distribuidores y clientes. No se puede concentrar sólo en la cadena

interna sino en la de los demás participantes de la cadena de valor industrial, y tomar las medidas pertinentes para crear situaciones o cambios favorables para el desarrollo de ventajas competitivas.



Figura 1. Cadena de valor agregado. Fuente: Romero 1998, citado por Morillo, 2005.

### Conclusión

El análisis de la cadena de valor se presenta sistemáticamente como una herramienta indispensable para quienes toman decisiones, bajo dos grandes enfoques al alcance de las Pymes. El primer enfoque, denominado Análisis de la Cadena de Valor Industrial, plantea a la empresa como una parte de un conjunto de actividades, en el sistema de producción de bienes y servicios, donde, para ser más competitivos, no sólo se deben observar las características internas de la empresa, sino de la cadena de valor completa. Esto se debe a que las decisiones estratégicas de comprar o producir, de integración hacia delante o hacia atrás, se vuelven más claras desde la perspectiva de su impacto total.

**Título:** *Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo.*

**Autores:** Pérez Rave, Jorge., La Rotta, Daniel., Sánchez, Katherine., Madera, Yiseth., Restrepo, Guillermo., Rodríguez, Mayra., Vanegas, Johan., Parra, Carlos.

**Año y lugar:** Chile, 2011.

El presente artículo comparte información útil para empresarios, docentes, estudiantes e investigadores, en términos del estudio de las actividades, sin valor para el consumidor, que hacen presencia en las pymes intervenidas, y más aún, de una fuente tan relevante como es el personal operativo.

Se identifica y se caracteriza en términos de: cantidad, tipo, localización y manifestación, los transportes, tiempos de espera, movimientos y procesos innecesarios en nueve pymes manufactureras de la ciudad de Medellín. El procedimiento constó de las etapas: selección de procesos a estudiar (uno por empresa), capacitación al personal operativo (7 mudas, 5S y gerencia visual), sesión en profundidad con administración de formulario de identificación del muda, verificación en el gemba, resultados y análisis.

Si bien existen siete tipos de muda, el estudio se enfocó en aquellos directamente asociados al contenido del trabajo, constituyéndose en operaciones que ejecuta el trabajador operativo. Así, delimitando el muda a este tipo de tareas, se pretende aportar respuestas a las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los transportes, procesos, movimientos y tiempos de espera que, desde la perspectiva del trabajador operativo, hacen presencia en las pymes involucradas en el proyecto? y ¿qué características presentan dichos desperdicios, en términos de: cantidad, tipo, localización y manifestación (en qué consisten)?

### *Conclusión.*

Consolidando los hallazgos para las nueve empresas, 151 trabajadores fueron capacitados, los cuales contribuyeron a identificar 1.085 actividades que no aportan valor al cliente, con un promedio de 121 por proceso-empresa, la mayoría fueron transportes (31%) y movimientos innecesarios (29%). Se brindan elementos metodológicos que facilitan la comunicación entre el nivel operativo y los demás, así como la capacitación y la participación activa del mismo, posibilitando identificar oportunidades de mejora para las empresas. Se ofrece información de interés para la academia, el gobierno, los centros de desarrollo

tecnológico y el sector productivo. Consolidando para las nueve empresas, se encontró un promedio de 121 mudas por proceso-empresa, donde el transporte y los movimientos innecesarios reunieron el 60% del muda, lo que deduce la necesidad de intervenir dichas empresas en términos de la distribución de la planta y del diseño de los puestos de trabajo, también con criterios de ergonomía.

**Título:** *Interacción y conexiones entre las técnicas 5S, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo.*

**Autor:** Arrieta Posada, Juan G.

**Año y lugar:** Colombia, 2007.

En este artículo se realiza una presentación general del concepto de manufactura esbelta (lean manufacturing) , su funcionamiento y características; el soporte que a este sistema otorgan tres de las técnicas de mejoramiento continuo de procesos productivos (las 5S, los sistemas SMED y los sistemas Poka Yoke), y un procedimiento recomendado para iniciar procesos de mejoramiento continuo en las empresas. Luego de describir la forma como estas tres técnicas se relacionan entre sí, se concluye que cuando en un proceso productivo se implementa una de ellas se implementan a la vez las otras dos, dadas las interrelaciones existentes entre sus etapas constitutivas. La interacción entre las técnicas mencionadas se ilustra a partir de sus puntos de coincidencia, evidentes cuando cada una se desglosa en sus etapas y pilares de implementación.

Las diversas técnicas tienen elementos de trabajo en común y, aunque no es obligatorio tener un orden predefinido para implementarlas, es recomendable iniciar la ejecución con las 5S. El sistema de producción Toyota hace énfasis en el control visual, el cual se encuentra apoyado en las 5S; asimismo, se afirma que ésta es la primera técnica de mejoramiento continuo que los directivos deben desplegar a los miembros de sus equipos de trabajo de la empresa para su implementación, figura 2.



La planeación del trabajo de mejoramiento que se va a realizar debe considerar la necesidad de: a) capacitar al personal en temas de Lean Manufacturing y mejoramiento continuo; b) seleccionar un director del proyecto de mejoramiento; c) visitar los diferentes escenarios de la planta buscando escenas; d) seleccionar el área con mayor cantidad de escenas relevantes con base en los resultados de los IDG y los análisis VSM; e) implementar las 5S en el área escogida; f) medir los resultados de la gestión realizada; g) profundizar en los pilares de la técnica; h) avanzar hacia las otras técnicas de mejoramiento continuo, que apuntan mucho más a problemas específicos.

**Título:** *Aproximación del enfoque por procesos y principios lean para la producción de índigo en una empresa textil.*

**Autores:** Pérez Rave, Jorge y Benavides Torres, Milton I.

**Año y lugar:** Colombia, 2010.

El presente estudio fue motivado por el acercamiento del equipo investigador a las directrices de una firma textil, relacionadas con su operar en los nichos de mercado que tiene y penetrar en nuevas fronteras. Las directrices se orientan al sostenimiento de un desempeño superior y consistente en diversas variables, que pueden agruparse en las dimensiones: calidad, productividad, oportunidad y estrategia. Con relación a las tres primeras dimensiones, una de las maneras de favorecerlas es por medio de la identificación y reducción de las actividades que no agregan valor al consumidor, logrando aumentar la calidad de los productos, disminuir los costos y los tiempos de entrega.

El trabajo se realizó a partir del enfoque por procesos con incorporación de principios básicos del Lean. A modo de aproximación se ofrece una propuesta de reconfiguración de la producción de índigo en la empresa, que posibilita obtener una mayor comprensión de las relaciones que subyacen en el proceso global, y al mismo tiempo, permite evidenciar las operaciones que no generan valor para el cliente y que incrementan los tiempos de respuesta, disminuyen la calidad y

encarecen el producto. Se exponen elementos que sirven de guía para explorar la generación de valor para el consumidor en cualquier tipo de organización.

Un aproximación del enfoque por procesos en combinación con principios básicos del lean permite representar y analizar la producción de índigo en una firma textil. Misión del sistema, mapa de procesos, descripción, documentación y verificación fueron los aspectos metodológicos que se implementaron para tal fin. Para la documentación de los procesos, la producción se dividió en 80 elementos de trabajo que luego fueron clasificados en función de la generación o no de valor para el consumidor.

### *Conclusión*

Se proporciona una estructura que facilita la comprensión de los procesos y la orientación hacia el cliente. Gracias a la aproximación lean, se encontró que el 87,5% de las operaciones estudiadas son mudas, en especial, esperas, transportes e inventarios. Se proponen, además, un formato de estandarización y elementos metodológicos que sirven de guía para mejorar esta aproximación, así como para estudiar y generar nuevas maneras para detectar oportunidades de mejora de la productividad, la calidad y la oportunidad en las organizaciones.

**Título:** *Applicability of lean production with vsm to the rioja wine sector (Aplicabilidad de la producción esbelta con VSM al sector de vino Rioja).*

**Autor:** Jiménez, E., Tejeda, A., Pérez, M., Blanco J. y Martínez, E.

**Fecha y lugar:** España, 2011.

Una importante parte de este trabajo ha consistido en el estudio de las bodegas de la región de Rioja. Este artículo analiza la aplicabilidad de la producción lean en el sector del vino La Rioja y de los resultados que se pueden obtener a partir de su aplicación, utilizando mapeo de la cadena de valor (VSM), como la principal herramienta para identificar oportunidades de mejora. Este trabajo de investigación muestra que la mayoría de los problemas de producción en el sector del vino puede ser abordado usando un sistema de producción esbelto, haciendo

ciertos ajustes de acuerdo con el tipo de producción. Muestra las propiedades principales de la producción de vino desde el punto de vista esbelto y mejora los sistemas de producción y logística.

### *Desarrollo VSM*

Para llevar a cabo la producción lean en el sistema, VSM se utilizará como la herramienta básica.

### *VSM actual*

Después de la elección del producto y cuidadosamente recolectando la información el mapa de la situación actual fue desarrollado.

### *Futuro VSM*

Con el mapa de la situación actual, los problemas y los desechos comienzan a aparecer. El VSM muestra grandes inventarios, el gran tiempo de ejecución de la producción en comparación con el tiempo de valor agregado, y una gran cantidad de información de planeación paralela. Para reducir o eliminar estos problemas, una serie de preguntas se plantean que facilitan la comprensión del flujo actual y el establecimiento de un flujo continuo entre todos los procesos.

### *Conclusión*

El VSM ha sido utilizado como la principal herramienta para identificar desechos de procesos en el sector, y los mapas actuales y futuros que se han desarrollado, así como un análisis de los resultados estimados de la aplicación en las bodegas.

Este sector es muy diferente al sector del automóvil, la cuna de la producción esbelta, sin embargo, los resultados muestran que el concepto es aplicable a este sector, simplemente adaptando sus métodos de trabajo. Algunas de las técnicas de la producción esbelta han demostrado ser perfectamente aplicables, proporcionando resultados muy satisfactorios, mientras que otros son sólo aplicables parcialmente o incluso sin aplicación alguna, debido a la naturaleza

del sector de la producción, pero en cualquier caso, la aplicación de la producción esbelta alcanza mejoras sustanciales.

Las cuestiones clave derivadas de la metodología propuesta, esos que pueden ser considerablemente mejorados con su aplicación, son: la reducción de inventarios, la gestión de la información adecuada y la eliminación de la información redundante, y el uso de tecnologías avanzadas. Estos problemas, que estuvieron presentes en todas las bodegas analizadas, pueden considerarse la llave para la extrapolación de la metodología propuesta y los resultados esperados a otros sectores alimenticios , especialmente de productos líquidos , tales como aceite , leche , etcétera.

#### *Eje epistemológico*

- Planeación de la producción

**Título:** *Metodología de ayuda a la decisión para el plan de producción en sistemas de manufactura flexible.*

**Autores:** Senties, O., Osorio, R., Lassmann, A., Flores, F., & Sánchez, C.

**Año y lugar:** Veracruz, 2008.

El artículo presenta alternativas para mejorar el proceso de planeación de la producción, de manera provisoria. El principal inconveniente es a menudo el tiempo para lograr una buena planeación, en relación al tiempo del que disponen las personas responsables de la producción. En este sentido y tomando en cuenta la complejidad del problema, se presenta un estudio basado en la combinación de la simulación y los métodos de inteligencia artificial, los cuales han permitido obtener resultados satisfactorios para el problema de planeación de la producción a corto plazo.

Para el desarrollo sistemático de una herramienta de ayuda a la decisión, la acción a tomar consiste en utilizar un modelo de fabricación simple representado por un simulador que a su vez pueda reproducir los fenómenos intrínsecos del

sistema. En este sentido se ha considerado utilizar los modelos de redes neuronales tomando en cuenta para el aprendizaje un modelo de simulación con miras a la optimización. Así mismo, este estudio permite el análisis de los criterios a considerar para evaluar el rendimiento del modelo.

Dadas las consideraciones presentadas con anterioridad sobre el problema de concepción de sistemas de fabricación flexible, se utilizan algoritmos genéticos multicriterio. Las soluciones obtenidas pueden ser simuladas de forma detallada por un simulador con el fin de anexarlas a la base de datos original. La metodología de modelado y diseño para aplicaciones en planeación de la producción está basada en el desarrollo de un sistema de inteligencia artificial (IA) de ayuda a la decisión.

MELISSA (Micro-Électronique : Logiciel Industriel de Simulation et de Suivi d'Ateliers) fue el programa utilizado para crear el modelo de simulación. La simulación del proceso de fabricación considera las asignaciones en las operaciones de las máquinas y las rutas de cada producto dentro de la fábrica.

### *Conclusión*

En este estudio, una metodología híbrida entre simulación, redes neuronales y algoritmos genéticos fue presentada como una herramienta de ayuda a la decisión para la fabricación de componentes electrónicos. El objetivo de un programa de PyCP es ayudar al responsable de producción a la toma de decisiones al encontrar mejores soluciones para la planeación de la producción y proponer métodos o herramientas que permitan progresos en la solución de problemas de decisión.

**Título:** *Aplicativo computacional para la planeación de la producción en una empresa fabricante de autopartes.*

**Autor:** Hernández, A., & Mejía, G.

**Año y lugar:** Colombia, 2008

Este trabajo describe el desarrollo de un aplicativo computacional para la planeación y secuenciación de la producción en una empresa colombiana fabricante de autopartes. El aplicativo integra pronósticos de ventas y órdenes en firme para calcular el plan maestro de producción, que se secuencia en la planta de producción. Un caso de estudio muestra la funcionalidad de la aplicación propuesta y compara los resultados de las secuencias propuestas con las que resultaron de las prácticas actuales. Los resultados muestran que la implementación del aplicativo puede mejorar los niveles de servicio y la satisfacción del cliente si se cumplen ciertos prerrequisitos descritos en el artículo.

En el caso de estudio propuesto, el aplicativo se utilizó en la planta para la planeación y la programación de la producción. Durante el mes de noviembre de 2006 se recolectaron datos que sirvieron como base para comparación con el desempeño de la planta previo a la utilización del aplicativo.

El problema de programación de producción tratado en este trabajo consiste en programar los pedidos en un banco de 8 prensas en paralelo con restricciones de fechas de disponibilidad y de elegibilidad de máquina.

El aplicativo funciona bajo la lógica MRP. Las principales funciones del aplicativo son integrar pronósticos de ventas y órdenes en firme, para calcular el plan maestro de producción, y generar una programación factible para el piso de la planta de producción. El aplicativo genera un plan maestro de producción, basado en los pronósticos de demanda y las órdenes de pedido.

La función de este módulo es calcular un MPS factible que alimente el módulo de programación de producción. El aplicativo calcula los requerimientos semanales totales de cada referencia y consolida las cantidades solicitadas de la misma referencia en los pedidos que deben entregarse en una misma semana. El plan maestro debe ser confirmado por el encargado de la programación (usuario).

### *Conclusión*

Este trabajo muestra el desarrollo de un aplicativo personalizado para la planeación y programación de la producción en una compañía de autopartes en caucho. El responsable de la programación se encarga de verificar y confirmar el MPS propuesto por el aplicativo; finalmente, el aplicativo genera órdenes de producción. Como resultado se obtiene una secuencia de producción para las prensas de vulcanización. Las secuencias de programación propuestas en el caso de estudio muestran mejoras significativas respecto a las secuencias con las prácticas actuales de programación.

**Título:** *Plan de producción para la compañía de helados "Nata"*

**Autor:** Medina Varela, P. D., Restrepo Correa, J. H. & Cruz Trejos, E. A.

**Año y lugar:** Colombia, 2009

Este estudio presenta el plan de producción diseñado para la compañía de helados "Nata" basado en la información suministrada por la empresa donde se revelan las características principales del modelo, las cuales se traducen en restricciones del mismo. Para llevar a cabo la planeación se requirió en primer lugar del uso de la aplicación forecasting and lineal Regression del programa informático WinQSB en donde se evaluaron siete métodos de series de tiempo para determinar los pronósticos de demanda para la compañía en un horizonte de tiempo de 12 meses, escogiéndose el método que menor promedio de desviación absoluta (MAD) registrara.

Basados en los datos históricos presentados por la compañía "Nata" se aplicaron y evaluaron siete métodos cuantitativos entre los cuales están: Promedio Simple, Promedio Móvil, Doble Promedio Móvil, Suavización Exponencial Simple, Doble Suavización Exponencial, Modelo de Winter, y el Modelo de Hold para determinar la demanda futura que la compañía tendría para los doce meses.

En segunda instancia, haciendo uso de dichos pronósticos, se realizaron siete planes de producción partiendo de una primera aproximación, brindada por la aplicación Aggregate Planning del programa informático WinQSB.

Se realizaron distintas modificaciones basadas en el juicio personal y en la evaluación empírica de las autoras hasta llegar a una solución óptima. Por último se presenta entonces el Plan de Producción para la compañía “Nata” con sus respectivos resultados.

### *Conclusión*

Se ha hecho mención anteriormente a la prueba de diversos planes de producción evaluados mediante la aplicación del software informático WinQSB-Aggregate Planning. Esta aplicación permitió obtener los diferentes aspectos contenidos en el plan de producción de la empresa “Nata” entre los cuales se destacan: Las cantidades pronosticadas para cada periodo, la producción regular para cada periodo, las cantidades que deben ser traídas de plantas externas o subcontratación, los inventarios finales durante cada periodo y por último el número de vehículos requeridos para la subcontratación.

El plan maestro de producción es una herramienta muy útil para realizar un presupuesto de cuanto vamos a gastar en producir todas las piezas o bienes que se requieren. También nos presenta datos y cifras importantes, como cuanto vamos a tener en almacén, cuanto en producción, que es lo que se necesita, información para saber si necesitamos maquilar o no, entre otros datos.

***Título:*** *Plan agregado de producción en barracas madereras. Estudio de caso para una pequeña industria*

**Autores:** Del Solar, Rodrigo S., Chacon C., Ivan, Ponce D., Mauricio.

**Año y lugar:** Chile, 2008

La unidad de estudio es una empresa maderera ubicada en la ciudad de Talca, Región del Maule, Chile. Su producción alcanza las 188 mil pulgadas anuales de

pino radiata, destinadas a productos elaborados y dimensionados secos para el mercado de la construcción. La materia prima corresponde a basas, las cuales son almacenadas y enviadas luego al despuntador que las dimensiona un largo estándar de 3,2 metros. Luego, son dimensionadas a diferentes escuadrías, dirigidas al patio y ubicadas en castillos para su secado durante un período variable, dependiendo de la estación y las condiciones atmosféricas, proceso que puede durar de 10 a 90 días. A continuación moldurado y cepillado, para finalmente, almacenar el producto en bodegas de la empresa. La comercialización se realiza de acuerdo a la calidad, destinándose la venta de productos calificados como extra a distribuidores mayoristas, el saldo correspondiente a las calidades primera, segunda y tercera que son vendidas a minoristas, constructoras, industriales y venta al detalle en la ciudad.

El estudio de caso presentado corresponde al tipo de estas empresas, productora de madera aserrada de pino radiata, en la cual se aplicó una planificación agregada (PA). Se utilizaron datos del último año de producción, y se evaluaron cuatro estrategias productivas relacionadas con la fuerza laboral, el nivel de inventario, de producción y de demanda.

Para diseñar un plan agregado fue necesario identificar una medida significativa de producción que tuviera sentido en el contexto, para ello se usó la “pulgada pinera”. Asimismo, se empleó un método gráfico para ayudar a encontrar un plan que satisfaga la demanda esperada, con los costos operativos mínimos a lo largo de un horizonte de doce meses.

En la PA se consideraron los siguientes antecedentes: a) recopilación y tabulación de datos obtenidos en el período referencial, que va de octubre de 2004 a septiembre de 2005, el que incluye la capacidad de las instalaciones, demanda, procesos productivos, fuerza laboral, productividad, inventarios y costos; b) análisis de las tasas proyectadas de demanda, producción, productividad, fuerza laboral e inventarios para el período planificado; c) propuesta de cuatro planes alternativos al período referencial, basado en una combinación

de las variables fuerza laboral e inventario, ambas necesarias para satisfacer la demanda pronosticada, con una tasa de producción constante; d) cálculo, tabulación y gráfico de las variables de demanda, procesos productivos, inventario y fuerza laboral para cada plan propuesto; e) evaluación para cada uno de los planes propuestos de los costos operativos de cada plan; y f) comparación de los planes y elección del plan agregado de acuerdo a los criterios iniciales.

### *Conclusión*

La planificación de la producción en pequeñas empresas es un problema habitual, ya que muchas veces el o los ingenieros no cuentan con el tiempo o las herramientas apropiadas para hacer una buena gestión de la producción. Actualmente, los computadores personales permiten aplicar metodologías de planificación, reduciendo sofisticados problemas en simples estructuras de datos, con apoyo visual de gráficos y tablas, lo que conlleva a un mejor control, tanto de la producción como de los costos.

El método propuesto es recomendable para empresas del tamaño estudiado, ya que se puede aplicar fácilmente y permite una adecuada gestión. Con la elección empresarial elegida, fue posible reducir los costos de producción, asegurando políticas laborales y se manejó adecuadamente el nivel de inventario; se redujo en un 1,92% el costo por pulgada producida, ahorrando la empresa más de 6 millones de pesos anuales.

## **1.2 Marco teórico**

El marco teórico de la investigación o marco de referencia, puede ser definido como el compendio de una serie de elementos conceptuales que sirven de base a la indagación por realizar. Comprenden un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado (Franco, 2011).

Esta sección estudiará los tópicos que integran la temática tratada y de las variables que serán analizadas.

### **1.2.1 Pronósticos**

La formulación de pronósticos (o proyección) es una técnica para utilizar experiencias pasadas con la finalidad de predecir expectativas del futuro.

En ésta definición el pronóstico no es realmente una predicción de acuerdo a Chapman (2006), sino una proyección estructurada del conocimiento pasado. Existen varios tipos de pronóstico, utilizados para distintos propósitos y sistemas. Algunos son modelos agregados de largo plazo que se emplean, precisamente, en la planificación de largo plazo, como la determinación de necesidades de capacidad general, el desarrollo de planes estratégicos, y la toma de decisiones estratégicas de compra de largo plazo. Otros son pronósticos de corto plazo para demanda de productos particulares, utilizados para la programación y el lanzamiento de la producción, antes de conocer las órdenes reales del cliente.

Sin importar el propósito del sistema para el que se utilizará el pronóstico, es muy importante comprender algunas de sus características fundamentales:

- *Los pronósticos casi siempre son incorrectos.* Pocas veces tiene importancia si un pronóstico es correcto o no; lo sustancial es concentrar nuestra atención en “qué tan equivocado esperamos que sea” y en “cómo planeamos darle cabida al error potencial en el pronóstico”. Buena parte del análisis de la capacidad de almacenamiento y/o inventario temporal que la empresa puede utilizar, se relaciona directamente con el tamaño del error de pronóstico.
- *Los pronósticos son más precisos para grupos o familias de artículos.* Casi siempre es más fácil desarrollar un buen pronóstico para una línea de productos que para un producto individual, ya que los errores de proyección respecto de productos individuales tienden a cancelarse entre sí a medida que se les agrupa. Por lo general es más preciso, por ejemplo, pronosticar la demanda de todos los

sedanes familiares, que pronosticar la demanda de un modelo de sedán específico.

- *Los pronósticos son más precisos cuando se hacen para periodos cortos.* En general son menos las perturbaciones potenciales respecto del futuro próximo que pueden impactar la demanda de productos. La demanda en periodos futuros más amplios casi siempre resulta menos confiable.
- *Todo pronóstico debe incluir un error de estimación.* En la primera característica de este listado se indicó la importancia de responder a la pregunta: “¿qué tan incorrecto es el pronóstico?” Por lo tanto, es muy importante que el pronóstico vaya acompañado de una estimación numérica del error de pronóstico. Para estar completo, un buen pronóstico contiene tanto una estimación básica como una estimación de su error.
- *Los pronósticos no son sustituto de la demanda calculada.* Si usted cuenta con información de la demanda real para un periodo dado, no realice nunca cálculos con base en el pronóstico para ese mismo marco temporal. Utilice siempre la información real cuando esté disponible.

Existen dos tipos fundamentales de pronósticos: *cualitativos y cuantitativos*. Debajo de los tipos cuantitativos hay dos subcategorías: de series de tiempo y causales. Los pronósticos usados para ésta investigación, son los de series de tiempo.

### **Pronósticos cuantitativos: series de tiempo**

Los pronósticos de series de tiempo se encuentran entre los más utilizados por los paquetes de pronóstico vinculados con la proyección de demanda de productos.

Todos ellos parten, básicamente, de un supuesto común: que la demanda pasada sigue cierto patrón, y que si este patrón puede ser analizado podrá utilizarse para desarrollar proyecciones para la demanda futura, suponiendo que el patrón continúa aproximadamente de la misma forma.

Por último, esto implica el supuesto de que la única variable real independiente en el pronóstico de series de tiempo es, precisamente, el tiempo.

Dado que se basan en información interna (ventas), en ocasiones se les denomina pronósticos intrínsecos. Los pronósticos de series de tiempo también son los más utilizados por los responsables de operaciones cuando se encuentran con la necesidad de hacer proyecciones para realizar planes de producción razonables.

El motivo es simple: las otras dos principales categorías de pronósticos (cualitativos y causales) requieren cierto conocimiento del mercado y/o ambiente externo. Tal conocimiento rara vez está a la mano de un responsable de operaciones, quien típicamente tiene puesta su atención sólo en los procesos internos. Sin embargo, la demanda previa casi siempre tiene franca disponibilidad para este responsable de operaciones (Chapman, 2006).

Para Sipper y Bulfin (1998), los pronósticos proporcionan información para tomar mejores decisiones. El primer paso es identificar la decisión. Si la decisión no se afecta por el pronóstico, el pronóstico es innecesario. Los pronósticos de ventas, calidad de materiales, ingresos, gastos, uso de energía o los tiempos de llegada de los clientes son una necesidad común en las empresas. La clave para entender los problemas de pronósticos es comprender el proceso; por ejemplo, el proceso que crea la demanda de un artículo. Nunca se puede comprender por completo el proceso, por lo que sólo se puede esperar conocerlo cada vez mejor y hacer las suposiciones necesarias para crear los pronósticos. Para hacer esto, se examinan las características del problema y se analizan los datos, si existen. Las principales características de un problema de pronósticos son el marco de tiempo, el nivel de detalle, la exactitud necesaria y el número de aspectos a pronosticar. Se dan ejemplos de éstas según el marco de tiempo. En los sistemas de producción, casi siempre es de interés el pronóstico de la demanda para el producto o servicio con el fin de decidir cuánto producir. Las decisiones a largo

plazo —como abrir nuevas plantas o aumentar la capacidad de las existentes—, con frecuencia dependen de un pronóstico de demanda.

Examinar los datos, cuando se tienen, puede proporcionar una gran visión. Los datos pueden venir de los registros de la empresa o de fuentes comerciales o gubernamentales. Los registros de la compañía incluyen información sobre compras y ventas. Los servicios comerciales tienen acceso a bases de datos e investigaciones y pueden proporcionar datos originales o informes sobre temas específicos; No obstante, se debe estar seguro de que los datos reflejan la situación real. Si no existen datos, se deben recolectar o se puede usar un enfoque de pronósticos que no los requiera. Si no se dispone de datos o recolectarlos es demasiado costoso, se elige un enfoque cualitativo. En la figura 3, podemos visualizar el proceso de un sistema de pronósticos, desde la necesidad del pronóstico, hasta la elección y validación del modelo.

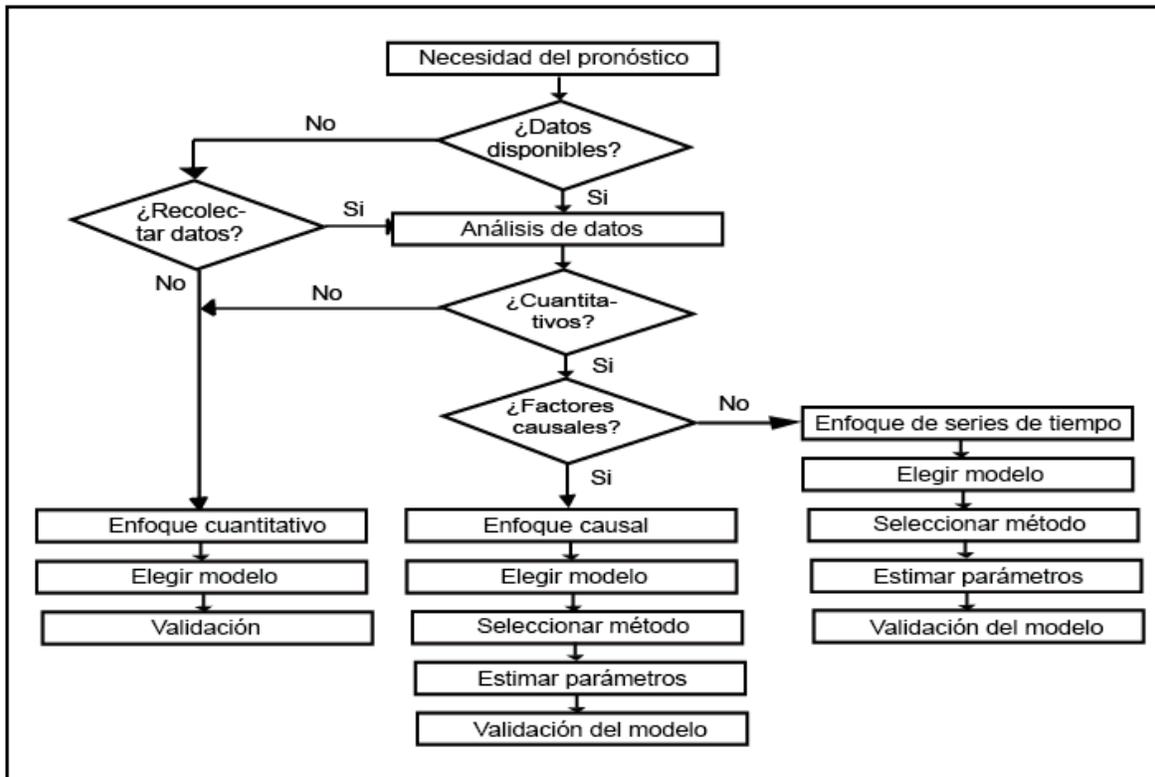


Figura 3. Diseño de un sistema de pronósticos. Fuente: Elaboración propia, tomado de Sipper y Bulfin, 1998.

### **1.2.2 Planeación de la producción**

De acuerdo a Sipper y Bulfin (1998), un paso en la fabricación de un producto es un plan de producción. Un plan de producción especifica las cantidades de cada producto final (artículo terminal), subensambles y partes que se necesitan en distintos puntos del tiempo. Dos requerimientos para generar un plan de producción son las estimaciones de demanda del producto final y un plan maestro de producción (MPS) que se usa para crear un plan de producción detallado.

Las estimaciones para la demanda del producto final se obtienen usando los métodos de pronósticos. Dado un pronóstico, se obtiene la cantidad requerida de cada componente para hacer el producto final. La demanda puede ser independiente o dependiente.

La demanda independiente significa que no existe relación entre la necesidad de un artículo y cualquier otro artículo (esto no es lo mismo que independencia estadística). Por lo general, los artículos con demanda independiente son productos finales, donde la demanda depende de las condiciones del mercado. Por otro lado, la demanda dependiente implica que la necesidad de un artículo se crea por la necesidad de otro.

El plan maestro de producción (MPS), es un plan de entrega para la organización manufacturera. Incluye las cantidades exactas y los tiempos de entrega para cada producto terminado. Se deriva de las estimaciones de la demanda, aunque no necesariamente es igual a ellas. El MPS debe tomar en cuenta las restricciones de fabricación y el inventario de producto terminado. Una restricción de fabricación importante es la capacidad. Así, para verificar la factibilidad del MPS se lleva a cabo una evaluación inicial de la capacidad. Esto se conoce como planeación preliminar de la capacidad. Si la capacidad disponible es insuficiente, se cambia el MPS.

Desglosar el MPS en un programa de producción para cada componente de un producto final se logra mediante el sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP). El sistema MRP determina los requerimientos de materiales y

los tiempos para cada etapa de producción. Los faltantes de materiales son otra restricción importante en la manufactura. Como complemento a este proceso se tiene la planeación de la capacidad.

El proceso de planeación de la producción descrito se muestra en la figura 4. Este proceso tiene una estructura jerárquica, desde las estimaciones de la demanda hasta el MRP. Otra manera de ver este proceso es considerar que tiene una "parte frontal" y una "parte terminal".

La parte frontal es la que interactúa con la demanda del cliente, y la parte terminal interactúa con la ejecución del plan de producción. El MRP maneja la parte terminal: genera el plan para cumplir con la demanda dependiente.

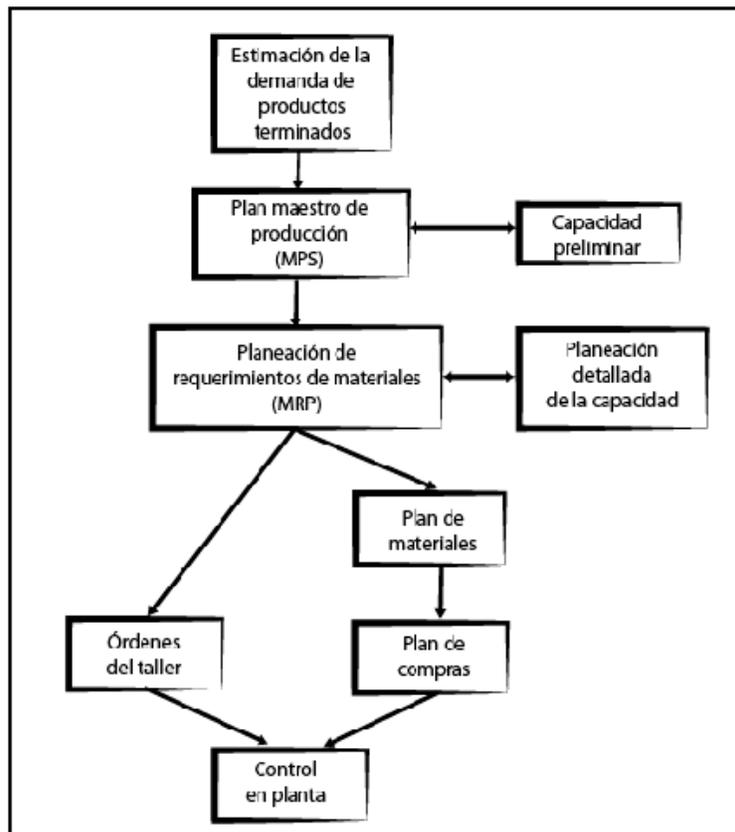


Figura 4. Proceso de planeación de la producción. Fuente: Elaboración propia tomada de Sipper y Bulfin, 1998.

### 1.2.2.1 Plan maestro de producción (MPS)

Proud (1999, citado por Hernández et al, 2008) define al plan maestro de producción (MPS) como un plan operacional anticipado, que vincula los pronósticos de ventas con la producción. El MPS establece las cantidades de cada referencia que deben tenerse disponibles en cada periodo de tiempo.

El MPS es un compromiso de producción y debe ser “factible” (debe tener en cuenta las restricciones técnicas y de capacidad). El MPS puede establecerse según las estrategias de fabricar para inventario, fabricar bajo pedido y ensamblar bajo pedido (Orlicky 1975, citado por Hernández et al, 2008).

Chapman (2006), nos comenta que la fabricación para inventario es la más indicada cuando la producción es estable. Durante los periodos de baja demanda, se producen cantidades en exceso que se almacenan en inventario; ese inventario es utilizado luego, en los periodos de picos de demanda; de esta forma, se utiliza mejor la capacidad existente.

La fabricación bajo pedido es apropiada cuando se fabrica en entornos en los cuales es difícil pronosticar, bien sea por la cantidad de referencias o por las múltiples variantes de un mismo producto; la demanda se caracteriza por ser errática y tener cambios bruscos. En este último caso las empresas deben contar con capacidad extra o flexibilidad de producción para reaccionar ante los cambios en la demanda.

La compañía en estudio no calcula actualmente pronósticos de demanda y el MPS se desarrolla en una estrategia tipo fabricación bajo pedido. La ausencia de pronósticos y, en consecuencia, de planeación hace que la empresa no tenga inventarios que ayuden a amortiguar las variaciones de la demanda. Dadas las características de productos con una demanda estable y de capacidad limitada de fabricación, una estrategia de fabricación para inventario sería más apropiada.

Es necesario contar con una planificación, que incluya detalles de la producción pero tomando en consideración un horizonte temporal corto. Esto permitirá que la empresa:

- “Divida” los planes agregados de la Planeación de Ventas y Operaciones (PV&O) en información que se concentre de manera más específica en productos “fabricables”.
- Cuente con un plan basado en pedidos reales de los clientes, además de la información pronosticada.
- Tenga una fuente de información para desarrollar planes de recursos y de capacidad más específicos.
- Disponga de un método para traducir de manera efectiva los pedidos de los clientes en órdenes de producción oportunas.
- Tenga una herramienta efectiva para planificar niveles de inventario, en particular por lo que concierne al acervo de productos terminados.

En realidad el MPS trata de un proceso que inicia (generalmente) a partir de un pronóstico bastante detallado de los productos, para luego utilizar un conjunto específico de “reglas”, cuyo propósito es permitir que los pedidos reales de los clientes “consuman” dicho pronóstico. Este mecanismo posibilita la traducción de los pedidos reales y proyectados de los clientes en órdenes de producción específicas (que pueden reflejar o no el patrón de compra de los clientes, dependiendo del entorno).

A fin de resultar efectivo, es extremadamente importante que el horizonte de planificación del programa maestro sea igual o mayor que el tiempo de espera agregado del producto o servicio cuya producción se está planificando. Para establecer el horizonte de planificación primero necesitamos revisar la lista de materiales (también llamada estructura del producto). La lista de materiales enumera todos los componentes que se emplean para el ensamblaje de un producto, mostrando no sólo las relaciones entre ellos (es decir, qué componentes se utilizan para cuál ensamblaje), sino también las cantidades que se requieren de cada uno. Casi siempre el archivo de lista de materiales que contiene la relación de los componentes incluye también los datos de tiempos de espera necesarios

para la adquisición o producción de cada componente o ensamblaje como se muestra en la figura 5.

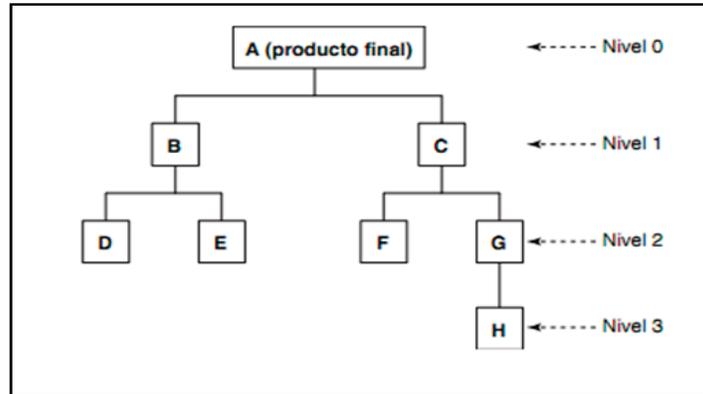


Figura 5. Muestra de una lista de materiales. Fuente: Sipper y Bulfin, 1998.

### 1.2.2.2. Planeación de requerimientos de materiales (MRP)

Para Chase R., Jacobs F. y Alquilano N. (2009), empresas de manufactura, incluso las que se consideran pequeñas, han instalado casi universalmente sistemas de planeación de requerimiento de materiales (MRP). La causa es que MRP es un método lógico y fácil de entender para abordar el problema de determinar el número de piezas, componentes y materiales necesarios para producir cada pieza final. MRP también proporciona un programa para especificar cuándo hay que producir o pedir estos materiales, piezas y componentes.

#### ➤ *Estructura del sistema de planeación de requerimiento de materiales*

El aspecto de planeación de requerimiento de materiales de las actividades de manufactura guarda una relación estrecha con el programa maestro, el archivo con la lista de los materiales y los informes de producción.

El sistema MRP funciona como sigue: el programa maestro de producción señala el número de piezas que se van a producir en tiempos específicos. En un archivo con la lista de materiales se especifican los materiales que se usan para

hacer cada pieza y las cantidades correctas de cada uno. El archivo con el registro de inventarios contiene datos como el número de unidades disponibles y pedidas.

Estas tres fuentes (programa maestro de producción, archivo con la lista de materiales y archivo de registros de inventarios) se convierten en las fuentes de datos para el programa de requerimiento de materiales, que despliega el programa de producción en un detallado plan de programación de pedidos para toda la secuencia de la producción.

➤ *Demanda de productos*

La demanda de productos terminados viene principalmente de dos fuentes. La primera son los clientes conocidos que hacen pedidos específicos, como los que genera el personal de ventas, o de transacciones entre departamentos. Estos pedidos tienen, por lo regular, una fecha de entrega prometida. No hay que pronosticar estos pedidos: simplemente se agregan. La segunda fuente es la demanda pronosticada, que abarca los pedidos de demanda independiente; los modelos de pronóstico pueden aplicarse a la predicción de volúmenes. La demanda de los clientes conocidos y la demanda pronosticada se combinan y se convierten en la base para el programa maestro de producción.

Además de la demanda de productos finales, los clientes también ordenan piezas y componentes como reservas o como refacciones para servicio y reparación. Estas demandas no son pieza normal del programa maestro de producción, sino que se incorporan al programa de planeación de requerimiento de materiales en los niveles apropiados; es decir, se agregan como necesidad bruta de una pieza o componente.

➤ *Lista de materiales*

El archivo con la lista de materiales (BOM) contiene la descripción completa de los productos y anota materiales, piezas y componentes, además de la secuencia en que se elaboran los productos. Esta BOM es uno de los principales

elementos del programa MRP (los otros dos son el programa maestro y el archivo con los registros de inventarios).

El archivo con la BOM se llama también archivo de estructura del producto o árbol del producto, porque muestra cómo se arma un producto. Contiene la información para identificar cada artículo y la cantidad usada por unidad de la pieza de la que es parte.

➤ *Registros de inventario*

El archivo de registros de inventarios puede ser muy grande. El programa MRP abre el segmento de estado del registro de acuerdo con periodos específicos llamados racimos de tiempos. Estos registros se consultan según se necesite durante la ejecución del programa.

El programa MRP realiza su análisis de la estructura del producto en forma descendente y calcula las necesidades nivel por nivel. Sin embargo, hay ocasiones en que es deseable identificar la pieza antecesora que generó la necesidad material. El programa MRP permite la creación de registros indexados, ya independientes, y como parte del archivo de registros de inventarios. Indexar las necesidades permite rastrearlas en la estructura de productos por cada nivel ascendente e identificar las piezas antecesoras que generaron la demanda

➤ *Programación de producción*

Pinedo (2002, citado por Hernández et al, 2008) define la programación de producción como la actividad de asignar un conjunto de trabajos al conjunto de recursos disponibles y de establecer un ordenamiento de los trabajos en cada recurso junto con sus tiempos de inicio y finalización. Los parámetros de los trabajos que incluyen tiempo de proceso y fechas de liberación y entrega, son establecidos a través del MPS. En general, un programa de producción está relacionado con el ambiente de producción, las restricciones técnicas de procesamiento y el objetivo a optimizar.

## Explosión del sistema mrp

Por lo general, el archivo maestro de elementos contiene información sobre los tiempos de espera y tamaños de lote, además de otros datos útiles de acuerdo a Chapman (2006). Prácticamente en todos los casos hay un archivo maestro de elementos por cada componente utilizado en la instalación. El cálculo que toma en cuenta toda esta información para planificar los pedidos de componentes generalmente se denomina explosión. Esto se debe a que, tras comenzar en el nivel padre, los cálculos se “propagan” a los niveles inferiores de la lista de materiales, lo que semeja una explosión.

Observemos que un método común consiste en mostrar los requerimientos en “compartimentos” semanales. La explicación de cada renglón de la figura 6, es la siguiente:

- *Requerimientos brutos*: representa la cantidad total necesaria del artículo sobre una base semanal (o la cantidad a utilizar durante el periodo). En el nivel más alto de la lista de materiales, los requerimientos brutos casi siempre representan el insumo principal para generar la mayoría de los componentes necesarios.

Si el artículo que se está planificando se encuentra en un nivel debajo del producto planificado en el programa maestro, los requerimientos brutos para el artículo serán principalmente los valores del PMP para el producto planificado por un programa maestro.

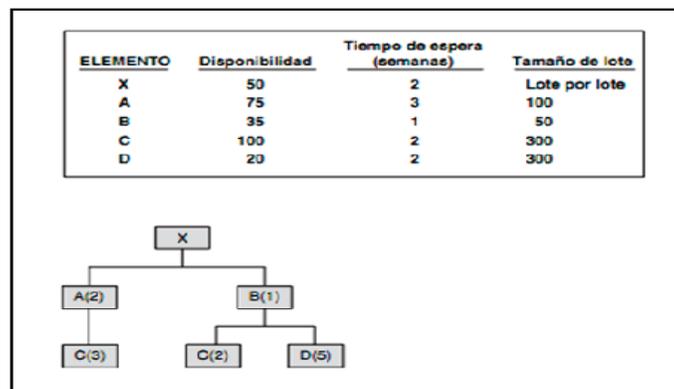


Figura 6. Ejemplo de explosión MRP. Fuente: Chapman, 2006.

- *Recepciones programadas*: representa los pedidos que ya han sido comprometidos, ya sea como una orden de producción o como una orden de compra. Son importantes, porque representan un compromiso real de recursos de la empresa. El tiempo y la cantidad se refieren, evidentemente, al material que se espera recibir, y que se da por hecho estará disponible al inicio del periodo. Dado que estos valores representan compromisos de la empresa, por lo general no se permite que la lógica de la computadora los manipule libremente. Si la lógica muestra que deben ser desplazados, o que esa cantidad debe modificarse, casi siempre el sistema generará un mensaje de excepción haciendo las sugerencias pertinentes.

En general se recomienda evitar que la computadora comprometa los recursos de la empresa sin una revisión humana.

- *Proyección de disponibilidad*: representa el inventario disponible del componente al término del periodo semanal.
- *Requerimientos netos*: es la cantidad necesaria para la semana una vez que los requerimientos brutos se han ajustado respecto del inventario disponible y/o las recepciones programadas (Chapman, 2006).

### **1.2.3 Lean manufacturing**

En la primera mitad del siglo pasado dos guerras mundiales destruyeron parte de la infraestructura física y económica de Europa y Japón, dejando cantidad de víctimas. Se notó supremacía comercial de algunos países al poder vender grandes cantidades de mercancía a las naciones más afectadas, siendo fundamental la producción en masa, bajo la filosofía del “empuje”, la cual representa: producir primero y vender después de acuerdo a Sipper y Bulfin (1998, citado en Pérez, 2011). En ello, los altos inventarios y defectos no eran problemas centrales.

Cuando comienzan a levantarse los países afectados, se fragmenta la demanda, se elevan los precios de los recursos (como el petróleo), se mueve la

competencia en los mercados y surgen otras estrategias de gestión de la producción. Es precisamente en Japón, con grandes limitaciones de recursos naturales y de espacios, donde se inaugurará una guerra al desperdicio con las consignas de “cero defectos, cero inventarios, cero demoras y cero desperdicios por las personas”. La filosofía de la producción pasa del “empuje” al “jalar”: primero se vende, luego se produce; esto significa que el flujo se ajusta a la demanda, posibilitando reducir los inventarios mediante el sistema “Justo a tiempo”.

Sumado a ello, cobra importancia el trabajo en equipo para controlar la calidad y el proceso, se diseñan dispositivos “a prueba de errores” y se fortalece la necesidad del mejoramiento continuo en toda persona, momento y lugar. Esta premisa, junto a la integración de técnicas y herramientas para reducir los desperdicios de manufactura (muda, en japonés), de una manera sistémica y humana, dio lugar al Sistema de Producción Toyota (TPS), creando en Occidente la filosofía del Lean Manufacturing (Pérez 2011).

Las técnicas de mejoramiento continuo usadas por el Lean Manufacturing en el mejoramiento de procesos productivos según Arrieta (2007), son las 5 ' s, SMED, Poka Yoke, la administración visual, el desarrollo de Indicadores de Gestión (IDG), el desarrollo de procesos de Value Stream Mapping (VSM), el Control Estadístico de Calidad (SPC), los procesos Seis Sigma y el Mantenimiento Productivo Total (TPM), con sus diferentes técnicas de trabajo y el desarrollo de programas Kaizen. Estas técnicas son aplicadas primordialmente en plantas de producción, aunque también han sido adaptadas a empresas de servicios.

La clave de los sistemas Lean Manufacturing es lograr que quienes administran la producción trabajen de una manera sistémica, organizada e integrada, aplicando técnicas de mejoramiento continuo de procesos productivos para disminuir y eliminar el desperdicio.

#### **1.2.3.1 Desperdicios de manufactura (muda)**

Representan todo aquello que no es la cantidad mínima de equipos, materiales, insumos, piezas, locaciones y tiempos de máquinas o de trabajadores, que resultan absolutamente esenciales para añadir valor al producto o servicio (Ruiz, 2007 citado por Pérez, 2011). A continuación se describen los siete tipos en que se clasifican los desperdicios de manufactura:

- *Sobreproducción*: Es la madre de los desperdicios y depende en su mayoría de los responsables de la toma de decisiones estratégicas y tácticas. La sobreproducción se refiere a programar la utilización de recursos en un momento y en cantidades que realmente no se requieren para satisfacer el consumidor.
- *Inventarios*: Su sostenimiento prolongado y excesivo es perjudicial. Se divide en: materia prima, producto en proceso y terminado. Genera costos de almacenaje y manipulación, propicia obsolescencia, defectos y sensación de poca capacidad.
- *Transporte*: Se caracteriza por el desplazamiento de elementos, bien sea materiales, producto en proceso/terminado, personas o herramientas. Durante ese lapso de tiempo la organización no está modificando características, de forma o fondo del producto, por las cuales el cliente esté dispuesto a pagar.
- *Movimientos innecesarios*: A veces son poco efectivos los diseños de puestos que obligan al colaborador a efectuar movimientos que fuerzan los desplazamientos normales de las extremidades, obligándolos a agacharse para recoger un insumo o herramienta, inclinarse, estirarse forzosamente, entre otras; colocando en riesgo la salud y generando un entorno poco productivo.
- *Tiempos de espera*: Representa el evento de que los recursos cuya misión en un momento dado, es no detenerse, se encuentran en dicho estado.

- *Procesos innecesarios*: Comprende actividades que existen por el diseño de procesos poco robustos e ineficientes, o por presencia de defectos.

No todos los desperdicios pueden eliminarse, pero con su reducción es posible impactar favorablemente el sistema productivo. Entre las principales herramientas para reducir los desperdicios, en las que se basa el trabajo realizado, están: 5S, gerencia visual y CAP-DO (Ohno, Galgano y Nieva, 1998 y 2003, citado por Pérez 2011).

### **1.2.3.2 Value Stream Mapping (VSM)**

Mapeado del flujo de valor es una herramienta que mediante íconos y gráficos (figura 7), muestra en una sola figura la secuencia y el flujo de material e informaciones de todos los componentes sub-ensambles en la cadena de valor que incluye manufactura, proveedores y distribución al cliente.

El VSM se muestra como una herramienta con un valor agregado que la distingue de cualquier otra. Muestra, en el mismo papel, el flujo de información y materiales, y permite ver claramente como una orden del cliente se transforma en información para la manufactura y luego para los proveedores de insumos. Así mismo, se muestra en un mismo dibujo el proceso completo y real de la planta, así como todas aquellas mediciones necesarias para resaltar las fuentes de desperdicio que permitirá su eliminación a través del mapa futuro y la implementación de un plan realizable en el corto plazo. Tenemos entonces el ciclo de la mejora continua, con el cual, a medida que pase el tiempo y se identifiquen nuevas fuentes de despilfarro, obtendremos sistemas de producción cada vez más eficientes (Pérez, 2006).

Esta herramienta no solo ve un proceso en específico, sino que presenta una imagen global de todo el sistema buscando optimizarlo completo. Es una guía para iniciar a implementar los principios de Lean y mapear una situación futura o ideal.

Esta herramienta fue desarrollada y sistematizada por Mike Rother y John Shook a partir de su experiencia de trabajo en Toyota Motor y que fuera publicado en forma de libro en 1998. El método de implementación del mapeo de la cadena de valor (VSM), una herramienta desarrollada en el seno del modelo productivo de la manufactura esbelta (lean manufacturing) que se fundamenta en la aplicación secuenciada de las siguientes etapas por parte de un equipo creado para tal fin:

El primer paso consistirá en la selección de la familia de productos que serán analizados a todo lo largo del ciclo de producción. Una familia de productos será aquel grupo de productos que pasan por procesos similares y equipos comunes.

El segundo paso en la metodología de implementación del VSM, es el mapeo del estado actual; y su elaboración consiste en seguir a contracorriente el flujo de producción de un producto, desde el cliente al proveedor.

El mapa del estado actual describe en forma visual los flujos de información, materiales, inventarios y los tiempos de entrega de dicha situación. Con ello, tendremos una visión clara de los puntos en los que la información o los materiales se detienen, no fluyen, lo que origina despilfarro y retraso en la entrega del producto al cliente.

El tercer paso es el mapeo del mejor estado futuro posible al que quisiéramos llegar, sin ninguna restricción. En ese estado futuro, los materiales y la información deberían fluir libremente, sin obstrucciones para generar valor a la máxima velocidad posible, evitando cualquier despilfarro.

Finalmente, el cuarto paso es la definición e implementación de un plan de trabajo; para lo cual no partimos de cero, ya que sabiendo dónde estamos y a donde queremos llegar, se elaborará un plan de acción con las actividades necesarias para recorrer el camino de la mejora continua.

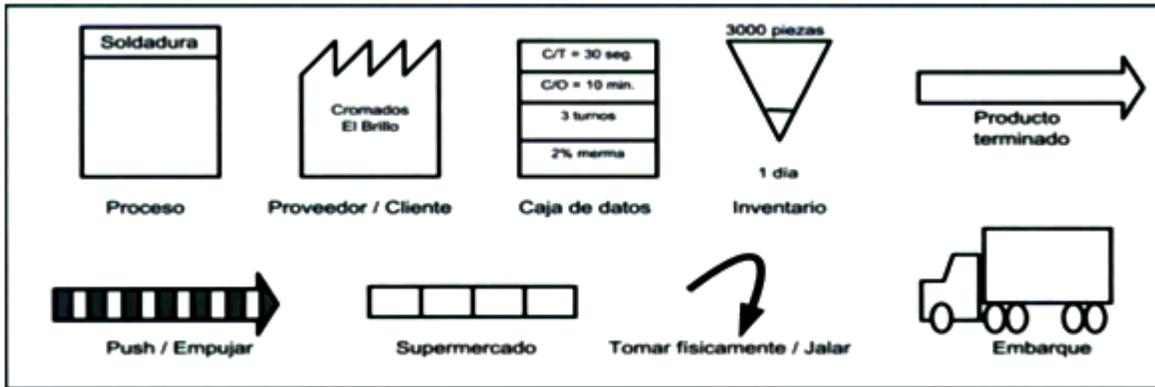


Figura 7. Simbologías necesarias para el diseño del VSM. Fuente: adaptado de Rother y Shook, 1998.

➤ *Tasa o ritmo de la planta y tiempo takt*

La tasa o ritmo de la planta (valor  $R$ ) y el tiempo takt le indican al ingeniero industrial a qué velocidad debe operar la planta para satisfacer la demanda del cliente. Todas las máquinas y operaciones de la planta se sincronizan con este ritmo; asimismo, las piezas deben ser suministradas a la misma velocidad con que la línea de ensamble las utiliza. *Takt* es una expresión alemana que aquí designa el tiempo disponible de producción dividido entre la demanda del cliente, y que significa ritmo de planta; también se conoce como valor  $R$ .

➤ *Takt time*

Es el tiempo de producción en minutos disponibles dividido entre el ritmo de la línea en piezas por día. Por ejemplo, si nuestro departamento de comercialización dijo que podría vender 2,000 unidades por día y disponemos de 480 minutos por turno, menos 30 minutos para paradas y limpieza, entonces tenemos un tiempo *takt* de  $450/2,000 = 0.225$  minutos. Esto significa que todas las máquinas, o las operaciones de la planta, necesitan producir un componente cada 0.225 minutos. En caso de no hacerlo, no podremos producir las 2,000 unidades. Si una de las máquinas no lo puede hacer, necesitaremos dos máquinas, y así sucesivamente (Meyers, 2000).

### 1.2.3.3 Kanban

Las señales kanban son de diversos tamaños y formas. La señal tradicional es una tarjeta que contendría esta información: número de la pieza, tipo o tamaño del recipiente, número de piezas que debe haber en el mismo, localización dentro del “supermercado”, y cuantas tarjetas de ese tipo hay en el sistema.

Cuando se necesita un sistema de señales Kanban, hay varias claves para hacer que el sistema funcione. La clave principal es suplir el supermercado en forma rápida y frecuente. Para ello es necesario reducir el tamaño de los lotes, y esto exige reducir el tiempo de aislamiento de las máquinas.

Algunas circunstancias que hacen necesarias las señales kanban son las siguientes:

1. Cuando el ensamble final se efectúa en una edificación y el sub-ensamble se efectúa en otra. Desde el punto de vista físico, no resulta práctico transportar productos uno cada vez a esas distancias.
2. Cuando una operación alimentadora gasta mucho más tiempo en alistar sus máquinas para un cambio que el departamento usuario. No es posible lograr el flujo de un artículo cada vez, cuando hay grandes discrepancias en el tiempo necesario para modificar las máquinas.
3. Cuando una empresa quisiera montar varias celdas de trabajo pero tiene una sola máquina disponible para cierta operación incluida en cada celda de trabajo. Dicha máquina deberá situarse a un lado y enlazarse con las celdas de trabajo por medio de señales Kanban para que las distintas celdas de trabajo puedan indicarle qué debe fabricar y cuando. Con este método, la máquina parece ser parte integral de cada celda de trabajo, pues envía con frecuencia pequeños lotes a cada una de ellas.
4. Cuando una empresa no se atreve a poner una máquina dificultosa en una celda de trabajo debido a problemas de mantenimiento crónicos que paralizaría toda la celda. Mientras no se haya resuelto el problema de

mantenimiento, la máquina deberá andar sola a su propio ritmo y enlazarse con las demás operaciones por medio de señales Kanban.

5. Cuando existen problemas de calidad, cuellos de botella o problemas de capacidad que obstaculicen el flujo ágil de las operaciones (Hay, 2003).

➤ *Supermercado*

Es un sistema de reposición de material basado en tarjetas que contienen la información de la orden a solicitar o a retirar (Monden 1996, citado por Tejeda, 2011). Es un instrumento que permite entregar el pedido correcto en el momento preciso.

La función de un supermercado entre dos operaciones es de informar a la operación aguas arriba lo que debe producir sin la necesidad de predecir la demanda. Es una manera de controlar la producción entre las dos estaciones. La operación aguas abajo le provee información a la operación aguas arriba mediante una tarjeta “kanban” con la orden de producción como se aprecia en la figura 8.

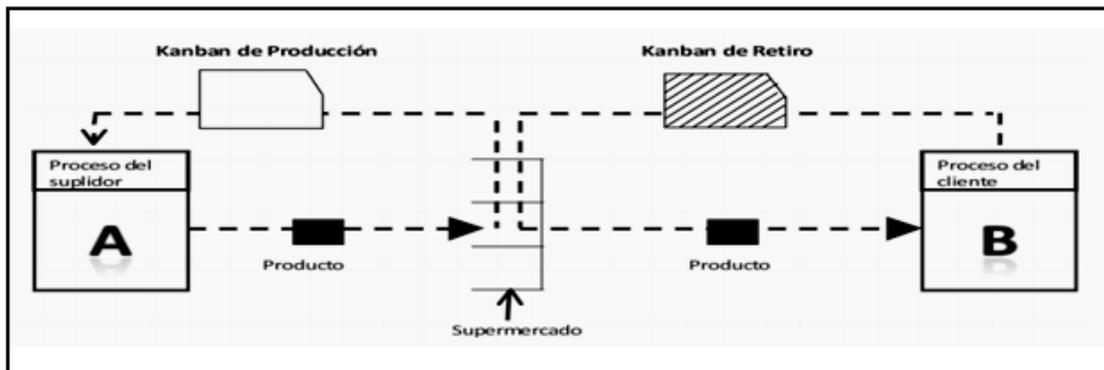


Figura 8. Sistema kanban-Supermercado (Rother & Shook, 2003). Fuente: Tejeda 2011.

#### 1.2.3.4 Las 5's

Filosofía japonesa que integra sentido común, capacitación, autonomía en el trabajo y búsqueda de autorrealización del individuo, para generar un entorno donde se adopte la disciplina del orden, limpieza, seguridad, productividad y

respeto por los estándares. Sus pasos: Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplina). 5S va de la mano de gerencia visual, que mediante el uso de símbolos permite visualizar el estado de los procesos en comparación con el estándar y gestionar la comunicación en la empresa, dándose a conocer la estrategia general, registros de desempeño e incluso sugerencias del personal (Rajadell y Garriga 2005, citado por Pérez, 2011).

Éste técnica consta de cinco pilares a saber:

- Separar lo necesario de lo innecesario.
- Definir un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
- Hacer limpieza con inspección de mantenimiento en el sitio de trabajo y en las máquinas.
- Estandarizar los procesos y diseñar mecanismos o dispositivos para que no se tengan que hacer las tres tareas anteriores.
- Generar una cultura de disciplina que haga que se mantengan los cuatro pilares anteriores y se continúe buscando la mejora.

En síntesis, Arrieta (2004, citado en 2007) recomienda empezar a trabajar con las 5S, porque esta técnica de producción genera el mayor impacto visual y alista el terreno para el montaje de técnicas más puntuales.

### **1.2.3.5 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Proporciona a los operarios herramientas regulares para realizar labores básicas de mantenimiento y la autoridad de responder ante cualquier anomalía, buscando prevenir problemas en lugar de corregirlos y maximizar la disponibilidad del equipo y maquinaria productiva. Como los operarios son las personas más cercanas a las máquinas, son incluidos en las actividades de mantenimiento y monitoreo, con el fin de prevenir y advertir cualquier mal funcionamiento. Es de suma importancia

tener un correcto procedimiento de mantenimiento ya que una parada de máquina afecta el proceso de producción completo (Tejeda, 2011).

#### **1.2.4 Diagramas de flujo del proceso y de recorridos**

##### **Diagrama de flujo del proceso**

El diagrama de procesos muestra todo el manejo, inspección, operaciones, almacenaje y retrasos que ocurren con cada componente conforme se mueve por la planta del departamento de recepción al de embarques. Se emplean símbolos convencionales para describir los pasos del proceso. Éstos símbolos han sido aceptados por todas las organizaciones profesionales que realizan estudios de tiempo y movimientos (Meyers, 2000).

El diagrama de flujo del proceso para Niebel y Freivalds (2009), es particularmente útil para registrar los costos ocultos no productivos como, por ejemplo, las distancias recorridas, los retrasos y los almacenamientos temporales. Una vez que estos periodos no productivos se identifican, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y, por ende, reducir sus costos.

Además de registrar operaciones e inspecciones, los diagramas de flujo de procesos muestran todos los retrasos de movimientos y almacenamiento a los que se expone un artículo a medida que recorre la planta. Los diagramas de flujo de procesos, por lo tanto, necesitan varios símbolos además de los de operación e inspección que se utilizan en los diagramas de procesos operativos. Una flecha pequeña significa transporte, el cual puede definirse como mover un objeto de un lugar a otro excepto cuando el movimiento se lleva a cabo durante el curso normal de una operación o inspección. Una letra D mayúscula representa un retraso, el cual se presenta cuando una parte no puede ser procesada inmediatamente en la próxima estación de trabajo. Un triángulo equilátero parado en su vértice significa almacenamiento, el cual se presenta cuando una parte se guarda y protege en un determinado lugar para que nadie la remueva sin autorización.

Estos cinco símbolos (véase la figura 9), constituyen el conjunto estándar de símbolos que se utilizan en los diagramas de flujo de procesos de acuerdo a la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (1974, citado por Freivalds y Niebel, 2009).

En ciertas ocasiones, algunos otros símbolos no estándar pueden utilizarse para señalar operaciones administrativas o de papeleo u operaciones combinadas (véase la figura 10).

De la misma forma que el diagrama de procesos de operación, el diagrama de flujo del proceso se identifica mediante un título —Diagrama de flujo de procesos—, y la información adicional que lo acompaña que generalmente incluye el número de parte, el número de diagrama, la descripción del proceso, el método actual o propuesto, la fecha y el nombre de la persona que elaboró el diagrama. Dentro de la información adicional que puede ser útil para identificar totalmente el trabajo que se está realizando se encuentra la planta, edificio o departamento; el número de diagrama, la cantidad, y el costo. El analista debe describir cada evento del proceso, encerrar en un círculo el símbolo adecuado del diagrama del proceso e indicar los tiempos asignados para los procesos o retrasos y las distancias de transporte. Después tiene que conectar los símbolos de eventos consecutivos con una línea vertical. La columna del lado derecho proporciona suficiente espacio para que el analista incorpore comentarios o haga recomendaciones que conduzcan a cambios en el futuro.

Los desplazamientos de cinco pies o menores por lo general no se registran; sin embargo, pueden registrarse si el analista considera que afectan el costo total del método que se está graficando. En el diagrama se deben incluir todos los retrasos y tiempos de almacenamiento. A medida que una parte permanezca más tiempo en almacenamiento o se retrasa, mayor será el costo que acumule así como el tiempo que el cliente tendrá que esperar para la entrega.

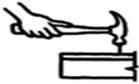
<b>Operación</b>  Un círculo grande indica una operación, como	 Clavar	 Mezclar	 Taladrar orificio
<b>Transporte</b>  Una flecha indica transporte, como	 Mover material mediante un carro	 Mover material mediante una banda transportadora	 Mover material transportándolo (mediante un mensajero)
<b>Almacenamiento</b>  Un triángulo representa almacenamiento, como	 Materia prima en algún almacenamiento masivo	 Producto terminado apilado sobre tarimas	 Archiveros para proteger documentación
<b>Retrasos</b>  Una letra D mayúscula indica un retraso, como	 Esperar un elevador	 Material en un camión o sobre el piso en una tarima esperando a ser procesado	 Documentos en espera a ser archivados
<b>Inspección</b>  Un cuadrado indica inspección, como	 Examinar material para ver si está bien en cuanto a cantidad y calidad	 Leer el medidor de vapor en el quemador	 Analizar las formas impresas para obtener información

Figura 9. Conjunto de símbolos del diagrama de procesos de acuerdo con el estándar ASME.  
 Fuente: Niebel y Freivalds, 2009.

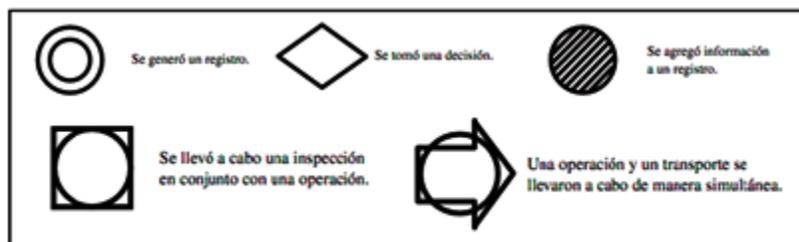


Figura 10. Símbolos no estándares de los diagramas de procesos. Fuente: Niebel y Freivalds, 2009.

Esta herramienta facilita la eliminación o reducción de los costos ocultos de un componente. Puesto que el diagrama de flujo muestra claramente todos los transportes, retrasos y almacenamientos, la información que ofrece puede dar como consecuencia una reducción en la cantidad y la duración de estos elementos. Asimismo, puesto que las distancias se encuentran registradas en el diagrama de flujo del proceso, este diagrama es excepcionalmente valioso para mostrar cómo puede mejorarse la distribución de una planta.

## **Diagrama de flujo o recorrido**

El diagrama de flujo o recorrido es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades en el diagrama de flujo del proceso. Cuando los analistas elaboran un diagrama de flujo o recorrido, identifican cada actividad mediante símbolos y números correspondientes a los que aparecen en el diagrama de flujo del proceso. La dirección del flujo se indica colocando pequeñas flechas periódicamente a lo largo de las líneas de flujo. El diagrama de recorrido representa un complemento útil del diagrama de flujo de procesos debido a que indica el camino hacia atrás y las áreas posibles de congestión de tráfico y facilita el desarrollo de una configuración ideal de la planta (Freivalds y Niebel, 2009).

### *Procedimiento paso a paso para la elaboración de un diagrama de flujo*

*Paso 1:* El diagrama de flujo se inicia con una disposición física actual o propuesta a escala.

*Paso 2:* A partir de la hoja de ruta, se traza cada paso en la fabricación de cada uno de los componentes y se conectan con una línea de color u otro método para distinguirlos

*Paso 3:* Una vez fabricados los componentes, se reunirán en una secuencia específica en la línea de ensamble. La posición de la línea de ensamble quedara determinada por el sitio de donde provienen los componentes. En la línea de ensamble, todas las líneas de flujo se reúnen y recorren de manera unificada hacia el empaque, el almacén y el embarque (Meyers, 2000).

## **1.3 Marco contextual**

La industria textil y del vestido –sin incluir la rama del cuero-, está integrada en un 99,5% por mipymes, además agrupa en total al 17,6% de las personas ocupadas en el sector manufacturero que representa un 5,2% a nivel nacional; de ahí la

importancia, no sólo económica sino social, de esta rama productiva (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 1999a y 2004).

Rodríguez y Fernández (2006) comentan el impacto de la manufactura textil en la apertura económica y comercial en México, en el cuál se tuvo una posición principal como proveedor de productos textiles de Estados Unidos hasta el año 2001.

Dentro del sector textil, los hilados y tejidos, se destacan por ser la que agrupa un mayor número de unidades productivas y ser además la actividad que genera la mayor producción bruta y el mayor valor agregado entre otras actividades dentro del sector.

Sin embargo de acuerdo a Martínez y Neme (2003, citado por Rodríguez y Fernández, 2006) las cifras se han visto afectadas debido a la pérdida de competitividad ante otros países competidores, principalmente China.

La participación del valor agregado bruto de la industria textil y del vestido en la industria manufacturera de Tlaxcala en los años 2005 a 2009 paso de 12.5% a 15.1%, ocupando el tercer lugar en comparación de las demás entidades federativas del país (INEGI, 2012)

Rosales (2003), señala que la industria textil de Tlaxcala está compuesta principalmente por un sector tradicional, como son las ramas de algodón y lana, y un sector dinámico integrado por la rama de las fibras sintéticas.

En la actualidad, la base fabril del estado de Tlaxcala se ha organizado fundamentalmente en tres subsectores:

- 1) Bienes de consumo no duradero, sobre todo las ramas textiles, de vestido y de alimentos.
- 2) Bienes de consumo duradero, en los que predominan los siguientes productos químicos: Minerales no metálicos y los productos de hule plástico.

3) Bienes de capital, sobresaliendo los productos metálicos y los aparatos eléctricos y electrónicos (Ramírez 1992: 42, citado en Rosales, 2003).

Dentro del estado de Tlaxcala, el municipio de Santa Ana Chiautempan, fue abandonando paulatinamente la producción artesanal para convertirse hoy día en la zona textil más importante de la entidad, cambiando la variedad de sus productos desde telas, cobijas, colchas y ropa de hogar, hasta trabajos para la industria automotriz de manera que a la fecha, continúa proporcionando las mayores oportunidades de empleo a la población.

Chiautempan es uno de los municipios especializados en el ramo textil y del vestido, que ha consolidado su posición en el mercado regional-nacional e internacional hoy en día, pero en cierta manera, mediado por los almaceneros de la ciudad de México.

A través de un diagnóstico realizado a diez Pymes en Chiautempan Tlaxcala, Whaibe (2013), nos dice que a pesar de su importancia y antigüedad, las pymes de este sector atraviesan por serios problemas que dificultan su desarrollo y aún su permanencia en el mercado como:

- Falta de liquidez para realizar inversiones.
- Atraso tecnológico que le impide competir.
- No se tiene una planeación estratégica que permita establecer la razón de ser de la empresa, fijar objetivos y las metas para alcanzarlos.
- Se carece de un registro y por lo tanto de un análisis de sus operaciones, que les permita tomar decisiones de acuerdo a sus condiciones actuales.
- Capacidad sub-utilizada que impide que se compartan costos fijos y por ello se incrementan los costos medios de producción.
- Mínima calificación de la mano de obra en cuanto a procesos más modernos.
- Escasa integración sectorial.

Para el presente estudio, se trabaja en dos empresas del sector textil en la región de Guadalupe Ixcotla, Tlaxcala. Las empresas de estudio trabajan con telares planos simples y con Jacquard.

Los telares Jacquard fueron introducidos en Francia en 1801 por Joseph Jacquard. El telar empleaba un sistema de tarjetas perforadas que determinaban la posición (atrás/adelante) del hilo de trama con respecto a la urdimbre. El funcionamiento se basaba en una serie de tarjetas -una por cada pasada de trama- perforadas y acomodadas de acuerdo al patrón de diseño. Estando en posición, permitían el paso de las agujas conectadas a los hilos de urdimbre correspondientes a las perforaciones, elevándolos para permitir el paso de la lanzadera. Una vez completado el movimiento se utilizaba la siguiente tarjeta y así sucesivamente. Al terminarse éstas, la secuencia comenzaba nuevamente, con lo cual se lograba un proceso continuo de diseños exactos.

La historia del telar es tan antigua como la historia de la humanidad. Su aparición en diferentes puntos y épocas remite al mismo principio básico: el entrelazamiento de hilos horizontal -trama- y verticalmente -urdimbre-, adquiriendo características -materiales y funcionales- propias del contexto donde se desarrolló, adaptándose a los cambios que éste le impone.

La Revolución Industrial desencadenó un proceso de cambio que involucró factores técnicos, económicos y sociales, que a su vez indujeron la aparición de más innovaciones. La industria textil, y en particular el telar, han sido partícipes directos de dicha dinámica, logrando avances significativos que supusieron las bases y posicionamiento de los países industrializados. Al entrar al proceso de mecanización y secuenciación de movimientos, el telar ha ido adquiriendo gradual independencia de la mano del hombre, hasta el punto de poder prescindir prácticamente de ésta, superándola en precisión, calidad y eficiencia.

Sin embargo, y aún con todo el desarrollo tecnológico acontecido en el transcurso de la historia, el cual ha modificado en varias ocasiones la forma de la evolución tecnológica del tejido plano, el principio funcional del telar ha

permanecido sin grandes cambios hasta nuestros días. Las innovaciones de ingeniería y diseño –enfocadas a la automatización- han sido solamente mejoras al sistema existente, no repercutiendo en el fundamento del tejido; al final, todo es sólo urdimbre y trama (Galindo y Hernández, 2008).

### **Empresas caso de estudio**

A continuación se describe brevemente la estructura organizacional de cada una de las empresas de estudio.

*La empresa de estudio, “A” cuenta con 27 trabajadores en planta; es una empresa productora y comercializadora de blancos.*

Entre los productos que ofrece están:

*Colchas. La fabricación de las colchas son con telalares Jacquard*

- Colcha Ixcotla individual, matrimonial y king size

*Edredones (Se encuentran disponibles en marca Karla, Dalel y Perca)*

- Edredón individual coordinado
- Edredón matrimonial coordinado
- Edredón King Size
- Edredón individual solo
- Edredón matrimonial solo
- Edredón King size solo

*Fundas (Se encuentran disponibles en marca Karla y Dalel)*

*Sábanas (Se encuentran disponibles en marca Karla y dalel)*

- *Sábana Individual*
- *Sábana matrimonial*
- *Sábana King size*

*Cubre Sala (Se encuentran disponibles en marca Karla y Dalel)*

## *Sobrecama*

- Sobrecama matrimonial
- Sobrecama matrimonial con cortinas
- Sobrecama matrimonial percal

*La empresa de estudio "B"*, cuenta con 10 trabajadores en planta, es una empresa productora y comercializadora de hilo y cobijas con telares planos a través de fibras regeneradas.

Los productos que ofrece:

- Hilo regenerado, calibre 2.5
- Colcha PIMA, matrimonial
- Colcha PILMA individual

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

### 2.1 Metodología de la investigación

En la metodología del proyecto se expone el desarrollo de las diferentes actividades que se llevan a cabo para el logro de los diversos objetivos de la presente investigación.

El proceso de investigación para éste proyecto, estará basado en el método propuesto por Roberto Hernández, Carlos Fernández y Pilar Baptista (1998, citado por Bernal, 2006), que constará de los siguientes pasos:

- 1.- *Concebir la idea de investigación.*
- 2.- *Plantear el problema de investigación.*
- 3.- *Elaborar el marco teórico.*

Los pasos 1,2 y 3, se encuentran fundamentados en la primera parte de proyecto de investigación.

4.- *Definir si la investigación es exploratoria, descriptiva, correlacionar o explicativa.* La investigación empleada en éste proyecto es de tipo Exploratoria, ya que el objetivo de estudio es examinar un problema de investigación poco estudiado.

5.- *Establecer la hipótesis:* Éste paso se encuentra fundamentado en la primera parte del proyecto.

6.- *Seleccionar el diseño apropiado de investigación.* El diseño a trabajar es cuasiexperimental ya que los grupos que conforman los turnos, asignación de maquinaria a operarios, operarios por áreas de trabajo, entre otros grupos, ya se encuentran formados antes del experimento.

7.- *Determinar la población y la muestra:* Muestreo no probabilístico o determinístico.

8.- Recolección de los datos: Se realizó mediante fuentes primarias y observación directa ya que los datos provienen directamente de la muestra y del observador.

9.- Analizar los datos: El análisis de datos se llevará a cabo mediante los modelos de pronósticos y herramientas de análisis Lean como el VSM.

10.- Presentar los resultados.

## 2.2. Metodología para la estructuración del modelo de PyCP.

1. Definición del tipo de muestreo.
2. Consulta de fuentes bibliográficas primarias para determinar los elementos y etapas del modelo de producción a proponer.
3. Diseñar las etapas de investigación de cada elemento que integrará el modelo.
4. Diseñar el nuevo modelo de producción, estableciendo las interrelaciones de los respectivos elementos.
5. Desarrollar cada etapa del nuevo modelo, aplicación de técnicas y herramientas de proyección y análisis.
6. Obtención de datos para su correspondiente análisis.

### Desarrollo de la metodología para la estructuración del modelo PyCP.

#### *1. Definición del tipo de muestro*

El tipo de muestreo a trabajar es no probabilístico o determinístico, conformado por dos empresas del sector textil en la región de Guadalupe Ixcotla en el municipio de Santa Ana Chiautempan, Tlaxcala.

#### *2. Consulta de fuentes bibliográficas primarias para determinar los elementos y etapas del modelo de producción a proponer.*

Se construirán las etapas del PyCP, basándose en el modelo de Sipper y Bulfin (1998), descrito en el marco teórico. La primera parte, análisis de procesos, es adaptada al modelo para tener una base que ayudará al análisis de las siguientes etapas, (Chapman, 2006).

3. *Diseñar las etapas de investigación de cada elemento que integrará el modelo.* La investigación está diseñada para llevarse a cabo en 6 etapas, como podemos verlo en la figura 11 y son:

1. *Análisis de procesos.* Esta etapa está enfocada al análisis de los procesos de fabricación. Ya que las pymes de estudio no cuentan con un análisis previo, es necesario conocer la información y las actividades de producción actuales que utilizan para producir, tales como tiempos de producción, elementos que integran el producto terminado, número de operaciones, lay out, recorrido de la materia prima en la planta, etcétera..
2. *Pronósticos.* La estimación de la demanda del producto final para 2015, la obtendremos mediante el uso de pronósticos de serie de tiempos. Esta misma servirá de referencia para conocer la cantidad de producto final que se deberá de programar en el programa maestro de producción.
3. *Planeación de los requerimientos de capacidad.* Se llevará a cabo una evaluación inicial o planeación preliminar de la capacidad. Nos dará las restricciones de fabricación, que nos servirá de apoyo en la factibilidad del MPS.
4. *Programa maestro de producción (MPS).* Se realizará un plan de producción que Incluya las cantidades y los tiempos de entrega para el producto terminado. Su elaboración se deriva de las estimaciones de la demanda.
5. *Planeación de requerimiento de materiales (MRP).* A través de un desglose del MPS, se realizará un programa de producción para cada componente del

producto final. Se determinará los requerimientos de materiales y los tiempos para cada etapa de producción.

6. *Control de Entradas y salidas.* Puesta en marcha, seguimiento y control del programa de PyCP. Ésta etapa no la incluye la investigación ya que se realizará hasta la implementación y ejecución del modelo en planta.

	PROCESO	ACTIVIDAD	OBJETIVO
<b>Etapa 1</b>	✓ Análisis de los procesos.	Mapeo de procesos.	Análisis del proceso productivo y sus componentes.
<b>Etapa 2</b>	✓ Pronósticos.	Calcular la demanda.	Estimación de la demanda para obtener la cantidad requerida a producir.
<b>Etapa 3</b>	✓ Planeación de los requerimientos de capacidad.	Mapeo de la cadena de valor actual. Mapeo de la cadena de valor futuro.	Establecer las restricciones de fabricación Detectar áreas de oportunidad.
<b>Etapa 4</b>	✓ Programa maestro de producción.	Diseñar el MPS.	Obtener cantidades y tiempos de entrega del producto.
<b>Etapa 5</b>	✓ Planeación de los requerimientos de materiales.	Plan de materiales. Bill of Materials (BOM). Emisión de órdenes planificadas	Determinar requerimientos de materiales y tiempos para cada etapa de producción.
<b>Etapa 6</b>	✓ Control de entradas y salidas.	Implementación modelo PyCP.	Evaluación de las etapas anteriores y corrección de desviaciones

Figura 11. Etapas de investigación en la modelación de un sistema de PyCP. Fuente: Elaboración propia, 2015.

3. Diseñar el nuevo modelo de producción, estableciendo las interrelaciones de los respectivos elementos

El modelo propuesto se puede observar en la figura 12, y está diseñado en base a la estructura del modelo de Sipper y Bulfin (1998). Debido a las necesidades de las pymes de estudio se ha anexado el análisis de procesos, al modelo a proponer (Chapman, 2006). El sistema de Lean Manufacturing formará parte esencial para determinar la capacidad de producción con la que se estará trabajando en el desarrollo de las siguientes etapas del PyCP. Una de las herramientas Lean para el análisis, será a través del VSM, que nos indicará las oportunidades a mejorar en el flujo de proceso. El sistema de Manufactura Esbelta ha sido definida como un sistema de excelencia de manufactura, por lo que ésta etapa del modelo se desarrolla bajo una filosofía de mejora continua como se puede observar en el modelo.

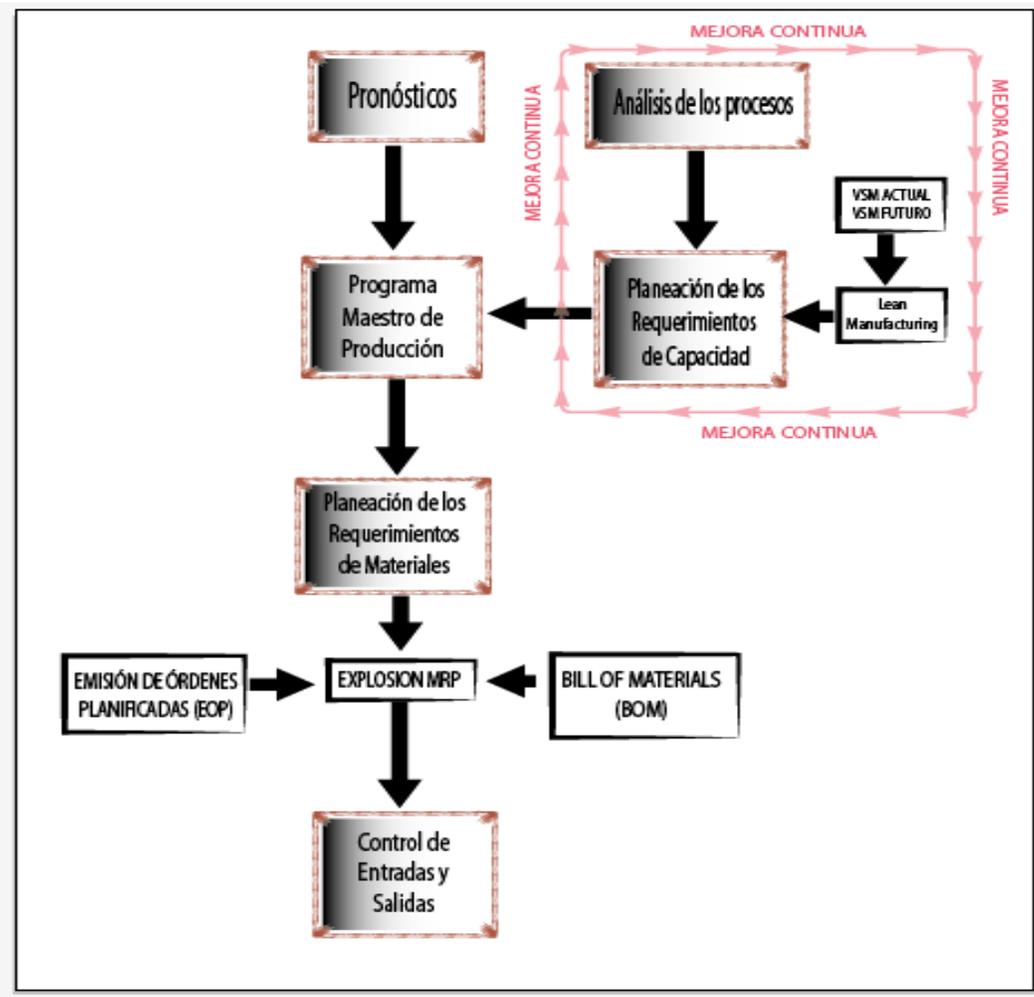


Figura 12. Modelo propuesto de PyCP. Fuente: Basado y modificado de Sipper y Bulfin, 1998.

### **CAPÍTULO III. DESARROLLO DE LAS ETAPAS DEL MODELO DE PYCP**

En éste capítulo se verá el desarrollo del punto cinco y seis de la metodología para la estructuración del modelo de PyCP:

5.- Desarrollar cada etapa del nuevo modelo, aplicación de técnicas y herramientas de proyección y análisis.

6.- Obtención de datos para su correspondiente análisis.

El desarrollo de las etapas del modelo serán presentadas de forma independiente por cada una de las empresas.

#### **EMPRESA CASO DE ESTUDIO “A”**

##### **Etapa 1. Análisis de los procesos**

###### *Herramientas para la recolección de datos*

Ya que ninguna empresa cuenta con diagramas de procesos, se emplearán los siguientes diagramas para la obtención de datos en esta primera etapa.

###### *Diagrama de proceso*

El siguiente diagrama de procesos nos mostrará el manejo, inspección y operaciones que ocurren con cada componente de la fabricación de la colcha matrimonial conforme se mueve por la planta, figura 13.

Los tiempos obtenidos para la construcción del diagrama nos servirán como base para la construcción del VSM en la etapa 3.

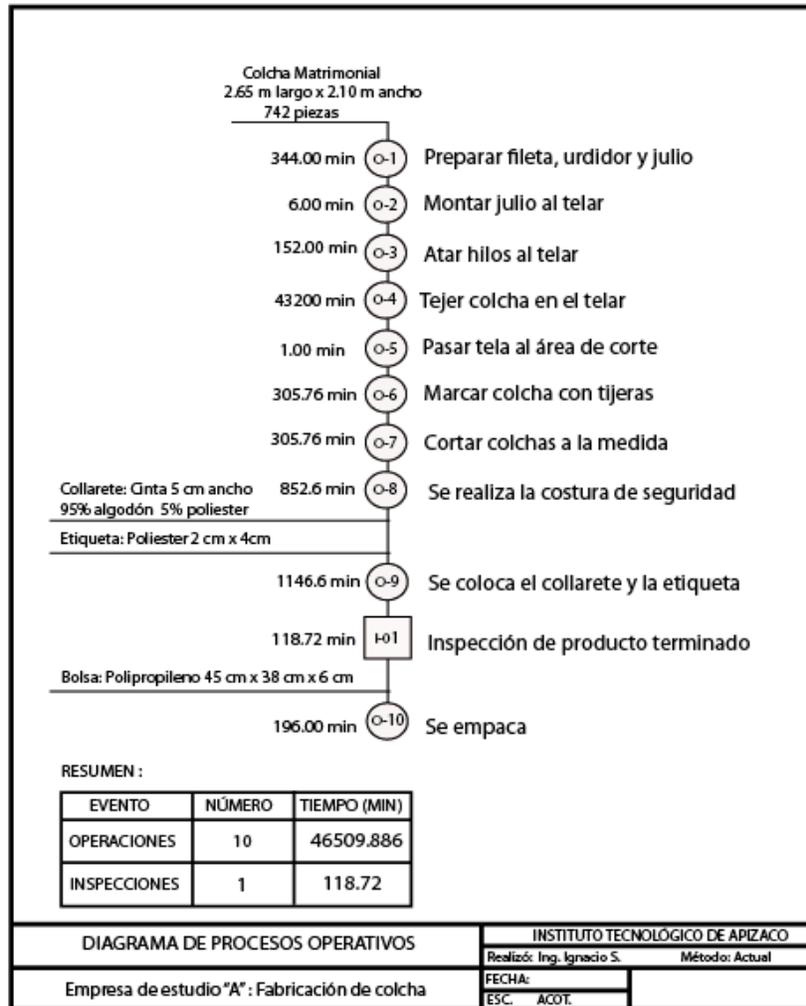


Figura 13. Diagrama de procesos, planta A. Fuente: Elaboración propia, 2015.

### Diagrama de flujo de recorridos

El diagrama de flujo o de recorridos, es una representación gráfica de la distribución de los pisos y edificios que muestra la ubicación de todas las actividades y el flujo de proceso dentro de la planta de estudio en la investigación, figura 14.

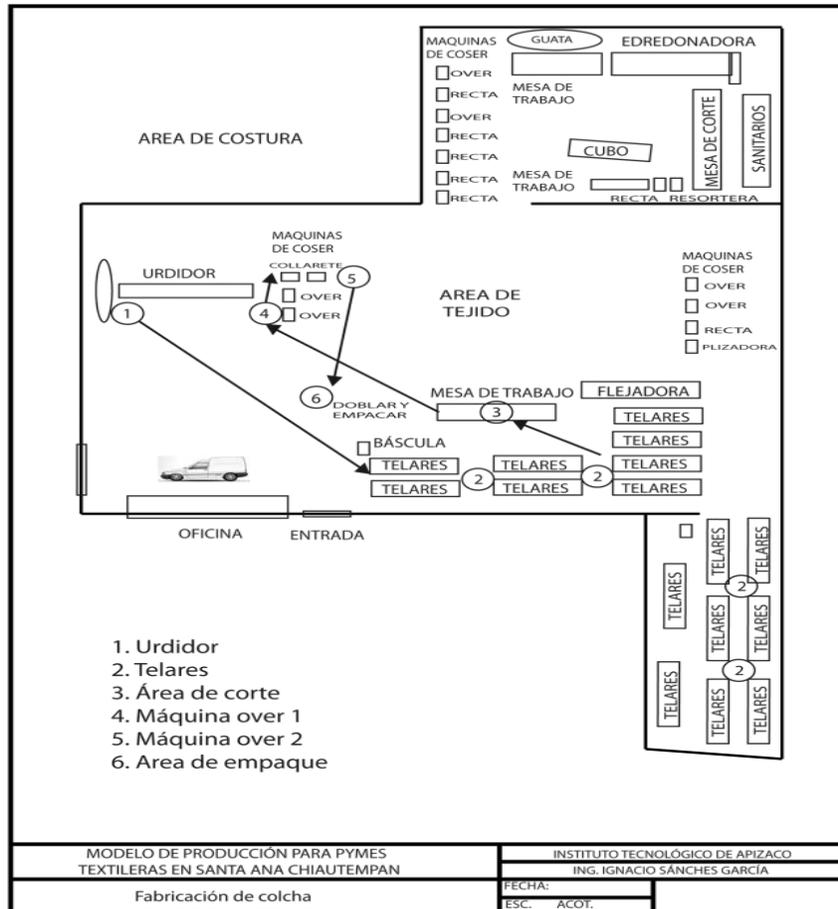


Figura 14. Diagrama de flujo de recorridos, planta A. Fuente: Elaboración propia, 2015.

## Etapa 2. Pronósticos

Para el sistema de producción, es importante conocer el pronóstico de la demanda del producto terminado, colcha, con el fin de decidir cuánto producir. Los datos con los que se trabajará para el sistema de planificación será la demanda real del año 2014 para las pymes de estudio. La ruta para la selección del diseño se muestra en la figura 15.

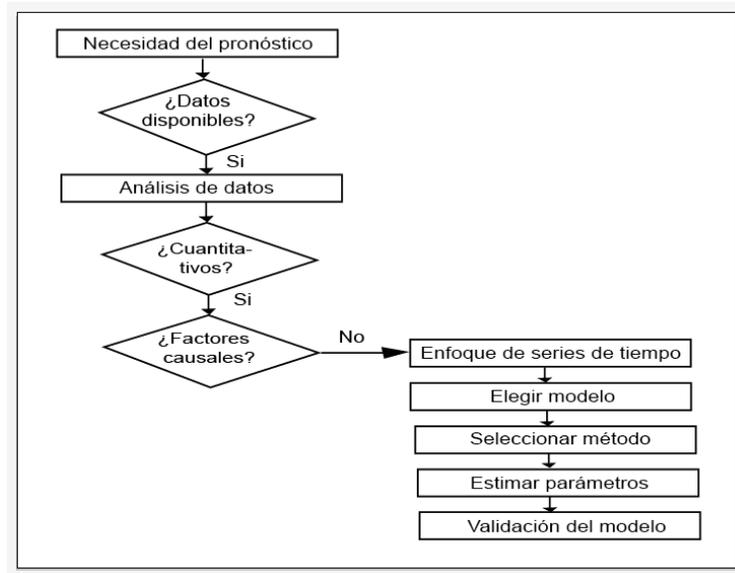


Figura 15. Ruta a seguir en el diseño de un sistema de pronósticos. Fuente: Elaboración propia tomado de Sipper y Bulfin, 1998.

Como primer paso se determina que los datos acerca de las ventas o demanda si se encuentran disponibles, por lo que procederemos al análisis de datos. Los datos que se estudiarán son cuantitativos y no se consideran causales ya que no dependen de otras variables para su demanda (Sipper y Bulfin, 1998). El enfoque de los pronósticos es de series de tiempo, y los modelos a evaluar son: Promedios móviles, promedios móviles ponderados y suavización exponencial.

### Selección de método de pronósticos

A continuación se muestra en forma tabular y gráficamente los datos de la demanda real del año 2014.

En la figura 16, se puede observar que el comportamiento que presenta la demanda en el año 2014 es de tipo estacional (Chapman, 2006). Presenta un movimiento periódico que se produce en forma similar cada año por la misma época, en correlación con los meses Enero, Mayo, Noviembre y Diciembre.

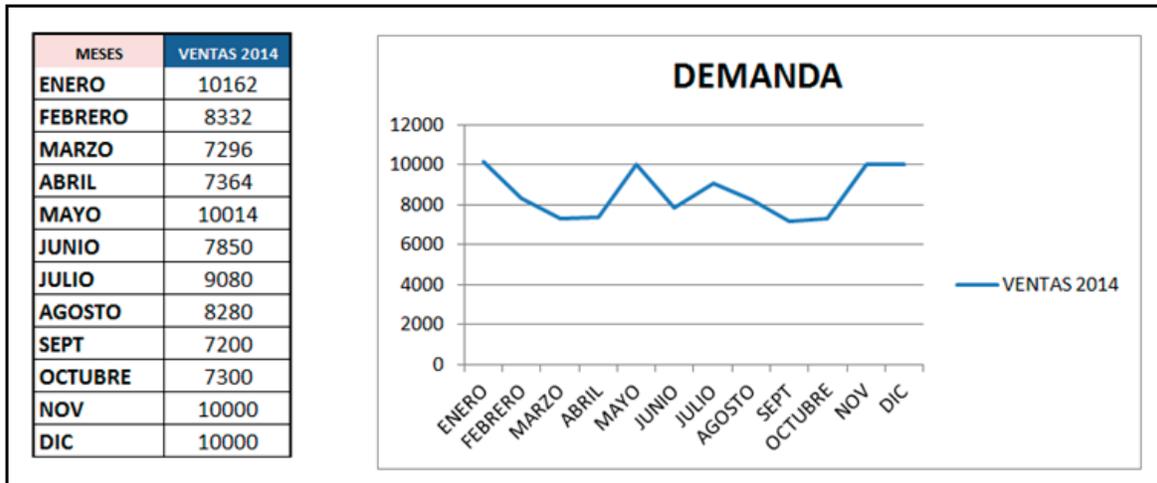


Figura 16. Ventas en el periodo 2014 y gráfico del comportamiento de la demanda durante ese periodo. Fuente: Elaboración propia, 2015.

Nos presenta también los siguientes datos con respecto a las ventas del 2014. Se muestran en unidades y son las siguientes:

Venta máxima= 10,162; Venta mínima= 7,200; Ventas promedio anuales= 8,069

### **Pronósticos de series de tiempos**

A continuación se desarrollaran los métodos de pronósticos, con la finalidad de seleccionar aquél método que tenga el menor error en sus estimaciones con respecto a la demanda real.

#### ***Promedio Móvil simple y promedio móvil ponderado***

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se calculará un pronóstico mediante la técnica de Promedio Móvil utilizando un período de 3 meses (a partir de abril de 2015). Al ser un pronóstico con un período móvil de 3 meses, este deberá efectuarse a partir del mes de abril, es decir que para su cálculo tendrá en cuenta tres períodos, es decir, Enero, Febrero y Marzo, y sería de la siguiente manera:

$$\hat{X}_{4(Abril)} = \frac{10162 + 8332 + 7296}{3}$$

$$\hat{X}_{4(Abril)} = 8597$$

El cálculo es similar para efectuar la previsión de los siguientes meses, y deberán tenerse en cuenta los últimos tres períodos que anteceden al mes a pronosticar, tabla 1.

Tomando los mismos puntos de datos que en promedio móviles (los puntos de datos de tres periodos), aplicaremos un promedio móvil ponderado, con pesos de 0.5, 0.3 y 0.2 (con el peso 0.5 aplicado a la información de demanda más reciente). Por ejemplo, el pronóstico del mes de Abril se calcula como:

$$0.2 (10162) + 0.3 (8332) + 0.5 (7296) = 8,180$$

El cálculo es similar para efectuar la previsión de los siguientes meses, y deberán tenerse en cuenta los últimos tres períodos que anteceden al mes a pronosticar y la ponderación mayor al último periodo, tabla 3.1.

*Nota: El error de pronóstico se calculará para todos los casos como la diferencia entre la demanda real y la pronosticada y el error de pronóstico cuadrado se calculará elevando al cuadrado el error de pronósticos con la finalidad de eliminar la negatividad (Chapman, 2006).*

Tabla 1. Muestra los datos resultados de la aplicación del método de pronósticos “Promedio Móvil” y “Promedio Móvil Ponderado”. Planta A.

MESES	Ventas	Promedio	Error de	Error de pronóstico	Promedio móvil	Error de	Error de pronóstico
	2014	móvil simple	pronóstico	cuadrado	ponderado	pronóstico	cuadrado
ENERO	10162						
FEBRERO	8332						
MARZO	7296						
ABRIL	7364	8597	-1232.7	1519467.1	8180	-816.0	665856.0
MAYO	10014	7664	2350.0	5522500.0	7537	2476.8	6134538.2
JUNIO	7850	8225	-374.7	140375.1	8675	-825.4	681285.2
JULIO	9080	8409	670.7	449793.8	8402	678.0	459684.0
AGOSTO	8280	8981	-701.3	491868.4	8898	-617.8	381676.8
SEPT	7200	8403	-1203.3	1448011.1	8434	-1234.0	1522756.0
OCTUBRE	7300	8187	-886.7	786177.8	7900	-600.0	360000.0
NOV	10000	7593	2406.7	5792044.4	7466	2534.0	6421156.0
DIC	10000	8167	1833.3	3361111.1	8630	1370.0	1876900.0
PROMEDIO				2167927.7			2055983.58

Fuente: Elaboración propia, 2015.

### ***Suavización exponencial***

Con el pronóstico de suavización exponencial simple pretenderemos eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en períodos de demanda reciente. Utilizaremos un alfa de 0.2, 0.5 y 0.8.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se calculará un pronóstico mediante la técnica de suavización exponencial utilizando un período de 3 meses (a partir de abril de 2015). Se utilizaran los pronósticos estimados en la técnica de promedios móviles.

Al ser un pronóstico con un período de 3 meses, ésta técnica requiere del pronóstico de Marzo para calcular el mes de Abril. Utilizando un promedio móvil podemos decir que el pronóstico para Marzo es igual a:  $(10162 + 8332)/2$ ; Marzo= 9247. El cálculo del siguiente mes sería de la siguiente manera de acuerdo a Chapman (2006):

- 1) Venta real Marzo= 7296; Venta estimada Marzo= 9247; Alfa= 0.2  
Abril= $(9247 + (0.2*(7296-9247)))$ ; Abril= 8,857
  
- 2) Venta real Marzo= 7296; Venta estimada Marzo= 9247; Alfa= 0.5  
Abril= $(9247 + (0.5*(7296-9247)))$ ; Abril= 8,272
  
- 3) Venta real Marzo= 7296; Venta estimada Marzo= 9247; Alfa= 0.8  
Abril= $(9247 + (0.8*(7296-9247)))$ ; Abril= 7686

Los datos para los demás periodos se hacen de la misma forma. En la tabla 2 y 3 se pueden visualizar los resultados y en la figura 17, el comportamiento de cada técnica mediante un gráfico.

Tabla 2. Datos resultados de la aplicación del método de pronósticos “Suavización Exponencial” con valor de alfa de 0.2.

MESES	Ventas	Promedio	Suavización	Error de	Error de pronóstico
	2014	móvil simple	exponencial $\alpha=0.2$	pronóstico	cuadrado
ENERO	10162				
FEBRERO	8332				
MARZO	7296	9247			
ABRIL	7364	8597	8857	-1492.8	2228451.8
MAYO	10014	7664	8350	1663.9	2768452.3
JUNIO	7850	8225	8134	-284.0	80656.0
JULIO	9080	8409	8150	930.3	865396.1
AGOSTO	8280	8981	8543	-263.5	69414.7
SEPT	7200	8403	8841	-1641.1	2693099.8
OCTUBRE	7300	8187	8163	-862.7	744193.8
NOV	10000	7593	8009	1990.7	3962753.8
DIC	10000	8167	8075	1925.3	3706908.4
PROMEDIO			1902147.409		1902147.41

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 3. Datos resultados de la aplicación del método de pronósticos “Suavización Exponencial” con valor de alfa de 0.5 y 0.8.

MESES	Ventas	Promedio	Suavización	Error de	Error de pronóstico	Suavización	Error de	Error de pronóstico
	2014	móvil simple	exponencial $\alpha=0.5$	pronóstico	cuadrado	exponencial $\alpha=0.8$	pronóstico	cuadrado
ENERO	10162							
FEBRERO	8332							
MARZO	7296	9247						
ABRIL	7364	8597	8272	-907.5	823556.3	7686	-322.2	103812.8
MAYO	10014	7664	7980	2033.7	4135800.1	7611	2403.5	5776652.0
JUNIO	7850	8225	8839	-989.0	978121.0	9544	-1694.0	2869636.0
JULIO	9080	8409	8037	1042.7	1087153.8	7925	1155.1	1334179.0
AGOSTO	8280	8981	8745	-464.7	215915.1	8946	-665.9	443378.4
SEPT	7200	8403	8631	-1430.7	2046807.1	8420	-1220.3	1489050.7
OCTUBRE	7300	8187	7802	-501.7	251669.4	7441	-140.7	19787.1
NOV	10000	7593	7743	2256.7	5092544.4	7477	2522.7	6363847.1
DIC	10000	8167	8797	1203.3	1448011.1	9519	481.3	231681.8
PROMEDIO					1786619.82			2070225.00

Fuente: Elaboración propia, 2015.

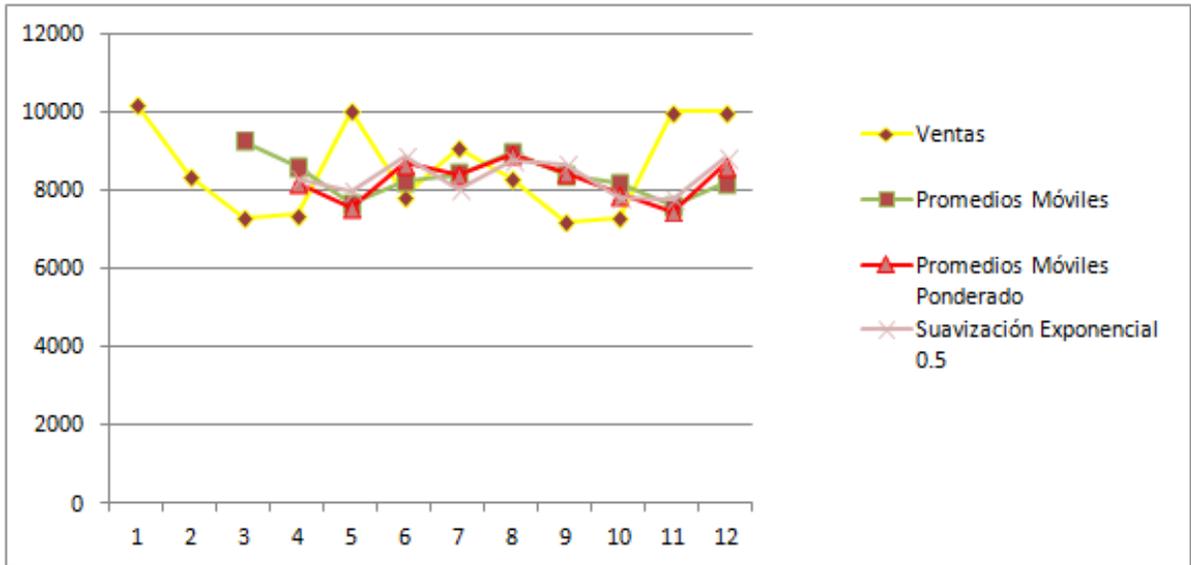


Figura 17. Gráfico del comportamiento de las diferentes técnicas de pronósticos con respecto a la demanda real. Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 4. Concentrado de errores de pronósticos de acuerdo a las diferentes técnicas.

MESES	Ventas	Promedio	Promedio móvil	Suavización	Suavización	Suavización
	2014	móvil simple	ponderado	exponencial $\alpha=0.2$	exponencial $\alpha=0.5$	exponencial $\alpha=0.8$
<b>PROMEDIO</b>		<b>2167927.7</b>	<b>2055983.582</b>	<b>1902147.409</b>	<b>1786619.818</b>	<b>2070225.002</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Como se puede ver en la tabla de resultados 3.4, la técnica que arroja un menor error de pronósticos, es la de suavización exponencial con un alfa de 0.5, por lo que los datos pronosticados bajo ése método, son los que emplearemos en la etapa 4 y 5 del modelo.

### Etapa 3. Análisis y mejoramiento de los procesos

Para llevar a cabo ésta etapa, se construirá el VSM actual y futuro que está basado en la metodología de Rother y Shook (1999), con el propósito de garantizar que se cumpla con la demanda pronosticada, de la mejor manera posible a través de las diferentes técnicas lean.

## Mapa de cadena de valor (VSM)

Es una representación visual que nos muestra en cada caso, el flujo de valor y de información dentro de las plantas, mostrando así áreas de oportunidad de mejora en el proceso de fabricación de la colcha matrimonial. Las etapas las podemos ver en la figura 18.

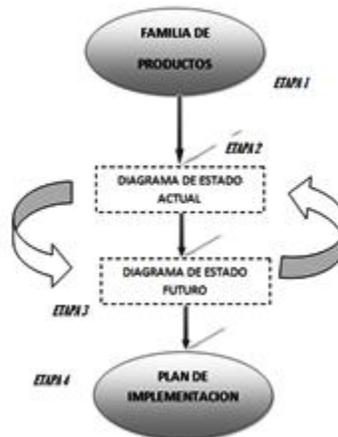


Figura 18. Etapas iniciales del trazado del mapa de una cadena de valor. Fuente: Elaboración propia tomado de Rother y Shook, 1999.

### Etapa 1. Selección de la Familia.

Por ser la producción de colcha un producto importante en ventas y utilidades para las pymes de estudio, el proyecto está enfocado a ésta familia.

### Etapa 2. Construcción del VSM actual

- Se comenzó con un recorrido rápido a lo largo del proceso de fabricación de la colcha (de puerta a puerta), de embarque de producto terminado hacia atrás.
- Con un cronómetro se tomaron los datos necesarios para la creación del VSM, no se uso ninguna información que no se haya obtenido personalmente.
- Se dibujó el VSM completo usando lápiz y papel, y después se pasó a computadora figura 22.

En la construcción del mapa del estado actual de la cadena de valor para la fabricación de colcha, se recolecta y presenta información en las cajas de procesos (figura 19 y 20), tales como:



Figura 19. Caja de procesos. Fuente: Elaboración propia, 2015.

- Tiempo de Ciclo (CT): Segundos que transcurren entre el momento en que sale del proceso una pieza hasta el momento en que sale la siguiente.
- Plazo de entrega (Lead Time) (LT): Tiempo que se necesita para que una pieza cualquiera recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin. En éste caso se sumaran todos los tiempos presentados en la línea de tiempo como se muestra en la figura 3.9.
- Tiempo de valor agregado (VAT): Tiempo de trabajo dedicado a las tareas de producción durante el cual se transforma el producto de tal manera que el cliente está dispuesto a pagar por él. Se calcula mediante la suma de la línea inferior en la línea de tiempo, figura 21.
- Días de inventario
- Turnos de trabajo, número de operarios y tiempo disponible de trabajo (TD)

Una vez obtenidos los datos necesarios se procede a elaborar el VSM actual para poder visualizar las áreas de oportunidad en que hay que trabajar para poder disminuir el Lead Time y mejorar el flujo del proceso.

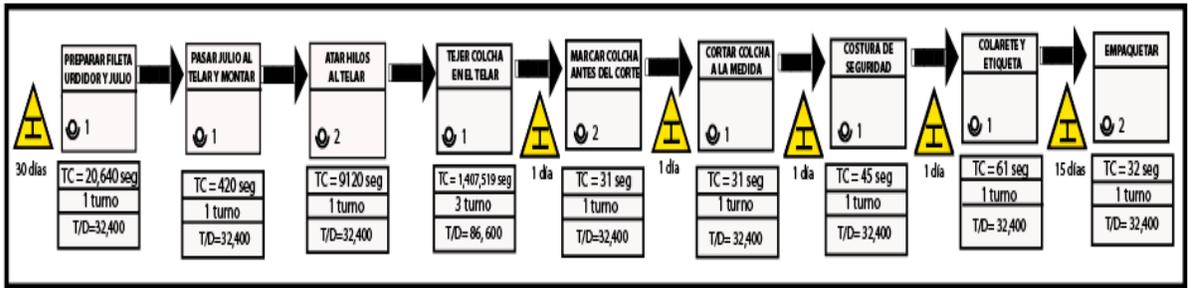


Figura 20. Representación del flujo de proceso actual. Fuente: Elaboración propia, 2015.

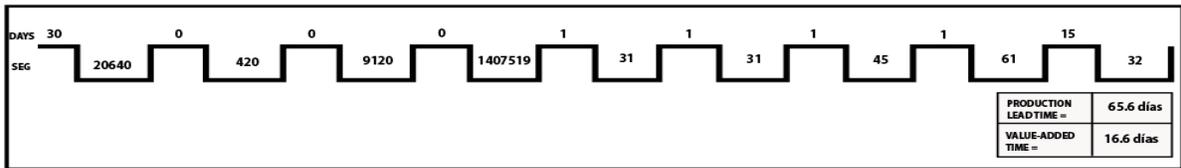


Figura 21. Línea de tiempo del VSM. Fuente: Elaboración propia, 2015.

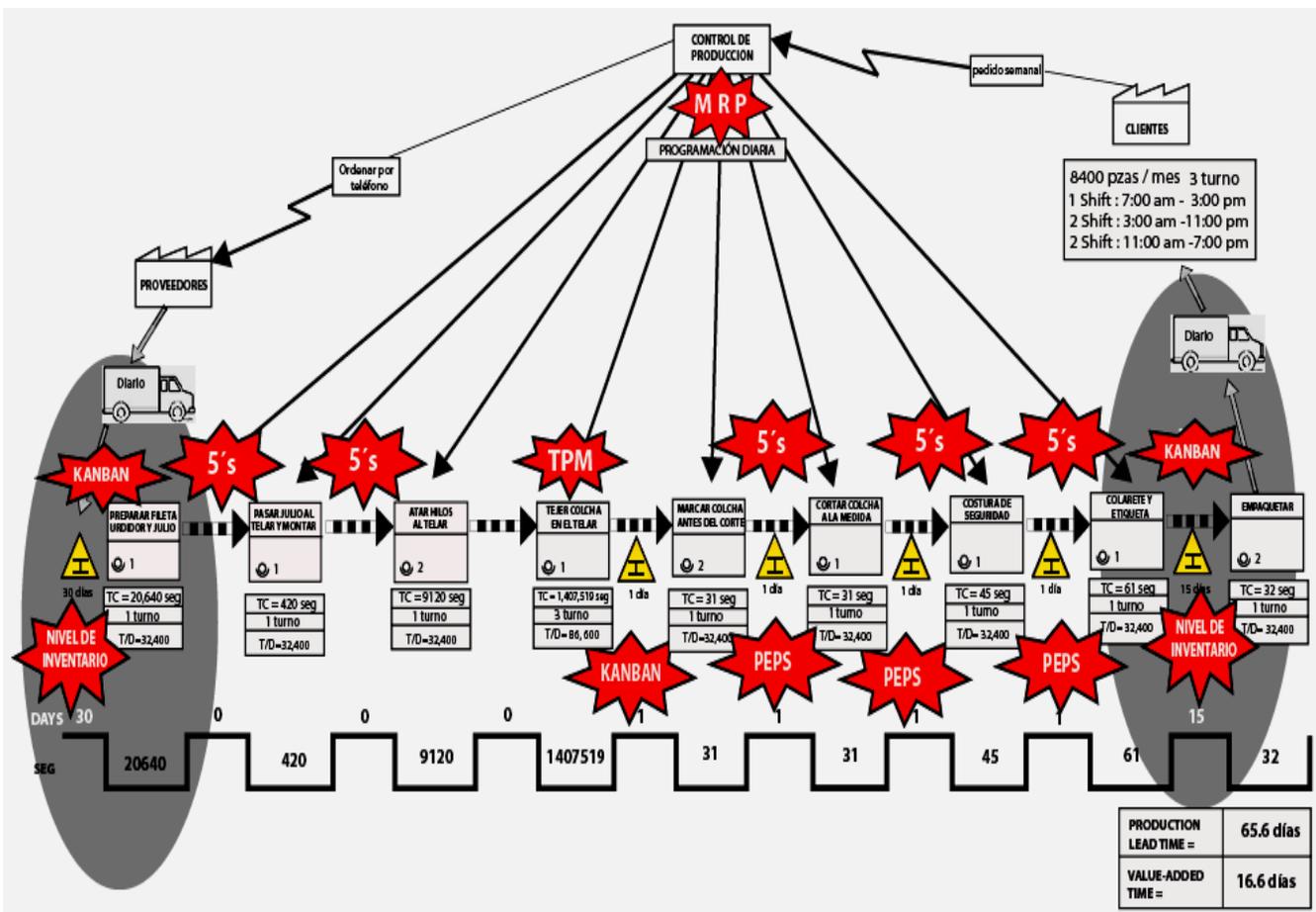


Figura 22. Mapa de la cadena de valor actual para la elaboración de un lote de 742 piezas de colcha en la empresa A. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 22, se observan todas las actividades (las de valor agregado y no valor agregado) que se realizan para la fabricación de la colcha. También el flujo de material desde la materia prima hasta el producto final, y el flujo de la información desde el requerimiento del cliente hasta la entrega del producto terminado. El Lead Time (plazo de entrega) en la línea de tiempo es de 65.6 días mientras que el Value-added Time (tiempo que agrega valor), es de 16.6 días.

El VSM presentado forma la base para un plan de implementación Lean en donde se pueden observar las áreas que están afectando el correcto flujo del proceso y las herramientas que nos ayudarán a la reducción del Lead Time, tales como: 5's, Kanban, TPM, PEPS.

A continuación se desarrollaran algunas de éstas herramientas de acuerdo a la dirección que deben tomar en la etapa inicial de implementación.

Nota: Algunas herramientas Lean presentadas no serán desarrolladas en ésta investigación, pero se dejará como propuesta de mejoramiento a estudios posteriores.

## **Estrategia de Implementación Lean**

### **Paso 1- Implementación de Procesos Estandarizados**

Es imposible mejorar cualquier proceso hasta que no sea estandarizado. Con la estandarización inicial se estabilizan los procesos antes del proceso de mejora continua (Hernández y Vizán, 2013).

#### ***Técnica: Metodología 5S***

Algunos de los problemas que presenta la empresa es la falta de orden y limpieza en las diferentes áreas del proceso de fabricación de la colcha. El propósito de ésta técnica será mejorar las condiciones del trabajo a través de una mejor organización en cada puesto.

En la figura 23 se logran visualizar aquellas áreas que están afectando el flujo del proceso.

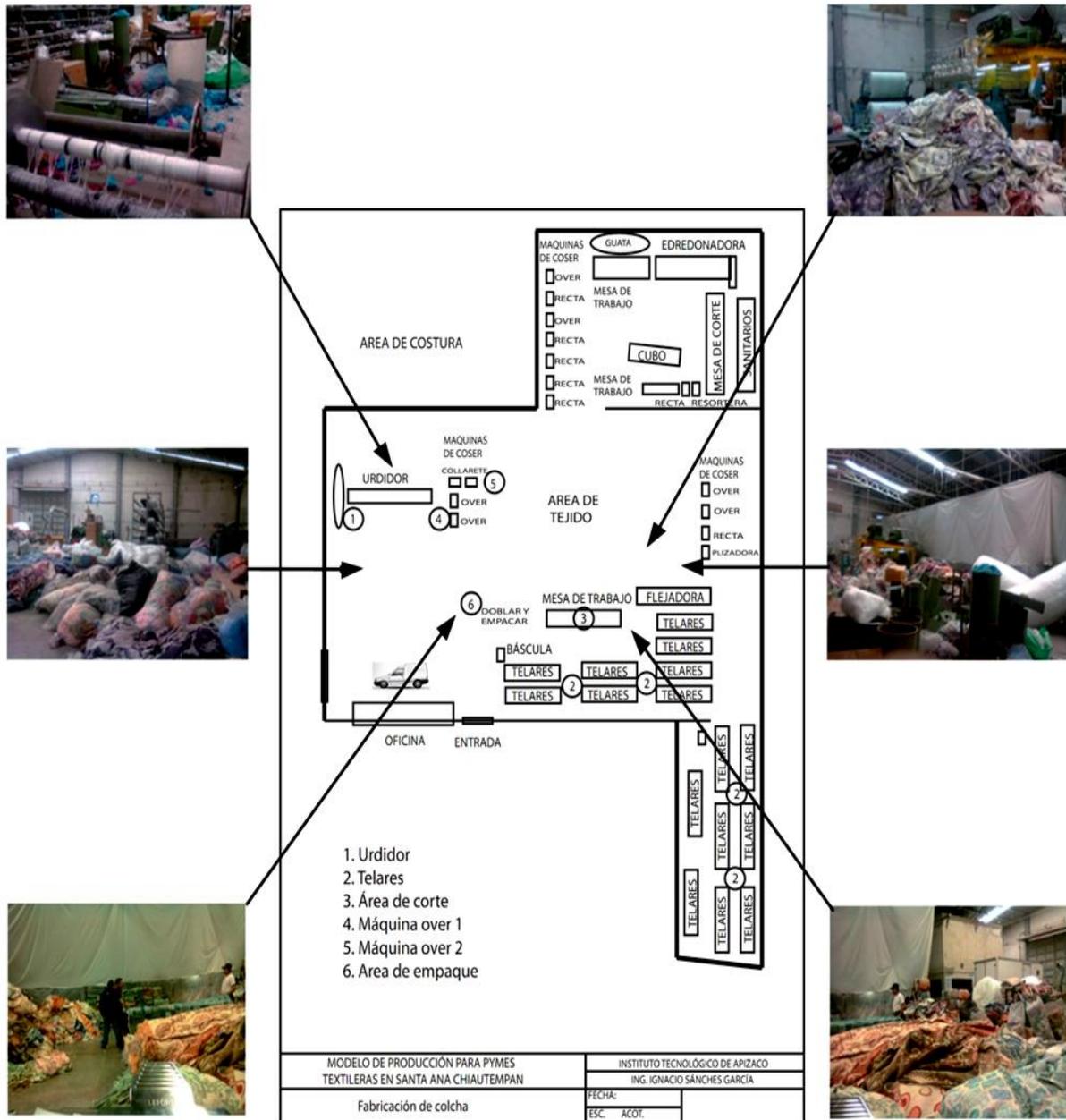


Figura 23. Representación gráfica de las áreas clave en la implementación de las 5'S en la empresa caso de estudio A. Fuente: Elaboración propia.

A continuación se mostrará en la figura 24, sólo una propuesta en la metodología para la implementación de la técnica 5S, ya que no se llegó a la ejecución de la misma.

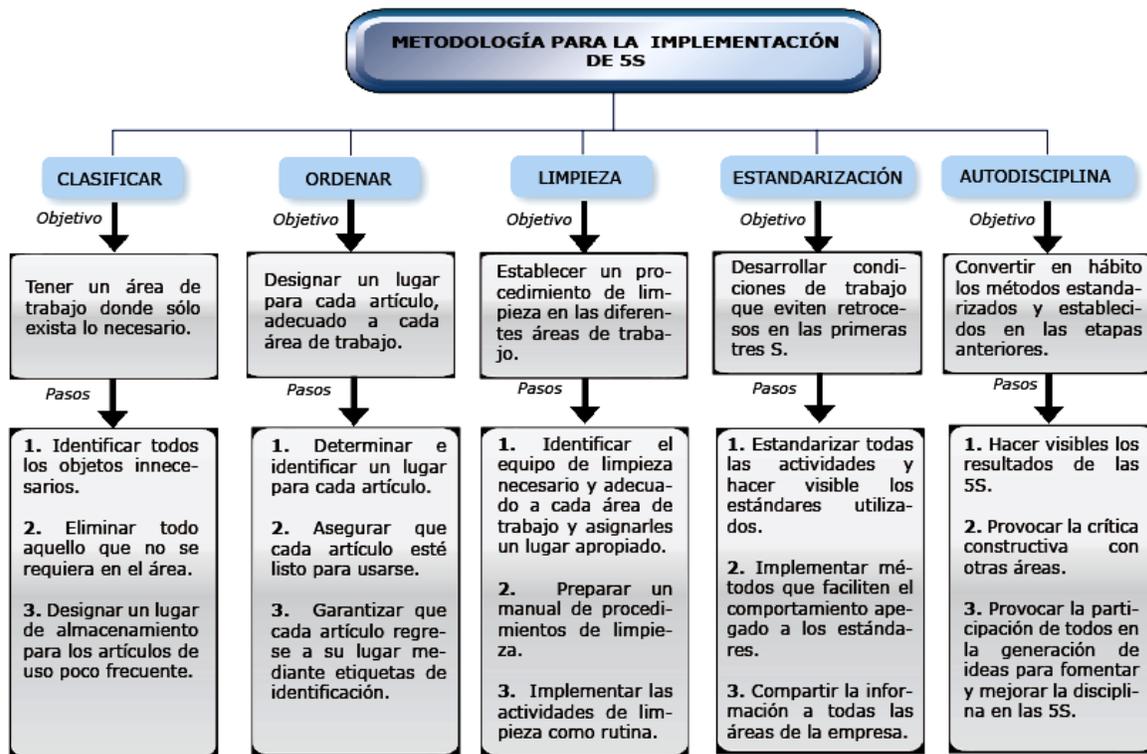


Figura 24. Objetivos y pasos de cada etapa en la implementación de las 5S, a la empresa caso de estudio A. Fuente: Elaboración propia

### Actividades a realizar en el desarrollo de las 5S:

- Plan de comunicación y capacitación a empleados de toda la empresa para el desarrollo y aplicación de la metodología.
- *Clasificar*: En la primera etapa se eliminarán aquellos materiales que no se utilizan en planta, tales como: Pedazos de tela, cajas vacías, basura, madera, entre otros. La selección e identificación de los artículos se hará mediante el uso de tarjetas rojas.
- *Ordenar*: Hay constantes cambios de lugar en máquinas de coser, herramientas y mesas de corte debido a una mala planificación en la ubicación de la maquinaria, por lo que se determinará un lugar óptimo para cada cosa, con etiquetas de identificación y ayudas visuales como apoyo.

- Limpieza: Uno de los principales agentes de suciedad son el polvo y la pelusa generada por el proceso mismo de producción. Se establecerá un plan de limpieza de modo tal que cada trabajador deje en correctas condiciones su área de trabajo al terminar cada turno y se tomarán medidas para disminuir la esparcimiento de pelusa generada en procesos cercanos al área de fabricación de la colcha.
- Estandarización y disciplina: Se buscará mantener lo logrado con el desarrollo de las etapas anteriores y lograr la mejora continua.

### **Seguimiento y medición del proceso 5's**

Recordemos que las pymes de estudio difícilmente tienen acceso a profesionales que pudieran auditar sus sistemas, por lo cual, la medición para conocer el nivel de implementación del modelo, se realizará a través de las autoevaluaciones.

Esta herramienta permitirá medir la evolución de lo realizado teniendo en cuenta los objetivos grupales fijados para el área de responsabilidad, en este caso los dueños de la planta. Lo que se medirá es el estado inicial de cada una de las "S", y periódicamente, cada 3 o 4 meses, el estado en que se encuentran (Rey, 2005). Es necesario definir qué valor se asigna a cada punto a evaluar, por lo que se recomienda utilizar las mismas herramientas que va a utilizar el auditor para reducir la subjetividad. Para ello se propone un formato de evaluación para su seguimiento en la implementación. Los criterios son muy simples, van desde Excelente con puntuación de 3 a No satisfactorio con puntuación de 0, las puntuaciones más bajas son aquellas que necesitaran de más atención en su aplicación, ver figura 25.

<b>EVALUACIÓN DE LAS 5S</b>		
Fecha de evaluación: _____		Área evaluada: _____
Criterios de evaluación: 3= Excelente 2= Satisfactorio 1= Regular 0= No satisfactorio		
Elementos	Puntos	Observaciones
<b>ORGANIZACIÓN</b>		
1. Se tiene sólo la documentación actualizada.		
2. Están identificados los materiales necesarios e innecesarios.		
4. ¿Existen cables, cajas y objetos en el área de circulación?		
ORGANIZACIÓN: PUNTAJE TOTAL		
<b>ORDEN</b>		
1. Existe un listado de material necesario.		
2. Se han definido los materiales de uso común y se conoce su ubicación.		
3. Están bien ordenados cajones, anaqueles, cajas de herramientas, mesas de trabajo, etcétera, del área.		
ORDEN: PUNTAJE TOTAL		
<b>LIMPIEZA</b>		
1. Están limpias las paredes, suelos, máquinas, mesas de trabajo y no hay objetos sueltos ni rotos en el área.		
2. Se han revisado y eliminado las fuentes de suciedad de la zona: almacén, oficinas, áreas de producción.		
3. Hay utensilios de limpieza en lugares accesibles.		
4. Se cumplen los programas de limpieza establecidos.		
LIMPIEZA: PUNTAJE TOTAL		
<b>ESTANDARIZAR</b>		
1. ¿Se están aplicando correctamente las 3 primeras S?		
2. ¿Se mantienen las condiciones básicas de limpieza por medio de un procedimiento bien definido?		
3. ¿Se hacen mejoras en los procedimientos?		
ESTANDARIZAR: PUNTAJE TOTAL		
<b>DISCIPLINA Y HÁBITO</b>		
1. Existen indicadores 5S actualizados, con buen nivel y evolución favorable.		
2. Se ejecutan las acciones correctoras y en el plazo previsto.		
3. Se valora la eficacia del sistema 5S y se hacen mejoras		
DISCIPLINA Y HABITO: PUNTAJE TOTAL		
<b>TOTAL 5S: PUNTOS</b>		

Figura 25. Propuesta de un formato de evaluación, para el seguimiento y medición de las 5S.  
Fuente: Elaboración propia

## Paso 2- Implementación de Procesos Flexibles

La flexibilidad de los sistemas de manufactura está en función del manejo de materiales, de almacenamiento y de recuperación del producto.

Pasillo PEPS (primero en entrar, primero en salir).

Como se puede observar en la figura 22, desde el proceso de marcado de colcha, hasta la colocación de collarete y etiqueta del producto terminado, existen inventarios en proceso de un día, que se puede reducir mediante la técnica PEPS (primeras entradas, primeras salidas). Para la aplicación de ésta herramienta Lean, se debe calcular cierta cantidad de inventario entre el proceso suministro y el de salida. Si se llena el pasillo PEPS, el proceso suministro debe dejar de producir hasta que el cliente haya consumido parte del inventario, así se podría mejorar el flujo de trabajo manteniendo el inventario entre procesos en baja cantidad y en control. Debido a que no se hizo el análisis sobre las cantidades máximas a manejar en el pasillo PEPS, sólo se menciona como área de oportunidad de mejora a futuro.



Figura 26. Oportunidad de mejora aplicando pasillos PEPS entre procesos. Fuente: Elaboración propia.

### Técnica: KANBAN

La aplicación de tarjetas KANBAN obligará a cada fase del proceso a finalizar su tarea correctamente, y acabar con la saturación que puede darse en una fase del proyecto en condiciones normales. Ésta técnica ayudará al pasillo PEPS a mantener el nivel y flujo correcto entre cada etapa del proceso.

En el VSM actual podemos observar como con la utilización de Kanban dentro del proceso productivo podemos reducir los niveles de inventario y mejorar el flujo de proceso.

La figura 27, muestra la primera parte en la implementación de la tarjeta Kanban. Al llegar la materia prima a un supermercado, en ése instante lanza una tarjeta kanban de orden de producción al proceso al mismo tiempo a través de un puesto de kanban, el kanban de retiro da la señal al departamento o persona

encargada de la planeación, para hacer el pedido de materia prima para el siguiente periodo de producción. La segunda tarjeta kanban dará la señal antes de terminar de tejer el julio, avisando al primer proceso a trabajar y enviando así de nuevo la señal a producción de pedir materia prima como se ve en la figura 28.

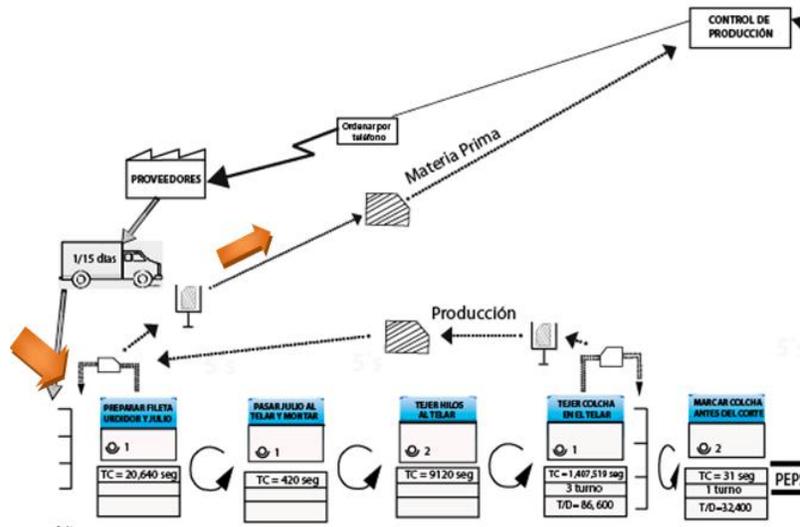


Figura 27. Propuesta de implementación kanban, primera tarjeta. Planta A. Fuente: Elaboración propia.

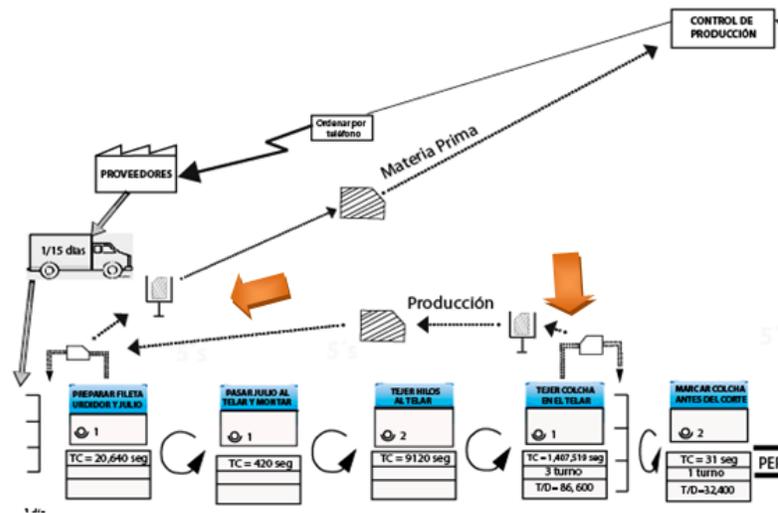


Figura 28. Propuesta de implementación kanban, segunda tarjeta. Planta A. Fuente: Elaboración propia.

La tercera tarjeta kanban, figura 29, nos dará la señal de entrega de producto terminado al cliente, sólo cuando se haya cumplido la cantidad que ha sido solicitada por el cliente.

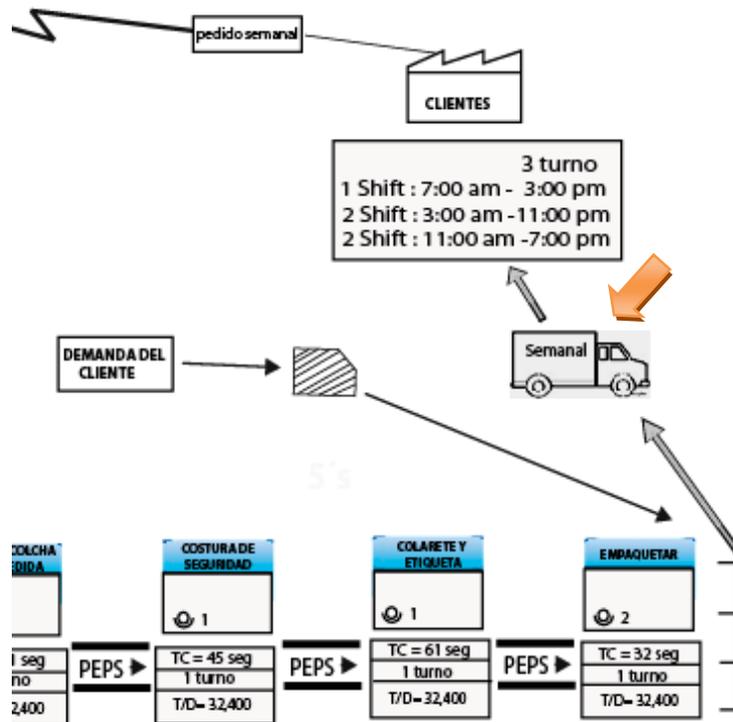


Figura 29. Propuesta de implementación kanban, tercera tarjeta. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 30 se muestra como funciona todo el sistema Kanban en todo el proceso de manufactura de la colcha a través del VSM futuro.

El Lead Time actual de 65.6 días puede llegar a reducirse a 22.6 días, que representa un porcentaje del 34.5% menos en el tiempo que se necesita para que una pieza recorra el proceso de principio a fin.

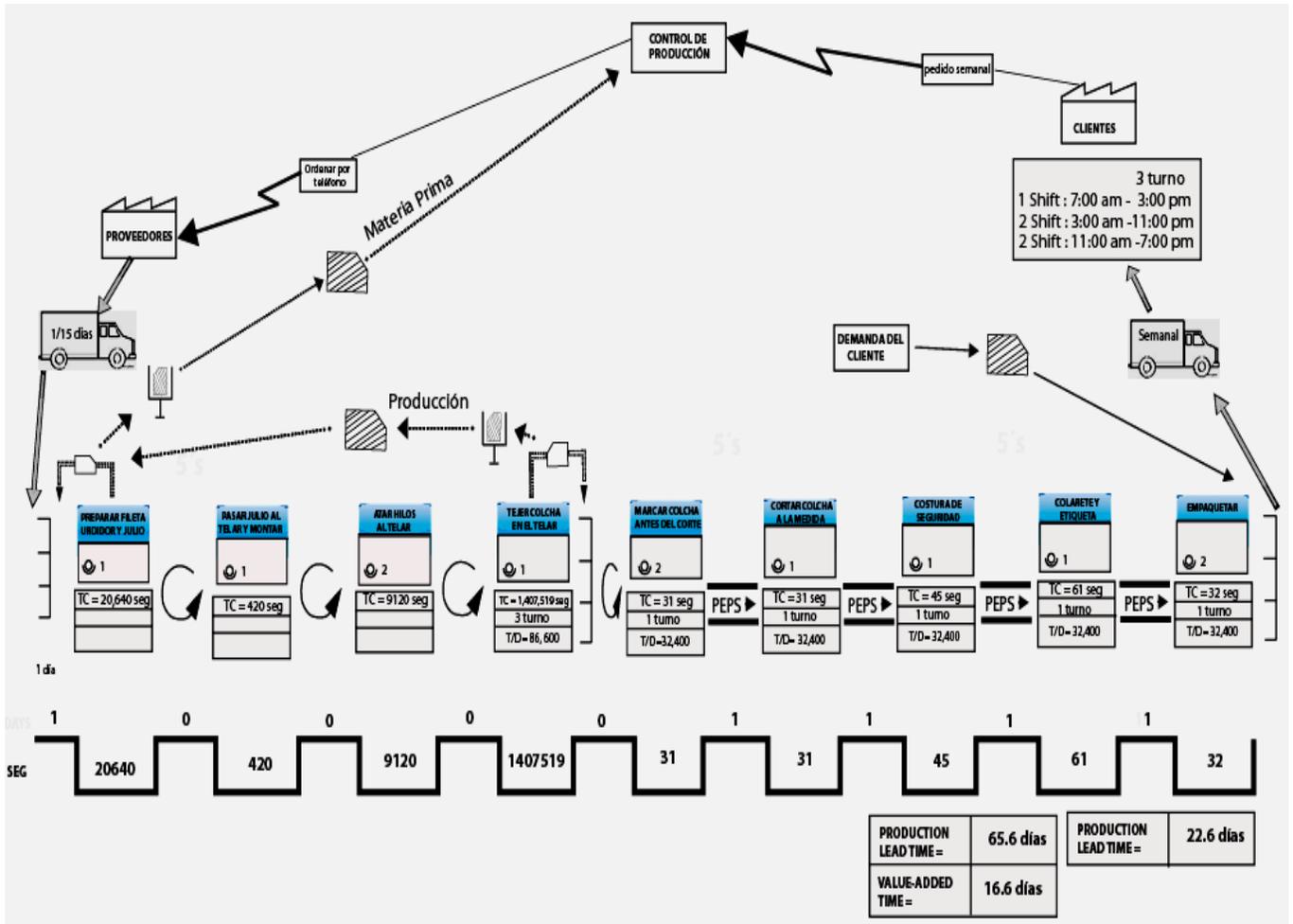


Figura 30. Mapa de la cadena de valor para la elaboración de un lote de 742 piezas de colcha matrimonial en la empresa caso de estudio A. Fuente: Elaboración propia.

### Paso 3- Implementación de Procesos Confiables

La calidad, productividad y rentabilidad de ésta empresa estará sustentada en los altos niveles de confiabilidad en los procesos. Por lo que la implementación y ejecución de éstas técnicas darán la seguridad en el funcionamiento.

#### **Técnica: Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Uno de los problemas de la empresa caso de estudio, es el paro de telares debido a que no cuentan con un programa de mantenimiento eficaz, por lo que con un TPM, se buscará eliminar las pérdidas por tiempos de paro en las máquinas.

Debido a falta de información y tiempo suficiente para la realización de una propuesta concreta, se deja como plan de mejora a futuro en las siguientes investigaciones.

#### **Etapa 4. Simulación del programa maestro de producción (MPS)**

El área de operaciones necesita de información de otras áreas funcionales para desarrollar el MPS con el cual sea posible alcanzar los objetivos y las metas de las organizaciones incorporadas al plan de producción de colchas. Algunos datos requeridos para éste análisis no fueron posible obtenerse hasta la etapa de implementación y control (el cuál no abarca ésta investigación), sin embargo se presentarán formatos que podrán usarse por las empresas caso de estudio es su posterior desarrollo. Debemos tener en cuenta que aún cuando los programas maestros de producción estén sometidos a continua revisión, los cambios deberán hacerse con pleno conocimiento de sus consecuencias. Con frecuencia, los cambios introducidos al MPS requieren recursos adicionales, como cuando se incrementa la cantidad de pedido de un producto. Los elementos que se ocuparon para el desarrollo de la etapa 4 y 5 fueron basados en Chapman (2006) y Sipper y Bulfin (1998).

#### **Desarrollo de un programa maestro de producción (MPS)**

##### *Elementos del MPS*

Los elementos a considerar para el plan maestro de producción estarán dados de acuerdo a la información que se presentan:

Horizonte de planificación: Nueve meses

Capacidad de planta: Capacidad estimada de acuerdo al Lead Time del VSM futuro.

Lead Time: 22.6 días, para efectos de la simulación se redondeara a 22 días, tratando de evitar un desbaste de un día.

Maquinaria: 16 telares Jacquard

Turnos: 3

Piezas por lote: 742 por Julio

Cantidades a fabricar: Pronósticos de ventas

Nivel de Inventario: Se definirá al momento de la implementación de acuerdo a políticas de la empresa.

A continuación se desarrollará un plan de producción, estimando la demanda y la cantidad a producir. Los datos de la demanda son dados por los pronósticos de ventas y la cantidad a producir tomando como base el lead time mejorado. El inventario inicial está considerado como valor cero para propósito de un ejemplo de aplicación, sin embargo se pueden ajustar con los datos reales ya en la etapa de implementación y ejecución, el cual no abarca ésta investigación.

Si 742 colchas son fabricadas en 22.6 días, se estarían fabricando 32.8 piezas por día / telar. Si consideramos 16 telares y 26 días promedio laborables al mes, podemos definir la capacidad de producción al mes de 13,658 piezas.

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3		MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
4		ABRIL	8272	0	13658	=(E4+D4)-C4

En la tabla 5 podemos observar el comportamiento del inventario final con una cantidad constante a producir de 13658 piezas por mes (capacidad máxima), dando como resultado un promedio de 27,188 unidades en almacén.

Tabla 5. Plan de producción con cantidad fija de 13,658 unidades por mes.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	8272	0	13658	5387
MAYO	7980	5387	13658	11064
JUNIO	8839	11064	13658	15883

JULIO	8037	15883	13658	21504
AGOSTO	8745	21504	13658	26417
SEPTIEMBRE	8631	26417	13658	31445
OCTUBRE	7802	31445	13658	37301
NOVIEMBRE	7743	37301	13658	43216
DICIEMBRE	8797	43216	13658	48077
<b>PROMEDIO</b>				<b>26699</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

En las siguientes tablas (6 a 9), se desarrollarán los planes de producción con diferentes cantidades a producir con la finalidad de encontrar la estrategia más óptima en base a la menor cantidad de inventario final.

Tabla 6. Plan de producción con cantidad fija de 9000 unidades por mes.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	8272	0	9000	729
MAYO	7980	729	9000	1748
JUNIO	8839	1748	9000	1909
JULIO	8037	1909	9000	2872
AGOSTO	8745	2872	9000	3127
SEPTIEMBRE	8631	3127	9000	3497
OCTUBRE	7802	3497	9000	4695
NOVIEMBRE	7743	4695	9000	5952
DICIEMBRE	8797	5952	9000	6155
<b>PROMEDIO</b>				<b>3409</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 7. Plan de producción con cantidad variable.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	8272	0	13658	5387
MAYO	7980	5387	8000	5406
JUNIO	8839	5406	8000	4567
JULIO	8037	4567	8000	4530
AGOSTO	8745	4530	8000	3785
SEPTIEMBRE	8631	3785	8000	3155
OCTUBRE	7802	3155	8000	3353
NOVIEMBRE	7743	3353	8000	3610
DICIEMBRE	8797	3610	8000	2813
<b>PROMEDIO</b>				<b>4067</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 8. Plan de producción con cantidad fija de 8500 unidades por mes.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	8272	0	8500	229
MAYO	7980	229	8500	748
JUNIO	8839	748	8500	409
JULIO	8037	409	8500	872
AGOSTO	8745	872	8500	627
SEPTIEMBRE	8631	627	8500	497
OCTUBRE	7802	497	8500	1195
NOVIEMBRE	7743	1195	8500	1952
DICIEMBRE	8797	1952	8500	1655
<b>PROMEDIO</b>				<b>909</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 9. Plan de producción con cantidad variable.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	8272	0	8272	0
MAYO	7980	0	8000	20
JUNIO	8839	20	8000	-819
JULIO	8037	-819	8000	-856
AGOSTO	8745	-856	8000	-1601
SEPTIEMBRE	8631	-1601	8000	-2232
OCTUBRE	7802	-2232	8000	-2033
NOVIEMBRE	7743	-2033	8000	-1777
DICIEMBRE	8797	-1777	8000	-2573
<b>PROMEDIO</b>				<b>-1319</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Como se pudo observar en la tabla 8, la solución óptima es un plan de producción constante de 8500 unidades por periodo ya que maneja un inventario promedio de 909 piezas, una cantidad menor a producir (tabla 9), podría provocar un problema de desabasto la cuál sería un problema grave al cubrir la demanda del cliente. Las iteraciones y las combinaciones pueden darse de diferentes formas, todo dependerá de la estrategia a seguir por la empresa en cada uno de los periodos. Para efecto de la investigación y de la modelación del sistema productivo se tomarán los datos antes mencionados como muestra óptima.

## Etapa 5. Simulación MRP

### Lista de Materiales, BOM (Bill of Materials)

Las listas de materiales constituirán el núcleo fundamental del sistema de información en el que se sustenta el sistema de programación y control de la producción. Deben organizarse para satisfacer de forma inmediata todas las necesidades del mismo, incluyendo entre estas, la de facilitar el conocimiento permanente y exacto de todos los materiales que se emplean en la fabricación de la colcha, los plazos de producción, su costo y el control de las existencias.



Figura 31. Bill of materials, empresa caso de estudio A. Fuente: Elaboración propia.

### Cálculo de necesidades netas del MRP

Necesidades Brutas (NB): Demanda de fabricación de los productos, para los productos finales

Disponibilidad (D): Stock inicial del producto final

Necesidades Netas (NN): Cantidad que realmente debemos de realizar para satisfacer las necesidades brutas, teniendo en cuenta la Disponibilidad (D). Se calculará de la siguiente manera:

1. Si la disponibilidad es mayor que 0;  $NN = NB - D$
2. Si la disponibilidad es igual a 0;  $NN = NB$

Como hemos visto en el desarrollo del MPS y debido a las restricciones del proceso, la producción (PR) será constante, sin embargo la diferencia entre PR y NN será considerada como D para el periodo siguiente o en su caso servir como Buffer Stock (BS) en caso de algún cambio imprevisto de la demanda (tabla 10).

Tabla 10. Calculo MRP con la demanda pronosticada para 2015.

Código	MESES								
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NB	8272	7980	8839	8037	8745	8631	7802	7743	8797
D	0	228	748	409	872	627	496	1194	1951
NN	8272	7752	8091	7628	7873	8004	7306	6549	6846
PR	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500
BS	228	748	409	872	627	496	1194	1951	1654

Fuente: Elaboración propia, 2015.

*Mes de Abril:* La necesidad bruta (demanda pronosticada), es de 8272 unidades, no contamos con una disponibilidad (D) del periodo anterior, por lo tanto nuestra necesidad neta es de las 8272 unidades. Ya que la producción es constante a 8500 piezas, se generará un Buffer Stock de 228 unidades que también pueden servir para el siguiente periodo.

$$NN = NB - D; NN = 8272 - 0; NN = 8272$$

$$BS = PR - NN; BS = 8500 - 8272; BS = 228$$

*Mes de Mayo:* La necesidad bruta es de 7980 unidades, contamos con una disponibilidad (D) del periodo anterior de 228, por lo tanto nuestra necesidad neta es de las 7752 unidades. Ya que la producción es constante a 8500 unidades, se generará un Buffer Stock de 748 unidades que también pueden servir para el siguiente periodo.

$$NN = NB - D; NN = 7980 - 228; NN = 7752$$

BS=PR-NN; BS=8500-7752; BS=748

Y así para los siguientes periodos.

### **LEAD TIME - EMISIÓN DE ORDENES PLANIFICADAS.**

El último paso a aplicar es convertir las Necesidades Netas (NN) en Emisión de Órdenes Programadas (EOP) mediante el Lead Time.

La Emisión de Órdenes Planificadas (EOP) consiste en indicar la cantidad y la fecha a la cual se ha de lanzar el aviso de fabricación o compra para cumplir las necesidades netas, la EOP se calcula trasladando en tiempo las cantidades resultantes del cálculo de las Necesidades Netas, dicha traslación viene definido por el Lead Time (tabla 11).

Consideramos por tanto que el Lead Time basado en el VSM futuro nos da un tiempo de 22.6 días, con lo cual las Emisiones de Ordenes Planificadas (EOP) se calcularían trasladando en tiempo 22 días hábiles las Necesidades de producción (PR) para las simulaciones que siguen.

Tabla 11. Emisiones de Ordenes Planificadas (EOP), para 2015.

Código	MESES									
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
NB	8272	7980	8839	8037	8745	8631	7802	7743	8797	
D	0	228	748	409	872	627	496	1194	1951	
NN	8272	7752	8091	7628	7873	8004	7306	6549	6846	
PR	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	
BS	228	748	409	872	627	496	1194	1951	1654	
EOP	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	0

Fuente: Elaboración propia, 2015.

*Nota:* A modo de ejemplo, si consideramos mantener “0” inventarios (BS), las Emisiones de Ordenes Planificadas (EOP) se calcularían trasladando en tiempo a 22 días hábiles las Necesidades netas (NN) y no las Necesidades de producción (PR), como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Emisiones de Ordenes Planificadas (EOP) con inventarios 0, para 2015.

Código	MESES									
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
NB	8272	7980	8839	8037	8745	8631	7802	7743	8797	
D	0	228	748	409	872	627	496	1194	1951	
NN	8272	7752	8091	7628	7873	8004	7306	6549	6846	
PR	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	
BS	228	748	409	872	627	496	1194	1951	1654	
<b>EOP</b>	<b>7752</b>	<b>8091</b>	<b>7628</b>	<b>7873</b>	<b>8004</b>	<b>7306</b>	<b>6549</b>	<b>6846</b>	<b>0</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## EXPLOSIÓN MRP.

La explosión del MRP no es más que aplicar los anteriores pasos a los artículos que pertenecen a los niveles inferiores de la lista de materiales, pero teniendo en cuenta que ahora las Necesidades brutas de los artículos, son las Emisiones de Ordenes Planificadas (EOP) del nivel superior.

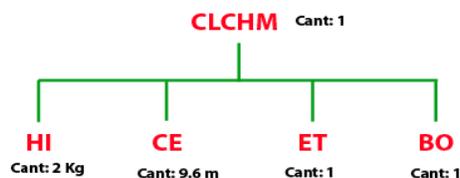


Figura 32. Explosión MRP, empresa caso de estudio A. Fuente: Elaboración propia.

## Hilo

De acuerdo al hilo requerido para una pieza de colcha, las necesidades brutas son calculadas de la siguiente manera:

Cantidad: 2 Kg

$NB = EOP * 2$ ;  $NB = 8500 * 2$ ;  $NB = 17000 \text{ Kg}$

Safety Stock (SS)= 742 pzas (lote) \* 2kg; SS= 1484 Kg por cada 22 días hábiles (periodo de producción dado por el lead time).

Considerando un Stock de Seguridad de un lote, calcularemos las necesidades netas de hilo aplicando las 2 reglas descritas con anterioridad:

1. Si la disponibilidad es mayor que 0;  $NN = NB - D + SS$
2. Si la disponibilidad es igual a 0;  $NN = NB$

Para éste ejemplo, utilizaremos una D igual a 7000 Kg para simular el primer periodo, ver tabla 13.

Tabla 13. MRP de hilo, periodo 2015.

Código	MESES									
	HI	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NB		17000	17000	17000	17000	17000	17000	17000	17000	17000
D		7000	0	0	0	0	0	0	0	0
SS		1484	1484	1484	1484	1484	1484	1484	1484	1484
<b>NN</b>		<b>11484</b>								

Fuente: Elaboración propia, 2015.

$NN = 17000 - 7000 + 1484$ ;  $NN = 11484$  Kg

Si para el siguiente periodo la D es igual a cero, la NN tendrá el valor de NB, sino, se ocupará la fórmula anterior.

### Cinta Elástica

De acuerdo a los metros requeridos para una pieza de colcha, las necesidades brutas son calculadas de la siguiente manera:

Cantidad: 9.6 m

$NB = EOP * 9.6$  m;  $NB = 8500 * 9.6$  m;  $NB = 81600$  m

Safety Stock (SS)= 742 pzas (lote) \* 9.6 m; SS= 7124 m por cada 22 días hábiles (periodo de producción dado por el lead time).

Considerando un Stock de Seguridad de un lote, calcularemos las necesidades netas de cinta aplicando las 2 reglas descritas con anterioridad:

1. Si la disponibilidad es mayor que 0;  $NN = NB - D + SS$
2. Si la disponibilidad es igual a 0;  $NN = NB$

Para éste ejemplo, utilizaremos una D igual a 10000 m para simular el primer periodo, ver tabla 14.

Tabla 14. MRP de la cinta elástica, periodo 2015.

Código	MESES									
	CE	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NB		81600	81600	81600	81600	81600	81600	81600	81600	81600
D		10000	0	0	0	0	0	0	0	0
SS		7124	7124	7124	7124	7124	7124	7124	7124	7124
<b>NN</b>		<b>78724</b>								

Fuente: Elaboración propia, 2015.

$$NN = 81600 - 10000 + 7124; NN = 11484 \text{ Kg}$$

Si para el siguiente periodo la D es igual a cero, la NN tendrá el valor de NB, sino, se ocupará la fórmula anterior.

### Etiquetas

De acuerdo a las piezas requeridas para la elaboración de la colcha, las necesidades brutas son calculadas de la siguiente manera:

Cantidad: 1 pza

$$NB = EOP * 1 \text{ pza}; NB = 8500 * 1 \text{ pza}; NB = 8500 \text{ piezas.}$$

Safety Stock (SS)= 742 pzas (lote) \* 1 pza; SS= 742 pzas por cada 22 días hábiles (periodo de producción dado por el lead time).

Considerando un Stock de Seguridad de un lote, calcularemos las necesidades netas de etiquetas aplicando las 2 reglas descritas con anterioridad:

1. Si la disponibilidad es mayor que 0;  $NN = NB - D + SS$
2. Si la disponibilidad es igual a 0;  $NN = NB$

Para éste ejemplo, utilizaremos una D igual a 1000 piezas para simular el primer periodo, ver tabla 15.

Tabla 15. MRP de las etiquetas, periodo 2015.

Código	MESES									
	ET	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NB		8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500
D		1000	0	0	0	0	0	0	0	0
SS		742	742	742	742	742	742	742	742	742
<b>NN</b>		<b>8242</b>								

Fuente: Elaboración propia, 2015.

$NN = 8500 - 1000 + 742$ ;  $NN = 8242$  piezas

Si para el siguiente periodo la D es igual a cero, la NN tendrá el valor de NB, sino, se ocupará la fórmula anterior.

### Bolsa

De acuerdo a las piezas requeridas para la elaboración de la colcha, las necesidades brutas son calculadas de la siguiente manera:

Cantidad: 1 pza

$NB = EOP * 1$  pza;  $NB = 8500 * 1$  pza;  $NB = 8500$  piezas.

Safety Stock (SS)= 742 pzas (lote) \* 1 pza; SS= 724 pzas por cada 22 días hábiles (periodo de producción dado por el lead time).

Considerando un Stock de Seguridad de un lote, calcularemos las necesidades netas de bolsa aplicando las 2 reglas descritas con anterioridad:

1. Si la disponibilidad es mayor que 0;  $NN = NB - D + SS$
2. Si la disponibilidad es igual a 0;  $NN = NB$

Para éste ejemplo, utilizaremos una D igual a 1000 piezas para simular el primer periodo, ver tabla 16.

Tabla 16. MRP de la bolsa, periodo 2015.

Código	MESES									
	BO	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
NB		8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500	8500
D		1000	0	0	0	0	0	0	0	0
SS		742	742	742	742	742	742	742	742	742
<b>NN</b>		<b>8242</b>								

Fuente: Elaboración propia, 2015.

$NN = 8500 - 1000 + 742$ ;  $NN = 8242$  piezas

Si para el siguiente periodo la D es igual a cero, la NN tendrá el valor de NB, sino, se ocupará la fórmula anterior.

## EOP

El último paso de la explosión del MRP sería aplicar el Lead Time para calcular las EOP de cada artículo, la explosión final quedaría como en la tabla 17. Las EOP deberán emitirse un periodo anterior y de ahí cada emisión estará definida por el Lead Time. El caso es el mismo para todos los componentes que intervienen en la fabricación del producto.

Tabla 17. EOP periodo 2015.

Código	MESES										
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	L.T.= 22 Días	
NB		17000	17000	17000	17000	17000	17000	17000	17000	17000	
D		7000	0	0	0	0	0	0	0	0	
SS		1484	1484	1484	1484	1484	1484	1484	1484	1484	
NN		11484									
<b>EOP</b>	<b>11848</b>										

Fuente: Elaboración propia, 2015.

### Modelo PyCP desarrollado. Planta A.

A continuación se presenta en la figura 33, el modelo final propuesto para la empresa caso de estudio A, para el periodo 2015. En el se muestran los datos resultados del desarrollo del modelo de PyCP. En cada etapa se observa la secuencia del proceso a seguir en la recolección de datos, herramientas y técnicas a utilizar, e información necesaria para llevar a cabo una planeación de la producción que permita optimizar los recursos de la empresa

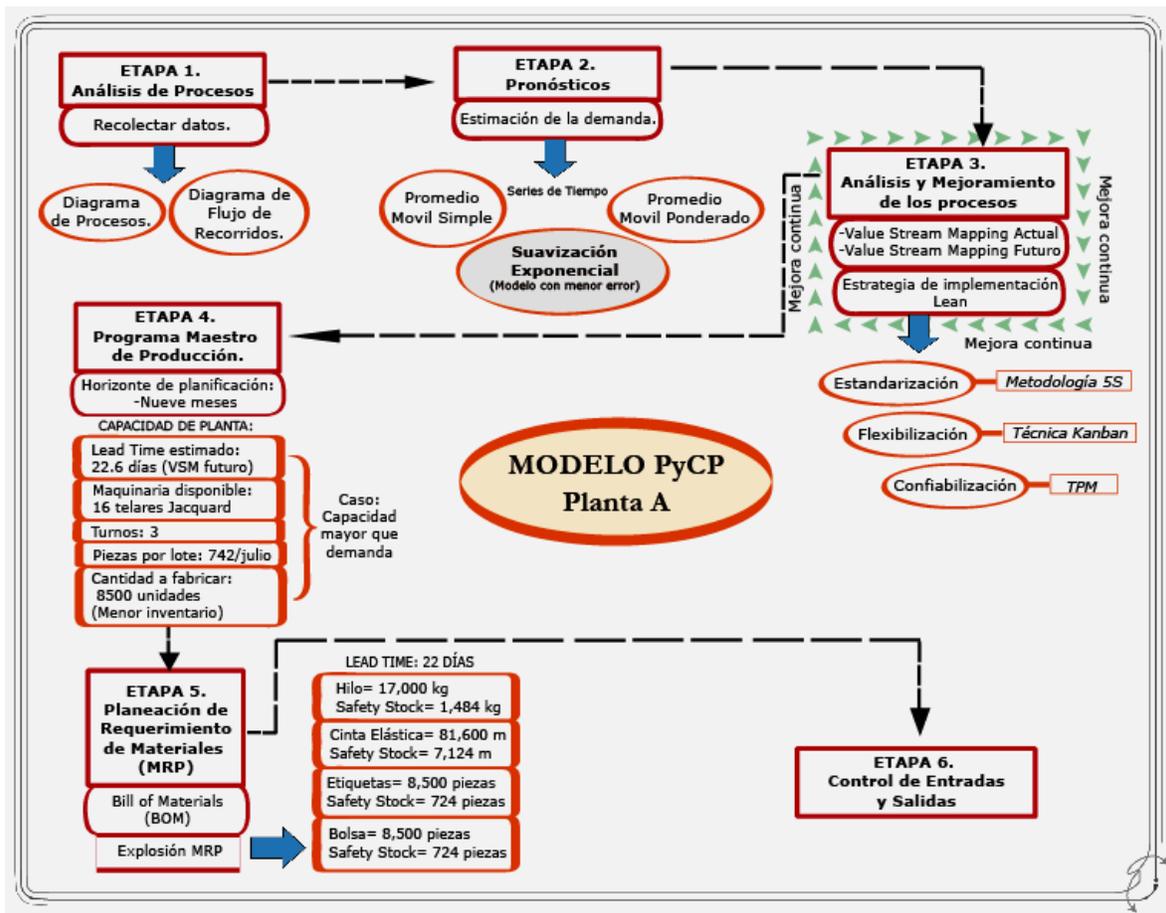


Figura 33. Modelo final PyCP, empresa caso de estudio A. Fuente: Elaboración propia.

### **Resumen de actividades realizadas. Planta A**

1. Se re-diseño un modelo de plan y control de la producción, integrando Lean manufacturing y análisis de procesos en los elementos que lo componen.
2. Se hizo el análisis de los procesos productivos para la elaboración de la colcha, en la cual se elaboraron diagramas de procesos y diagramas de recorridos.
3. Se pronosticaron las demandas para los meses de Abril a Diciembre del 2015 en base a una demanda real del 2014.
4. Se realizó el mapeo de la cadena de valor en el proceso de la fabricación de la colcha en donde se identificaron las áreas de oportunidad de mejora.
5. Se propuso una metodología para la implementación de 5S
6. Se hace la simulación de un sistema kanban a través del VSM futuro, que permita la reducción de inventarios.
7. Se reduce el Lead Time de 65.6 días a 22.6 días, que representa un 34.5% menos en el tiempo que se necesita para que una pieza recorra el proceso de principio a fin.
8. Se simula un programa maestro de producción (MPS) en Excel, donde se trabaja con un bajo inventario.
9. Se simula un sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP) que permita calcular el nivel de existencias tanto de producto terminado, como de cada uno de los componentes de la colcha óptimo en base a un nivel bajo de inventarios.

## EMPRESA CASO DE ESTUDIO “B”

### Etapa 1. Análisis de los procesos

#### *Herramientas para la recolección de datos*

Se emplearán los siguientes diagramas para la obtención de datos en ésta primera etapa, siguiendo el procedimiento empleado en el primer caso de estudio.

#### *Diagrama de procesos*

Los tiempos obtenidos para la construcción del diagrama nos servirán como base para la construcción del VSM en la etapa tres. El proceso de fabricación de la empresa B (figura 34), es similar al de la empresa A. La única actividad agregada con respecto al primer caso, es el proceso de afelpado que se hace a través de una contratación externa.

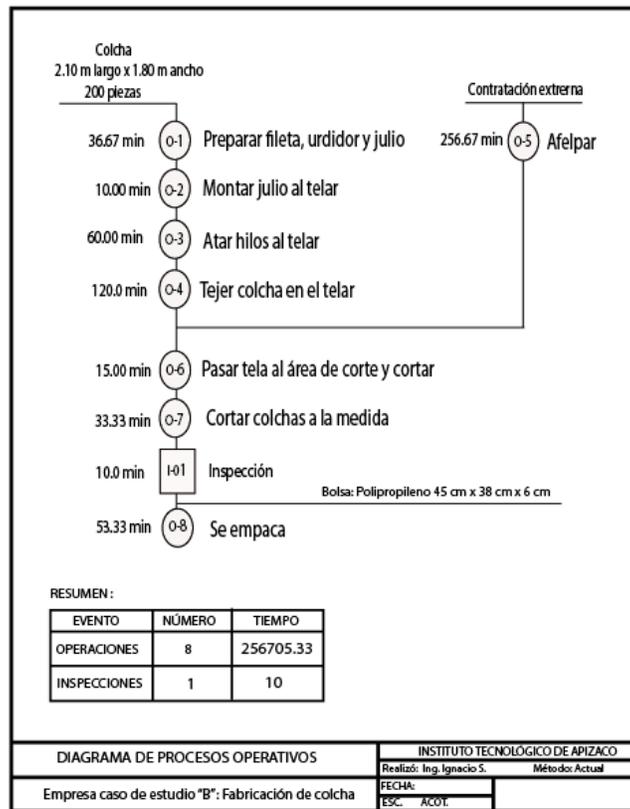


Figura 34. Diagrama de procesos, planta B. Fuente: Elaboración propia, 2015.

## Diagramas de flujo de recorridos

La figura 35 muestra el proceso desde la fabricación de hilo, sin embargo para efecto de la investigación, el proceso a estudiar será desde el proceso siete mostrado en el siguiente diagrama.

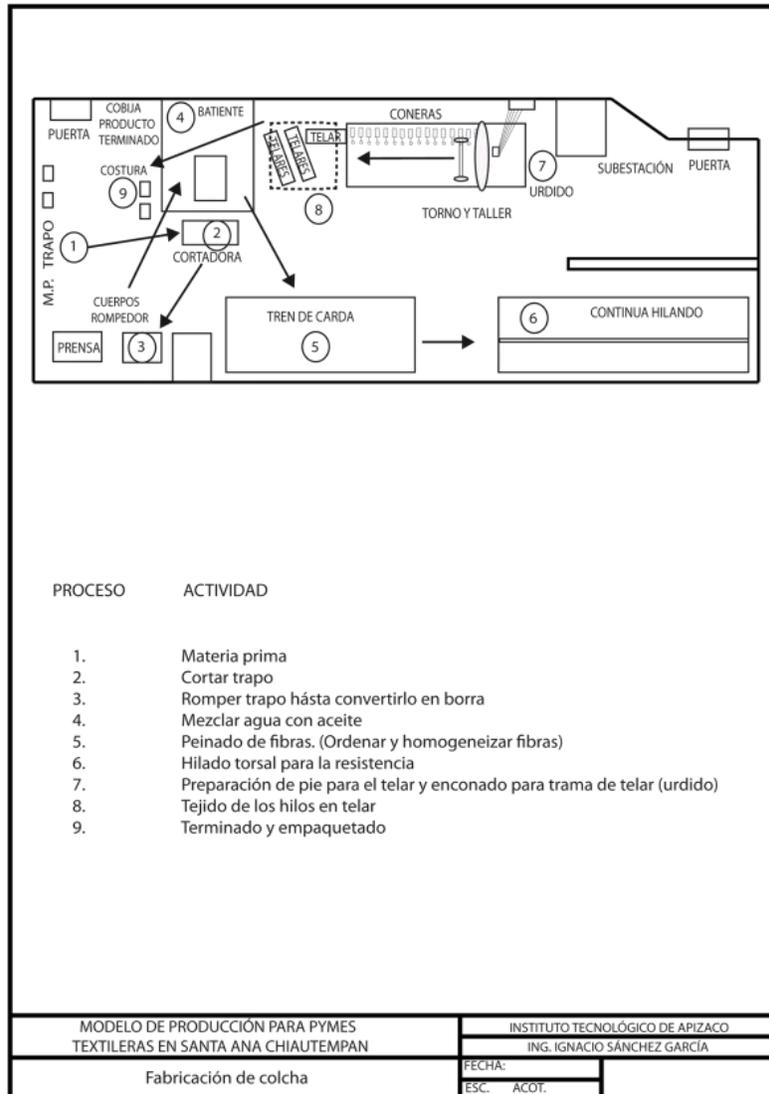


Figura 35. Diagrama de flujo de recorridos, planta B. Fuente: Elaboración propia, 2015.

## Etapa 2. Pronósticos

Para el sistema de producción, es importante conocer el pronóstico de la demanda del producto terminado, colcha, con el fin de decidir cuánto producir. Los datos con

los que se trabajará para el sistema de planificación será la demanda real del año 2014 para la pyme de estudio.

El enfoque de los pronósticos es de series de tiempo, y los pasos para llevar a cabo estos se muestran en la figura 36.

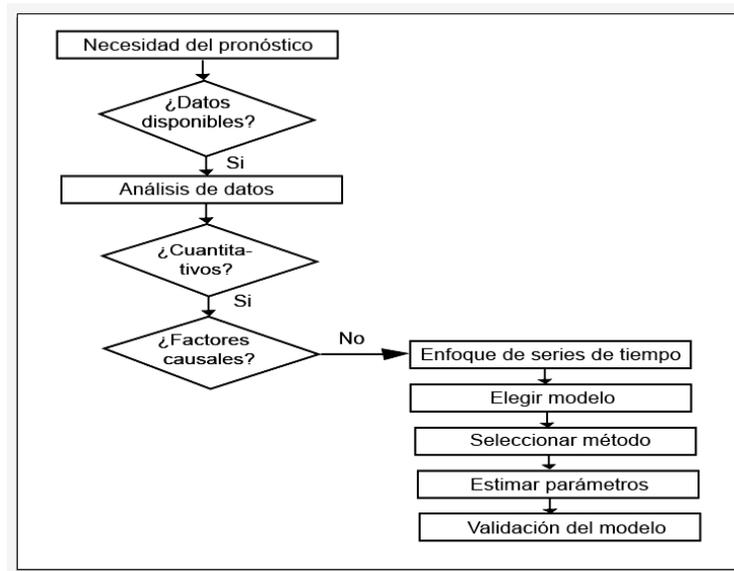


Figura 36. Ruta a seguir en el diseño de un sistema de pronósticos. Fuente: Elaboración propia tomado de Sipper y Bulfin, 1998.

Como primer paso podemos determinar que los datos acerca de las ventas o demanda si se encuentran disponibles, por lo que procederemos al análisis de datos. Los datos que se estudiarán son cuantitativos y no se consideran causales ya que no dependen de otras variables para su demanda (Sipper y Bulfin, 1998). El enfoque de los pronósticos es de series de tiempo, y los modelos a evaluar son: Promedios móviles, promedios móviles ponderados y suavización exponencial.

### Selección de método de pronósticos

A continuación se muestra en forma tabular y gráficamente los datos de la demanda real del año 2014.

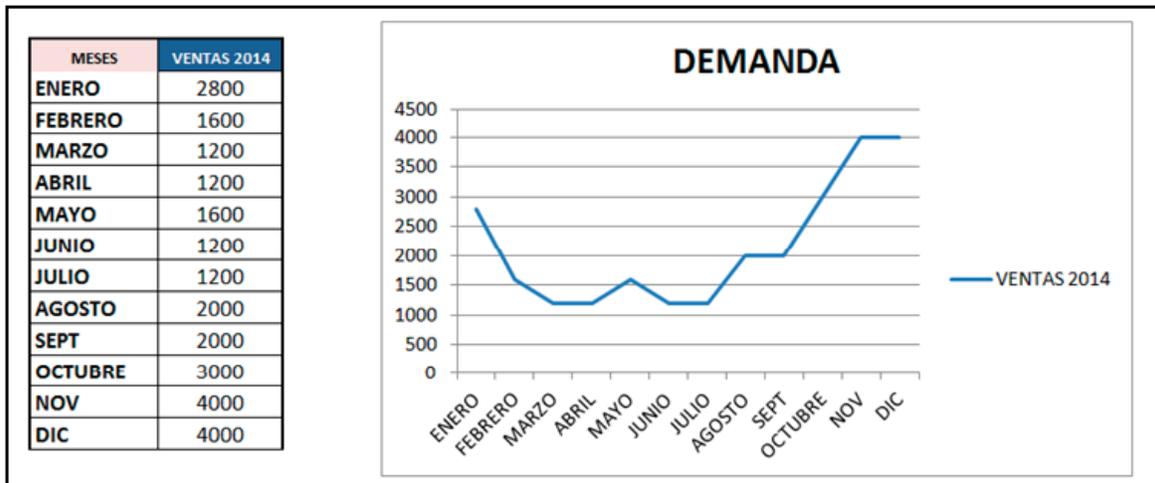


Figura 37. Tabla de ventas en el periodo 2014 y grafico del comportamiento de la demanda durante ese periodo. Fuente: Elaboración propia, 2015.

En la figura 37, podemos observar que el comportamiento que presenta la demanda en el año 2014 es de tipo estacional. Presenta un movimiento periódico que se produce en forma similar cada año por la misma época, en correlación con los meses de Agosto a Diciembre. A comparación del primer caso de estudio también muestra un movimiento de tendencia ascendente en los meses antes mencionados.

Nos presenta también los siguientes datos con respecto a las ventas del 2014. Se muestran en unidades y son las siguientes:

Venta máxima= 4000;    Venta mínima= 1,200;    Promedio anual= 2,909

### **Pronósticos de series de tiempos**

A continuación se desarrollaran los métodos de pronósticos, con la finalidad de seleccionar aquél método que tenga el menor error en sus estimaciones con respecto a la demanda real.

#### ***Promedio Móvil simple y promedio móvil ponderado***

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se calculará un pronóstico mediante la técnica de Promedio Móvil utilizando un período de 3 meses (a partir de abril de 2015).

Al ser un pronóstico con un período móvil de 3 meses, este deberá efectuarse a partir del mes de abril, es decir que para su cálculo tendrá en cuenta tres períodos, es decir, Enero, Febrero y Marzo, y sería de la siguiente manera:

$$\hat{X}_{4(Abril)} = \frac{2800 + 1600 + 1200}{3}$$

$$\hat{X}_{4(Abril)} = 1867$$

El cálculo es similar para efectuar la previsión de los siguientes meses, y deberán tenerse en cuenta los últimos tres períodos que anteceden al mes a pronosticar.

Tomando los mismos puntos de datos que en promedio móviles (los puntos de datos de tres periodos), aplicaremos un promedio móvil ponderado, con pesos de 0.5, 0.3 y 0.2 (con el peso 0.5 aplicado a la información de demanda más reciente). Por ejemplo, el pronóstico del mes de Abril se calcula como:

$$0.2 (2800) + 0.3 (1600) + 0.5 (1200) = 1640$$

El cálculo es similar para efectuar la previsión de los siguientes meses, y deberán tenerse en cuenta los últimos tres períodos que anteceden al mes a pronosticar y la ponderación mayor al último periodo, tabla11.

*Nota: El error de pronóstico se calculará para todos los casos como la diferencia entre la demanda real y la pronosticada y el error de pronóstico cuadrado se calculará elevando al cuadrado el error de pronósticos con la finalidad de eliminar la negatividad (Chapman, 2006).*

Tabla 18. Datos resultados de la aplicación del método de pronósticos “Promedio móvil” y “Promedio móvil ponderado”. Planta B.

MESES	Ventas	Promedio	Error de	Error de pronóstico	Promedio móvil	Error de	Error de pronóstico
	2014	móvil simple	pronóstico	cuadrado	ponderado	pronóstico	cuadrado
ENERO	2800						
FEBRERO	1600						
MARZO	1200						
ABRIL	1200	1867	-666.7	444444.4	1640	-440.0	193600.0
MAYO	1600	1333	266.7	71111.1	1280	320.0	102400.0
JUNIO	1200	1333	-133.3	17777.8	1400	-200.0	40000.0
JULIO	1200	1333	-133.3	17777.8	1320	-120.0	14400.0
AGOSTO	4000	1333	2666.7	711111.1	1280	2720.0	7398400.0
SEPT	5000	2133	2866.7	821777.8	2600	2400.0	5760000.0
OCTUBRE	5000	3400	1600.0	2560000.0	3940	1060.0	1123600.0
NOV	5000	4667	333.3	111111.1	4800	200.0	40000.0
DIC	6000	5000	1000.0	1000000.0	5000	1000.0	1000000.0
				2172345.7			1741377.78

Fuente: Elaboración propia, 2015.

### ***Suavización exponencial***

Con el pronóstico de suavización exponencial simple pretenderemos eliminar el impacto de los elementos irregulares históricos mediante un enfoque en períodos de demanda reciente. Utilizaremos un alfa de 0.2, 0.5 y 0.8.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se calculará un pronóstico mediante la técnica de suavización exponencial utilizando un período de 3 meses (a partir de abril de 2015). Se utilizaran los pronósticos estimados en la técnica de promedios móviles.

Al ser un pronóstico con un período de 3 meses, ésta técnica requiere del pronóstico de Marzo para calcular el mes de Abril. Utilizando un promedio móvil podemos decir que el pronóstico para Marzo es igual a:  $(2,800 + 1600)/2$ ; Marzo= 2200. El cálculo del siguiente mes sería de la siguiente manera:

- 1) Venta real Marzo= 1200; Venta estimada Marzo= 2200; Alfa= 0.2  
 $Abril = (2200 + (0.2 * (1200 - 2200)))$ ; Abril= 2000
- 2) Venta real Marzo= 1200; Venta estimada Marzo= 2200; Alfa= 0.5  
 $Abril = (2200 + (0.5 * (1200 - 2200)))$ ; Abril= 1700

- 3) Venta real Marzo= 1200; Venta estimada Marzo= 2200; Alfa= 0.8  
 Abril=( 2200 + (0.8\*(1200-2200))); Abril= 1400

Los datos para los demás periodos se hacen de la misma forma. En la tabla 19 y 20, se pueden visualizar los resultados y en la figura 38, el comportamiento de cada técnica mediante un gráfico.

Tabla 19. Datos resultados de la aplicación del método de pronósticos “Suavización Exponencial” con valor de alfa de 0.2.

MESES	Ventas	Promedio	Suavización	Error de	Error de pronóstico
	2014	móvil simple	exponencial $\alpha=0.2$	pronóstico	cuadrado
ENERO	2800				
FEBRERO	1600				
MARZO	1200	2200			
ABRIL	1200	1867	2000	-800.0	640000.0
MAYO	1600	1333	1733	-133.3	17777.8
JUNIO	1200	1333	1387	-186.7	34844.4
JULIO	1200	1333	1307	-106.7	11377.8
AGOSTO	4000	1333	1307	2693.3	7254044.4
SEPT	5000	2133	1867	3133.3	9817777.8
OCTUBRE	5000	3400	2707	2293.3	5259377.8
NOV	5000	4667	3720	1280.0	1638400.0
DIC	6000	5000	4733	1266.7	1604444.4
PROMEDIO					2919782.72

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 20. Datos resultados de la aplicación del método de pronósticos “Suavización Exponencial” con valor de alfa de 0.5 y 0.8.

MESES	Ventas	Promedio	Suavización	Error de	Error de pronóstico	Suavización	Error de	Error de pronóstico
	2014	móvil simple	exponencial $\alpha=0.5$	pronóstico	cuadrado	exponencial $\alpha=0.8$	pronóstico	cuadrado
ENERO	2800							
FEBRERO	1600							
MARZO	1200	2200						
ABRIL	1200	1867	1700	-500.0	250000.0	1400	-200.0	40000.0
MAYO	1600	1333	1533	66.7	4444.4	1333	266.7	71111.1
JUNIO	1200	1333	1467	-266.7	71111.1	1547	-346.7	120177.8
JULIO	1200	1333	1267	-66.7	4444.4	1227	-26.7	711.1
AGOSTO	4000	1333	1267	2733.3	7471111.1	1227	2773.3	7691377.8
SEPT	5000	2133	2667	2333.3	5444444.4	3467	1533.3	2351111.1
OCTUBRE	5000	3400	3567	1433.3	2054444.4	4427	573.3	328711.1
NOV	5000	4667	4200	800.0	640000.0	4680	320.0	102400.0
DIC	6000	5000	4833	1166.7	1361111.1	4933	1066.7	1137777.8
PROMEDIO					1922345.68			1315930.86

Fuente: Elaboración propia, 2015.

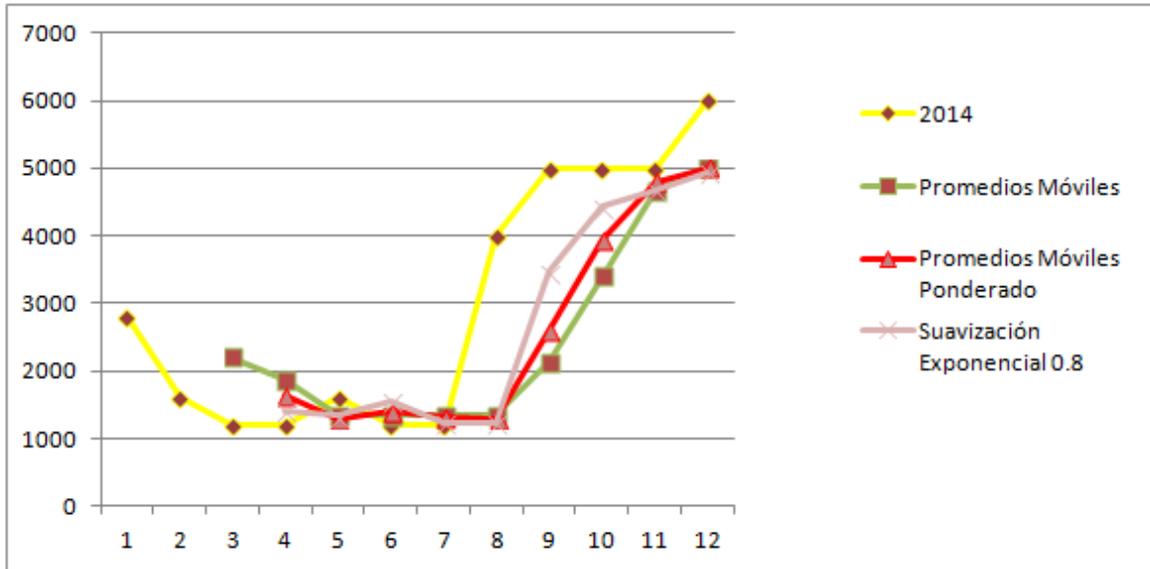


Figura 38. Muestra el comportamiento de las diferentes técnicas de pronósticos con respecto a la demanda real. Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 21. Concentrado de errores de pronósticos de acuerdo a las diferentes técnicas.

MESES	Ventas	Promedio	Promedio móvil	Suavización	Suavización	Suavización
	2014	móvil simple	ponderado	exponencial $\alpha=0.2$	exponencial $\alpha=0.5$	exponencial $\alpha=0.8$
PROMEDIO		2172345.7	1741377.778	2919782.716	1922345.679	1315930.864

. Fuente: Elaboración propia, 2015.

Como podemos ver en la tabla 21 de resultados, la técnica que arroja un menor error de pronósticos es la de suavización exponencial con un alfa de 0.8, por lo que los datos pronosticados bajo éste método, son los que emplearemos en la etapa 4 y 5 del modelo.

### Etapa 3. Análisis y mejoramiento de los procesos

#### Mapa de cadena de valor (VSM)

Las etapas se pueden ver en la figura 39.

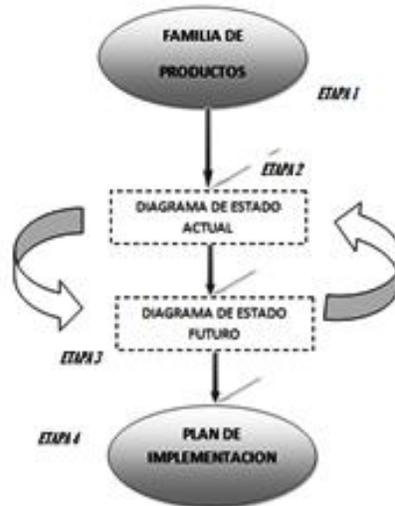


Figura 39. Etapas iniciales del trazado del mapa de una cadena de valor. Fuente: Elaboración propia tomado de Rother y Shook, 1999.

### ***Etapa 1. Selección de la Familia.***

Por ser la producción de colcha un producto importante en ventas y utilidades para las pymes de estudio, el proyecto está enfocado a ésta familia.

### ***Etapa 2. Construcción del VSM actual***

- Se comenzó con un recorrido rápido a lo largo del proceso de fabricación de la colcha (de puerta a puerta), de embarque de producto terminado hacia atrás.
- Con un cronómetro se tomaron los datos necesarios para la creación del VSM, no se uso ninguna información que no se haya obtenido personalmente.
- Se dibujó el VSM completo usando lápiz y papel, y después se pasó a computadora.

En la construcción del mapa del estado actual de la cadena de valor para la fabricación de colcha, se recolecta y presenta información en las cajas de procesos (figura 40), tales como:



Figura 40. Caja de procesos. Fuente: Elaboración propia, 2015.

- Tiempo de Ciclo (CT): Segundos que transcurren entre el momento en que sale del proceso una pieza hasta el momento en que sale la siguiente.
- Plazo de entrega (Lead Time) (LT): Tiempo que se necesita para que una pieza cualquiera recorra un proceso o una cadena de valor de principio a fin. En éste caso se sumaran todos los tiempos presentados en la línea de tiempo como se muestra en la figura 38.
- Tiempo de valor agregado (VAT): Tiempo de trabajo dedicado a las tareas de producción durante el cual se transforma el producto de tal manera que el cliente está dispuesto a pagar por él. Se calcula mediante la suma de la línea inferior en la línea de tiempo, figura 41.
- Días de inventario
- Turnos de trabajo, número de operarios y tiempo disponible de trabajo (TD)

Una vez obtenidos los datos necesarios se procede a elaborar el VSM actual para poder visualizar las áreas de oportunidad en que hay que trabajar para poder disminuir el Lead Time y mejorar el flujo del proceso.

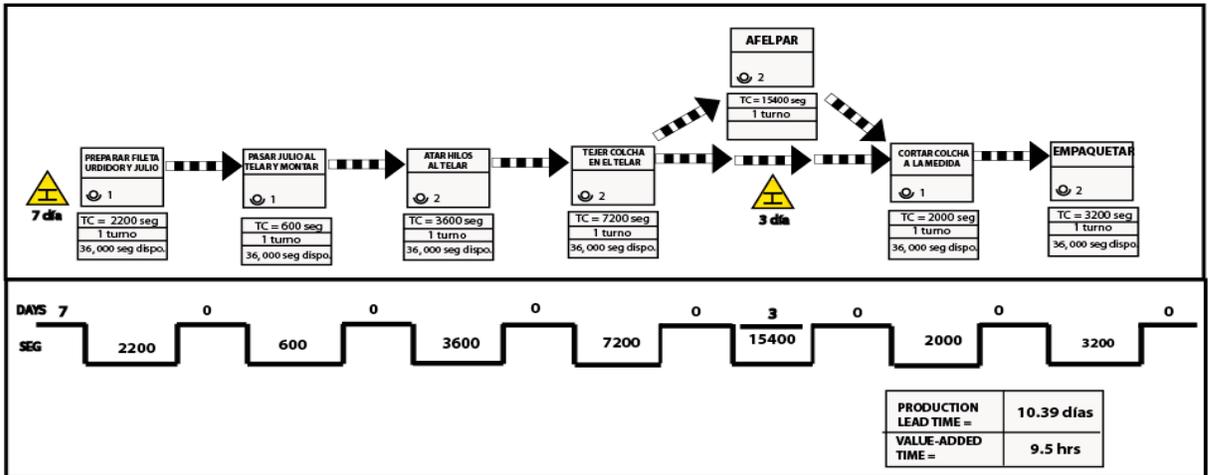


Figura 41. Representación del flujo de proceso y la línea de tiempo actual. Fuente: Elaboración propia, 2015.

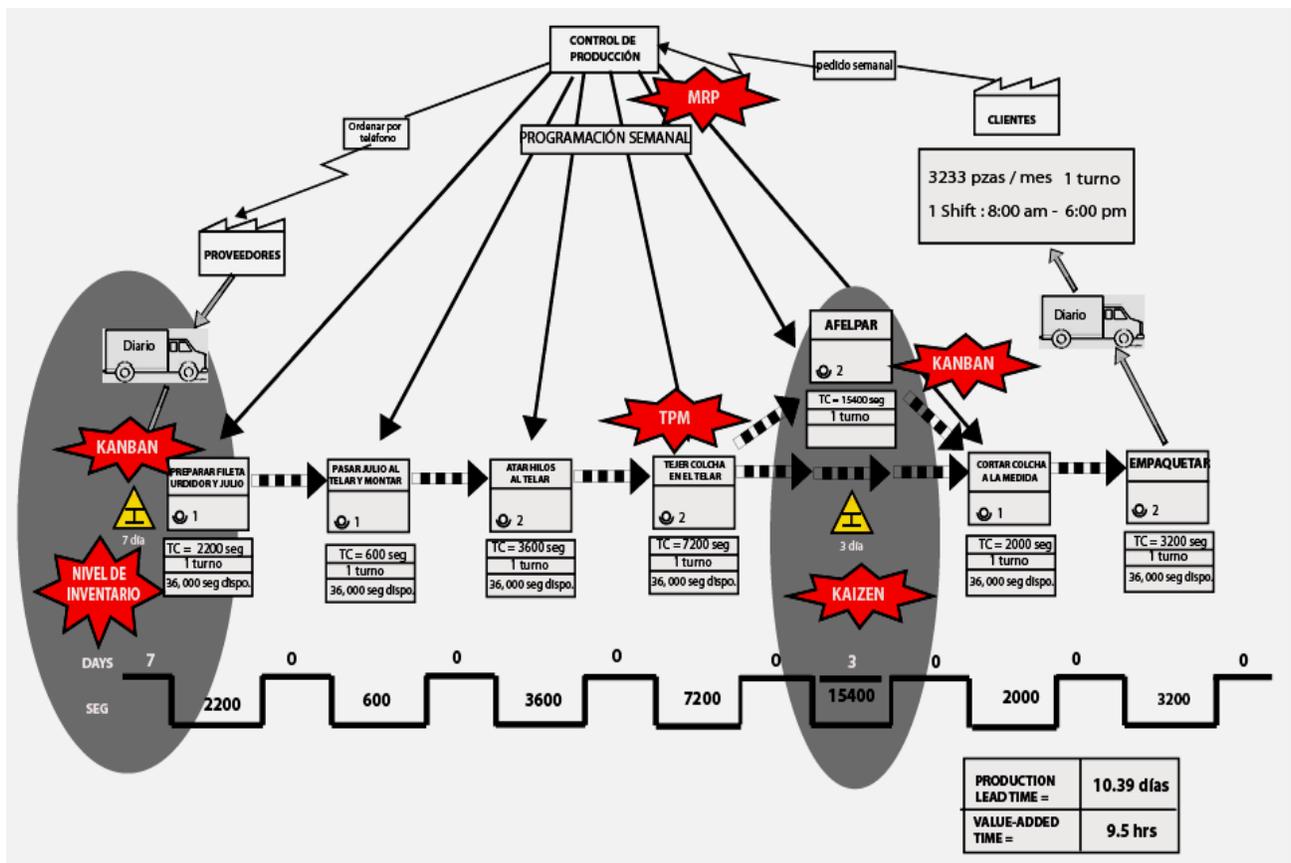


Figura 42. Mapa de la cadena de valor, para la elaboración de un lote de 200 piezas de colcha matrimonial en la empresa caso de estudio B. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 42, se observan todas las actividades (las de valor agregado y no valor agregado) que se realizan para la fabricación de la colcha en la empresa B. También el flujo de material desde la materia prima hasta el producto final, y el flujo de la información desde el requerimiento del cliente hasta la entrega del producto terminado. El Lead Time (plazo de entrega) en la línea de tiempo es de 10.39 días días mientras que el Value-added Time (tiempo que agrega valor), es de 9.5 horas.

El VSM presentado forma la base para un plan de implementación Lean en donde se pueden observar las áreas que están afectando el correcto flujo del proceso y las herramienta que nos ayudarán a la reducción del Lead Time, tales como: Kanban, TPM, KAIZEN.

A continuación se desarrollaran algunas de éstas herramientas de acuerdo a la dirección que deben tomar en la etapa inicial de implementación.

Nota: Algunas herramientas Lean presentadas no serán desarrolladas en ésta investigación, pero se dejará como propuesta de mejoramiento a estudios posteriores.

## **Estrategia de Implementación lean**

### **Paso 1- Implementación de Procesos Estandarizados**

#### ***Técnica: Metodología 5S***

Para éste caso de estudio no se dará una propuesta de implementación de la técnica, ya que el orden y limpieza de la planta no llega a afectar considerablemente el flujo del proceso, sin embargo como proceso de estandarización es importante su implementación como primera etapa de mejora continua.

### **Paso 2- Implementación de Procesos Flexibles**

#### **Técnica: KANBAN**

La aplicación de tarjetas KANBAN obligará a cada fase del proceso a finalizar su tarea correctamente, y acabar con la saturación que puede darse en una fase del proyecto en condiciones normales.

En el VSM actual podemos observar como con la utilización de Kanban dentro del proceso productivo podemos reducir los niveles de inventario y mejorar el flujo de proceso.

La figura 43, muestra la primera parte en la implementación de la tarjeta Kanban. Al llegar la materia prima a un supermercado, en ése instante lanza una tarjeta kanban de orden de producción al proceso al mismo tiempo a través de un puesto de kanban, el kanban de retiro da la señal al departamento o persona encargada de la planeación para hacer el pedido de materia prima para el siguiente periodo de producción.

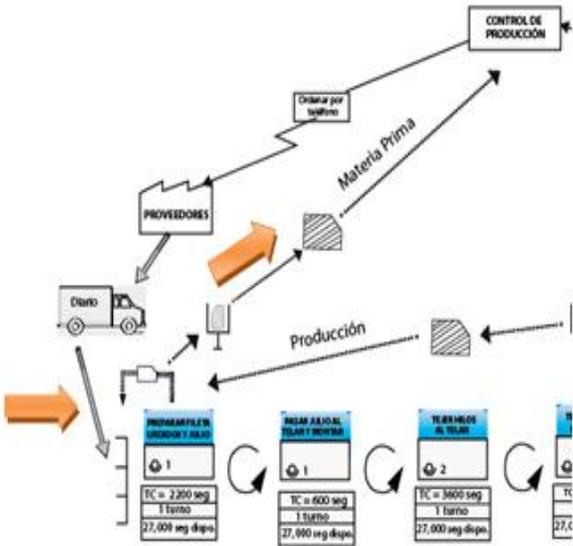


Figura 43. Propuesta de implementación kanban, primera tarjeta. Planta B.

Fuente: Elaboración propia.

La segunda tarjeta kanban dará la señal antes de terminar de tejer el julio, avisando al primer proceso a trabajar y enviando así de nuevo la señal a producción de pedir materia prima como se ve en la figura 44.

En ésta caso a través del puesto kanban da el aviso también a un proceso externo de afelpado que a su vez será mandado a un supermercado donde el lote será jalado por el siguiente proceso.

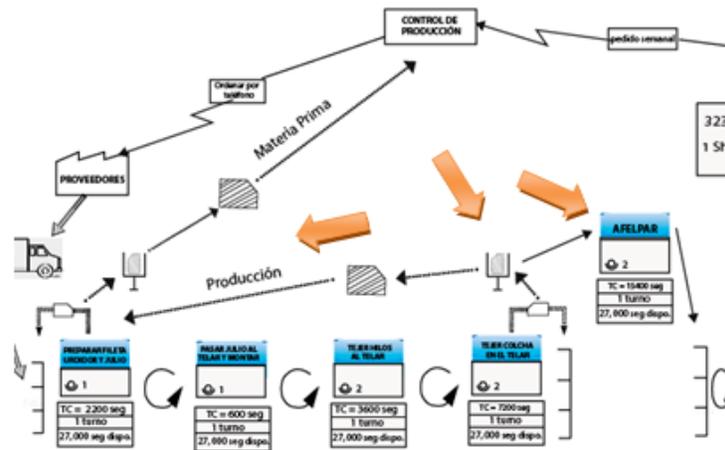


Figura 44. Propuesta de implementación kanban, segunda tarjeta. Planta B. Fuente: Elaboración propia.

La tercera tarjeta kanban (figura 45), nos dará la señal de entrega de producto terminado al cliente, sólo cuando se haya cumplido la cantidad que ha sido solicitada por el cliente.

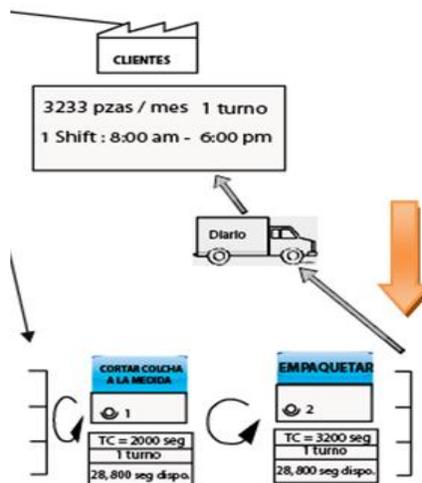


Figura 45. Propuesta de implementación kanban, tercera tarjeta. Planta B.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 46 muestra como funciona todo el sistema Kanban en todo el proceso de manufactura de la colcha a través del VSM futuro.

El Lead Time actual de 10.39 días puede llegar a reducirse a 9.7 horas lo que equivale a un día laboral. Representa un porcentaje del 96% menos en el tiempo que se necesita para que una pieza recorra el proceso de principio a fin.

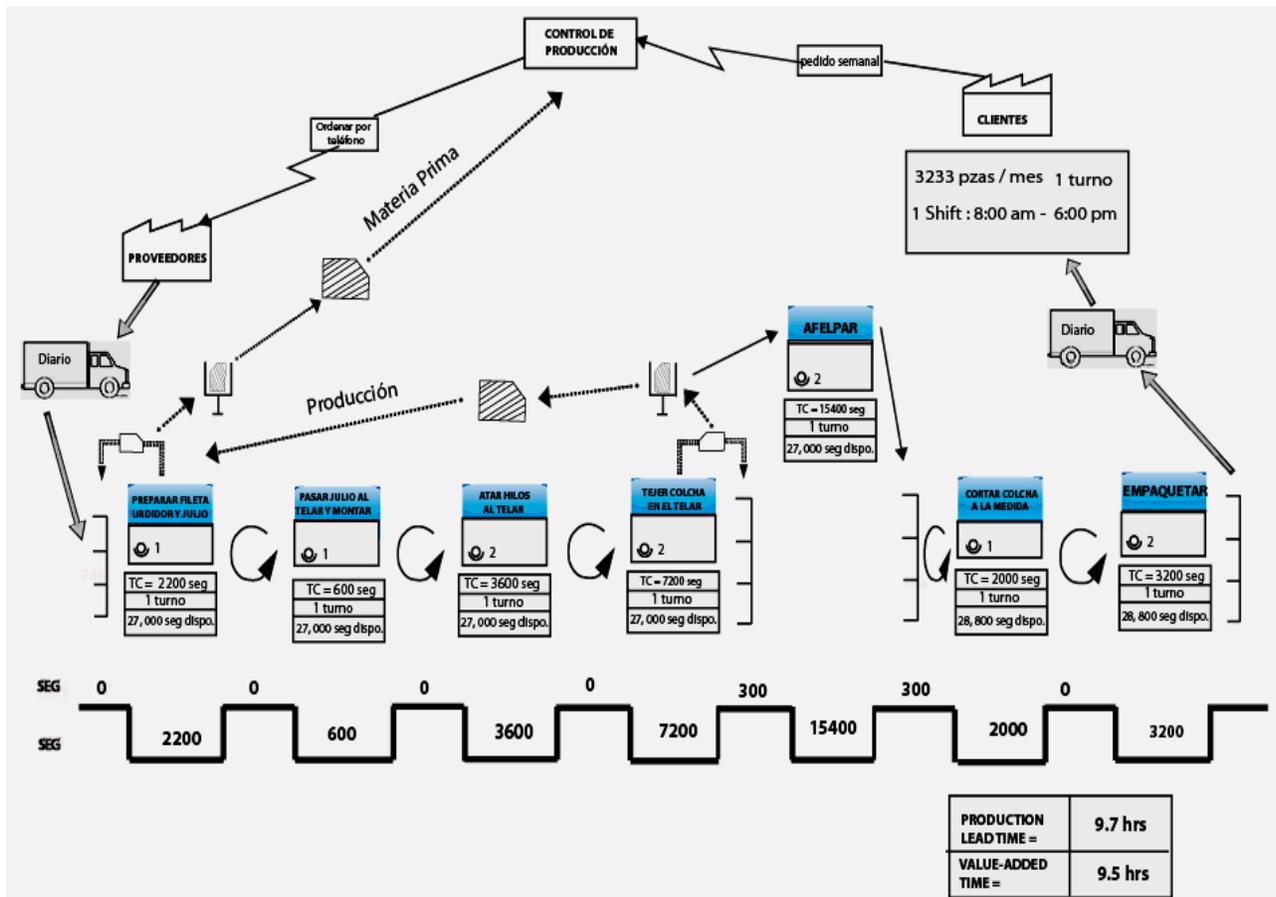


Figura 46. Mapa de la cadena de valor futuro, para la elaboración de un lote de 200 piezas de colcha matrimonial en la empresa caso de estudio B. Fuente: Elaboración propia.

### Técnica: KAIZEN

Como se puede observar en el VSM actual (figura 42), el proceso de afelpar toma un tiempo de tres días cuando el tiempo de valor agregado es de sólo 4.3 horas. Para mejorar y disminuir el tiempo de éste proceso es necesario trabajar a través

de Kaizen y poder tomar una decisión que permita la reducción o eliminación de éste desperdicio.

El desarrollo de ésta técnica no fue posible por lo que sólo se mencionan los pasos para desarrollar un evento Kaizen, para mejoras futuras.

Paso 1. Selección del tema de estudio: Disminución del tiempo en proceso de afelpado.

Paso 2. Crear la estructura para el proyecto

Paso 3. Identificar la situación actual y formular objetivos

Paso 4. Diagnóstico del problema: Análisis de Causa-Raíz

Paso 5: Formular plan de acción

Paso 6: Implantar mejoras

Paso 7: Evaluar los resultados

### **Paso 3- Implementación de Procesos Confiables**

#### ***Técnica: Mantenimiento Productivo Total (TPM)***

Uno de los problemas de la empresa caso de estudio, es el paro de telares debido a que no cuentan con un programa de mantenimiento eficaz, por lo que con un TPM, se buscará eliminar las perdidas por tiempos de paro en las máquinas. Debido a falta de información y tiempo suficiente para la realización de una propuesta concreta, se deja como plan de mejora a futuro en las siguientes investigaciones.

### **Etapa 4. Simulación del programa maestro de producción (MPS)**

El área de operaciones necesita de información de otras áreas funcionales para desarrollar el MPS con el cual sea posible alcanzar los objetivos y las metas de las

organizaciones incorporadas al plan de producción de colchas. Algunos datos requeridos para éste análisis no fueron posible obtenerse hasta la etapa de implementación y control (el cuál no abarca ésta investigación), sin embargo se presentarán formatos que podrán usarse por las empresas caso de estudio es su posterior desarrollo. Debemos tener en cuenta que aún cuando los programas maestros de producción estén sometidos a continua revisión, los cambios deberán hacerse con pleno conocimiento de sus consecuencias. Con frecuencia, los cambios introducidos al MPS requieren recursos adicionales, como cuando se incrementa la cantidad de pedido de un producto. Los elementos que se ocuparon para el desarrollo de la etapa 4 y 5 fueron basados en Chapman (2006) y Sipper y Bulfin (1998).

### ***Desarrollo de un programa maestro de producción (MPS)***

#### Elementos del MPS

Los elementos a considerar para el plan maestro de producción estarán dados de acuerdo a la información que se presentan:

Horizonte de planificación: Nueve meses

Capacidad de planta: Capacidad estimada de acuerdo al Lead Time del VSM futuro.

Lead Time: 9.7 horas, equivalente a un día laboral.

Maquinaria: 3 telares Jacquard

Restricción: 1 telar funcionando

Turnos: 1 de 10 horas

Piezas por lote: 200 por Julio

Cantidades a fabricar: Pronósticos de ventas

Nivel de Inventario: Se definirá al momento de la implementación de acuerdo a políticas de la empresa.

A continuación se desarrollará un plan de producción, estimando la demanda y la cantidad a producir. Los datos de la demanda son dados por los pronósticos de ventas y la cantidad a producir tomando como base el lead time mejorado. El inventario inicial está considerado como valor cero para propósito de un ejemplo de aplicación, sin embargo se pueden ajustar con los datos reales ya en la etapa de implementación y ejecución, el cual no abarca ésta investigación.

De acuerdo al Lead Time futuro, se fabricarían 200 colchas en 1 día laboral, ya que el Lead Time es de 9.7 horas, a comparación de una jornada de trabajo (10 hrs), sólo tenemos 0.3 horas libres. Si consideramos 1 telar y 20 días promedio laborables al mes, podemos definir la capacidad de producción al mes de 4000 piezas.

	A	B	C	D	E	F
1						
2						
3		MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
4		ABRIL	1400	0	4000	= (E4+D4)-C4

En la tabla 22 podemos observar el comportamiento del inventario final con una cantidad constante a producir de 4000 piezas por mes (capacidad máxima), dando como resultado un promedio de 10,108 unidades en almacén.

Tabla 22. Plan de producción con cantidad fija de 13,658 unidades por mes.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	1400	0	4000	2600
MAYO	1333	2600	4000	5267
JUNIO	1547	5267	4000	7720
JULIO	1227	7720	4000	10493
AGOSTO	1227	10493	4000	13267
SEPTIEMBRE	3467	13267	4000	13800
OCTUBRE	4427	13800	4000	13373
NOVIEMBRE	4680	13373	4000	12693
DICIEMBRE	4933	12693	4000	11760
<b>PROMEDIO</b>				<b>10108</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

En las siguientes tablas (23 a 26), se desarrollarán los planes de producción con diferentes cantidades a producir con la finalidad de encontrar la estrategia más óptima en base a la menor cantidad de inventario final.

Tabla 23. Plan de producción con cantidad fija de 3700 unidades por mes.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	1400	0	3700	2300
MAYO	1333	2300	3700	4667
JUNIO	1547	4667	3700	6820
JULIO	1227	6820	3700	9293
AGOSTO	1227	9293	3700	11767
SEPTIEMBRE	3467	11767	3700	12000
OCTUBRE	4427	12000	3700	11273
NOVIEMBRE	4680	11273	3700	10293
DICIEMBRE	4933	10293	3700	9060
<b>PROMEDIO</b>				<b>8608</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 24. Plan de producción con cantidad fija de 3600 unidades por mes.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	1400	0	3600	2200
MAYO	1333	2200	3600	4467
JUNIO	1547	4467	3600	6520
JULIO	1227	6520	3600	8893
AGOSTO	1227	8893	3600	11267
SEPTIEMBRE	3467	11267	3600	11400
OCTUBRE	4427	11400	3600	10573
NOVIEMBRE	4680	10573	3600	9493
DICIEMBRE	4933	9493	3600	8160
<b>PROMEDIO</b>				<b>8108</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 25. Plan de producción con cantidad fija de 3000 unidades por mes.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	1400	0	3000	1600
MAYO	1333	1600	3000	3267
JUNIO	1547	3267	3000	4720
JULIO	1227	4720	3000	6493

AGOSTO	1227	6493	3000	8267
SEPTIEMBRE	3467	8267	3000	7800
OCTUBRE	4427	7800	3000	6373
NOVIEMBRE	4680	6373	3000	4693
DICIEMBRE	4933	4693	3000	2760
<b>PROMEDIO</b>				<b>5108</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 26. Plan de producción con cantidad fija de 2900 unidades por mes.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	1400	0	2900	1500
MAYO	1333	1500	2900	3067
JUNIO	1547	3067	2900	4420
JULIO	1227	4420	2900	6093
AGOSTO	1227	6093	2900	7767
SEPTIEMBRE	3467	7767	2900	7200
OCTUBRE	4427	7200	2900	5673
NOVIEMBRE	4680	5673	2900	3893
DICIEMBRE	4933	3893	2900	1860
<b>PROMEDIO</b>				<b>4608</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Como pudimos observar, podríamos inferir que la solución óptima es una producción constante de 2900 unidades por periodo ya que maneja un inventario promedio de 4608 piezas, una cantidad menor a producir podría provocar un problema de desabasto la cuál sería un problema grave al cubrir la demanda del cliente.

### Restricciones del problema

Antes de analizar las restricciones, debemos recordar que los pronósticos casi siempre son incorrectos. Pocas veces tiene importancia si un pronóstico es correcto o no; lo sustancial es concentrar nuestra atención en qué tan equivocado esperamos que sea y en cómo planeamos darle cabida al error potencial en el pronóstico. Si en la ejecución del modelo de PyCP se cuenta con información de la demanda real para algún periodo dado, no se realizarán nunca cálculos con base

en el pronóstico para ese mismo marco temporal. Se debe utilizar siempre la información real cuando esté disponible (Chapman, 2006).

Contamos con dos restricciones importantes a considerar para la solución óptima, en éste caso de estudio específicamente. Aunque se cuentan con tres telares, sólo uno trabaja de forma confiable. Se tiene que tomar en cuenta también la variación de demanda entre Agosto-Septiembre Y Noviembre-Diciembre en donde la demanda supera la capacidad de producción, ya que de no hacerlo podríamos tener problemas de desabasto como se muestra en las tablas 27 y 28.

Tabla 27. Plan de producción con demanda real 2014 y cantidad fija de 2900 unidades para 2015.

MES	DEMANDA REAL 2014	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	1200	0	2900	1700
MAYO	1600	1700	2900	3000
JUNIO	1200	3000	2900	4700
JULIO	1200	4700	2900	6400
AGOSTO	4000	6400	2900	5300
SEPTIEMBRE	5000	5300	2900	3200
OCTUBRE	5000	3200	2900	1100
NOVIEMBRE	5000	1100	2900	-1000
DICIEMBRE	6000	-1000	2900	-4100
<b>PROMEDIO</b>				<b>2256</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 11. Plan de producción con demanda pronosticada 2015 y cantidad fija de 2900 unidades para ése mismo año.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA 2015	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	1400	0	2900	1500
MAYO	1333	1500	2900	3067
JUNIO	1547	3067	2900	4420
JULIO	1227	4420	2900	6093
AGOSTO	1227	6093	2900	7767
SEPTIEMBRE	3467	7767	2900	7200
OCTUBRE	4427	7200	2900	5673
NOVIEMBRE	4680	5673	2900	3893
DICIEMBRE	4933	3893	2900	1860
<b>PROMEDIO</b>				<b>4608</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Las iteraciones y las combinaciones pueden darse de diferentes formas, todo dependerá de la estrategia a seguir por la empresa en cada uno de los periodos. Para efecto de la investigación y de la modelación del sistema productivo se tomarán los datos mostrados en las tablas 29 y 30, que aunque se podría trabajar con inventarios menores, una proyección constante en la producción equivalente a 3400 piezas mensuales, no afectaría a una situación parecida a la demanda real.

Tabla 12. Plan de producción con demanda real 2014 y cantidad fija de 3400 unidades para 2015.

MES	DEMANDA REAL 2014	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	1200	0	3400	2200
MAYO	1600	2200	3400	4000
JUNIO	1200	4000	3400	6200
JULIO	1200	6200	3400	8400
AGOSTO	4000	8400	3400	7800
SEPTIEMBRE	5000	7800	3400	6200
OCTUBRE	5000	6200	3400	4600
NOVIEMBRE	5000	4600	3400	3000
DICIEMBRE	6000	3000	3400	400
<b>PROMEDIO</b>				<b>4756</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Tabla 30. Plan de producción con demanda pronosticada 2015 y cantidad fija de 3400 unidades para ése mismo año.

MES	DEMANDA PRONOSTICADA	INV INICIAL	PRODUCCIÓN	INV FINAL
ABRIL	1400	0	3400	2000
MAYO	1333	2000	3400	4067
JUNIO	1547	4067	3400	5920
JULIO	1227	5920	3400	8093
AGOSTO	1227	8093	3400	10267
SEPTIEMBRE	3467	10267	3400	10200
OCTUBRE	4427	10200	3400	9173
NOVIEMBRE	4680	9173	3400	7893
DICIEMBRE	4933	7893	3400	6360
<b>PROMEDIO</b>				<b>7108</b>

Fuente: Elaboración propia, 2015.

## Etapa 5. Simulación MRP

### Lista de Materiales, BOM (Bill of Materials)

Las listas de materiales constituirán el núcleo fundamental del sistema de información en el que se sustenta el sistema de programación y control de la producción (Figura 47). Deben organizarse para satisfacer de forma inmediata todas las necesidades del mismo, incluyendo entre estas, la de facilitar el conocimiento permanente y exacto de todos los materiales que se emplean en la fabricación de la colcha, los plazos de producción, su costo y el control de las existencias.



Figura 47. Bill of materials, empresa caso de estudio B. Fuente: Elaboración propia.

### Cálculo de necesidades netas del MRP

Necesidades Brutas (NB): Demanda de fabricación de los productos, para los productos finales

Disponibilidad (D): Stock inicial del producto final

Necesidades Netas (NN): Cantidad que realmente debemos de realizar para satisfacer las necesidades brutas, teniendo en cuenta la Disponibilidad (D), se calculará de la siguiente manera:

1. Si la disponibilidad es mayor que 0;  $NN = NB - D$
2. Si la disponibilidad es igual a 0;  $NN = NB$

Como hemos visto en el desarrollo del MPS y debido a las restricciones del proceso, la producción (PR) será constante, sin embargo la diferencia entre PR y NN será considerada como D para el periodo siguiente o en su caso servir como Buffer Stock (BS) en caso de algún cambio imprevisto de la demanda, tabla 31.

Tabla 31. Calculo MRP con la demanda pronosticada para 2015.

Código	MESES									
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
NB	1400	1333	1547	1227	1227	3467	4427	4680	4933	
D	0	2000	4067	5920	8093	10266	10199	9172	7892	
NN	1400	-667	-2520	-4693	-6866	-6799	-5772	-4492	-2959	
PR	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3700	
BS	2000	4067	5920	8093	10266	10199	9172	7892	6659	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

*Mes de Abril:* La necesidad de bruta (demanda pronosticada), es de 1400 unidades, no contamos con una disponibilidad (D) del periodo anterior, por lo tanto nuestra necesidad neta es de las 1400 unidades. Ya que la producción es constante a 3400 unidades, se generará un Buffer Stock de 2000 unidades que también pueden servir para el siguiente periodo.

$NN = NB - D$ ;  $NN = 1400 - 0$ ;  $NN = 1400$

$BS = PR - NN$ ;  $BS = 3400 - 1400$ ;  $BS = 2000$

*Mes de Mayo:* Como en éste caso el BS (2000) supera la necesidad de bruta de Mayo (1333), nuestra necesidad neta es negativa, es decir no sería necesario producir ya que tenemos un excedente de inventario en el periodo.

$$NN=NB-D; NN= 1333-2000; NN=-667$$

$$BS=PR-NN; BS=3400-(-667); BS=4067$$

Como lo comentamos anteriormente, trabajar con un programa fijo de producción, sería una estrategia a seguir debido a las restricciones con las que cuenta la empresa. En un caso de simulación con los datos de la demanda del 2014, el resultado sería el presentado en la tabla 32.

Tabla 32. Calculo MRP con la demanda real del 2014.

Código	MESES									
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
NB	1200	1600	1200	1200	4000	5000	5000	5000	6000	
D	0	2200	4000	6200	8400	7800	6200	4600	3000	
NN	1200	-600	-2800	-5000	-4400	-2800	-1200	400	3000	
PR	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3700	
BS	2200	4000	6200	8400	7800	6200	4600	3000	700	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Como podemos observar en la tabla anterior, trabajar con 3400 unidades en datos reales 2014, el excedente de inventario en los primeros meses, se consume casi en su totalidad al final del año.

Las iteraciones y estrategias dependerán de los objetivos de cada empresa. Si los pronósticos del 2015 fueran aproximados a los reales, una de las estrategias que se podrían seguir en el MPS, a modo de ejemplo, sería de la siguiente manera:

Tabla 33. Ejemplo de estrategia del cálculo MRP con la demanda pronosticada 2015.

Código	MESES									
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
NB	1400	1333	1547	1227	1227	3467	4427	4680	4933	
D	0	2000	667	2520	1293	4066	3999	2972	1692	
NN	1400	-667	880	-1293	-66	-599	428	1708	3241	
PR	3400	0	3400	0	4000	3400	3400	3400	3400	
BS	2000	667	2520	1293	4066	3999	2972	1692	159	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

La tabla 33 muestra una estrategia distinta. En el mes de Mayo tenemos un excedente de inventario de 667 unidades por lo que no se manda orden de producción hasta Junio, similar a lo que sucede en Julio y en Agosto, empezando con la máxima capacidad. Es una de las diferentes maneras en que se podría manejar el MPS con los datos obtenidos en la investigación.

Nota: Para efecto del presente estudio, los datos de la tabla 24, son lo que serán simulados para el desarrollo de la siguiente etapa.

### ***LEAD TIME - EMISIÓN DE ORDENES PLANIFICADAS.***

El último paso a aplicar es convertir las Necesidades Netas (NN) en Emisión de Órdenes Programadas (EOP) mediante el Lead Time.

La Emisión de Órdenes Planificadas (EOP) consiste en indicar la cantidad y la fecha a la cual se ha de lanzar el aviso de fabricación o compra para cumplir las necesidades netas, la EOP se calcula trasladando en tiempo las cantidades resultantes del cálculo de las Necesidades Netas, dicha traslación viene definido por el Lead Time (tabla 34).

Consideramos por tanto que el Lead Time basado en el VSM futuro nos da un tiempo de 9.7 horas para un lote de 200 unidades. Debido a que el Lead time es muy corto, las Emisiones de Ordenes Planificadas (EOP) se calcularían trasladando en tiempo 20 días hábiles las Necesidades de producción (PR) para las simulaciones que siguen.

Tabla 34. Emisiones de Ordenes Planificadas (EOP), para 2015.

Código	MESES									
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
NB	1400	1333	1547	1227	1227	3467	4427	4680	4933	
D	0	2000	4067	5920	8093	10266	10199	9172	7892	
NN	1400	-667	-2520	-4693	-6866	-6799	-5772	-4492	-2959	
PR	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3700	
BS	2000	4067	5920	8093	10266	10199	9172	7892	6659	
<b>EOP</b>	<b>3400</b>	<b>3700</b>	<b>0</b>							

Fuente: Elaboración propia, 2015.

*Nota:* Como en ésta empresa la demanda sobrepasa la capacidad instalada, y la demanda de los últimos periodos es elevada, considerar “0” inventarios (BS) no sería factible como en el caso de estudio A.

## EXPLOSIÓN MRP.

La explosión del MRP no es más que aplicar los anteriores pasos a los artículos que pertenecen a los niveles inferiores de la lista de materiales, pero teniendo en cuenta que ahora las Necesidades brutas de los artículos, son las Emisiones de Ordenes Planificadas (EOP) del nivel superior (figura 48).

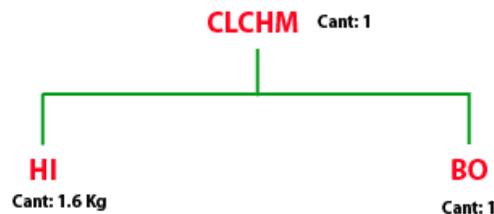


Figura 48. Explosión MRP, empresa caso de estudio B. Fuente: Elaboración propia.

## Hilo

De acuerdo al hilo requerido para una pieza de colcha, las necesidades brutas son calculadas de la siguiente manera:

Cantidad: 1.6 Kg

$NB = EOP * 1.6$ ;  $NB = 3400 * 1.6$ ;  $NB = 5440$  Kg

Safety Stock (SS)= 200 pzas (lote) \* 1.6kg;  $SS = 320$  Kg

Considerando un Stock de Seguridad de un lote, calcularemos las necesidades netas de hilo aplicando las 2 reglas descritas con anterioridad:

1. Si la disponibilidad es mayor que 0;  $NN = NB - D + SS$
2. Si la disponibilidad es igual a 0;  $NN = NB$

Para éste ejemplo, utilizaremos una D igual a 1600 Kg para simular el primer periodo (tabla 35).

Tabla 35. MRP de hilo, periodo 2015.

Código	MESES									
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
NB	5440	5440	5440	5440	5440	5440	5440	5440	5440	5440
D	1600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320
<b>NN</b>	<b>4160</b>									

Fuente: Elaboración propia, 2015.

$NN = 5440 - 1600 + 320$ ;  $NN = 4160$  Kg por periodo de 20 días hábiles

Si para el siguiente periodo la D es igual a cero, la NN tendrá el valor de NB, sino, se ocupará la fórmula anterior.

## Bolsa

De acuerdo a las piezas requeridas para la elaboración de la colcha, las necesidades brutas son calculadas de la siguiente manera:

Cantidad: 1 pza

NB= EOP \* 1; NB= 3400 \* 1; NB= 3400 Pzs

Safety Stock (SS)= 200 piezas (lote) \* 1 pza; SS= 200 piezas

En éste caso y debido a que las NN son la cantidad demandada de producto, no tendría sentido comprar bolsa de acuerdo a la cantidad a producir (PR) ya que tendríamos excesos de inventario en éste artículo (tabla 36).

Tabla 36. Calculo MRP con la demanda pronosticada para 2015. Ejemplo 1.

Código	MESES									
CLCHM	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
NB	1400	1333	1547	1227	1227	3467	4427	4680	4933	←
D	0	2000	4067	5920	8093	10266	10199	9172	7892	
NN	1400	-667	-2520	-4693	-6866	-6799	-5772	-4492	-2959	
PR	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	3400	NO
BS	2000	4067	5920	8093	10266	10199	9172	7892	6359	

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Considerando un Stock de Seguridad de un lote, calcularemos las necesidades netas de bolsa en base a las necesidades brutas aplicando las 2 reglas descritas con anterioridad:

1. Si la disponibilidad es mayor que 0;  $NN = NB - D + SS$
2. Si la disponibilidad es igual a 0;  $NN = NB$

Para éste ejemplo, utilizaremos una D igual a 600 piezas para simular el primer periodo (tabla 37).

Tabla 37. MRP de la bolsa, periodo 2015. Ejemplo 2.

Código	MESES									
BO	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
NB	1400	1333	1547	1227	1227	3467	4427	4680	4933	
D	600	0	0	0	0	0	0	0	0	
SS	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
NN	1000									

Fuente: Elaboración propia, 2015.

NN= 1400-600+200; NN= 1000 piezas

Si para el siguiente periodo la D es igual a cero, la NN tendrá el valor de NB, sino, se ocupará la fórmula anterior.

## EOP

El último paso de la explosión del MRP sería aplicar el Lead Time para calcular las EOP de cada artículo. Debido a que el Lead time es muy corto, las Emisiones de Ordenes Planificadas (EOP) se calcularían trasladando en tiempo 20 días hábiles las Necesidades Netas (NN), (tabla 38).

Tabla 38. EOP periodo 2015.

Código	MESES										L.T.= 20 Días
	BO	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
NB			1400	1333	1547	1227	1227	3467	4427	4680	
D			600	0	0	0	0	0	0	0	
SS			200	200	200	200	200	200	200	200	
NN			1000								
EOP	1000										

Fuente: Elaboración propia, 2015.

Las EOP deberán emitirse un periodo anterior y de ahí cada emisión estará definida por el Lead Time (en éste caso, el propuesto). El caso es el mismo para todos los componentes que intervienen en la fabricación del producto.

## Modelo PyCP desarrollado. Planta B.

A continuación se presenta en la figura 49, el modelo final propuesto para la empresa caso de estudio B, para el periodo 2015. En el se muestran los datos resultados del desarrollo del modelo de PyCP. En cada etapa se observa la secuencia del proceso a seguir en la recolección de datos, herramientas y técnicas a utilizar, e información necesaria para llevar a cabo una planeación de la producción que permita optimizar los recursos de la empresa.

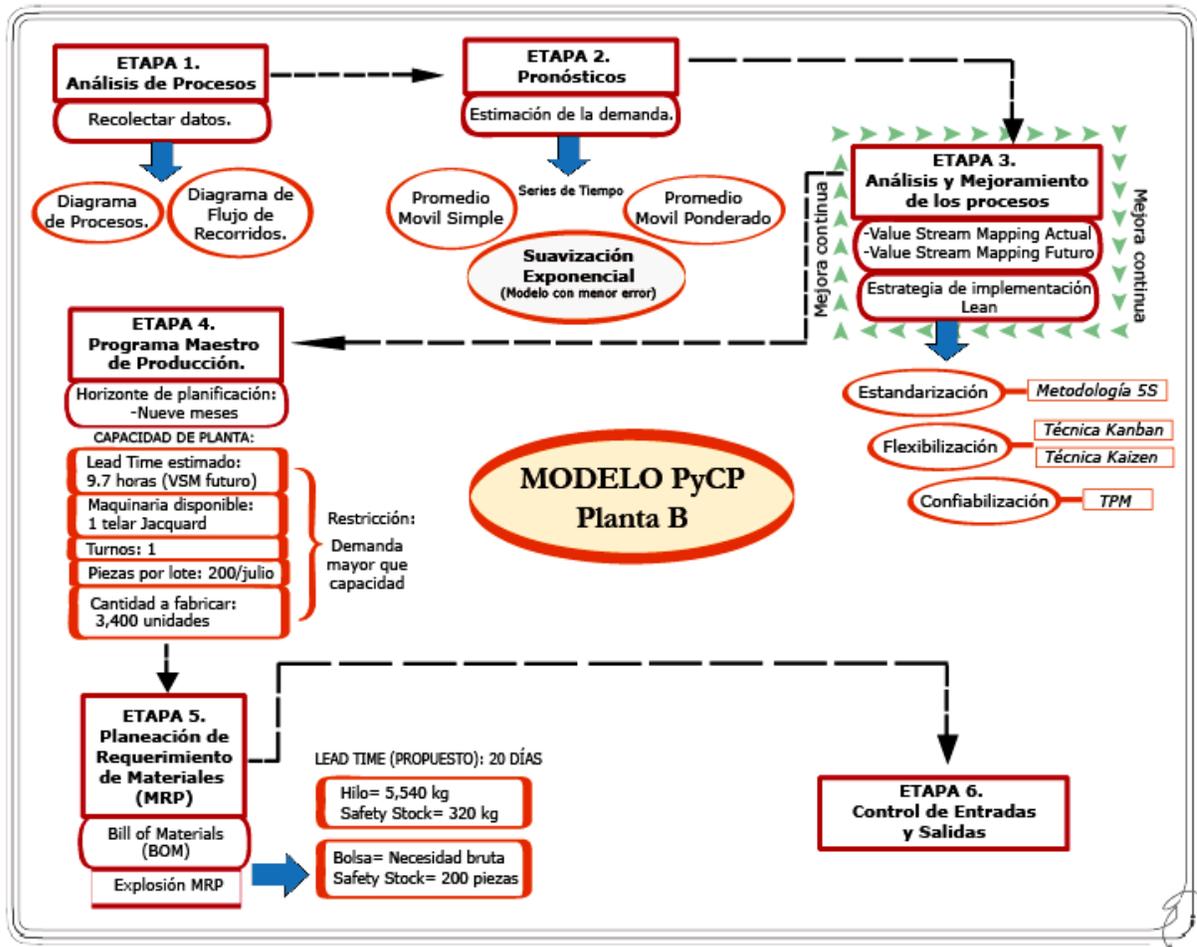


Figura 49. Modelo final PyCP, empresa caso de estudio B. Fuente: Elaboración propia.

### Resumen de actividades realizadas. Planta B

1. Se re-diseño un modelo de plan y control de la producción, integrando Lean manufacturing y análisis de procesos en los elementos que lo componen.
2. Se hizo el análisis de los procesos productivos para la elaboración de la colcha, en la cual se elaboraron diagramas de procesos y diagramas de recorridos.
3. Se pronosticaron las demandas para los meses de Abril a Diciembre del 2015 en base a una demanda real del 2014.

4. Se realizó el mapeo de la cadena de valor en el proceso de la fabricación de la colcha en donde se identificaron las áreas de oportunidad de mejora.
5. Se hace la simulación de un sistema kanban a través del VSM futuro, que permita la reducción de inventarios.
6. Se reduce el Lead Time de 10.39 días a 9.7 horas. Representa un porcentaje del 96% menos en el tiempo que se necesita para que una pieza recorra el proceso de principio a fin.
7. Se simula un programa maestro de producción (MPS) en Excel.
8. Se simula un sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP) que permita calcular el nivel óptimo de existencias tanto de producto terminado, como de cada uno de los componentes de la colcha, tomando en cuenta que la demanda supera la capacidad de producción actual.

## Análisis comparativo

En los modelos propuestos, se puede tener una guía sobre las etapas a seguir para el desarrollo de un programa de PyCP, sin embargo se deben considerar las características y restricciones que cada empresa presenta.

Uno de los procesos críticos a considerar se encuentra en la etapa 4. En la primera empresa de estudio (figura 50), la capacidad de producción es mayor que la demanda; por lo que el programa maestro de producción se puede realizar con bajos niveles de inventarios, ya que un cambio en un aumento en la demanda no afectaría la producción.

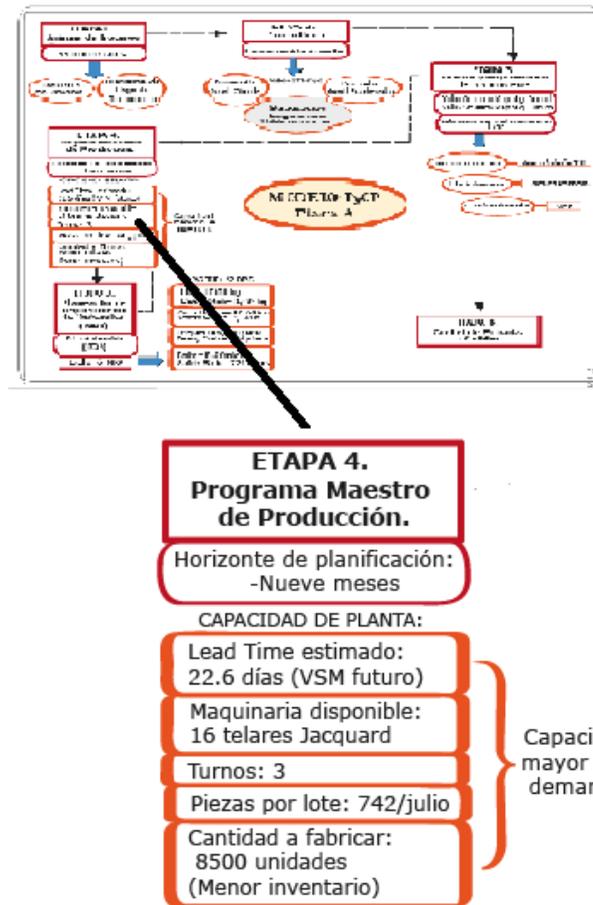


Figura 50. Análisis comparativo, etapa 4. Empresa caso de estudio A.

Fuente: Elaboración propia.

En la segunda empresa de estudio (figura 51), la capacidad de producción es menor que la demanda. En éste caso, como se vio en el desarrollo de las etapas del modelo, el programa maestro de producción debe considerar ésta restricción de la empresa y realizar la programación manteniendo un safety stock que pueda amortiguar un aumento de la demanda imprevista. Las empresas con éstas características, pueden tener una guía en base al segundo modelo de PyCP que se realizó a la planta B.

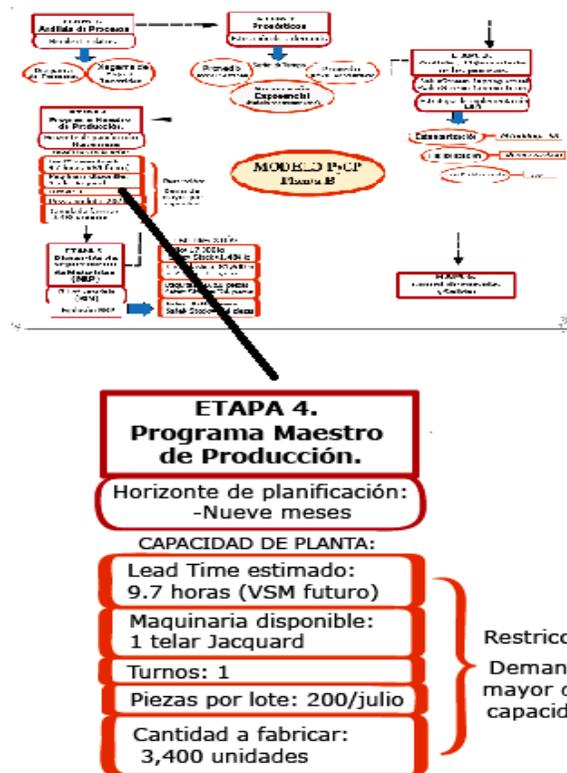


Figura 51. Análisis comparativo, etapa 4. Empresa caso de estudio B.

Fuente: Elaboración propia.

## Conclusiones

Las herramientas y técnicas presentadas en éste estudio, constituyen una parte fundamental dentro del buen desarrollo de la logística de abastecimiento y la logística de planta o de operaciones. Los elementos de éste trabajo ayudarán a tener una base para determinar la cantidad óptima a producir en un tiempo determinado con la finalidad de anticipar, materia prima, maquinaria, mano de obra y equipo necesario para la optimización de recursos y el cumplimiento de la demanda de los clientes.

Uno de los inconvenientes presentados en la investigación, fue la poca disponibilidad de tiempo para llegar a la implementación de técnicas Lean en la implementación de procesos estandarizados, flexibles y confiables; así como de información en cuanto a costos específicos y generales, que hubieran hecho más completa la investigación.

Los modelos de PyCP propuestos, establecen directrices a seguir para los diferentes escenarios en la planeación de la producción para las dos empresas de estudio; lo que servirá de apoyo a una mejor toma de decisiones y como guía para empresas que presenten características similares a los casos presentados.

De acuerdo a los objetivos planteados en la investigación, también se puede concluir que:

- A través de la aplicación del VSM, se pudieron visualizar aquellas actividades dentro del proceso que no agregan valor, logrando reducir en más del 10% el Lead Time en ambas empresas de estudio.
- Las herramientas Lean presentadas, ayudarán a encontrar y eliminar los problemas para producir y operar.
- Mediante el MPS y el MRP propuesto, las empresas de estudio podrán mejorar la planificación, la producción y el control en la fabricación de la colcha, de acuerdo a los diferentes cambios de la demanda.

## Bibliografía

- Alvis Gordo, José Franco y Sotelo Muñoz, Manuel Alberto. (2009). *Identificación de las causas que alteran el rendimiento de los equipos de extracción de madera. Estudio de tiempos y movimientos*. Extraído el 19 de Marzo de 2014 de <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ee585de2-e5c0-4f46-98fd-880b8d80c95b%40sessionmgr4004&vid=10&hid=4107>.
- Arrieta Posada, Juan Gregorio. (2007). *Interacción y conexiones entre las técnicas 5s, SMED y Poka Yoke en procesos de mejoramiento continuo*. Tecnura, vol. 10, núm. 20, Universidad Distrital Francisco José de Caldas Colombia. Extraído el 18 de Marzo de 2014 de [www.redalyc.org/articulo.oa?id=257021012012](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257021012012).
- Bernal Torres, César Augusto. (2006). *Metodología de la investigación para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México: Prentice Hall.
- Chapman, Stephen N. (2006). *Planificación y control de la producción*. México: Prentice Hall.
- Chase, Richard B., Jacobs F. Robert, Aquilano Nicholas J. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: Mc Graw-Hill.
- Dilworth, James B. (1993). *Production and Operations Management: Manufacturing and Services*. Quinta edición. McGraw-Hill, Inc. Extraído el 28 de Mayo de 2014 de <http://mexico.smetoolkit.org/mexico/es/content/es/907/Preparaci%C3%B3n-del-plan-de-producci%C3%B3n>.
- Flores Talavera, Gabriela. (2011). *Formando investigadores*. Extraído el 18 de Abril de 2014 de <http://formandoinvestigadores-gft.blogspot.mx/2011/01/estado-del-arte.html>

Franco, Yaquelin. (2011). *Tesis de investigación*. Extraído el 18 de Abril de 2014 de <http://tesisdeinvestig.blogspot.mx/2011/09/marco-teorico.html>

Galindo Sosa, Raúl V. y Hernández Romero, Yissel. (2008). *La evolución tecnológica del telar*. Revista Digital Universitaria [en línea], Vol. 9, No. 11. Extraída el 18 de Marzo de 2014 de <http://www.revista.unam.mx/vol.9/num11/art93/int93.htm>

García Castro, Ma. Beatriz. (2004). *Panorama crítico para la industria textil y del vestido mexicana*. Extraído el 27 de Noviembre de 2013 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32512710>.

Hay, Edward J., (2003). *Justo A Tiempo (Just In Time)*. Grupo editorial Norma

Hernández Matías, Juan C., Vizán Idoipe, Antonio (2013). *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*. Fondo Social Europeo a través del Programa operativo Plurirregional de Adaptabilidad y Empleo 2007-2013.

Hernández, A., & Mejía, G. (2008). *Aplicativo computacional para la planeación de la producción en una empresa fabricante de autopartes. (Spanish)*. Revista De Ingeniería, (28), 24-31. Extraído el 27 de Marzo de 2014 de <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=48d60f5a-8794-4479-982-e88712e95c33%40sessionmgr4005&vid=7&hid=4214>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2009). *Micro, pequeña, mediana y gran empresa*. Extraído el 27 de noviembre de 2013 de [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/M\\_PYMES.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/M_PYMES.pdf).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2012). *Revista La industria textil y del vestido en México*. Serie estadísticas sectoriales

Jimenez, E., Tejeda, A., Pérez, M., Blanco J. y Martinez, E. (2011). *Applicability of lean production with VSM to the Rioja wine sector*. Aplicabilidad de la producción Lean con VSM. Traducción propia. Extraído el 19 de Marzo de 2014

de <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ee585de2-e5c0-4f46-98fd-880b8d80c95b%40sessionmgr4004&vid=28&hid=4107>.

Kanawaty, George, Oficina Internacional del Trabajo Ginebra (2008). *Introducción al Estudio del Trabajo*. México: Limusa.

Marker, G. (28 de 01 de 2013). Symio.com.mx. Extraído el 03 de Diciembre de 2013, de Symio: <http://www.symio.com.mx/index.php/casi-la-mitad-de-las-pymes-mexicanas-fracasan-por-una-mala-administracion/>

Medina Varela, P. D., Restrepo Correa, J. H. & Cruz Trejos, E. A. (2009). *Plan de producción para la compañía de helados "nata"*. Scientia Et Technica, XV(43) 311-315. Extraído el 27 de marzo de 2014 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84917310055>

Meyers, Fred E. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos*. México: Prentice Hall.

Morillo, Marysela C. (2005). *Análisis de la Cadena de Valor Industrial y de la Cadena de Valor Agregado para las Pequeñas y Medianas Industrias*. Actualidad Contable Faces, vol. 8, núm. 10, Universidad de los Andes. Extraído el 18 de Marzo de 2014 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=25701006>.

Niebel Benjamin W. y Freivalds, Andris. (2009). *Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Mc Graw-Hill.

Pérez Beteta, Luis. (2006). *El mapeo del flujo de valor. Contabilidad y negocios*, pp 41-44, Pontifica Universidad Católica del Perú. Extraído el 27 de marzo de 2014. De <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ee585de2-e5c0-4f46-98fd-880b8d80c95b%40sessionmgr4004&vid=20&hid=4107>.

Pérez Rave, Jorge., Daniel La Rotta, Daniel., Sánchez, Katherine., Madera, Yiseth., Restrepo, Guillermo., Rodriguez, Mayra., Vanegas, Johan., Parra, Carlos. (2011). *Identificación y caracterización de mudas de transporte, procesos, movimientos y tiempos de espera en nueve pymes manufactureras incorporando la perspectiva del nivel operativo*, *Ingeniare*. Revista Chilena de Ingeniería, vol. 19, núm. 3, Universidad de Tarapacá Chile. Extraído el 18 de Marzo de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77221486009>.

- Rey Sacristán, Francisco. (2005). *Las 5S, orden y limpieza en el puesto de trabajo. España. Fc Editorial*
- Rother, Mike y Shook, John. (1999). *Observar para crear valor: Un manual de trabajo y herramienta lean*. The Lean Enterprise Institute Brookline, Massachusetts, USA. [www.lean.org](http://www.lean.org)
- Rodríguez Monroy, C. y Fernández Chalè, L. (2006). *Manufactura textil en México: Un enfoque sistémico*. *Revista Venezolana de Gerencia*. Extraído el 6 de febrero de 2014 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29003502>.
- Rosales Ortega, R. (2003). *Tlaxcala, ¿un distrito industrial?*. *Sociológica*, vol. 18, núm. 51. Extraído el 6 de Febrero de 2014 de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305026632006>.
- Sentíes, O., Osorio, R., Lassmann, A., Flores, F., & Sánchez, C. (2008). *Metodología de ayuda a la decisión para el plan de producción en sistemas de manufactura flexible. (Spanish)*. *Revista De La Alta Tecnología Y Sociedad*, 2(1), 1-13.
- Sipper, Daniel, Bulfin, Robert L., (1998). *Planeación y control de la producción*. McGraw-Hill
- Soriano, C. L. (24 de 11 de 2005). *winred.com. Ideas y negocios en red*. Obtenido de winred.com: <http://winred.com/emprender/el-80-de-las-pymes-fracasa-antes-de-los-cinco-anos-y-el-90-no-llega-a-los-diez-anos-por-que/gmx-niv110-con2970.htm>.
- Tejeda, A. S. (2011). *Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos*. *Ciencia y Sociedad*, XXXVI(2) 276-310. Recuperado de <http://redalyc.org/articulo.oa?id=87019757005>. Fecha de consulta 23 de septiembre de 2013.
- Whaibe, Erika A. (2014), *Análisis de tendencias de las pymes del sector textil para la conformación de un clúster en el municipio de Chiautempan Tlaxcala*. Tesis

para optar el título de Maestro en Ingeniería Administrativa, Instituto tecnológico de Apizaco, Tlaxcala.