



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE UNA
EMPRESA TEXTIL DE ARTÍCULOS DE LANA PEINADA Y SUS
MEZCLAS**

MONOGRAFÍA PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Presenta:

Mario Bonifacio Méndez León

Bajo la dirección de:

Dr. Héctor Rivera Gómez

PACHUCA, HIDALGO A 18 DE NOVIEMBRE DEL 2014

MÉXICO

Resumen

La presente monografía es un trabajo de análisis de la producción con la finalidad de encontrar la mejor estrategia para los planes futuros de la fabricación de telas de lana peinada en la fábrica Santiago Textil S.A. de C.V., también es un análisis de los distintos métodos aplicables en la industria para mejorar los costos de producción.

En la presente monografía se identificó la historia, localización y procesos productivos de la planta con la finalidad de dar un panorama general del sistema actual con el que se elaboran los productos de lana peinada que ofrece la empresa al mercado.

La herramienta para el análisis de la producción que se usó en el presente trabajo es Planeación Agregada. Dicha herramienta es de gran utilidad al plantear soluciones óptimas para el procesos de manufactura de telas de lana peinada.

Y, finalmente, con la ayuda de software y programación lineal se obtuvo el plan óptimo de producción. El software utilizado en el presente trabajo es el de mayor difusión en el ámbito comercial EXCEL y su herramienta de programación lineal SOLVER cuyos resultados fueron satisfactorios.

Índice

1. Proceso de producción de telas de lana peinada	
1.1. Importancia Textil de Tulancingo Hidalgo	5
1.2. Localización de la fábrica Santiago Textil	6
1.3. Proceso de peinado de la lana	9
1.4. Fabricación de telas de lana peinada	14
1.5. Problemática	18
1.6. Objetivo General	18
1.7. Objetivos Particulares	19
1.8. Hipótesis	19
2. Marco Teórico	
2.1. Antecedentes	20
2.2. Planeación Agregada	20
2.2.1. Inventario cero	26
2.2.2. Fuerza de trabajo constante	26
2.2.3. Programación lineal	27
2.3. Planeación de Recursos Materiales	32
2.3.1. Explosión de lista de materiales BOM	36
2.3.2. Plan maestro de producción PMP	38
2.3.3. Dimensionamiento de lotes	40
3. Metodología experimental	
3.1. Matriz de familias	46
3.2. Matriz de tiempos	46
3.3. Productos de alta rotación	47

3.4. Unidad agregada	47
4. Resultados y análisis.	
4.1. Matriz de familia de productos	48
4.2. Matriz de tiempos de producción para cada producto	49
4.3. Productos de mayor demanda	53
4.4. Planeación Agregada	55
4.4.1. Unidad Agregada	56
4.4.2. Método Gráfico	57
4.4.3. Estrategia de inventario Cero	60
4.4.4. Estrategia de Fuerza de Trabajo Constante	63
4.4.5. Plan Óptimo	65
5. Conclusiones	69
Bibliografía	71

1. Proceso de producción de telas de lana peinada.

1.1 Importancia de la industria Textil en la región de Tulancingo Hidalgo



Figura 1: Elaboración Artesanal de prendas textiles.

Se sabe que ya desde la época prehispánica se producían en esta Región abundantes tejidos de algodón al parecer procedente de la vecina zona serrana de Huehuetla y Tenango (En esta última región se siguen produciendo). Sólo para cumplir con su obligación tributaria se aportaban cada año, entre otros bienes sesenta fardos de mantas.

Esta actividad textil no sólo se mantuvo viva para satisfacer las necesidades propias de la población indígena después de la Conquista del Imperio Tenochca, sino que fue alentada por una variable inexistente hasta mediados del siglo XVI: la demanda de prendas por parte de los trabajadores de las minas de la región de Real del Monte- Pachuca.

En la época del Porfiriato, Tulancingo vivió, al igual que el resto del país el avance del progreso industrial y de las consecuencias que éste trajo. En 1893 se inauguró la primera estación del ferrocarril de Tulancingo, ubicada en el edificio que actualmente alberga el Museo de Datos Históricos. Dicha estación era parte del Ferrocarril Hidalgo, que en ese

momento estaba concesionado a Don Gabriel Mancera. La red comercial para la comercialización de la lana, tanto para la recepción de esta materia prima como para la distribución de productos acabados se facilitó con la llegada del ferrocarril a la región desde 1893.

Este auge se vio ensombrecido por el movimiento revolucionario iniciado en 1910: el servicio ferroviario sufría interrupciones, las importaciones y las ventas disminuían, y los créditos se suspendían. Si bien fue una época de crisis a la que no todas las empresas sobrevivieron, la actividad textil se reforzó en el periodo pos-revolucionario. Así, el Presidente Venustiano Carranza visita en ferrocarril algunas fábricas de la región, entre ellas, la Esperanza y la fábrica Santiago Textil, Cabe notar que estaba haciendo una gira por las empresas de más renombre en el país.

Conforme al censo industrial de 1935, excepto por el Distrito Federal, Hidalgo, concretamente Tulancingo y su entorno, era el de mayor importancia en la industria textil de la lana. El 21 % del capital invertido en este giro a nivel nacional estaba concentrado aquí mientras, el 37% estaba radicado en la Ciudad de México y el resto en otros Estados.

Durante el siglo XX, Tulancingo se desarrolló como importante centro textil y cuenca lechera, incluidas las zonas aledañas como Santiago Tulantepec y Cuauhtepic que también son importantes zonas de producción textil (Lira). Tal como se presenta en la Figura 1.

1.2. Localización de fábrica de Santiago Textil S.A.

Debido al auge en la región del valle de Tulancingo en el año de 1888 se instaló la empresa Fábrica de Santiago en el municipio de Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo. Que está a una distancia de 7 Km de la ciudad de Tulancingo.

El municipio de Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero se localiza a una distancia de 51 kilómetros de Pachuca, la capital del Estado.

Se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 2,180 metros y sus coordenadas geográficas extremas son latitud norte 20° 02' 18", longitud oeste 98° 21' 21" respecto al Meridiano de Greenwich.

Colinda al norte con el municipio de Tulancingo de Bravo; al este con el municipio de Cuautepec de Hinojosa; al sur con los municipios de Cuautepec de Hinojosa y Singuilucan; al oeste con los municipios de Singuilucan y Tulancingo de Bravo. (Durán, s.f.)



Figura 2: Localización del municipio de Santiago Tulantepec en el Estado de Hidalgo.

A través del tiempo la empresa ha cambiado su nombre hasta el que ahora ostenta; Santiago Textil S.A. de C.V. que se encuentra ubicada en la carretera Santiago-Ventoquipa en el kilómetro 1.5.



Figura 3: Vista de la entrada principal de Santiago Textil.

Por esta puerta circulan cada día más de 400 personas entre obreros, personal administrativo, proveedores, visitantes, entre otros.



Figura 4: Logotipo más reciente de Santiago Textil.

En el año 2013 la empresa celebró 125 años de funcionamiento y, entre otros, estrenó el logotipo de la empresa con la imagen que aparece en la figura 4.

1.3. Proceso de peinado de la lana

El proceso de peinado de la lana que utiliza como materia prima en la Hilatura de Peinado son los siguientes:

Clasificación

El proceso de clasificación es el primer paso del proceso productivo y quien determinará la calidad de los productos finales.

Fibra tras fibra pasa por las curtidas manos de hombres que hacen de esta tarea un oficio artesanal, dando así nacimiento a los distintos productos a ofrecer. Una vez que la fibra ha sido clasificada y separada en las distintas calidades, las cuales se determinan por zonas

del animal como Lomo, costillas, colas, ojos, o por Largos y finuras, pueden ser consideradas como listas para comenzar los procesos de transformación.



Figura 5: lana en bruto.

Lavado

El lavado de las fibras consiste en pasar las mismas a lo largo de un tren de lavado para quitar la mayor cantidad de tierra y materia grasa (lanolina) posible. Aquí se produce la primera transformación de la fibra, ya que su aspecto cambia totalmente y además se agregan los primeros agentes químicos del proceso.

Antes de iniciar el lavado propiamente dicho, la lana se pasa a través de una máquina de batido y apertura, esta máquina, como su nombre lo indica, bate y abre la fibra para que esta suelte la mayor cantidad de tierra posible e ingrese a los baños preparada para que el detergente pueda tener una óptima penetración y acción de lavado. La tierra resultante de

este proceso es aspirada por unos filtros y luego desechada. Por lo general se tira en terrenos para relleno o para fertilización.

Una vez que la lana está abierta y a través de una cargadora se alimenta el lavadero, que consiste de varias bateas de aprox. 5.000 litros de agua cada una, seguidas de exprimidores y finaliza con un secadero alimentado por generadores que funcionan a gas, para poder secar la lana. Las bateas están separadas en las de lavado propiamente dicho, a las cuales se les agrega detergente, bicarbonato de sodio, y las de enjuague. La temperatura del agua oscila entre los 35 y 55 grados Celsius, y se utiliza una caldera de vapor.

Una vez que la lana pasó por las bateas y el secadero, ya se puede considerar lavada y es trasladada mediante tubos inyectados con aire hasta los boxes de enfriado.

Peinado

El peinado es un proceso en el cual intervienen varias máquinas con diferentes funciones. Todas se encuentran en un mismo recinto y además las fibra debe pasar por cada una de ellas, de lo contrario no se puede considerar peinada.

Pero antes de ingresarlas a la peina se les deben agregar diferentes soluciones y aceites, tales como antiestáticos, suavizantes, etc., este proceso se llama “encimado” de la fibra y se hace pasando la misma a través de un pico pulverizador que la rocía con esta solución acuosa.(S.A.)



Figura 6: Bobina de lana peinada

Los pasos del peinado son:

Cardado

Carda es la máquina que convierte la lana en rama en una cinta continua llamada mecha, además la carda es la que mayor cantidad de restos de materia vegetal y tierra terminan de sacar.

Pre peinado

Las máquinas encargadas de pre peinar la fibra se llaman pasajes. Estas comienzan a paralelizar las fibras para luego poder peinarlas. Para asegurar un óptimo peinado se efectúan 3 prepeinados de la fibra, donde cada pasaje contiene un campo de peines cada vez más fino.

Peinado

Aquí intervienen las peinadoras, estas terminan de peinar la lana y además quitan restos de materia vegetal muy chicos y fibra corta, son considerados desperdicios, tiene un valor comercial bajo y se venden para la fabricación de paños para sombreros, rellenos, etc.



Figura 7: área de peinado.

Post peinado

También se hace con pasajes como los del pre peinado y se utilizan para terminar de regularizar la mecha o cinta que sale de las peinadoras, ya que según el requerimiento de los clientes, se debe entregar una mecha que oscila los 35 a 25 gramos por metro.

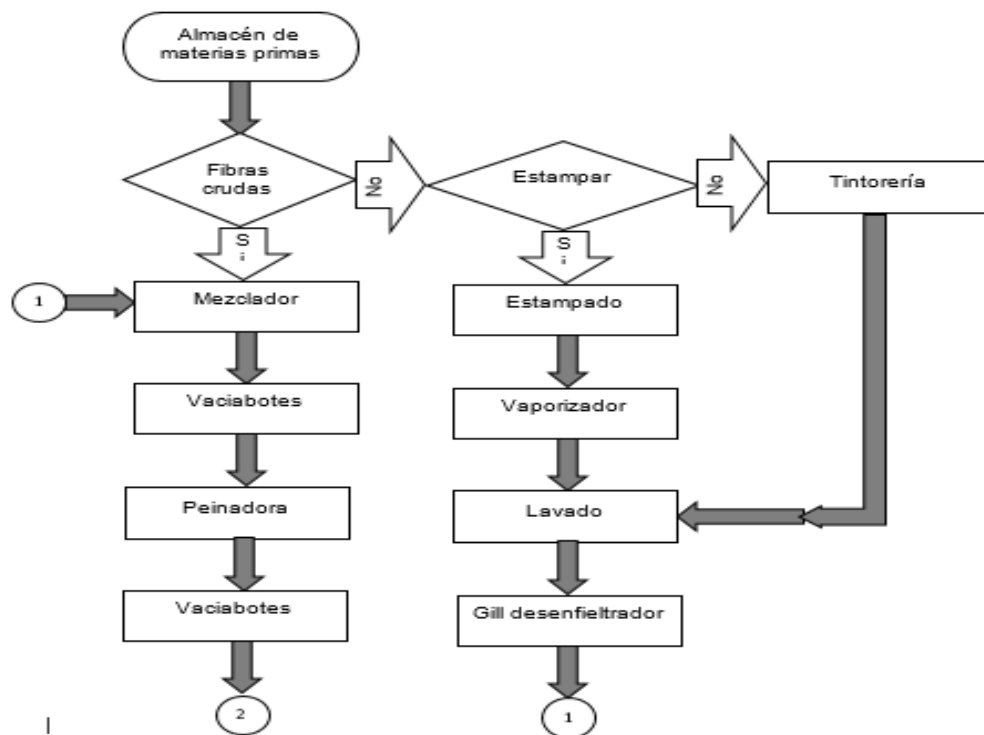
Bobinado

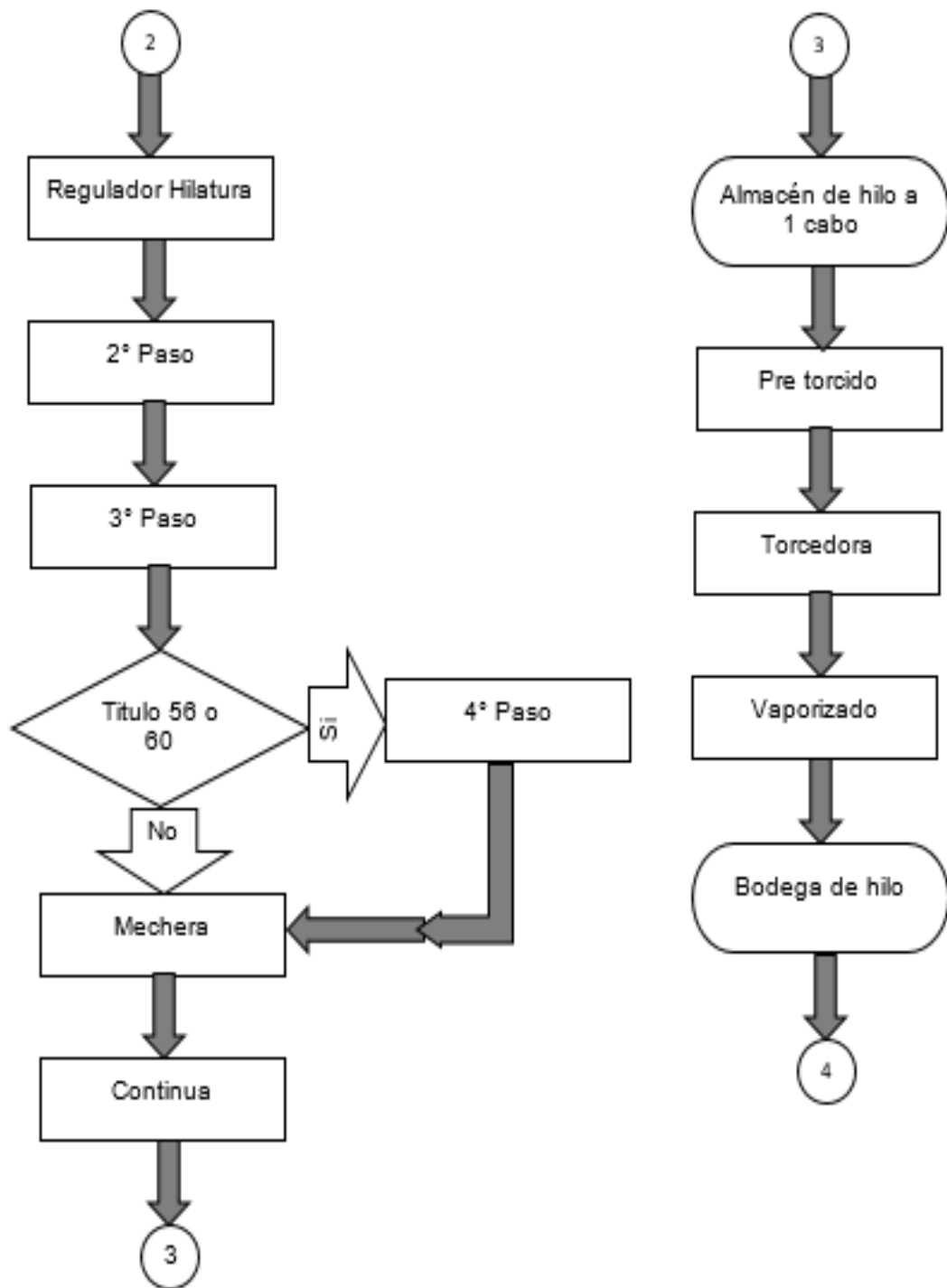
Una vez que la mecha esta 100% paralelizada, libre de impurezas y con el gramaje requerido, se procede a formar Bobinas (Bumps) de aprox. 10 Kg., esto se hace con un pasaje que tiene adaptado un bobinador.

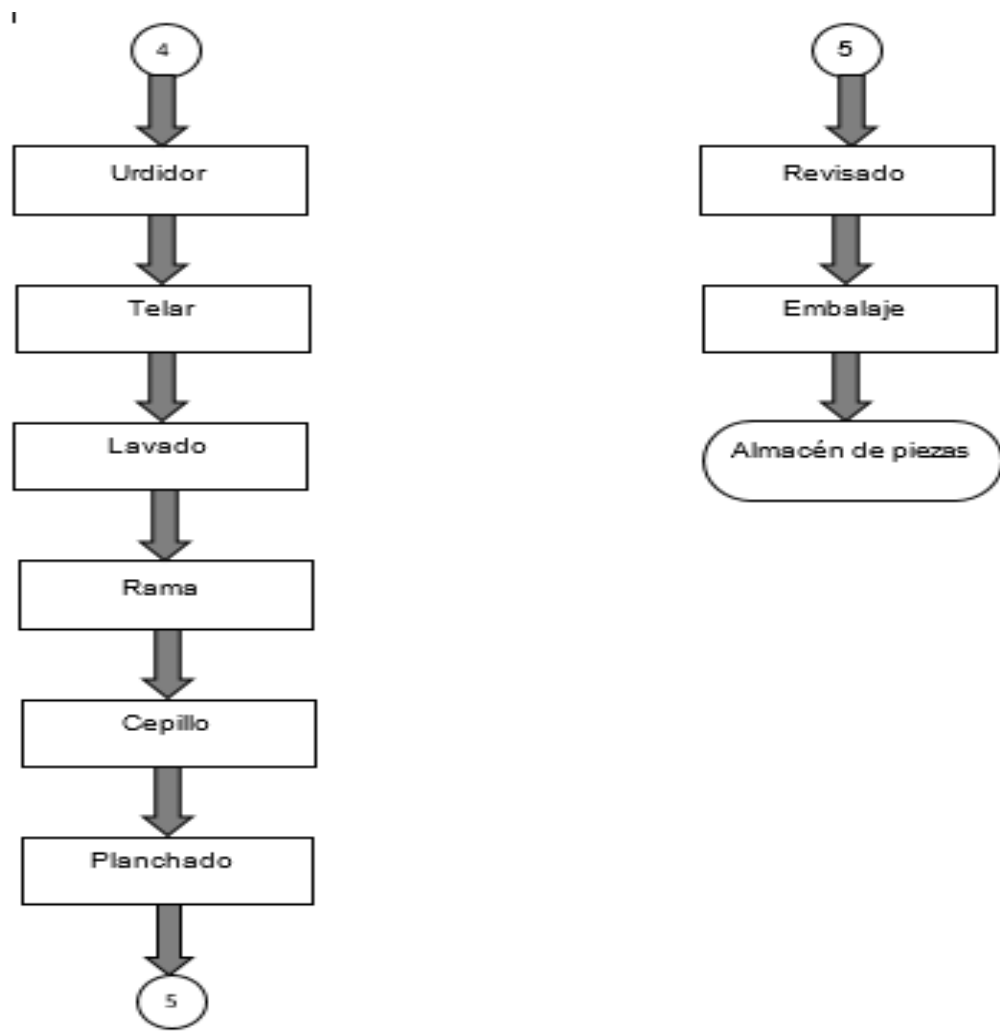
Luego estas bobinas se colocan en bolsas de polietileno y son llevadas a la prensa para su posterior embalaje.

1.4. Fabricación de telas de lana peinada

Después de seleccionar, lavar y peinar la lana bruta se considera materia prima para iniciar la transformación en telas de lana, poliéster-lana, entre otras mezclas que se realizan para satisfacer los gustos y expectativas del cliente final.







Grafica 1 diagrama de flujo del proceso de transformación de lana en telas.

En la gráfica 1 se ilustra de forma detallada el proceso de transformación de las materias primas en productos terminados.

Este diagrama de flujo comprende el proceso de todos los artículos que se producen en la planta de Santiago Textil del tipo de lana peina y las mezclas de fibras de lana con fibras sintéticas como; poliéster, poliamida, etc.

Las materias primas necesarias para la producción de telas de lana peinada y sus mezclas son seleccionadas de la mejor calidad para lograr los mejores productos terminados. Una buena selección de materiales se asegura con proveedores confiables y bien posicionados en el mercado internacional. Por esta razón las materias primas provienen de países como Australia, Alemania y Argentina principalmente.

Producto terminado



Figura 8: Muestrario de telas de lana peinada en su gama de colores.

Los productos terminados de la planta de Santiago textil son muy diversos y depende mucho de las necesidades del cliente. Los colores, el acabado, la composición de fibras, la posibilidad de lavarse en casa, entre otras características, son determinadas por el cliente. Pero para muchos clientes los productos que ofrece de línea la empresa cumplen con sus requerimientos y tienen costos más bajos que los productos especiales.

1.5. Problemática

La planeación de la producción es un hito dentro de las empresas que determina los niveles de rentabilidad y de respuesta al cliente. Esto aplica para cualquier industria, incluida la industria textil.

El caso particular de la planta de telas de lana peinada resulta necesario una adecuación planeación debido a que el proceso requiere de una gran cantidad de paso lo que tiene por consecuencia la necesidad de largos periodos para obtener el producto terminado.

La producción de telas de lana peinada requiere de semanas para completar el pedido del cliente debido a que cada cliente determina el color y la composición de fibras que integraran su producto. Sin embargo esto tiene como consecuencia que los clientes se deban esperar un tiempo prolongado para recibir los artículos que requieren para la elaboración de prendas de uso personal (trajes, uniformes, etc.).

Sin embargo esta situación provoca que el servicio al cliente sea lento y, sobretodo, que en periodos de alta demanda los retrasos en los pedidos sean una situación muy frecuente. Debido a este fenómeno muchos clientes optan por buscar otros proveedores lo que ocasiona pérdida de clientes y la respectiva baja en la productividad y las utilidades.

1.6. Objetivo General

Analizar y optimizar el costo de producción de artículos de lana peinada y sus mezclas de la fábrica de Santiago Textil S.A.

1.7. Objetivos Particulares

- Determinar costos de producción con las Estrategias de Planeación Agregada.
- Identificar la estrategia que mejor se adapte a los lineamientos de la empresa.
- Identificar los productos que representan el 60% de la producción.
- Identificar las familiar de productos.
- Identificar el tiempo de producción promedio necesarios para la fabricación de cada pieza de cada familia de productos.
- Calcular los costos de mano en la producción de la empresa.

1.8. Hipótesis

Con la implementación de técnicas y estrategias de ingeniería industrial es posible mejorar el costo de producción y, también, lograr una mejora en el costo de mano de obra. Considerando que el costo de mano de obra representa más del 35% del costo total de producción para los artículos que se manufacturan en Santiago Textil.

Con la ayuda de Planeación estratégica es posible encontrar una estrategia de producción acorde a los lineamientos, políticas y capacidad financiera y técnica de la empresa. Logrando mejoras en el costo de producción, en la imagen social y laborar de la empresa y una mejor y más rápida respuesta a los clientes.

2. Marco teórico

2.1. Antecedentes

En la actualidad se cuenta con una amplia variedad de herramientas para planear la producción de las empresas sin embargo, una de las más eficientes es la Planeación Agregada por la amplia gama de recursos con los que cuenta para encontrar la opción óptima para esta tarea.

En el presente capítulo se describe, de manera general, los procesos y las herramientas necesarios para lograr recabar la información correcta para obtener los resultados óptimos en la fabricación de las telas de lana peinada mediante el uso de PA (Planeación Agregada).

2.2. Planeación Agrega

Planeación Agregada (PA) o Macro-Planeación de la Producción: es una parte fundamental de la estrategia de negocios de una firma y empieza con el pronóstico de la demanda (“error”). (Producción y servicios, hospitales, líneas aéreas). Algunas decisiones son:

- Cuantos empleados se deben retener en la empresa (cambios frecuentes vs. número estable de trabajadores).
- Cantidad y mix de items a producir.

- Nivel de outsourcing (subcontratación), innovación vs manufactura.

La PA implica objetivos contrarios entre sí:

- Reaccionar rápidamente a cambios en la demanda (cambios grandes y frecuentes en el tamaño de la fuerza laboral) estrategia de caza.
- Retener una fuerza de trabajo estable. (mantener grandes inventarios)
- Desarrollar un plan de producción que maximice la utilidad sujeto a restricciones de capacidad. (programación lineal).

La PA está diseñada para para trasladar el pronóstico de la demanda en un anteproyecto para la planeación de personal y los niveles de producción de la firma en un predeterminado horizonte de planeación.

La planeación de la producción debe ser vista como un proceso jerárquico en el cual; compras, producción y decisiones sobre el personal deben ser tomadas en varios niveles en la empresa. Note que la PA es un concepto que implica la administración de un grupo de items, los métodos de inventarios están diseñados para controlar items individuales.

El método de la PA se basa en la existencia de una unidad agregada de producción. Esto implica dos casos:

Cuando el tipo de artículos producidos es parecida: la unidad de producción agregada puede corresponder a un artículo promedio.

Clases distintas de artículos producidos: es más adecuado considerar unidades agregadas en términos de:

- ❑ Peso, i.e. toneladas de acero

- Volumen, i.e. litros de gasolina
- Cantidad necesaria de trabajo, worker-years de tiempo de programación
- Valor monetario, i.e. valor del inventario en pesos, dólares.
- La determinación del esquema de PA no siempre es obvio, depende del contexto del problema y del nivel de agregación requerido.

La PA (y el problema relacionado de desagregar los planes agregados o convertirlos en planes maestros detallados) se relaciona en forma estrecha con la planeación jerárquica de la producción (HPP), Hax and Meal (1975). En ella se considera el tamaño de la fuerza laboral y tasas de producción en una variedad de niveles, en contraste al nivel máximo como en PA. Se recomienda la siguiente jerarquía:

Artículos (ítems): es el nivel de detalle más fino en la estructura del producto, son los productos finales que se entregan al cliente. A un ítem se le llama también unidad de almacenamiento o sku (stock-keeping unit).

Familias: grupo de artículos que comparten un costo común de preparación de manufactura.

Tipos: grupos de familias cuyas cantidades de producción se determinan con un solo plan agregado de producción.

En general, el método de agregación utilizado (PA o HPP) debe ser consistente con la estructura organizacional de la empresa y la línea de productos fabricados.

El objetivo de la PA es determinar las cantidades de producción agregada y los niveles requeridos de recursos para lograr esas metas de producción. En la práctica esto se traduce en determinar el número de trabajadores a contratarse y el número de unidades agregadas a producir en cada periodo de planeación 1,2...T.

El objetivo de la PA es balancear las ventajas de producir para cumplir con la demanda tan exactamente como sea posible (caza) y los problemas causados por el cambio en los niveles de producción y/o fuerza de trabajo, (despidos/contrataciones).

Una vez definida una unidad agregada apropiada, se asume que existe un pronóstico de la demanda para un horizonte de planeación especificado.

Los principales puntos relacionados con el problema de PA incluyen:

- Suavizamiento: se refiere a los costos que resultan de cambiar los niveles de producción y de la fuerza de trabajo de un periodo al siguiente. (contratación & despido), imagen pública, sindicato.
- Problemas de cuello de botella: errores en el pronóstico, con demanda alta, la planta no tiene capacidad suficiente para satisfacerla. Falla de un equipo vital.
- Horizonte de planeación: se debe especificar claramente el número de periodos para los cuales se pronostica la demanda y se determina los niveles de fuerza de trabajo e inventario. (T pequeño → los niveles de producción no podrían cumplir la demanda, si T grande → errores en el pronóstico. Son muy usuales los rolling schedules, al siguiente periodo se realiza un nuevo pronóstico y se actualizan las decisiones, programas dinámicos.
- Tratamiento de la demanda: PA no considera ningún buffer contra errores del pronóstico, asume una demanda constante.
- El objetivo es seleccionar el plan agregado que minimiza el costo. Es importante identificar y medir los costos que son afectados por las decisiones de planeación (modelo):
- Costos de suavizamiento: los que se incurren al cambiar los niveles de producción de un periodo a otro. Se asume una función lineal al costo de contratación/despido, conforme aumenta el número de contrataciones/despidos (anunciar puestos, entrevistar, capacitar, indemnizaciones, moral).

- Costos de mantener inventario: se incurren al tener capital invertido en los inventarios. (\$/unidad/periodo) y se cargan al inventario que permanece a mano al final del periodo de planeación. (se asume una función lineal)
- Costos de tiempo regular: el costo de producir una unidad en el tiempo normal de trabajo (nomina normal, costos directos e indirectos de materiales y otros gastos de manufactura).
- Costos de tiempo extra y de subcontratación: el tiempo extra se incurre cuando se trabaja más allá del horario normal de trabajo y la subcontratación cuando un proveedor externo produce los artículos.

La solución de un modelo de PA debe considerarse cuidadosamente en el contexto de la política de la empresa. (Imposible de implementar en la práctica, frecuentes despidos/contrataciones, convenios laborales, imagen pública).

Programación lineal (PL) es un término que describe una clase general de problemas de optimización. El objetivo es determinar valores de n variables, para maximizar o minimizar una función lineal de esas variables, sujeta a m restricciones lineales.

La ventaja es que se pueden encontrar las soluciones óptimas con mucha eficiencia con el método simplex.

Técnica de PA, construir un modelo sensible, para controlar los niveles de producción y ajustar sus parámetros a las decisiones previas reales de la gerencia. Reflejando juicio y experiencia. (Coeficientes gerenciales)

Lograr un suavizamiento de la producción con una regla de decisión, mantener niveles de inventario cercanos a cierto nivel predeterminado. Incorporar pronósticos de demanda, aumentar o disminuir los niveles de producción en forma anticipada aún cambio en el patrón de las demandas.

Determinar los parámetros en forma retrospectiva, observando al sistema durante un intervalo razonable (mínimos cuadrados). Reflexión del comportamiento gerencial en el

pasado. Emula el comportamiento gerencial. Evento repentino (descompostura), evitar el pánico, nivel de producción consistente con decisiones pasadas. Hay pocas implementaciones.

Se puede hacer PA a varios niveles, donde un plan agregado corresponde a cierto agrupamiento de artículos. Los agrupamientos pueden variar de tamaño (familia de productos, toda la línea de items). Se requiere un eslabón entre el plan agregado y los programas maestros de producción para artículos individuales.

Se necesita desarrollar un esquema de disgregamiento consistente con la definición de una unidad agregada y con la estructura organizacional de la empresa. La PA es principalmente un medio de calcular los niveles aproximados de fuerza de trabajo durante determinando horizonte de planeación.

Las unidades agregadas pueden ser un ente ficticio cuyo único propósito es desarrollar una representación lógica de la actividad general de ventas de la empresa. La planeación detallada de la producción de artículos individuales se puede considerar como un problema aparte (sujeto a restricciones determinadas por el tamaño de la fuerza de trabajo).

La PA puede ser una herramienta valiosa para planear los niveles de producción y de mano de obra en una compañía y es un medio de absorber las fluctuaciones de la demanda al suavizar los niveles de producción y fuerza de trabajo.

La PA tiene varias ventajas:

- El costo de preparar pronósticos y determinar los parámetros de productividad y costo para todos los productos individuales puede ser prohibitivo.
- Mejoramiento en la precisión del pronóstico agregando los artículos.
- Permitir al administrador ver la panorámica y no ser influido demasiado por los detalles.

Se necesita definir la unidad agregada, costo y demanda, muchos ahorros se pueden obtener con una mejor administración de los inventarios. Los modelos de PA son un auxiliar a los planeadores de producción. (Proporcionan una perspectiva y pueden revelar alternativas que de otra forma no serían evidentes) (Nahmias)

2.2.1 Cero inventarios

Evaluación de una estrategia de persecución (plan de inventario cero): Se desarrollara un plan de producción que minimice los niveles de inventarios en el periodo de 6 meses. Los trabajadores requeridos se redondean hacia arriba para garantizar que no se presente ningún faltante.

La cantidad de días hábiles en cada mes depende de varios factores, como vacaciones pagadas y programas de mano de obra, paros programados en la planta.

Por lo general es imposible lograr inventario cero al final de cada periodo de planeación, ya que no se puede emplear una cantidad fraccionaria de trabajadores.

Estrategia de caza: persigue ajustarse a la demanda de forma que la producción planificada satisfaga las necesidades período a período (contratación y despidos, horas extras,...) Intenta conseguir flexibilidad frente a los cambios de la demanda manteniendo un bajo nivel de inventario, pero produce inestabilidad en la producción.

2.2.2 Fuerza de trabajo constante

Es posible que el inventario final se pueda acumular en uno o más periodos hasta un punto en que se pueda reducir la fuerza de trabajo en uno o más trabajadores.

El objetivo es eliminar completamente la necesidad de contratar y despedir durante el horizonte de planeación.

A fin de garantizar que no se presenten faltantes en cualquier periodo, es necesario calcular la cantidad mínima de fuerza de trabajo requerida para cada mes en el horizonte de planeación.

Las estrategias de cero inventarios y la fuerza de trabajo constante son estrategias puras: tienen por finalidad lograr un objetivo. Es importante tener un sentido de la solución correcta antes de resolver el problema con PL, para que los errores grandes sean obvios.

Suponga que se permite un solo cambio en la tasa de producción durante los 6 meses. Gráficamente el problema consiste en cubrir la curva de la demanda neta acumulada con dos rectas. Forzando que el inventario neto desaparezca al final.

2.2.3. Programación lineal

La Programación Lineal corresponde a un algoritmo a través del cual se resuelven situaciones reales en las que se pretende identificar y resolver dificultades para aumentar la productividad respecto a los recursos (principalmente los limitados y costosos), aumentando así los beneficios. El objetivo primordial de la Programación Lineal es optimizar, es decir, maximizar o minimizar funciones lineales en varias variables reales con restricciones lineales (sistemas de inecuaciones lineales), optimizando una función objetivo también lineal.

Los resultados y el proceso de optimización se convierten en un respaldo cuantitativo de las decisiones frente a las situaciones planteadas. Decisiones en las que sería importante tener en cuenta diversos criterios administrativos como:

- Los hechos
- La experiencia
- La intuición
- La autoridad

El primer paso para la resolución de un problema de programación lineal consiste en la identificación de los elementos básicos de un modelo matemático, estos son:

- Función Objetivo
- Variables
- Restricciones

El siguiente paso consiste en la determinación de los mismos, para lo cual proponemos seguir la siguiente metodología:



Figura 9: Proceso de programación lineal

LA FUNCIÓN OBJETIVO

La función objetivo tiene una estrecha relación con la pregunta general que se desea responder. Si en un modelo resultasen distintas preguntas, la función objetivo se relacionaría con la pregunta del nivel superior, es decir, la pregunta fundamental. Así por ejemplo, si en una situación se desean minimizar los costos, es muy probable que la pregunta de mayor nivel sea la que se relacione con aumentar la utilidad en lugar de un interrogante que busque hallar la manera de disminuir los costos.

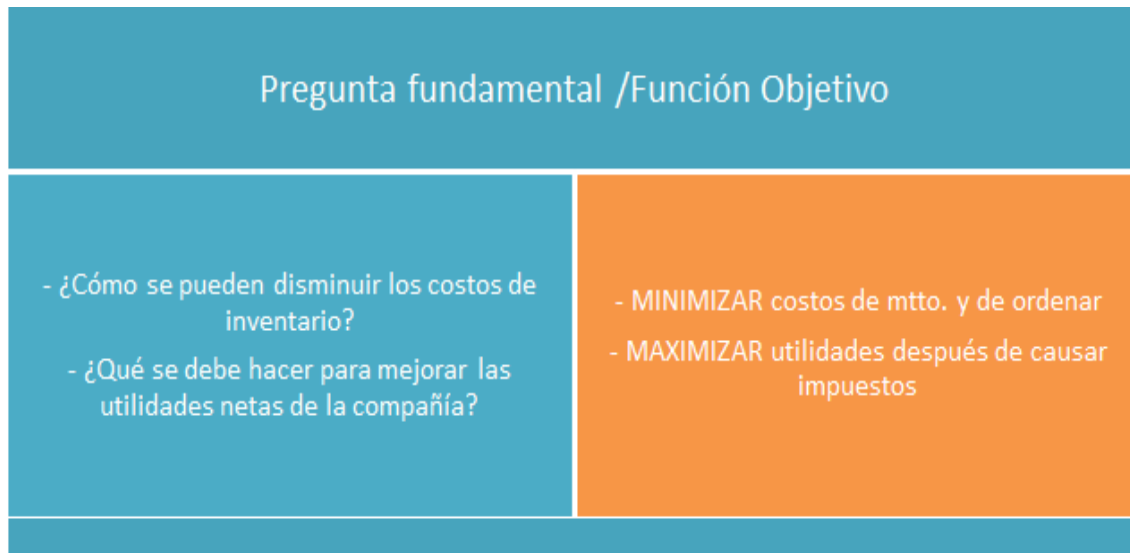


Figura 10: Plantear la función objetivo

LAS VARIABLES DE DECISIÓN

Similar a la relación que existe entre objetivos específicos y objetivo general se comportan las variables de decisión respecto a la función objetivo, puesto que estas se identifican partiendo de una serie de preguntas derivadas de la pregunta fundamental. Las variables de decisión son en teoría factores controlables del sistema que se está modelando, y como tal, estas pueden tomar diversos valores posibles, de los cuales se precisa conocer su valor óptimo, que contribuya con la consecución del objetivo de la función general del problema.

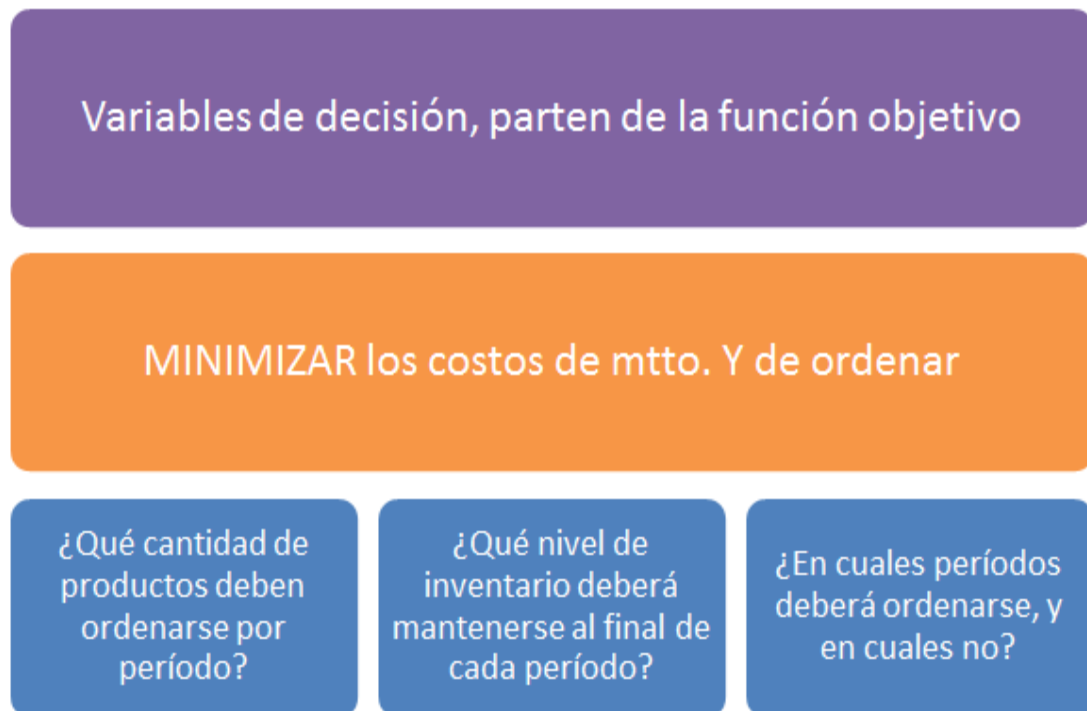


Figura 11: Planteamiento de variables de decisión

LAS RESTRICCIONES

Cuando hablamos de las restricciones en un problema de programación lineal, nos referimos a todo aquello que limita la libertad de los valores que pueden tomar las variables de decisión. La mejor manera de hallarlas consiste en pensar en un caso hipotético en el que decidiéramos darle un valor infinito a nuestras variables de decisión, por ejemplo, ¿qué pasaría si en un problema que precisa maximizar sus utilidades en un sistema de producción de prendas de vestir decidiéramos producir una cantidad infinita de ropa? Seguramente ahora nos surgirían múltiples interrogantes, como por ejemplo:

- ¿Con cuánta materia prima cuento para producirlos?
- ¿Con cuánta mano de obra cuento para fabricarlos?
- ¿Pueden las instalaciones de mi empresa albergar tal cantidad de producto?
- ¿Podría mi fuerza de mercadeo vender todo el producto?

- ¿Puedo financiar tal empresa?

Pues bueno, entonces habríamos descubierto que nuestro sistema presenta una serie de limitantes, tanto físicas, como de contexto, de tal manera que los valores que en un momento dado podrían tomar nuestras variables de decisión se encuentran condicionados por una serie de restricciones.

Pasos para resolver problemas de Programación Lineal:

El problema se recomienda leer en más de una ocasión para facilitar el reconocimiento de las variables, además es muy recomendable la elaboración de tablas o matrices que faciliten una mayor comprensión del mismo.

PASO 1: "FORMULAR EL PROBLEMA"

Para realizar este paso partimos de la pregunta central del problema.

¿Cantidad que se deben fabricar?

PASO 2: DETERMINAR LAS VARIABLES DE DECISIÓN

Basándonos en la formulación del problema se deben plantear nuestras variables de decisión.

En este paso determinamos las funciones que limitan el problema, estas están dadas por capacidad, disponibilidad, proporción, no negatividad entre otras.

PASO 4: DETERMINAR LA FUNCIÓN OBJETIVO

En este paso es de vital importancia establecer el contexto operativo del problema para de esta forma determinar si es de Maximización o Minimización.

PASO 5: RESOLVER EL MODELO UTILIZANDO SOFTWARE O MÉTODOS MANUALES

A menudo los problemas de programación lineal están constituidos por innumerables variables, lo cual dificulta su resolución manual, es por esto que se recurre a software especializado, como es el caso de WinQSB (disponible [aquí](#)), STORM (disponible [aquí](#)) o para modelos menos complejos se hace útil la herramienta Solver de Excel.

(López, <http://www.ingenieriaindustrialonline.com>, s.f.)

2.3. Planeación de los Recursos Materiales (MRP)

Planeación del Requerimiento de Materiales, (MRP, Materials Requirements Planning), sistemas de empuje (push), inicia la producción anticipándose a la demanda en el futuro, incorpora pronósticos. (Es una planeación un sistema y un método a la vez).

MRP se determinan tamaños de lote con base en pronósticos de las demandas en el futuro (sistema de planeación de arriba abajo, derivan de los pronósticos, empujados al siguiente nivel).

Fundamentos de la planeación de requerimiento de materiales (MRP)

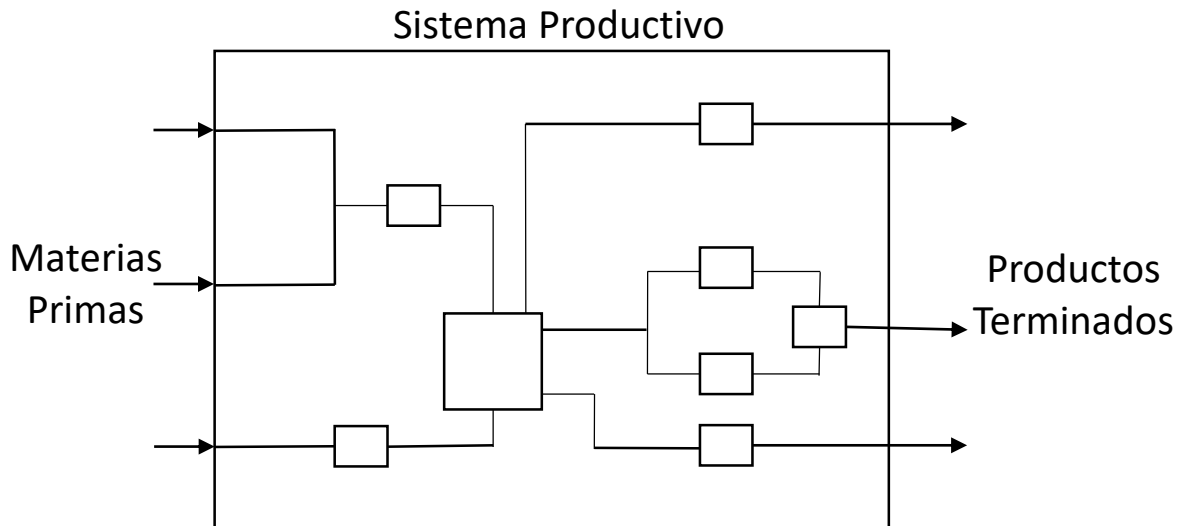
Un plan de producción es una especificación global de las cantidades de cada artículo final y subensambles producidos, la sincronización exacta de los tamaños de lote de producción y el programa final de terminación.

El plan de producción se puede desglosar en varias partes:

- ✚ El programa maestro de producción.
- ✚ El sistema de planeación de requerimiento de materiales (MRP).

- ✚ El programa detallado de trabajos de taller.

En el corazón del plan de producción están los pronósticos de la demanda de los artículos finales que se producen.



Grafica 2: Proceso general de transformación

El Plan Maestro de Producción (PMP), (artículos finales) es una especificación exacta de las cantidades y tiempos de producción de cada uno de los artículos finales en un sistema productivo. El PMP maneja artículos no agregados, se necesita los pronósticos de la demanda futura por artículos (y no por artículo agregado).

A continuación se desglosa el Plan Maestro en un programa detallado de producción para cada uno de los componentes que forman a un artículo final. Esto mediante el MRP (componentes).

Los resultados del MRP se traducen en programas específicos en el piso de producción y en necesidades de materias primas.

Las fuentes de datos para determinar el PMP son los siguientes:

- ❖ Pedidos en firme de los clientes.

- ❖ Pronósticos por artículo de la demanda en el futuro.
- ❖ Requerimiento de existencias de seguridad.
- ❖ Planes estacionales.
- ❖ Pedidos internos de otras partes de la organización.

Un factor importante del éxito del MRP es la integridad y oportunidad de los datos, puesto que se reciben datos de los departamentos de producción, ventas y finanzas de la empresa. Se necesita un flujo uniforme de la información entre esas 3 áreas funcionales.

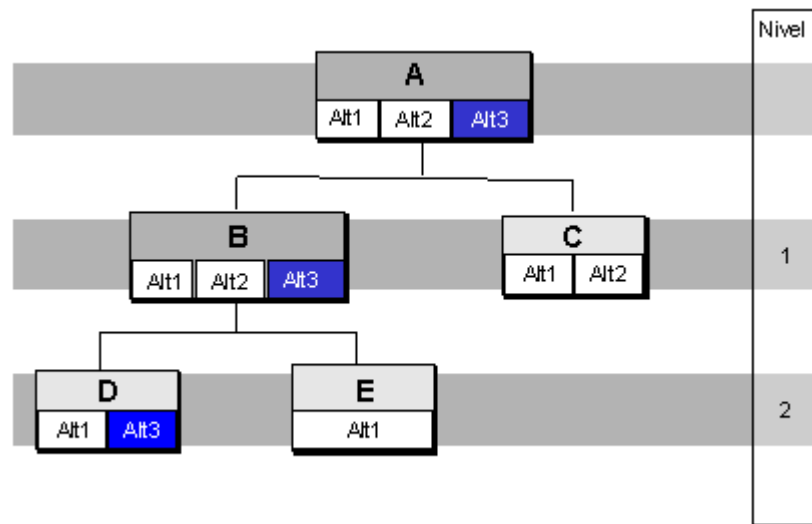
Se puede considerar que el control del sistema de producción está formado por 3 fases principales:

- ❖ Fase 1: recopilación y coordinación de la información necesaria para desarrollar el plan maestro de la producción.
- ❖ Fase 2: es la determinación de emisión planeada de requisiciones usando el MRP (componentes)
- ❖ Fase 3: es el desarrollo de programas detallados para el piso de producción y de requerimiento de recursos a partir de las requisiciones del MRP. (programación de operaciones, week scheduling).

El cálculo de explosión (explosión de lista de materiales, BOM Bill of Materials).

Se asigna el nombre de Cálculo de explosión al conjunto de reglas mediante el cual los requerimientos brutos de un nivel de estructura del producto se traducen a un programa de producción en ese nivel y en requerimientos a niveles inferiores.

En el corazón de cualquier sistema de planeación de requerimiento de materiales esta la estructura del producto, este muestra en detalle la relación padre-hijo entre los componentes y los artículos finales en cada nivel, la cantidad de periodos requeridos para producir cada componente y la de los componentes necesarios al nivel hijo para producir una unidad al nivel de padre.



Grafica 3: Calculo de explosión de materiales

Para producir una unidad del artículo final se necesitan dos unidades de A y una de B, con una semana y dos semanas para armar A y B.

Limitaciones del MRP

El MRP es un sistema cerrado de producción con dos entradas principales:

- ✚ El programa maestro de producción del artículo final
- ✚ Las relaciones entre los diversos componentes, módulos y subensambles que conforman dicho artículo.

El método es lógico y sensible a los tamaños de lote programados, algunos problemas que se encuentran son:

Incertidumbre: toda la información requerida se conocer con certidumbre, (pronósticos, tiempos de demora, incorporar niveles de seguridad en los pronósticos del artículo final, esto se transmitirá en forma automática hacia abajo, tiempos de demora de seguridad.

Planeación de capacidad: si los tamaños de lote en algún nivel no rebasan las capacidades de producción, no hay garantía de que cuando esos tamaños se traducen en requerimientos brutos en un nivel inferior sean factibles.

Tiempos de demora que dependen de los tamaños de lote: se podría esperar que el tiempo de demora aumentara si el tamaño de lote se incrementa.

MRP II: es una filosofía que trata de incorporar las demás actividades relevantes de la empresa en los procesos de planeación de la producción (funciones financieras, contables y ventas se enlazan con producción). Todas las divisiones de la empresa trabajarían en conjunto para determinar un programa de producción consistente con el plan general de la empresa y la estrategia financiera a largo plazo. Considera también la capacidad de la planta.

Procesos imperfectos de producción: no hay producción de artículos defectuosos, puede alterar gravemente el equilibrio del plan de producción. Si los rendimientos son estables, se divide los tamaños de lote entre el rendimiento promedio (78%, $1/1.78=1.28$) o determinar un factor de seguridad adecuado, simulación si es un rendimiento aleatorio. (MRP con rendimientos variables)

Integridad de los datos: los registros de inventario deben ser un reflejo exacto del estado actual del sistema, levantamientos de inventario físico en intervalos regulares, conteo de ciclo, sistemas codificados de armarios. (Nahmias)

2.3.1. Explosión de lista de materiales BOM (Bill Of Materials)

La técnica MRP es una solución relativamente nueva a u problema clásico en la producción: controlar y coordinar los materiales para que se encuentren disponibles

cuando sea necesario, y al mismo tiempo sin tener la necesidad de tener un inventario excesivo.

Para llevar a cabo esta técnica necesitamos los siguientes datos: La estructura de cada producto, calculando los componentes, materiales y cantidades necesarios de cada uno. Esa estructura da lugar a una lista de materiales conocida con el nombre de BOM (bill of materials). Stocks iniciales del producto final y de cada uno de los materiales o componentes que lo conforman. Lead time o tiempo que se necesita desde que se solicita un componente o material hasta que se obtiene. Tamaño del lote mínimo que se puede adquirir para cada uno de los componentes o materiales.

Lista de materiales BOM (Bill Of Materials) es una descripción clara y precisa de la estructura del producto mostrando:

- ✚ Componentes que lo integran.
- ✚ Cantidades
- ✚ Secuencia de montaje.

La secuencia de montaje se muestra con la arborescencia o jerarquía del producto mediante los niveles, de tal forma que el nivel 0 es el producto terminado, el nivel 1 los productos semielaborados a falta de un proceso para conseguir el producto final, así sucesivamente.

Para trabajar de una forma cómoda, deberemos de usar códigos para cada elemento que conforma el producto final, así podemos encontrarnos una representación gráfica. (<http://www.webandmacros.com/MRPconceptos.htm>, s.f.)

2.3.2. Plan Maestro de Producción

El plan maestro de producción (MPS) es un plan para la producción de artículos finales individuales. Desglosa el plan de producción para mostrar, en cada periodo, la cantidad por producir de cada artículo final. Por ejemplo, mostraría que 200 unidades del modelo A23 (Scooter) se fabricaran cada semana.

El MPS se alimenta con información del plan de producción, el pronóstico de cada artículo final, órdenes de venta, inventarios, y capacidad existente.

El nivel de detalles para el MPS es más alto que para el “plan de producción”. Así como el plan de producción estaba basado en familias de productos (triciclos, scooter), el MPS está desarrollado para artículos finales (cada modelo de triciclos, scooter). El horizonte de planeación usualmente se extiende de 3 a 18 meses pero primordialmente depende de los tiempos de entrega de compras y manufactura.

El término “Planeación maestra” describe el proceso de desarrollar un plan maestro de producción. El término “plan maestro de producción” es el resultado final de este proceso. Usualmente, los planes son revisados y cambiados semanal o mensualmente. (<http://produccioneinventarios.wordpress.com/plan-maestro-de-produccion-mps/>, s.f.)


What is Master Production Schedule or MPS?

A Master Production Schedule or MPS is the plan that a company has developed for production, inventory, staffing, etc. It sets the quantity of each end item to be completed in each week of a short-range planning horizon. A Master Production Schedule is the master of all schedules. It is a plan for future production of end items.

MPS INPUTS:

 Forecast Demand

MPS OUTPUT (production plan):

 Amounts to be Produced

◆ Production Costs

◆ Staffing Levels

◆ Inventory Costs

◆ Quantity Available to Promise

◆ Customer Orders

◆ Projected Available Balance

◆ Inventory Levels

◆ Supply

◆ Lot Size

◆ Production Lead Time

◆ Capacity

(http://www.inventorysolutions.org/def_mps.htm, s.f.)

2.3.3. Dimensionamiento de lotes



Figura 12: Lote de producto terminado

Una de las variaciones de los modelos de control de inventarios con demanda determinística que más se ajusta a la realidad es aquella en la cual se elimina el supuesto de que la demanda es constante a lo largo del horizonte de planeación, es decir, que la demanda puede variar con el tiempo. Si bien esta sigue siendo determinística, por su grado de conocimiento, esta consideración de variabilidad es mucho más real y se ajusta con mayor precisión en situaciones en las que por ejemplo los productos presenten una demanda periódica bien establecida, existan contratos de venta o producción en los que se conozcan las cantidades a producir y/o despachar, sean requerimientos dependientes de un MPS, es decir, conocidos con cierto grado de certeza mediante un MRP o partes destinadas a un programa de mantenimiento preventivo.

Cuando la demanda suele variar de forma significativa con el tiempo, es descabellado pretender mantener como óptima una cantidad constante de pedido. Esta cantidad debe recalcularse cada vez que una orden o corrida va a ser procesada.

Es importante establecer un horizonte de planeación, es decir un periodo determinado para la aplicación del control de inventarios. El horizonte y sus respectivas divisiones van a depender tanto de la naturaleza del problema.

Por otro lado es imperativo definir el objetivo respecto al inventario final del periodo de planeación, de una parte existe la consigna mayoritaria de que este inventario sea llevado a cero, dada la oportunidad que brinda el grado de certeza establecido en un contrato de venta o producción. En otras ocasiones, la cantidad correspondiente al inventario final.

No tiene restricción alguna, debido a que este se tomará como inventario inicial de planeación del periodo inmediatamente posterior.

Los métodos de control de inventarios con demanda determinística variable con el tiempo más utilizados en la actualidad son los llamados sistemas de loteo:

- Lote a Lote (L4L).
- Método de Periodo Constante.
- Cantidad Económica de Pedido (EOQ).
- Cantidad Periódica de Pedido (EPQ).
- Costo Total Mínimo.
- Costo Unitario Mínimo.
- Método de Silver – Meal.
- Algoritmo de Wagner – Whitin.

LOTE A LOTE (L4L)

La técnica del lote a lote es la más sencilla de todas, consiste en realizar pedidos o corridas de producción iguales a las necesidades netas de cada periodo, minimizando así los costos de mantenimiento del inventario. Sus características principales son:

- Producir exactamente lo necesario sin tener que trasladar inventario a periodos futuros.
- Minimizar al máximo los costos de mantenimiento.
- Desprecia los costos y las restricciones de capacidad de ordenar.

MÉTODO DEL PERIODO CONSTANTE

Este método fija un intervalo entre los pedidos de manera arbitraria (sea empírica o intuitivamente). Esto permite que la cantidad económica de ordenar y producir se ajuste en cada pedido. Esto significa que los lotes se igualan a las sumas de las necesidades netas en el intervalo elegido por la organización como fijo.

CANTIDAD ECONÓMICA DE PEDIDO (EOQ)

Este método busca determinar la cantidad económica de pedido (EOQ) mediante el equilibrio de los costos de preparación y de mantenimiento. La cantidad económica de pedido se define como:

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

Donde:

D: Demanda Anual.

S. Costo de Preparación o de Pedido.

H: Costo de Mantenimiento de las unidades en inventario (Costo unitario del Artículo x Porcentaje del costo de mantenimiento).

Para efectos del ejemplo que venimos trabajando:

CANTIDAD PERIÓDICA DE PEDIDO (POQ)

Este método calcula mediante el EOQ un periodo de pedido fijo, y ajusta en la práctica la cantidad que se manufactura o se compra en cada pedido. La mecánica del método parte del cálculo del EOQ luego se calcula la cantidad de pedidos que se hacen al año.

Para este método se tienen en cuenta las siguientes variables:

- N: Número de periodos considerados
- Dn: Suma de la demanda (necesidades brutas) de los N periodos.
- Q*: Cantidad económica del pedido (EOQ)
- f: Frecuencia de pedido
- T*: Periodo óptimo de pedido.

Y se utilizan las siguientes fórmulas (además de la del EOQ):

$$f = \frac{D}{Q^*}$$

$$T^* = \frac{N}{f}$$

COSTO TOTAL MÍNIMO (LTC)

Este método se basa en el fundamento de la Cantidad Económica de Pedido, en el cual entre más se asemejen los costos de mantenimiento y los costos de preparación, más cerca se estará de determinar la cantidad óptima de pedido. Sin embargo una de las variantes más significativas en esta técnica consiste en que tal semejanza se determina luego de costear los diferentes tamaños de lotes, y luego se determina el lote en el cual los costos

mencionados son más similares. El tamaño del lote corresponde a la suma de los requerimientos, por ende existe un ahorro respecto al costo de mantenimiento en el que se incurriría en un inventario final, que en este método sería inexistente.

El siguiente cuadro corresponde a un cuadro resumen del costo de cada lote. Sin embargo en aras de una mayor comprensión cada lote puede llevar un cuadro independiente para calcular los costos totales del mismo.

MÉTODO HEURÍSTICO DE MEAL SILVER

El método heurístico de Meal Silver o Silver Meal, fue desarrollado por E.A Silver y H.C Meal en 1973, y ha demostrado un muy buen rendimiento en situaciones en las que el comportamiento de la demanda es muy variable. La base del método consiste en minimizar los costos totales de ordenar y mantener por unidad de tiempo.

El método entonces parte por asumir que en el primer período se emite una orden de un tamaño tal que irá cubriendo uno a uno los períodos siguientes, entonces podrá calcularse cuanto sería el costo total de cubrir cada demanda en un período dado con un pedido emitido en el primer período, y también se calculará el costo total por unidad de tiempo al dividir dicho costo total por el período en el que se desea conocer.

Vale la pena recordar que este método no garantiza una solución óptima, que si bien es un modelo acertado cuando existe una significativa fluctuación de los niveles de demanda, en situaciones en las que existen períodos de demanda cero no produce buenos resultados, para estos casos es recomendable usar modelos de que aseguren soluciones óptimas, tales como el algoritmo de Wagner - Whitin o Programación Lineal.

Programación Lineal

Al igual que el Algoritmo de Wagner - Whitin, la programación lineal proporciona una solución óptima al problema del control de inventarios con demanda determinística

variable con el tiempo. Supone una mayor complejidad en la etapa de modelación, sin embargo los resultados obtenidos mediante software son más que satisfactorios debido al análisis de sensibilidad que puede hacerse con ellos. El siguiente es un ejemplo de resolución de un problema de loteo utilizando programación lineal entera. (López, <http://www.ingenieriaindustrialonline.com>, s.f.)

3. Metodología experimental

3.1. Matriz de familias

La metodología que se emplea en la identificación de familias puede utilizar los siguientes criterios:

- Por proceso; que el 70 % o más, de los pasos necesarios para la producción de los artículos de lana peinada sean coincidentes.
- Por tiempo de producción; que el 70 % o más, del tiempo necesarios para la producción de los artículos de lana peinada sea coincidente.
- Por materiales; que el 70 % o más, de los pasos necesarios para la producción de los artículos de lana peinada sean coincidentes.

Considerando el que se acerque más a los resultados deseados, es decir, al que ayude a identificar con mayor precisión los artículos que tengan un grado de coincidencia suficiente para considerarlos como parte de la misma familia.

3.2. Matriz de tiempo

Para construir la matriz de tiempo se tomó como referencia el tiempo requerido en cada equipo para la producción de una pieza de tela de 55 metros de largo con un ancho estándar de 2.1 metros para los artículos que se producen de línea, dentro de los que se encuentran los productos de mayor demanda de la planta.

El tiempo se midió en ambientes normales del proceso con lo que se tomaron el promedio de los operarios debido a que cada uno tiene diferentes habilidades y la especialización en los puestos de trabajo se logra a través de la practica constante.

3.3. Productos de alta rotación

La forma de identificar los productos de mayor demanda de la planta de Santiago Textil se recurrió a los archivos de venta de los años anteriores y se determinan los productos que superan el 60% del volumen de producción anual.

Como dato interesante se describe una similitud bastante acorde en la información de los últimos 10 años. Los patrones de ventas son muy parecidos y también los volúmenes de cada uno de los productos de alta rotación.

3.4. Unidad Agregada

Debido a la complejidad de los procesos y de la construcción de las telas, además de las distintas composiciones de los hilos para tejer los artículos de lana peinada la unidad agregada más adecuada para medir la eficiencia y la productividad del sistema y de los obreros es por peso, es decir, KILOGRAMOS de material en proceso y terminado.

3.5. Estructura del producto

La construcción del producto terminado, las telas de lana peinada y sus mezclas, es de bajos componentes. La lista de explosión de materiales BOM es de apenas dos niveles.

La complejidad del proceso radica en la cantidad de pasos de necesarios para obtener las características de calidad que cumplen con los niveles de regularidad y resistencia del producto, así como, las características cualitativas como color, tacto y durabilidad.

4. Resultados y análisis

4.1. Matriz de familias

Al identificar las familias también es posible identificar los materiales comunes para cada uno de los artículos que lo componen logrando así que el plan de producción este más apegado a los requerimientos reales de las ventas.

Artículo	Lana de 22 micras	Lana de 19.5 micras	Poliéster de 5 desitex	Poliáamida de 5 desitex	Hilo 24525	Hilo 24415	Hilo 24435	Hilo 26027	Hilo 25615	Familia
Hidalgo 700	x				x					1
Hidalgo 400	x				x					
Hidalgo 919	x				x					
Top 700	x		x		x					2
Top 467	x		x		x					
Top 927	x		x		x					
Top 60' 700		x	x					x		
Top 60' 497		x	x					x		
Blendy 700	x		x		x					
Blendy 497	x		x		x					
Peck & benson 700		x							x	3
Peck & benson 497		x							x	
Peck & benson 911		x							x	
Paño 44	x			x			x			4

Tabla 1: familias de producto

Por coincidencia de los materiales necesarios para la fabricación de los artículos de lana peinada y sus mezclas se determina que identifican cuatro familias de productos. Con las que se puede identificar claramente los componentes necesarios para obtener el producto final.

De los datos obtenidos se observa que los hilos que mayor demanda tienen son; 24525 y los 26027 que componen la familia “2”, debido a la amplia gama de productos en los que se utilizan.

4.2 Matriz de tiempos de producción para cada producto



Figura 13: Inicio del proceso de producción.

Artículo	Hilado 700	Hilado 400	Hilado 919	Top 700	Top 467	Top 927	Brendy 700	Brendy 497	Peck & Jensen 700	Peck & Jensen 497	Peck & Jensen 911	Top 67 700	Top 67 497	Bain 44
Bodega de materias primas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Estampado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vaporizador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tintorería	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lisosa	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Desenfeltrador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mezclador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vadabotes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Peñadoras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vadabotes 2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Regulador peñadoras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Regulador Hilatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2° Paso	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3° Paso	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4° Paso	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Mechera	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Continua	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Almacen de hilo a 1 cabo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pretorcido	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Torcedoras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vaporizador	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bodega de hilo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Urdimbre	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Telares	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lavado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rama	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cepillo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Planchado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rivizado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Embalaje	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Almacen de piezas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Proceso de Producción

Tabla 2: Proceso de Producción por artículo

En capítulo 1 se presenta el diagrama de flujo para la producción de telas de lana peina. En la tabla anterior se representa a manera de matriz el recorrido necesario de materiales desde el inicio del proceso hasta el producto final.

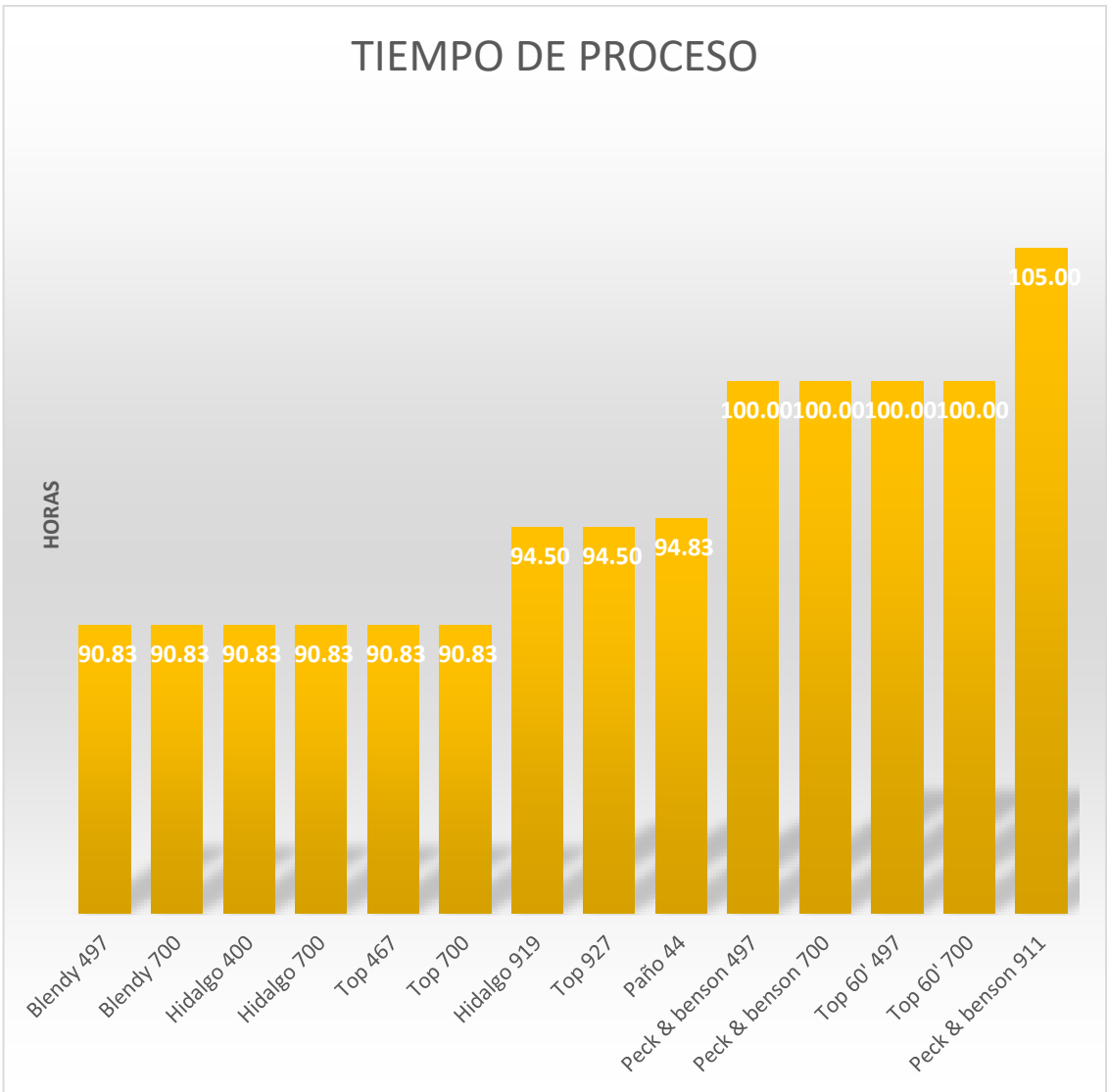
En la tabla 2 se ve que el recorrido de los materiales es más o menos el mismo para todos los productos que se manufacturan en la planta de Santiago Textil, salvo al principio donde algunos materiales se tiñen de diferente forma.

Tiempo requerido para la producción de cada Artículo

	Artículo	Estampado	Vaporizador	Tintorería	Lisosa	Desenfieltrador	Mezclador	Vaciabotes	Peinadoras	Vaciabotes 2	Regulador peinadoras	Regulador Hilatura	1º Paso	2º Paso	3º Paso	4º Paso	Mechera	Continua	Pretorcido	Torcedoras	Vaporizador	Urdimbre	Telares	Lavado	Rama	Cepillo	Planchado	Revisado	Embalaje	Total minutos	Total horas
Hidalgo 700	.	150	240	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	5.450	90.83	
Hidalgo 400	.	150	240	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	5.450	90.83	
Hidalgo 919	450	150	.	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	5.670	94.50	
Top 700	.	150	240	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	5.450	90.83	
Top 467	.	150	240	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	5.450	90.83	
Top 927	450	150	.	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	5.670	94.50	
Blendy 700	.	150	240	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	5.450	90.83	
Blendy 497	.	150	240	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	5.450	90.83	
Peck & benson 700	.	150	240	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	6.000	100.00	
Peck & benson 497	.	150	240	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	6.000	100.00	
Peck & benson 911	540	150	.	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	6.300	105.00	
Top 60 700	.	150	240	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	6.000	100.00	
Top 60 497	.	150	240	320	300	300	240	270	180	160	150	240	200	190	.	220	600	200	300	150	100	700	250	60	50	30	120	30	6.000	100.00	
Paño 44	.	.	.	.	480	240	270	180	160	150	240	200	220	.	220	800	200	300	300	200	950	250	60	50	30	160	30	5.690	94.83	

Tabla 2.1: Tiempos de proceso por producto.

La tabla 2.1 recaba la información de tiempo de producción para cada uno de los artículos de mayor demanda de ventas de los últimos 10 años. El tiempo que se medio fue el necesario para fabricar una pieza de tela de 55 metros de largo por 2.10 metros de ancho, no obstante que regularmente no se fabrica una tela por partida de producción, sino en un volumen mayor de producción.



Gráfica 4: Tiempo para manufacturar una pieza de tela de lana peinada

En la gráfica anterior (gráfica 4) se observa que el artículo *PAÑO 44* se encuentra en la media de tiempo de producción y considerando que por sí solo representa una familia de productos y que el volumen de ventas es de 9% anual, es un buen indicador del tiempo de respuesta para el cliente que lo solicite.

4.3. Productos de mayor demanda

En los registros de ventas de los años 2012 y 2013 los artículos que jugaron un papel importante en el volumen de ingresos son los siguientes:

<i>Articulo</i>	<i>Porcentaje de ventas</i>	<i>metros</i>	<i>precio por metro (pesos)</i>	<i>precio por pieza (pesos)</i>	<i>Peso por pieza (Kg)</i>
<i>Top 700</i>	9.0%	55	154.00	8,470.00	125.90
<i>Paño 44</i>	9.0%	65	285.00	18,525.00	322.14
<i>Hidalgo 700</i>	7.0%	55	196.00	10,780.00	128.76
<i>Blendy 700</i>	6.5%	55	126.00	6,930.00	91.25
<i>Peck & benson 700</i>	6.0%	55	285.00	15,675.00	101.06
<i>Top 467</i>	4.5%	55	154.00	8,470.00	125.90
<i>Top 60' 700</i>	4.5%	55	196.00	10,780.00	94.33
<i>Hidalgo 400</i>	3.3%	55	196.00	10,780.00	128.76
<i>Peck & benson 497</i>	3.0%	55	285.00	15,675.00	101.06
<i>Top 927</i>	2.5%	55	154.00	8,470.00	125.90
<i>Top 60' 497</i>	1.7%	55	196.00	10,780.00	94.33
<i>Hidalgo 919</i>	1.0%	55	196.00	10,780.00	128.76
<i>Blendy 497</i>	1.0%	55	126.00	6,930.00	91.25
<i>Peck & benson 911</i>	1.0%	55	285.00	15,675.00	101.06

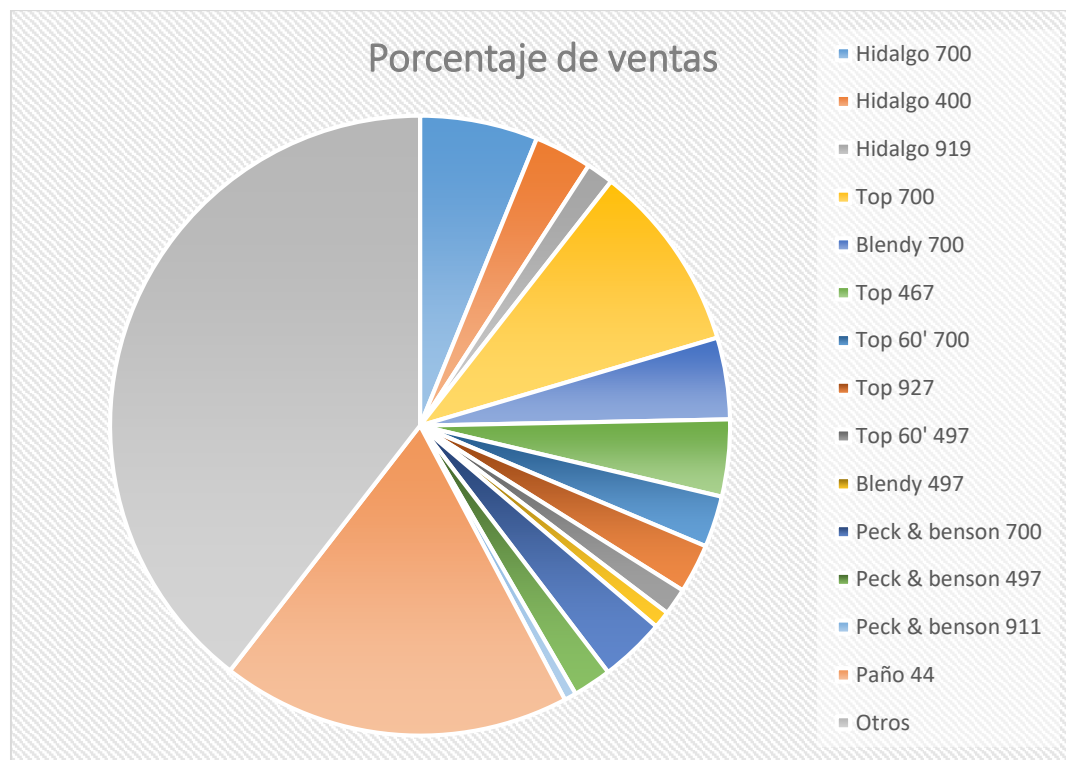
60.0%

Tabla 3: Porcentaje de volumen de ventas de los productos de mayor demanda.

Podemos apreciar que los artículos de mayor demanda anual son apenas 14 de una gama de más de 100 tipos que ofrece la empresa al mercado.

Los 14 artículos que se observan con mayor demanda en la tabla anterior se obtuvieron del total vendido en los últimos 5 años observando una gran similitud en los volúmenes respectivos de cada uno, durante ese mismo periodo de tiempo.

El resto de los artículos vendidos tiene un comportamiento más disperso, en algunos periodos son inexistentes.



Grafica 5: Volumen de ventas

En conjunto los 14 artículos que completan el 60 % de la demanda están representados en la gráfica y el restante 40% está conformado por una amplia gama de productos que en volumen no son de alta demanda.

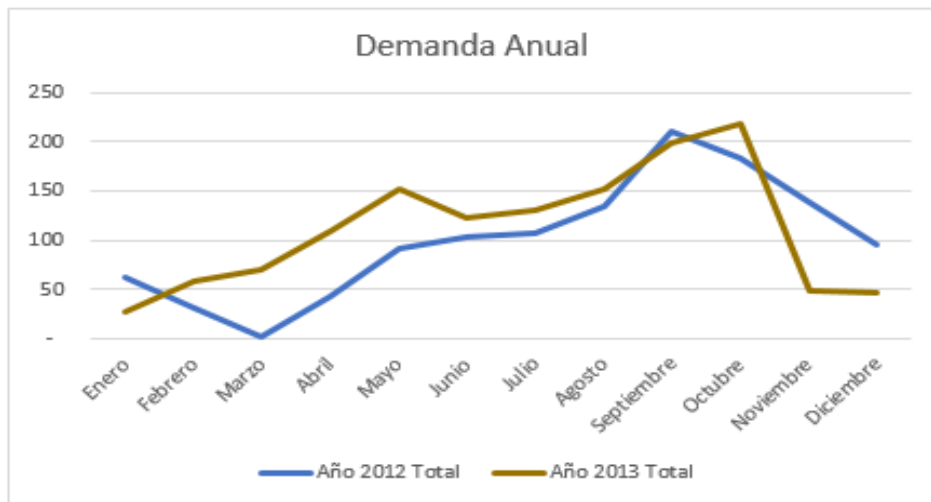
4.4. Planeación agregada.

Demanda Anual

	Año 2012	Año 2013
	Total	Total
Enero	62	28
Febrero	31	58
Marzo	2	70
Abril	42	108
Mayo	90	152
Junio	104	122
Julio	108	131
Agosto	133	153
Septiembre	209	198
Octubre	184	218
Noviembre	138	49
Diciembre	96	47

Tabla 4: Demanda anual del 2012 y 2013.

Los registros de venta de los años 2012 y 2013 contienen los datos anteriores. Estos mismos sirven de información para el ejercicio de planeación agregada que se resuelve en el presente trabajo.



Grafica 6: Demanda anual 2012 y 2013

En la gráfica anterior se observa una tendencia de mayor demanda en los meses de agosto, septiembre y octubre y una caída importante al finalizar el año con patrones que se repiten en la totalidad de la demanda de telas de lana peinada para la fábrica de Santiago Textil.

4.4.1. Unidad agregada

Artículo	Horas hombre necesarias para producir cada artículo	Precio de venta	Porcentaje de ventas	Unidad agregada
	(A)	(B)	(C)	(A*C)/100
Hidalgo 700	90.83	\$10,780.00	0.06	5.58
Hidalgo 400	90.83	\$10,780.00	0.03	2.73
Hidalgo 919	94.50	\$10,780.00	0.01	1.33
Top 700	90.83	\$8,470.00	0.10	8.95
Blendy 700	90.83	\$6,930.00	0.04	3.87
Top 467	94.50	\$8,470.00	0.04	3.79
Top 60' 700	90.83	\$10,780.00	0.03	2.43
Top 927	90.83	\$8,470.00	0.03	2.32
Top 60' 497	100.00	\$10,780.00	0.01	1.41
Blendy 497	100.00	\$6,930.00	0.01	0.89
Peck & benson 700	105.00	\$15,675.00	0.03	3.58
Peck & benson 497	100.00	\$15,675.00	0.02	2.00
Peck & benson 911	100.00	\$15,675.00	0.01	0.63
Paño 44	94.83	\$18,525.00	0.18	17.30
			0.61	93.14

Unidad agregada

93.14

horas de mano de obra

Tabla 5: Calculo de unidad agregada.

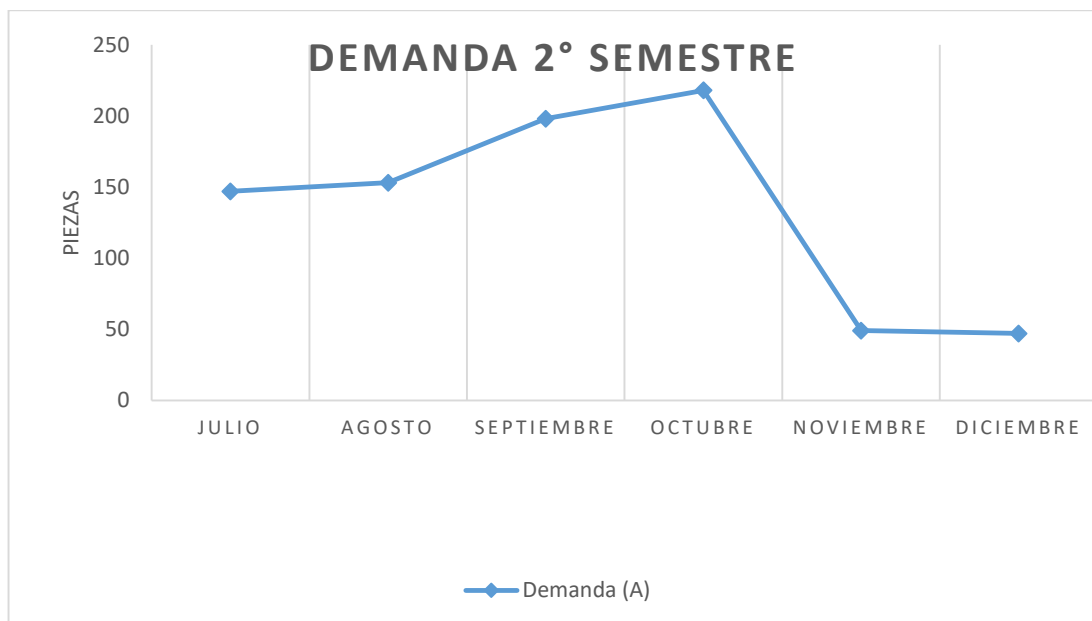
El cálculo de la unidad agregada para toda la producción de cada uno de los artículos de lana peinada resulto en 93.14 horas-hombre considerando el volumen de venta de la planta en su conjunto.

4.4.2. Método Gráfico

	Mes	Demanda (A)	Inventario Inicial (B)	Inventario Final (C)	Demanda neta (A)-(B), (A)+(C)	Demanda neta acumulada
1	Julio	147	50		97	97
2	Agosto	153			153	250
3	Septiembre	198			198	448
4	Octubre	218			218	666
5	Noviembre	49			49	715
6	Diciembre	47		40	87	802

Tabla 6: Demanda pronosticada para el segundo semestre del 2014.

Para comparar las diferentes estrategias de costos de producción se tomó el segundo semestre del año con los datos de ventas pronosticadas y los datos de inventario inicial en el mes de julio, además el inventario final esperado para el final de año de 40 rollos de tela.



Gráfica 7: Demanda pronosticada 2° semestre 2014.

Se observa que el comportamiento de la demanda es una curva con la tendencia al alza a mitad del periodo y una contracción importante para el final del mismo.

Mes	Periodo (x)	Demanda neta	Producción acumulada (y)	Plan de producción (c/mes)
Junio	0	0	0.00	0.00
Julio	1	97	134	134
Agosto	2	250	267	134
Septiembre	3	448	401	134
Octubre	4	666	535	134
Noviembre	5	715	668	134
Diciembre	6	802	802	134

Tabla 7: Solución del método gráfico.

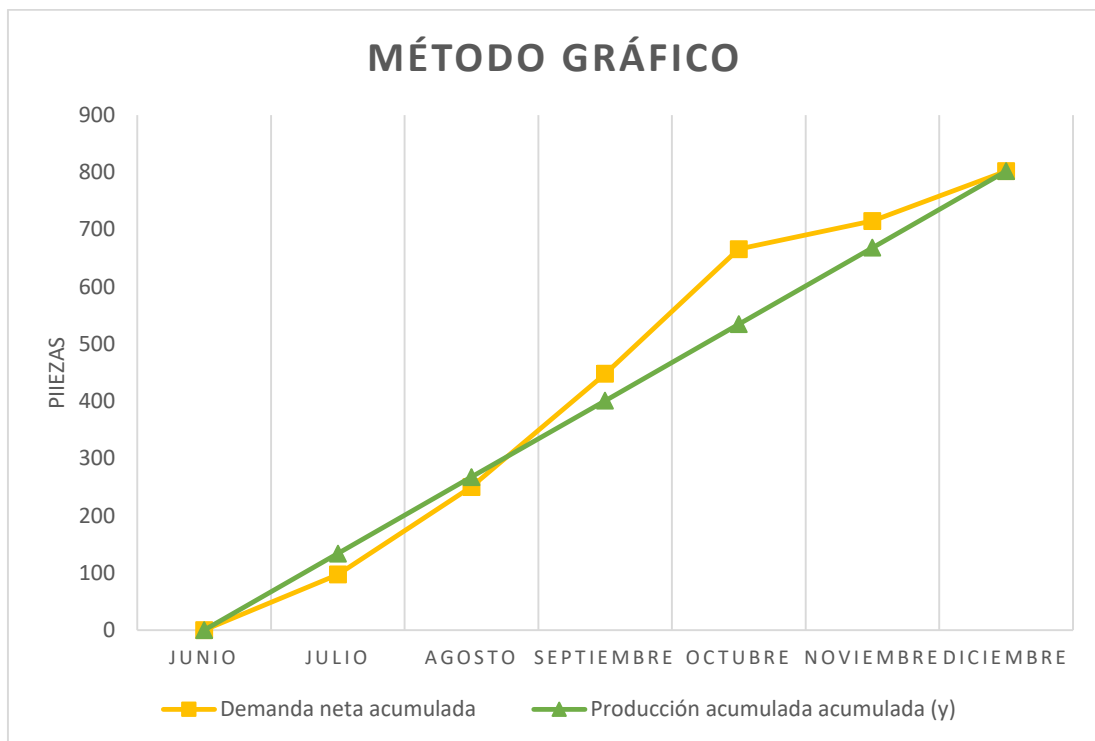
El resultado en el método grafico es una aproximación del plan de producción, sin embargo, al tener demanda no satisfecha en algunos meses del periodo el plan de producción no se puede basar en esta técnica por la falta de cumplimiento a los clientes.

25	Días hábiles	390	Trabajadores	134	piezas de tela
K =	tasa de producción/día	:	5.34667	Piezas de tela por día con 390 trabajadores	
	tasa de producción/día/trabajador	=	0.01371	Piezas de tela por día por un trabajador	

Tabla 8: cálculo del valor de K.

La constante “K” es la capacidad real de producción de cada uno de los obreros para obtener el artículo terminado, aunque la intervención de cada obrero no se relacione directamente con el producto final.

Para este efecto el valor de “K” es como se puede conocer la aportación de cada obrero en el volumen de producción y calcular en cada una de las estrategias de producción la cantidad requerida de mano de obra.



Gráfica 8: Plan de producción utilizando el método gráfico.

Los resultados de la demanda acumulada son mayores que el plan de producción utilizando el método gráfico. Por esta razón en el presente caso no se considera una estrategia factible para la producción de rollos de tela de lana peinada.

4.4.3. Estrategia de inventario cero

	Mes	Días laborables	Unidad de producción por trabajador	demanda neta	Cantidad mínima de trabajadores requerida	Cantidad mínima de trabajadores requerida
	(A)	(B)	$C = (B \times K)$	(D)	(D/C)	(redondeado)
1	Julio	25	0.34274	97	283	284.00
2	Agosto	24	0.32903	153	465	466.00
3	Septiembre	23	0.31532	198	628	628.00
4	Octubre	26	0.35644	218	612	612.00
5	Noviembre	25	0.34274	49	143	143.00
6	Diciembre	26	0.35644	87	244	245.00

Tabla 9: Datos para la solución de la estrategia de cero inventarios

Para la estrategia de cero inventarios se contabilizan los días efectivos laborables y, de esta forma, se calcula la capacidad de mano de obra requerida para cumplir con demanda pronosticada.

También es necesario mantener presente el valor de la constante K que se determinó en el método gráfico. Conociendo el valor de K y los días laborables de cada uno de los meses del periodo es como se calcula el número de obreros requeridos para cumplir el pronóstico de ventas de cada uno de los meses del segundo semestre del año 2014.

	Mes	Trabajadores	Cantidad de contratación	Cantidad de	Unidades por trabajador	Unidades producidas	Producción acumulada	Demanda inventario acumulada	Inventario Final	Inventario Final
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)=(B x E)	(G)	(H)	(I)=(G-	(J)
1	Julio	284		106	0.34274	97.34	97.34	97	0.34	1.00
2	Agosto	466	182		0.32903	153.33	250.66	250	0.66	1.00
3	Septiembre	628	162		0.31532	198.02	448.68	448	0.68	1.00
4	Octubre	612		16	0.35644	218.14	666.83	666	0.83	1.00
5	Noviembre	143		463	0.34274	49.01	715.84	715	0.84	1.00
6	Diciembre	245	102		0.35644	87.33	803.17	802	1.17	2.00
	Totales =		446	531						7

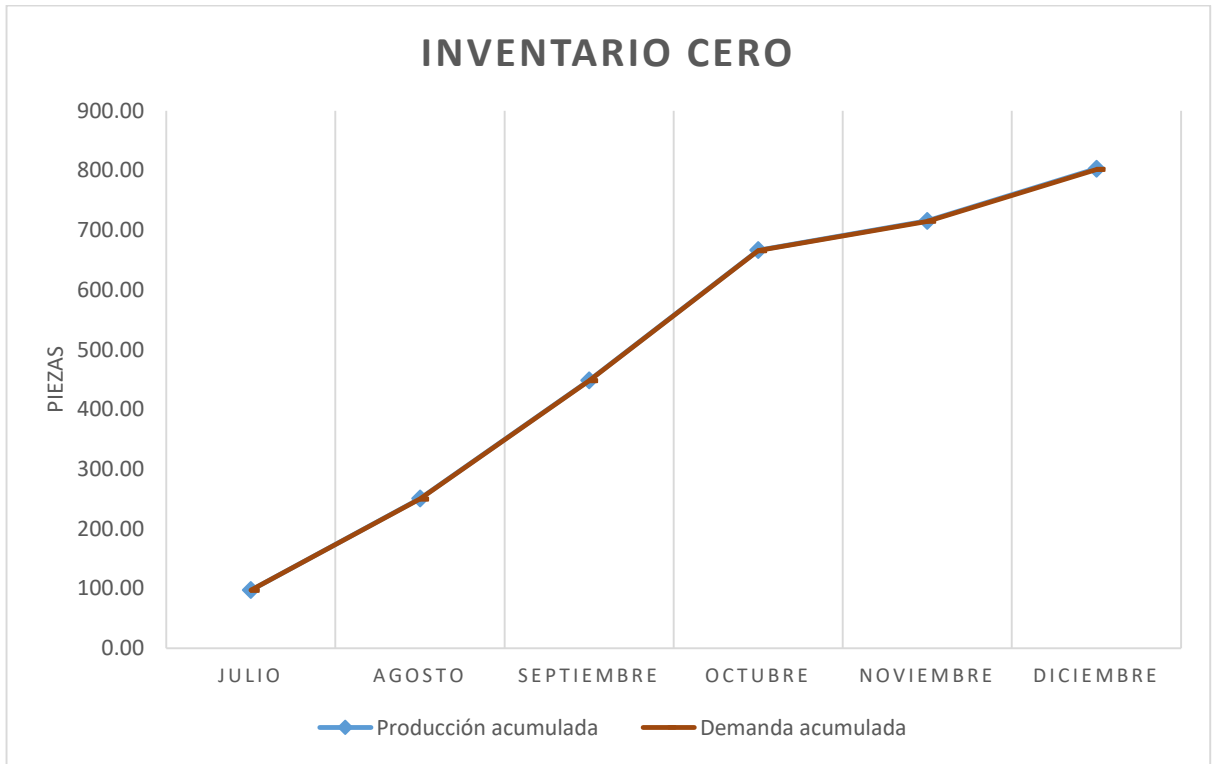
Tabla 10: Solución de la estrategia de cero inventarios contrataciones y despidos

El número total de contrataciones y despidos se presenta como una cantidad muy grande y que, además de impactar en el costo de producción, también refleja una imagen laboral inestable. La imagen que proyecta una empresa en el mercado laboral es muy importante porque la mano de obra calificada se inclina a buscar opciones de empleo más estables. Al mismo tiempo la mano de obra verá menos atractiva una empresa que ofrece condiciones laborales de incertidumbre como el hecho de ser contratado solo por un mes y al siguiente ser despedido. También la sociedad local tiene un concepto negativo respecto de las empresas que no ofrecen certidumbre de estabilidad laboral a los jefes de familia.

		Costo total del plan de producción			
CH=	costo de contratar	2,500.00	—	1,115,000.00	costo total de contratación
CF=	costo de despedir	4,500.00	—	2,659,500.00	costo total de despidos
CI=	costo de mantener una unidad de inventario durante un mes =	1,000.00	—	7,000.00	costo total de inventario
				Costo total (\$)=	3,781,500.00
					<u>Costo total del plan de producción</u>
					Estrategia de caza
					Plan de inventario cero
				+	40,000.00 inventario final
				\$	3,821,500.00 Costo total del plan de producción

Tabla 11: Costo total del plan de cero inventarios.

El costo de producción para el caso de la estrategia de cero inventarios es de; \$3,821,500.00, lo que hace pensar que no es óptimo. Para tener forma de comparar este resultado en este mismo trabajo se usan otras estrategias más de planeación agregada con las que se puede tomar decisión acerca del plan de producción.



Grafica 8: Estrategia de cero inventarios.

La ventaja que se aprecia en la aplicación de ésta estrategia es la nula existencia de inventarios. Que podría ser un método apropiado para reducción de costos de manejo de materiales, almacenes y otros factores relacionados con el manejo de los productos terminados.

4.4.4. Estrategia de Fuerza de Trabajo Constante.

Mes	Demanda neta	Demanda neta acumulada	Unidades producidas por trabajador	Unidades producidas por trabajador acumulada	Relación C/E	Fuerza mínima
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	F = (C/E)	(G)
1 Julio	147	97	0.34274	0.34274	283.02	284.00
2 Agosto	153	250	0.32903	0.67176	372.16	373.00
3 Septiembre	198	448	0.31532	0.98708	453.87	454.00
4 Octubre	218	666	0.35644	1.34352	495.71	496.00
5 Noviembre	49	715	0.34274	1.68626	424.02	425.00
6 Diciembre	87	842	0.35644	2.04270	412.20	413.00

Cantidad mínima de trabajadores requeridos = 496.00

Contrataciones = 106.00

Tabla 11: Solución de la estrategia de fuerza de trabajo constante (contrataciones).

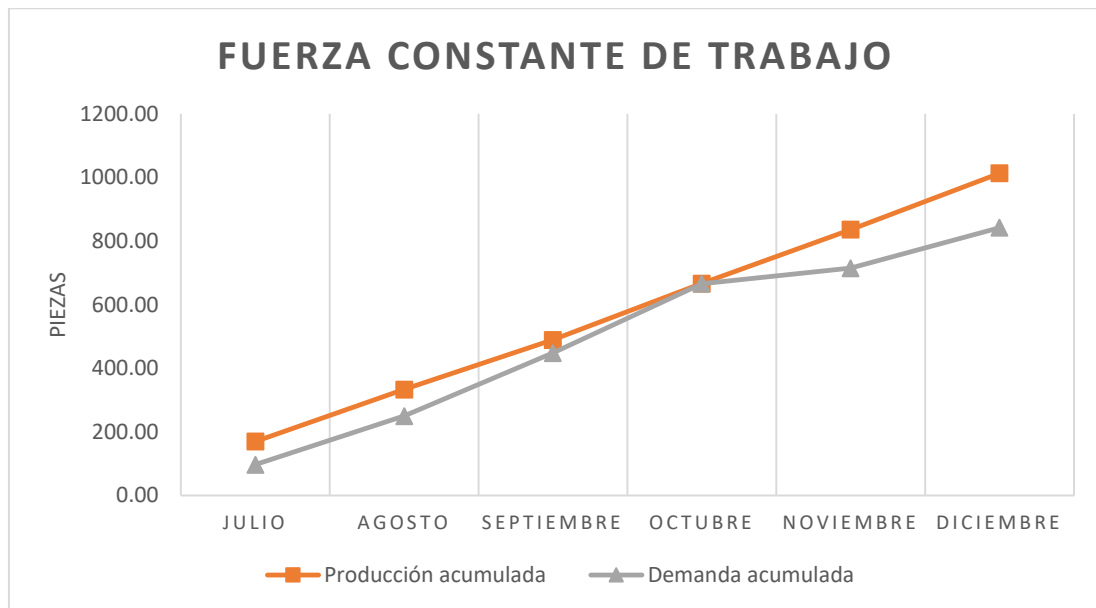
Tomando los datos iniciales para el pronóstico de ventas del segundo semestre del 2014, se obtienen los resultados de la tabla 11, donde se observa la necesidad de contrataciones. Con el fin de tener capacidad suficiente de producción para cumplir con el periodo de más demanda pronosticada.

Mes	Unidades producidos por trabajador	Producción por trabajador C = B x Trabajadores	Producción acumulada	Producción acumulada redondeada	Demanda neta acumulada	Inventario final
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	G=(D-E)
1 Julio	0.34274	170.00	170.00	170	97	73
2 Agosto	0.32903	163.20	333.19	333	250	83
3 Septiembre	0.31532	156.40	489.59	490	448	42
4 Octubre	0.35644	176.80	666.39	666	666	0
5 Noviembre	0.34274	170.00	836.38	836	715	121
6 Diciembre	0.35644	176.80	1013.18	1013	842	171
					Total inventario=	490

Tabla 12: Inventario total del periodo.

Como consecuencia del exceso de capacidad de mano de obra, en la tabla, se observa un inventario total del semestre de 490 piezas de lana peinada.

El costo de manejo de inventario de producto terminado se determinó en \$1,000.00 por pieza terminada que se almacena en la planta. Este costo adicional de manejo de inventarios es necesario agregarlo al costo de producción y así se obtiene el costo total de usar la estrategia de *Fuerza de Trabajo Constante*.



Grafica 9: Plan de producción de la estrategia de fuerza de trabajo constante.

Al utilizar la estrategia de fuerza constante de trabajo se toma como punto de referencia el mes con la mayor demanda pronosticada para calcular la cantidad mínima necesaria para cumplir con los pronósticos de venta. Esta decisión tiene como consecuencia que la producción acumulada es mayor a la demanda acumulada.

Costo total del plan de producción			
CH =	costo de contratar =	2,500.00 →	265,000.00 costo total de contratación
CF =	costo de despedir =	4,500.00 →	- costo total de despidos
CI =	costo de mantener una unidad de inventario durante un mes =	1,000.00 →	490,000.00 costo total de inventario
Costo total (\$) =		755,000.00	Costo total del plan de producción Estrategia de caza Plan de inventario cero
		+ 40,000.00	inventario final
		\$ 795,000.00	Costo total del plan de producción

Tabla 13: Costo total de producción para la estrategia de fuerza de trabajo constante.

El costo total que de producción, aplicando la estrategia de fuerza constante de trabajo es menor que la estrategia de caza. El costo de mantener inventario es menor que el costo de despido y contratación por esta razón al obtener el global es menor aun con existencias en el almacén de producto terminado.

4.4.4. Plan Óptimo.

Mes	Días laborables	Unidades producidas por	Demanda pronosticada
(A)	(B)	$C = (B \times K)$	(D)
Julio	25	0.34274	147
Agosto	24	0.32903	153
Septiembre	23	0.31532	158
Octubre	26	0.35644	218
Noviembre	25	0.34274	49
Diciembre	26	0.35644	47

Tabla13: pronósticos para el segundo semestre de año 2014.

Continuando con la búsqueda de la mejor estrategia de producción para el segundo semestre del 2014 se tomaron los datos iniciales de pronósticos de ventas y capacidad de producción por trabajador.

Costo de	CH=	2500
Costo de	CF=	4500
Costo de	CI=	1000

Tabla 14: Costos para el cálculo de plan óptimo de producción.

H_i , contratar
 F_i , despedir
 I_i , inventario
 W_i , trabajadores
 P_i , producción

Se nombraron las variables para identificar su valor durante el proceso de resolución.

Restricciones de inicio

W_0 =	390
I_0 =	50
I_6 =	40

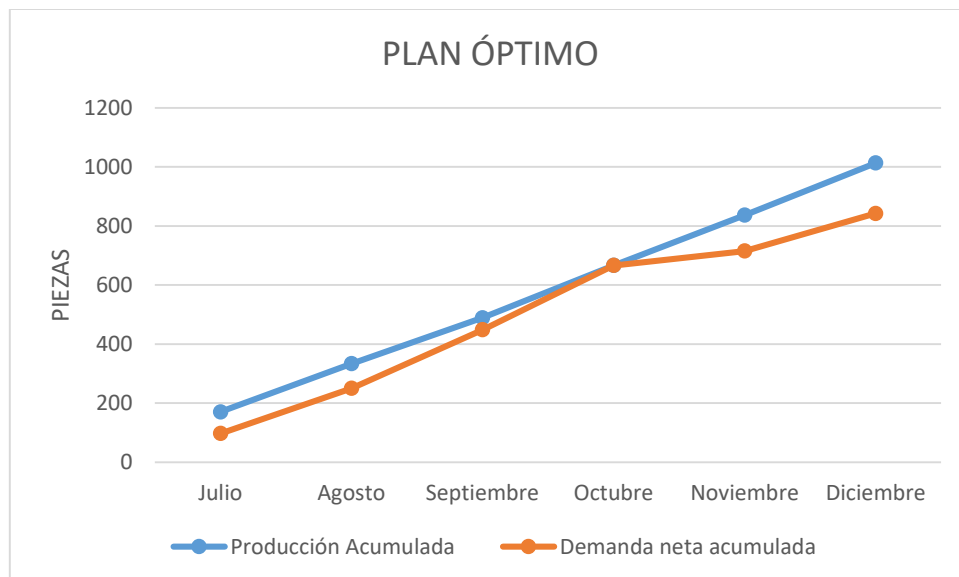
Tabla 15: restricciones de inicio.

Se introdujo al Solver los datos de inicio como son; fuerza de trabajo inicial, Inventario inicial y el inventario final esperado al término del periodo.

	Mes	Cantidad de Trabajadores	Contrataciones	Despidos	Unidades por (K x ni)	Piezas Producidas F = (B x E)	Redondeo Piezas Producidas	Producción Acumulada	Demanda neta acumulada	Inventario Final
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	F = (B x E)	(G)	(H)	(I)	(J)
1	Julio	496	106	0	0.34274	170.00	170	170	97	73
2	Agosto	496	0	0	0.32903	163.20	163	333	250	83
3	Septiembre	496	0	0	0.31532	156.40	156	489	448	41
4	Octubre	496	0	0	0.35644	176.80	177	666	666	0
5	Noviembre	496	0	0	0.34274	170.00	170	836	715	121
6	Diciembre	496	0	0	0.35644	176.80	177	1013	842	171
Totales			106	0					489	

Tabla 15: Solución utilizando SOLVER.

Finalmente se obtuvo la solución óptima utilizando Solver, con programación lineal. El programa arroja como la mejor solución la contratación de 106 obreros y un inventario al final del periodo de 489 piezas de tela de lana peinada.



Gráfica 10: Solución plan óptimo de producción.

El plan óptimo de producción tiene una producción acumulada mayor que el pronóstico de ventas, sin embargo, debido a que el costo de contratación y despido de personal es mucho mayor que el costo que representan los inventarios el exceso de producción es el mejor plan de producción para la fábrica de Santiago Textil.

Calcular el costo total del plan de producción

CH=	costo de contratar =	2,500.00	106	265,000.00	costo total de contratación
CF=	costo de despedir =	4,500.00	0	-	costo total de despidos
CI=	costo de mantener una unidad de inventario durante un mes =	1,000.00		483,000.00	costo total de inventario
				Costo total (\$) =	754,000.00 Costo total del plan de producción
				+	40,000.00 inventario final
				\$	794,000.00 Costo total del plan de producción

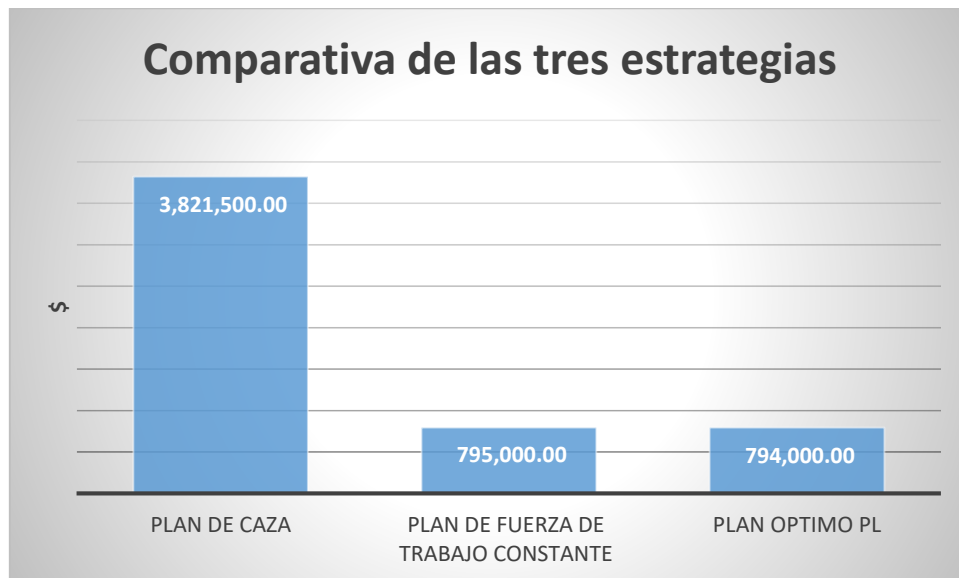
Tabla 16: Costo total del plan óptimo de producción.

El costo de producción utilizando programación lineal para encontrar el plan óptimo es similar al de estrategia de fuerza de trabajo constante por lo que su aplicación es totalmente factible en los planes de producción para el segundo semestre de año 2014.

Sin embargo el plan óptimo siempre dependerá de los pronósticos de venta para el mediano plazo, por lo que es un ejercicio que se debe repetir con regularidad.

5. CONCLUSIONES

Para implementar planes de producción óptimos y que sean factibles de llevar a cabo en la industria, especialmente en la industria textil, es necesario comparar más de una técnica posible. De esta forma es posible encontrar un plan acorde a las políticas de la empresa, además de repetir este proceso de manera regular al planear los planes futuros de fabricación.



Gráfica 11: Comparativa del costo de cada una de las tres estrategias.

Al tener los resultados de las tres estrategias posibles de producción, es posible evaluar los costos totales y la posibilidad de implementar alguna de ellas. En el caso del plan de producción óptimo será el que mejor costo de producción proporcione y esta estrategia de producción es la que debe aplicarse en el futuro, considerando que se apegue a las políticas laborales de la empresa y del entorno social.

Al utilizar herramientas de ingeniería los planes de producción y, en general, la empresa tiene mejores resultados de costos, imagen y de servicio al cliente, es por tal razón que el presente trabajo tiene importancia relevante en la toma de decisiones para el funcionamiento óptimo de la empresa Santiago Textil S.A.

Sin dejar de mencionar que el objetivo de cualquier empresa es el de obtener utilidades, el principal medio para cumplir para este objetivo es la satisfacción del cliente. En la presente monografía se observa que la respuesta a los requisitos de materiales del cliente tiene especial importancia para generar planes que satisfagan en el menor tiempo y con el costo óptimo de producción dichos requerimientos. Para lograr todo lo anterior con la mayor eficiencia la Planeación Agregada es una herramienta muy eficaz y factible de aplicar en la industria en su conjunto.

BIBLIOGRAFÍA

Nahmias Steven, “Análisis de producción y de las operaciones”, Editorial Mc.graw Hill, tercera edición.

Loudes Münch, Planeación Estratégica. Editorial Trillas.

Adam, Everett, Administración de la Producción y las Operaciones. Editorial PHH Prentice Hall. México

Schoroeder, Roger. Administración de Operaciones. Editorial Mc Graw Hill.

Jairo Humberto Torres Acosta, Planeación Agregada en la PYME. Editorial Librería Universia.

E. Hicks Philip, 1999, Ingeniería Industrial y Administración: Una nueva perspectiva. Ed. CECSA.

WINSTON L.Wayne, 1994, Investigación de Operaciones: Aplicaciones y Algoritmos.Ed. Iberoamérica.

TAHA Hamdy, 1998, Investigación de Operaciones: Una introducción.Ed. Prentice Hall 6ta.

GARCIA Cantú Alfonso, 1983, Almacenes: Planeación, organización y control. Trillas. 3ª ed.

NIEBEL Benjamín / FREIVALDS Andris, 2001, Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo.Ed. Alfaomega.

GARCIA Criollo Roberto, 1998, Estudio del Trabajo: Ingeniería de Métodos. Ed. Mc Graw Hill.

GARCIA Criollo Roberto, 1998, Estudio del Trabajo: Medición del Trabajo. Ed. Mc Grac Hill.

KELTON W. David, 2002, Simulation with Arena.Ed. Mc Graw Hill

CANTÚ Delgado Humberto, 1997, Desarrollo de una Cultura de Calidad. Ed. Mc Graw Hill.

WALKENBACH John, 2001, Excel 2002 Power Programming with VBA. Editorial M&T Books.

ALLEN L. Roy, 1987, Manual de Ingeniería y Organización Industrial. Ed Reverté

Anderson, J.C., R.G. Schroeder, “Material Requirements Planning Systems: The State of the Art”

Benjamín W. Niebal, Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseños de trabajo. 12va Edición.

www.ingenieriaindustrialenlinea.com

Enciclopedia Municipios de México

www.manufactura.mx

www.textilworld.com

www.textilespanamericanos.com

www.arqperea.com

www.textilespanamericanos.com

<http://www.engineeringmagazine.co.uk/>