

PROPUESTA ESTRATÉGICA PARA EL DESARROLLO DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN EN UNA PYME COLOMBIANA. CASO DE APLICACIÓN: GRUPO RHC S.A.S

Oscar G. Llanos Quiñones, Fidel Torres Delgado Ph.D,

Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de los Andes, Bogotá D.C., Colombia

Resumen

Este documento describe la estrategia integral de producción a implementar en una PYME colombiana, que presenta diversos problemas en esta área. La estrategia inicia con la planificación general hasta la programación de la producción, dejando espacio a un futuro desarrollo a la ejecución y control. Inicialmente, en la etapa de planificación se identifica, recopila y construye la información necesaria para establecer las bases mínimas para un apto desarrollo de las labores productivas de la empresa. Posteriormente, se crean herramientas y procesos que dan apoyo al sistema de soporte a la decisión para la programación de la producción. Estas herramientas se centran en la creación de un Plan Maestro de Producción multi-item y multi-nivel, teniendo en cuenta la capacidad disponible, los tiempos de producción, la producción en horas extras y los posibles faltantes de producto. Se registran los resultados, cuantitativos y cualitativos, obtenidos con información real.

Palabras Claves:

Planeación de la producción, Programa maestro de producción.

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia, la industria se encuentra conformada en gran cantidad por la Micro, Pequeña y Mediana Empresa (PYMES), las cuales representan el 96.4% de los establecimientos, aproximadamente el 63% del empleo; el 45% de la producción manufacturera; el 40% de los salarios y el 37% del valor agregado. Adicionalmente, según la Encuesta Anual Manufacturera, en el panorama empresarial colombiano, también hay más de 650.000 empresarios cotizando en el sistema de seguridad social [1].

Según la Ley para el Fomento de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa, Ley 590, las PYMES se clasifican así:

- *Microempresa:* Personal no superior a 10 trabajadores. Activos totales inferiores a 501 salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV).
- *Pequeña Empresa:* Personal entre 11 y 50 trabajadores. Activos totales mayores a 501 y menores a 5.001 SMMLV.
- *Mediana:* Personal entre 51 y 200 trabajadores. Activos totales entre 5.001 y 15.000 SMMLV [2].

Como podemos notar, estas estadísticas ilustran la gran necesidad que tiene el país en apoyar a las PYMES en el desarrollo de su industria para seguir generando un impacto positivo en los sectores económicos y sociales. Sin embargo, estas empresas cuentan con una escasa preparación de la mano de obra, deficiente organización de la producción y deficiente formación gerencial [3].

Es esencial para este tipo de empresas diseñar estrategias que permitan la planeación y ejecución de tareas para alcanzar la Misión y Visión organizacional. Toda empresa debe indudablemente diseñar un proceso de planificación que garantice y simplifique las tareas y actividades necesarias para tal fin.

Dicho proceso debe ser coherente, sistemático y de enlace entre las distintas áreas y los distintos niveles jerárquicos de la empresa.

El objetivo de este documento es describir el proceso de diseño e implementación de una propuesta estratégica de desarrollo del área de producción en una PYME colombiana, describiendo los problemas que se identificaron y las soluciones encontradas. Este artículo se divide así: la sección 2 describe la empresa objeto de estudio, a partir de la caracterización de los productos y procesos, y un diagnóstico inicial. La sección 3 ilustra los conceptos teóricos utilizados para el desarrollo de esta investigación, especificando las fases consideradas en una correcta planeación de la producción. La sección 4 puntualiza la estrategia propuesta con base en el diagnóstico inicial y el marco teórico, en la **Figura 1** podemos ver la relación entre cada etapa que conforma la planeación de la producción, con las tareas específicas y proyectos futuros que permiten el desarrollo de cada etapa, éstos son descritos a lo largo del documento. En la sección 5 se ilustra los resultados obtenidos con el modelo matemático para el plan maestro de producción con diversas instancias. Y por último, en la sección 6 se enumeran las conclusiones de este artículo.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Grupo RHC S.A.S es una pequeña empresa que se ha especializado desde 1970, en el desarrollo y construcción de mangueras de caucho para aplicaciones agrícolas, industriales y automotrices [4]. Las mangueras son construidas bajo estrictas normas de calidad internacional, ISO 9001:2000 con tecnología de avanzada y equipos de última generación, según especificaciones técnicas de trabajo para el cual van a ser utilizadas, dependiendo de los requerimientos de peso, fuerza, flexibilidad, resistencia y seguridad.

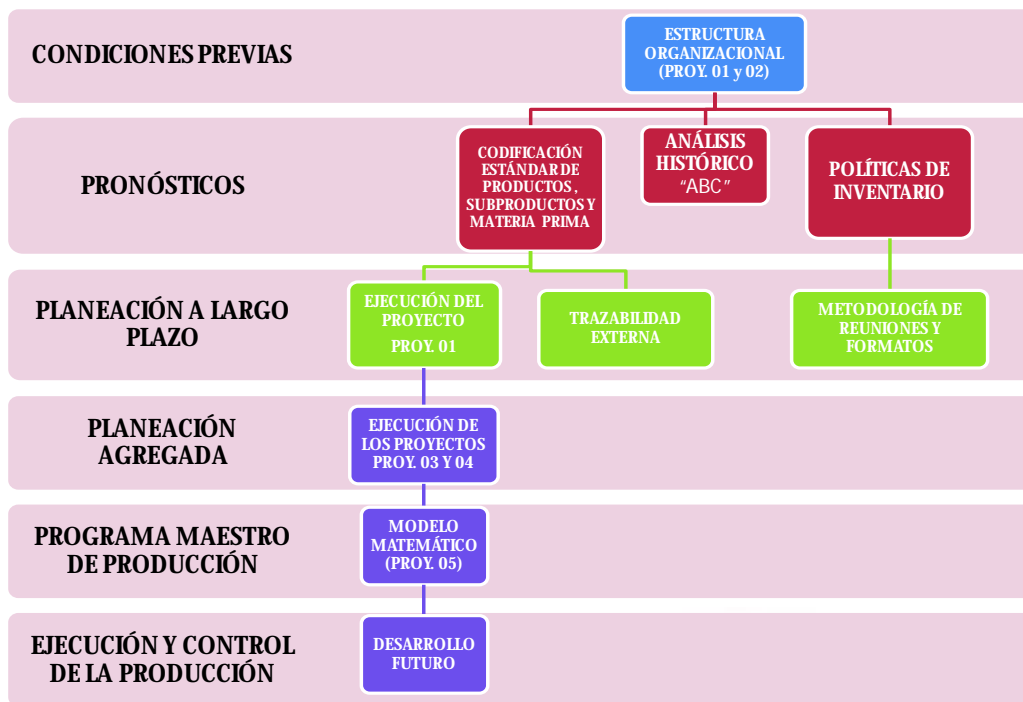


Figura 1. Descripción de la metodología implementada.

2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS

La fabricación de las mangueras se realiza en dos líneas de producción: Extrusión, que produce mangueras para Moldeo y Súper Duty; y Ensamble, que genera mangueras Corrugadas, Lisas, para Descargue, para Succión y Especiales.

2.1.1 Mangueras Moldeadas

Producidas principalmente para el mercado autopartista, en especial como repuestos para los sistemas de refrigeración y enfriamiento de los carros. Son fabricadas con caucho color negro resistente a exigentes cambios de presión, temperatura, aplastamiento y ruptura, reforzadas por una malla de nylon o poliéster, que incrementa la resistencia y firmeza del producto [4].

2.1.2 Súper Duty

Su diseño se enfoca en la resistencia y durabilidad durante trabajos pesados. Se caracteriza por tener una extensa longitud a partir de 15 metros hasta un máximo de 500 metros, con diámetros interno y externo estrictamente controlados [4].

2.1.3 Mangueras de Ensamble

Su uso primordial está en la agricultura para la succión y descargue de agua, aunque también son usadas para transporte de químicos, petróleos y de materiales diversos [4].

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS

Como se mencionó previamente para la manufactura de los diferentes productos que ofrece GRUPO RHC es necesario dividir los procesos en dos líneas: Extrusión y Ensamble. Ambas líneas inician con el proceso de mezcla y después de éste, difieren en los procesos siguientes.

2.2.1. Línea de Extrusión

Proceso de mezcla: Mediante este proceso se busca hacer la conformación del caucho o mezcla E.P.D.M. Este proceso inicia con el alistamiento de los compuestos de la mezcla, los cuales deben ser pesados y clasificados cuidadosamente, ya que de esta precisa combinación de materiales depende la calidad del proceso final y por ende la del producto terminado.

Para este proceso se cuenta con dos operarios fijos los cuales son: Operario de Mezcla y Auxiliar de planta. El primero es el encargado de hacer el alistamiento de materias primas, haciendo la dosificación correspondiente de insumos. Adicionalmente, se encarga del manejo del Bamburi, maquina en la cual se realiza el proceso de mezcla. La segunda persona es la encargada de homogenizar la mezcla en un molino, una vez sale del Bamburi.

Proceso de extrusión para moldeo: Proceso por el cual se transforma la mezcla en manguera a través de la extrusión en caliente. Este proceso empieza una vez es empujado el caucho a través de un troquel para obtener un producto genérico cilíndrico y hueco. Inicialmente se realiza el tubo interno, luego se recubre con hilos en forma de malla y posteriormente se recubre a través de una nueva extrusión de caucho. Para este proceso intervienen 2 operarios de extrusión, más 1 auxiliar de extrusión y 1 auxiliar de planta.

Proceso de moldeo: El material obtenido del proceso de extrusión es cortado según la referencia del producto a fabricar. Una vez cortado el material, éste es calzado sobre el molde metálico de la referencia establecida. Cada unidad es marcada con la referencia del producto final. Actualmente en esta estación se encuentran 4 operarios.

Proceso de vulcanización: Las mangueras una vez calzadas deben pasar por un proceso de vulcanización o cocción en la autoclave, este proceso vulcaniza el caucho bajo estrictas condiciones de presión y calor, permitiéndole al material mantener memoria de la forma y la conservación de las características de impermeabilidad.

Proceso de corte y clasificación: Proceso por el cual se realiza un control de calidad y se cortan los extremos de ambas bocas de la manguera para darle una terminación final. Adicionalmente, se clasifican por referencia para su posterior almacenaje. Para este proceso interviene 1 operario de corte y marcación.

El proceso productivo para las mangueras moldeadas culmina en el corte y clasificación de los productos, el grafico de esta línea se puede ver en el **ANEXO 1**.

El proceso productivo de la manguera Súper Duty difiere de la manguera moldeada en una ligera variación al proceso de extrusión y la eliminación del proceso de moldeo. En el **ANEXO 2** podemos ver las diferencias en estas líneas productivas.

Proceso de extrusión para Súper Duty: Proceso por el cual se transforma la mezcla en manguera a través de la extrusión en caliente. Este proceso debe realizarse en dos etapas debido a las pequeñas dimensiones que se manejan en este producto (3/16" hasta 1/4"). En la primera etapa se realiza el tubo interno. Para dar inicio a la segunda etapa es necesario esperar un día, para que la manguera termine su proceso de enfriamiento y fortalecimiento de enlaces químicos, una vez terminado este periodo de tiempo se da paso al proceso de emmallado y recubrimiento exterior de la manguera.

2.2.2. Línea de Ensamble

Proceso de mezcla: Este proceso es esencialmente el mismo que el de la línea de extrusión, la variación se encuentra en las cantidades de químicos a usar, es decir, la formula con las cantidades de los compuestos es diferente a la usada para el proceso de extruder.

Proceso de corte longitudinal: Para dar inicio a este proceso es necesario precalentar la mezcla en el molino. Una vez las láminas de producto son extraídas del molino, estas pasan por una nueva máquina llamada Calandra, donde se gradúa el espesor, a través del espacio entre dos rodillos, y el ancho de la lámina a partir de cuchillas que la cortan.

Proceso de Ensamble: A este proceso arriban materias primas tales como Aceros y Alambres de diversos calibres, Hilos y/o Nylon, y las laminas de cauchos provenientes del proceso de corte. Estos elementos son puestos sobre un molde longitudinal de 6 metros de largo, por el diámetro deseado. El orden y cantidad de cada elemento dependen del uso final y especificaciones del cliente.

Proceso de vulcanización: Al igual que las mangueras de moldeo, las mangueras de ensamble también deben pasar por el proceso de vulcanización o cocción en la autoclave. Recordemos que este proceso vulcaniza el caucho bajo estrictas condiciones de presión y calor, permitiéndole al material mantener memoria de la forma y la conservación de las características de impermeabilidad.

Proceso de clasificación y terminado: En este proceso se realiza el control de calidad del producto, y se termina con el ensamble de los distintos elementos de acople.

El proceso productivo para las mangueras ensambladas culmina en la clasificación de los productos, el grafico de esta línea se puede ver en el **ANEXO 3**.

2.2.3. Otros procesos

Proceso de compra de materias primas: Este proceso es de vital importancia, ya que una buena gestión del mismo, permite la continuidad del proceso productivo. El encargado de este proceso es la gerencia general, la cual realiza la importación de cauchos e hilos para almacenar, asegurando el abastecimiento continuo de material. En el caso de las materias primas nacionales, la compra se realiza según el consumo de materiales y el tiempo de abastecimiento.

Proceso de almacenamiento y distribución: Todo producto terminado llega al almacén para su almacenamiento. En el caso de las mangueras moldeadas, estas son almacenadas simplemente en las estanterías en orden ascendente. En el caso de las mangueras ensambladas, éstas llegan al almacén marcadas y forradas en Velobind. Para la distribución final del producto, éste debe ser limpiado y empacado de acuerdo a las especificaciones del cliente.

2.3. DIAGNÓSTICO INICIAL

ANÁLISIS POR ÁREA

Este diagnóstico está encaminado a identificar mejoras en los procesos productivos y logísticos del Grupo RHC desde su abastecimiento hasta el despacho de los productos terminados, en pro de la utilización apropiada de los recursos. A lo largo del análisis realizado se encontró que las problemáticas se localizan en cuatro áreas o grupos identificados que se mencionaran a continuación.

2.3.1. Visión Corporativa

A nivel gerencial, la empresa se encuentra en un cambio oportuno y muy importante para la consolidación de la misma. Es claro que existe una estrategia global de desarrollo que se encuentra en ejecución. Sin embargo, el cambio debe estar orientado esencialmente en la mentalidad de los altos cargos para eliminar las barreras corporativas y/o paradigmas mentales que se presentan. A continuación se muestran algunas observaciones relevantes para esta área.

- a) Un aspecto muy importante para cualquier compañía es la estructura organizacional, la cual conlleva una identificación clara de roles y tareas definidas para cualquier miembro de la empresa. Actualmente, Grupo RHC no cuenta con una estructura organizacional definida ni con una asignación de roles y tareas estipulada. Esta problemática impacta a la empresa de una manera contundente ya que no logra el engrane de sus trabajadores en busca de los objetivos que promueven el bienestar de la organización.

- b) De la anterior problemática se desprenden una serie de problemas que refuerzan la necesidad de crear un organigrama claro. Un derivado de este problema es la ausencia de una línea de mando, ya que no es clara a través de los diferentes procedimientos o procesos que se llevan a dentro de la compañía.

Especialmente en el proceso productivo, ya que sin un líder de producción definido, la producción no tiene un control constante.

- c) Otro problema derivado de la problemática inicial, es la deserción del personal. Este problema se presenta cuando el personal no siente propiedad hacia la empresa por la falta de un ambiente laboral agradable.

2.3.2. Los Productos

Recordemos que Grupo RHC posee dos líneas centrales de negocio donde se agrupan el total de los productos ofrecidos, estas líneas son las mangueras fabricadas por extruder y las ensambladas. Dentro de la categoría de extruder se encuentran las mangueras Moldeadas y la Súper Duty. En la línea de ensamble se encuentran las mangueras Corrugadas, Lisas, para Descargue, para Succión y Especiales.

Cada uno de los grupos de mangueras que conforman las líneas de producción posee cierta codificación que solo en los casos de las mangueras de moldeo, súper duty, corrugadas y lisas es estándar. Lo que impide realizar análisis para los grupos de productos que no poseen la estandarización en la codificación.

- a) La estandarización de la codificación es un aspecto vital para la comunicación externa e interna de la empresa. Externamente, la buena comunicación reduce los errores en la generación de los pedidos y reduce el tiempo de estos procesos. Internamente, la buena comunicación permite una mayor sinergia entre las diferentes áreas de la empresa, esencialmente en los ciclos de pedido, de producción y de despacho. Adicionalmente, permite la generación de análisis históricos de la producción y ventas.
- b) El análisis de la información histórica permite evaluar el desempeño de la empresa en cada una de las diferentes áreas que la integran, especialmente permite la categorización de los productos ya que no todos los que componen el portafolio merecen el mismo nivel de servicio, y por lo tanto las condiciones de producción y almacenamiento difieren.

2.3.3. Políticas de Inventario

En el área de almacenamiento se evidencia concentración de producto terminado en locaciones erróneas. En especial, este problema se presenta en dos áreas, en el área del corte final de las mangueras moldeadas y en las estanterías de producto terminado, ya que las nuevas referencias carecen de una designación de espacio por falta de posiciones de almacenamiento.

- a) Para la compañía es importante tener control sobre el nivel de inventario de los productos, ya que el ideal es mantener niveles bajos por la inversión de capital que representan. Para lograr este objetivo es importante tener pleno conocimiento de las tasas de producción y el comportamiento de las ventas de cada producto.

Actualmente, la compañía no posee un inventario de revisión continua lo que imposibilita el conocimiento de los niveles en un momento dado. Adicionalmente, es necesario que el sistema sea lo suficientemente dinámico, tal que pueda rápidamente ser ajustado por los ingresos de nuevos productos terminados y por el despacho de los pedidos.

- b) Parte del problema de almacenamiento de producto terminado en áreas no designadas para tal fin, es la falta de un análisis concreto sobre la ubicación y el tipo de estantería usada actualmente, junto a la falta de políticas de almacenamiento que conlleven a un fácil surtido de las estanterías y un picking ordenado de los productos que conforman los pedidos.

2.3.4. Producción

La producción en la empresa se encuentra afectada principalmente por la dificultad en la consolidación de los equipos de trabajo para cada proceso, y por lo tanto, la estandarización de los tiempos, consumos y movimientos.

- a) A nivel General la planta tiene una distribución física que no lleva continuidad en el proceso. Algunos detalles precisos son: La bodega de almacenamiento de materias primas se encuentra en el punto más lejano del proceso que le sucede. Los procesos que mantienen gran cantidad de producto en proceso no disponen de estanterías que favorezcan la clasificación de los productos y el flujo normal del mismo. Uno de los procesos básicos bloquea el libre paso de la zona de producción a la de almacenamiento cuando se encuentra en uso.
- b) Como se mencionó previamente, actualmente existe un fuerte problema para la conformación de los equipos de trabajo para cada proceso. Esta dificultad se genera en la necesidad de capacitar personal técnico especializado en la manipulación de las herramientas y maquinas usadas en estos procesos y en el cuidado que requieren. La ausencia del equipo completo crea la necesidad que otros operarios de otras áreas se involucren en el proceso, dejando de lado las operaciones centrales para lo que fueron contratados.
- c) La ausencia de los equipos de trabajo, la falta de un cronograma con tareas claras para cada operario y la alta rotación en diferentes actividades ocasiona la pérdida de estandarización de los procesos.

La pérdida de la estandarización implica la ausencia de información vital para el análisis de la capacidad instalada de la planta, y a su vez una alta dificultad para la creación de un plan maestro de producción confiable.

- d) Actualmente, *no existen medidas de desempeño* ni análisis históricos, más allá del estudio de consumo del área contable, para el análisis del desempeño tanto individual como grupal del área de producción.

3. MARCO TEÓRICO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La planificación o planeación de la producción fue establecida como uno de los procesos administrativos por Henri Fayol, en su denominada Teoría Clásica de la Administración, definiendo como procesos administrativos la planificación, organización, dirección, control y coordinación. Son muchas las definiciones dadas respecto a la planificación o planeación. A continuación se presentan varias de ellas:

Según Fayol, citado por Chiavenato [5], la planificación *Implica la evaluación del futuro y la previsión en función de él. Unidad, continuidad, flexibilidad y valoración son los aspectos principales de un buen plan de acción* .

Para Robbins [6], la planeación: *Abarca la definición de objetivos o metas de la organización, el establecimiento de una estrategia global para alcanzar esas metas, y el desarrollo de una amplia jerarquía de los planes para integrar y coordinar las actividades. Se preocupa, entonces, con fines (lo que se debe hacer) así como con los medios (cómo se debe hacer)* (p. 256).

También Koontz y Weihrich [7] opinan que, *Incluye seleccionar misiones y objetivos y las acciones para alcanzarlos; requiere tomar decisiones: es decir, seleccionar entre diversos cursos de acción futuros. Así la planeación provee un enfoque racional para lograr los objetivos preseleccionados* .

Stonner, Freeman y Gilbert [8], definen la planeación como: *Una forma concreta de la toma de decisiones que aborda el futuro específico que los gerentes quieren para sus organizaciones. La planificación es como la locomotora que arrastra al tren de las oportunidades de la organización, la dirección y el control. La planificación no es solo un hecho, con un principio y un final claros. Es un proceso continuo que refleja los cambios del ambiente en torno a cada organización y se adapta a ellos* (p. 287).

En general, estas definiciones incluyen procesos que inician con la detección, análisis y desarrollo de oportunidades, el establecimiento de objetivos, la selección de un curso de acción, la formulación de planes derivados y, finaliza con la expresión numérica de los planes a través del presupuesto.

La esencia de la planeación se encuentra en el logro de los objetivos específicos para el alcance de los objetivos generales y sucesivamente hasta lograr la tan ansiada visión de cualquier organización.

Habitualmente, los planes se categorizan según su marco de tiempo en planes a corto, mediano y largo plazo; y por ende en planes *estratégicos* y *planes operacionales*; y de acuerdo a sus especificaciones en *planes específicos* y *planes direccionales*. Pero todos estos planes son diseñados para el logro de determinados objetivos que satisfacen ciertos requerimientos necesarios para el alcance de la misión y visión organizacional, así como también, la misión y visión corporativa según sea el caso.

En la literatura consultada se encuentran enfoques variados con respecto al proceso de planificación, programación y control de la producción. En general, se resalta lo importante de la integración del subsistema o área de producción con los demás subsistemas de la organización y la integración con los demás agentes que intervienen en la cadena.

Según Domínguez, Álvarez, García, Domínguez y Ruiz [9], el proceso de planificación y control de la producción debe seguir un enfoque jerárquico, en el que se logre una integración vertical entre los objetivos estratégicos, tácticos y operativos y además se establezca su relación horizontal con las otras áreas funcionales de la compañía.

En el **ANEXO 4** podemos ver de forma simplificada, las actividades que caracterizan al subsistema de operaciones según Machuca, J.A.D. et al [10]. Este diagrama permite identificar fácilmente los flujos de información y relaciones entre los subsistemas o áreas de recursos humanos, financiero, y de dirección y gestión con el subsistema de producción.

Adicionalmente, los mismos autores sugieren cinco fases como componentes principales del proceso de planificación y control de la producción, estas son:

1. Planificación estratégica o a largo plazo.
2. Planificación agregada o a mediano plazo.
3. Programación maestra.
4. Programación de componentes.
5. Ejecución y control.

Es importante anotar, que de acuerdo con Domínguez et al. [9], estas fases se deberán llevar a cabo en cualquier empresa manufacturera, independientemente de su tamaño y actividad, aunque la forma como estas se desarrollen dependerá de las características propias de cada sistema productivo. El **ANEXO 5** resume las principales fases mencionadas junto con los planes que de ellos se derivan, relacionando por un lado, los niveles de planificación empresarial y por otro la planificación y gestión de la capacidad. Adicionalmente, en el **ANEXO 6** podemos ver un diagrama con la estructura de un sistema jerárquico de planificación y control de la producción.

Con base en los diagramas de gestión de la planeación de la producción, y en consideración con los procesos de planificación, programación y control de la producción, a continuación se procederá a analizar cada una de estas fases.

3.1. Pronósticos

El primer paso dentro del proceso de planificación de la producción son los pronósticos de la demanda, éste proceso sirve como punto de partida para la elaboración de los planes estratégicos y para el diseño de los planes a mediano y corto plazo de las organizaciones según Buffa y Sarin [11]. Adicionalmente permite visualizar de forma aproximada los acontecimientos futuros y eliminar en gran parte la incertidumbre y reaccionar con rapidez a las condiciones cambiantes con algún grado de precisión Everett y Ebert [12].

En lo referente a los tipos de pronósticos, estos pueden ser clasificados de acuerdo a tres criterios: según el horizonte de tiempo, según el procedimiento empleado y según el entorno económico. Por el contexto de este documento, se describirán los dos primeros.

Los pronósticos según el horizonte de tiempo pueden ser de largo plazo, mediano plazo o corto plazo y su empleo va desde la elaboración de los planes a nivel estratégico hasta los de nivel operativo.

Los pronósticos según el procedimiento empleado pueden ser de tipo puramente cualitativo, en aquellos casos en que no se requiere de una abierta manipulación de datos y solo se utiliza el juicio o la intuición de quien pronostica o puramente cuantitativos, cuando se utilizan procedimientos matemáticos y estadísticos que no requieren los elementos del juicio.

El método cualitativo y/o cuantitativo que se puede aplicar en la elaboración de los pronósticos depende de un sin número de características o condiciones que afectan el comportamiento de la demanda. A continuación se presentan algunos métodos ilustrados en la bibliografía consultada:

- **Métodos Cualitativos:** Método Delphi, método del juicio informado, método de la analogía de los ciclos de vida y método de la investigación de mercados.
- **Métodos cuantitativos:** Métodos por series de tiempo y métodos causales. Una clasificación de los métodos aplicados en la elaboración de pronósticos, realizada con base en Schroeder [13], se presenta en el **ANEXO 7**.

Nuevamente, es evidente que uno de los principales problemas del administrador de operaciones, es el de seleccionar el mejor método de pronóstico, que debe obedecer, en el caso de los métodos cuantitativos, al comportamiento histórico de los datos, con base en el análisis de los patrones de comportamiento, tendencia, ciclos estacionales y elementos aleatorios. En el caso de que los datos históricos no existan o sean poco confiables, lo mejor es emplear un método cualitativo, los cuales, aunque no ofrecen un alto grado de seguridad, funcionan como buen proxy.

Uno de los elementos de juicio que permiten la selección del método, lo proporciona el análisis de error, el cual expresa la diferencia entre los datos reales y los pronosticados. Los métodos de cálculo del error del pronóstico más comunes son: Error promedio, Desviación

Absoluta Media (MAD), Error Cuadrado Medio (MSE), Error Porcentual Medio Absoluto (MAPE) y la Media de las Desviaciones por Periodo (BIAS).

En definitiva, el mejor pronóstico es aquel, que además de manipular los datos históricos mediante una técnica cuantitativa, también hace uso del juicio y el sentido común empleando el conocimiento de los expertos.

3.2. Planeación a Largo Plazo.

Recordemos, de los diagramas de gestión de la planeación, que la estrategia de operaciones debe surgir de una estrategia empresarial a largo plazo y a su vez, debe integrarse de manera horizontal con las estrategias de los demás subsistemas de la compañía.

También, que la estrategia operativa debe concebirse como un plan a largo plazo para el subsistema de operaciones, en el que se recogen los objetivos a lograr y los cursos de acción, así como la asignación de recursos a los diferentes productos y funciones.

Lo anterior, no difiere del concepto de Schroeder [13], quien agrega además que la estrategia de operaciones debe ser una estrategia funcional que debe guiarse por la estrategia empresarial y cuyo corazón debe estar constituido por la misión, la creación de una ventaja competitiva, los objetivos y las políticas.

Adicionalmente, Domínguez et al. [9] plantea, que las dos funciones básicas que ha de cumplir la estrategia de operaciones son:

1. Servir como marco de referencia para la planificación y control de la producción, de la cual es su punto de partida.
2. Marcar las pautas que permitan apreciar en qué medida el subsistema de operaciones está colaborando en el logro de la estrategia corporativa.

Dentro de este propósito, las decisiones básicas que deben ser contempladas dentro de la estrategia de operaciones son:

1. *Decisiones de posicionamiento*, que afectan la dirección futura de la compañía y dentro de la cual se incluyen los objetivos a largo plazo, el establecimiento de las prioridades competitivas, la fijación del modelo de gestión de la calidad, la selección de productos y la selección de procesos.
2. *Decisiones de diseño*, concernientes al subsistema de operaciones, que implican compromiso a largo plazo y entre las cuales se encuentran el diseño de los productos y procesos, la mano de obra, la apropiación de nuevas tecnologías, decisiones de capacidad, localización y distribución de instalaciones y sistemas de aprovisionamiento.

3.3. Planeación Agregada.

La planeación agregada se encuentra ubicada en el nivel táctico del proceso jerárquico de planeación y tiene como misión fundamental establecer los niveles de producción en unidades agregadas a lo largo de un horizonte de tiempo que, generalmente, fluctúa entre 3 y 18 meses, de tal forma que se logre cumplir con las necesidades establecidas en el plan a largo plazo, manteniendo a la vez niveles mínimos de costos y un buen nivel de servicio al cliente.

El término agregado, en este nivel de planeación, implica que las cantidades a producir se deben establecer de manera global. Puede ser aconsejable utilizar unidades agregadas tales como familias de productos, unidad de peso, unidad de volumen, tiempo de uso de la fuerza de trabajo o valor en dinero. De todas maneras, cualquier unidad agregada que se escoja debe ser significativa, fácilmente manejable y comprensible dentro del plan.

De otra parte, dentro del proceso de elaboración del plan agregado y en búsqueda del cumplimiento de su objetivo fundamental, es importante el manejo de las variables que pueden influir en este, las cuales pueden ser clasificadas en dos grandes grupos, según Schroeder [13]: En primer lugar, están las variables de oferta, las cuales permiten modificar la capacidad de producción a través de la programación de horas extras, contratación de trabajadores eventuales, subcontratación de unidades y acuerdos de cooperación; en segundo lugar, están las variables de demanda, las cuales pueden influir en el comportamiento del mercado mediante la publicidad, el manejo de precios, promociones, etc.

Según Chase et al. [14], Domínguez et al. [9], y Schroeder [13] existen varias estrategias para la elaboración del plan agregado, las cuales han sido clasificadas en dos grupos:

1. *Estrategias puras*: Mano de obra nivelada (con empleo de horas extras o trabajadores eventuales). Estrategia de persecución, adaptación a la demanda o de caza: (con o sin empleo de la subcontratación).
2. *Estrategias mixtas*: Se realizan mezclando varias estrategias puras.

En cuanto a las técnicas existentes en la elaboración de planes agregados, las más renombradas son las siguientes:

1. Métodos manuales de gráficos y tablas.
2. Métodos matemáticos y de simulación: Programación lineal (método simplex y método del transporte), programación cuadrática, simulación con reglas de búsqueda (Search Decision Rules) y programación con simulación.
3. Métodos heurísticos: método de los coeficientes de gestión, método PSH (Production Switching Heuristic), reglas lineales de decisión (LDR) y búsqueda de reglas de decisión (SDR).

Un análisis comparativo acerca de algunas de las técnicas fue desarrollado por Chase et al. [14] y se presenta en el **ANEXO 8**. Sin embargo, y según Domínguez et al. [9], las técnicas de mayor uso, debido a su fácil comprensión, son las de tipo manual a través de gráficos y tablas.

3.4. Programa Maestro de Producción.

El siguiente paso después del plan agregado de producción, consiste en la traducción de este plan a unidades o ítems finales específicos, y su resultado final se denomina programa maestro de producción (Master Production Schedule, MPS).

Básicamente, se puede afirmar que un programa maestro de producción, es un plan detallado que establece la cantidad específica y las fechas exactas de fabricación de los productos finales. Un efectivo programa maestro de producción debe proporcionar las bases para establecer los compromisos de envío al cliente, utilizar eficazmente la capacidad de la planta, lograr los objetivos estratégicos de la empresa y resolver las negociaciones entre fabricación y marketing.

Las unidades en que puede ser expresado un programa maestro de producción según Heizer y Render [15] son:

- Artículos acabados en un entorno continuo. (Make to stock).
- Módulos en un entorno repetitivo (Assemble to stock).
- Pedido de un cliente en un entorno de taller (Make to order).

La mayoría de los autores coinciden en que el horizonte de tiempo de un programa maestro de producción puede ser variable y que dependiendo del tipo de producto, del volumen de producción y de los componentes de tiempo de entrega, este puede ir desde unas horas hasta varias semanas y meses, con revisiones periódicas. Adicionalmente, Chase et al. [14], agregan que es importante subdividir el horizonte de tiempo en tres marcos, en pro de reducir la inestabilidad en el proceso productivo, mantener el control y evitar el caos en el desarrollo del programa maestro de producción, estos son:

- *Fijo*: Periodo durante el cual no es posible hacer modificaciones al programa maestro de producción.
- *Medio fijo*: Aquel en el que se pueden hacer cambios a ciertos productos.
- *Flexible*: Lapso de tiempo más alejado, en el cual es posible hacer cualquier modificación al programa maestro de producción.

Según Domínguez et al. [9], la información necesaria para la construcción del programa maestro de producción contiene los siguientes elementos: *el plan agregado en unidades de producto, las previsiones de ventas a corto plazo en unidades de producto, los pedidos en firme comprometidos con los clientes, la capacidad disponible de la instalación o el centro de trabajo y por último, otras fuentes de demanda*.

Con respecto a las técnicas existentes para desagregar el plan agregado y traducirlo a un programa maestro de producción, existen diversos modelos analíticos y de simulación, siendo la programación matemática y los métodos heurísticos los más implementados.

- *Métodos de programación matemática:* Modelos de optimización que permiten la minimización de los costos.
- *Métodos heurísticos:* Permiten llegar a soluciones satisfactorias aunque no óptimas.

Por último, es importante anotar que un buen programa maestro de producción debe tomar en cuenta las limitaciones de capacidad y mantenerse factible desde este punto de vista.

3.5. Ejecución y Control de la Producción.

El último paso dentro del proceso jerárquico de planificación y control, lo constituye el programa final de operaciones, el cual le permitirá saber a cada trabajador o a cada responsable de un centro de trabajo lo que debe hacer para cumplir el plan de materiales y con él, el programa maestro de producción, el plan agregado y los planes estratégicos de la empresa, Domínguez et al. [9].

Estas actividades, se enmarcan dentro de la fase de ejecución y control, que en el caso de las empresas fabriles se denomina gestión de talleres. Es importante dentro de esta fase de gestión, tomar en consideración el tipo de configuración productiva que tiene la empresa, pues dependiendo de esta, así mismo será la técnica o procedimiento a emplear en su programación y control.

Estas configuraciones se pueden agrupar en:

1. *Talleres de configuración continua o en serie:* Aquellos en donde las máquinas y centros de trabajo se organizan de acuerdo a la secuencia de fabricación (líneas de ensamble), con procesos estables y especializados en uno o pocos productos y en grandes lotes. En ellos, las actividades de programación están encaminadas principalmente, a ajustar la tasa de producción periódicamente.
2. *Talleres de configuración por lotes:* En los que la distribución de máquinas y centros de trabajo, se organizan por funciones o departamentos con la suficiente flexibilidad para procesar diversidad de productos.

Así mismo, en la práctica muchos talleres, debido a las necesidades de fabricación y exigencias competitivas del mercado actual, han adoptado configuraciones híbridas de las cuales, la más generalizada es la configuración celular o células de manufactura.

Generalmente se quiere dar respuesta a algunas de las siguientes preguntas:

1. ¿Qué capacidad se necesita en el centro de trabajo?
2. ¿Qué fecha de entrega se debe prometer en cada pedido?
3. ¿En qué momento comenzar cada pedido?
4. ¿Cómo asegurar que los pedidos terminen a tiempo?

La pregunta 1 puede ser resuelta a través de los análisis de carga; las preguntas 2 y 3 se resuelven con la aplicación de las técnicas de Secuenciación y la programación detallada y la pregunta 4 con el análisis de fluidez y el control insumo producto.

Asignación de carga: En concordancia con los autores consultados Domínguez et al. [9]; Everett y Ebert [12]; Heizer y Render [15]; y Schroeder [13]; esta se define como *la asignación de tareas a cada centro de trabajo o de proceso, que permite controlar la capacidad y la asignación de actividades específicas en cada centro de trabajo*.

En general las técnicas más empleadas en la asignación de carga son: Gráficos Gantt, perfiles de carga o diagramas de carga, métodos optimizadores (algoritmo de Kuhn o método Húngaro) y soluciones heurísticas (método de los índices).

Secuenciación de pedidos: Esta actividad consiste, en la determinación del orden en que serán procesados los pedidos en cada centro de trabajo, una vez establecida la existencia de capacidad. (Ibidem). El problema de la Secuenciación se hace más complejo en la medida que aumenta el número de centros de trabajo, sin importar la cantidad de pedidos; así mismo, es importante tomar en cuenta el tipo de configuración del taller, pues de esto depende la aplicabilidad de las diferentes técnicas. En lo referente a talleres configurados en Flow Shop, las técnicas más conocidas son:

1. *Técnicas de Secuenciación en una máquina:* algoritmo húngaro, algoritmo de Kauffman, regla SPT y el método de persecución de objetivos utilizado en los sistemas Kanban.
2. *Técnicas de Secuenciación en varias máquinas:* regla de Johnson para N pedidos y dos máquinas, regla de Johnson para N pedidos y tres máquinas y reglas para N pedidos y M máquinas (algoritmo de Campbell – Dudek – Schmith, algoritmo de Bera, técnicas de simulación, sistemas expertos y más recientemente los Sistemas Cooperativos Asistidos).

Para los talleres configurados en Job Shop, debido a la diversidad en la secuencia de operaciones, no es posible emplear alguna técnica de optimización, por lo cual, la secuencia de operaciones, se establece en función de los objetivos específicos de cada programador, a través del uso de reglas de prioridad, Everett y Ebert [12].

Según la bibliografía consultada, en general, se puede determinar que las reglas de prioridad más empleadas son:

- Primero en llegar, primero en ser atendido (FCFS: First come / First serve).
- Primero en el sistema, primero en ser atendido (FISFS: First In System / First Serve).
- Menor tiempo de procesamiento (SPT: Shortes Processing Time).
- Fecha de entrega más próxima (EDD: Earliest Due date).
- Razón crítica o ratio crítico (CR: Critical Ratio).
- Mínimo trabajo remanente (LWR: Least Work Remaining).

- Número mínimo de operaciones remanentes (FOR. Fewest Operations Remaining).
- Tiempo de holgura (ST : Slack Time).
- Tiempo de holgura por operación (ST/O: Slack Time for Operation).
- Siguiente en la cola (NQ: Next Queue).

Programación detallada: Determina los momentos de comienzo y fin de las actividades de cada centro de trabajo, así como las operaciones de cada pedido para la secuencia realizada, Everett y Ebert [12]. Las técnicas más utilizadas son: programación adelante y hacia atrás, listas de expedición, gráficos Gantt y programación a capacidad finita.

Fluidez: Permite verificar que los tiempos planeados se cumplan, de tal forma que, si existen desviaciones en la producción real, se puedan tomar medidas correctivas a tiempo. Everett y Ebert [12].

Control de insumo / Producto: Controlan los niveles de utilización de la capacidad de cada centro de trabajo, mediante los informes de entrada / salida (Ibidem).

4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA

Previamente a la descripción de la estrategia es necesario recalcar la importancia de una estructura organizacional acorde a las necesidades de la empresa, especialmente reflejado un organigrama sólido. En esta etapa se sugiere a la empresa llevar a cabo una serie de reuniones de la gerencia, donde se utilicen herramientas de trabajo grupal, como un "brainstorm", para la generación de un listado de las actividades vitales diarias para el funcionamiento de la compañía. Posteriormente, cada tarea que compone el listado es asignada a un agente o miembro de la organización que tenga las aptitudes y capacidades para desarrollar la labor a plena cabalidad.

Adicionalmente, es necesario para el desarrollo de la empresa la designación de un líder para cada área que compone la compañía. Este líder es el encargado de dar respuesta y solución a los problemas que presente cada área. En particular, para el área de producción y de almacenamiento, en los cuales el número de operarios es superior que el de las áreas administrativas, y es importante tener una cabeza visible en el área física para un desarrollo acorde de los procedimientos en el día a día.



Figura 2. Creación del Plan Estratégico de Producción

Teniendo como base de partida el diagnóstico de la empresa, y el marco teórico previamente ilustrados, según **Figura 2**, a continuación se presenta una sugerencia del plan estratégico de producción para GRUPO RHC.

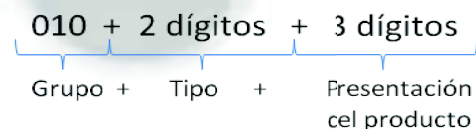
4.1. Pronósticos

La empresa actualmente no posee este tipo de análisis debido a la forma como se encuentra organizada la información y a la ausencia de personal del área comercial capacitado para ello.

Esto se debe a que no existía un sistema de codificación estándar y los reportes históricos de ventas, generados por el sistema contable "Worldoffice", no eran fáciles de analizar.

Para dar comienzo a esta etapa fue necesario establecer una codificación estándar para la totalidad de las **materias primas** (Cauchos, acelerantes, plastificantes, aceros y alambres, hilos y nylon, acoples, grifos y abrazaderas, empaques y otros), **subproductos** (Mezclas preparadas, cauchos preparados, Manguera para moldeo, manguera para recubrimiento, abrazaderas y grifos) y **productos** (Manguetas moldeadas, súper duty, corrugadas, lisas, Descargue, succión y especiales),

La metodología para la codificación de las materias primas se basa en el tipo de grupo (Caucho, acelerantes, plastificantes, etc.), el tipo y la presentación del producto. Esta última característica del código, es la forma de diferenciación entre los ítems de cada tipo. La longitud del código es de 8 dígitos para todas las materias primas que componen los productos, como podemos ver en la **Figura 3**.



Ej. Caucho EPDM de 25 Kg. = 010 01 025

Figura 3. Estructura de codificación para la materia prima – caucho.

En la **Figura 4**, se ilustra el método para la codificación de los subproductos. Éste se basa en el tipo de grupo (Mezclas preparadas, cauchos preparados, etc.), el tipo y la presentación del producto, esta última es la forma de diferenciación entre los ítems de cada tipo. La longitud del código es de 8 dígitos para todos los sub-productos que se requieren para la fabricación de los productos finales.



Ej. Mezcla para extruder convencional = 910 01 001

Figura 4. Estructura de codificación para el subproducto – Mezcla preparada.

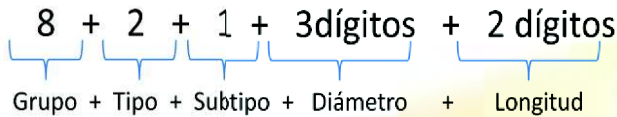
La creación de los códigos de los productos finales se basa en el grupo (Corrugada, Lisa, Moldeada, etc.), el diámetro y longitud de la manguera principalmente, como se puede apreciar en la **Figura 5**, donde la longitud del código es de 8 dígitos para todas las mangueras que componen el portafolio de productos.



Ej. Manguera para radiador corrugada 2"x20"=460 002 20

Figura 5. Ejemplo de codificación para los grupos estándares de mangueras.

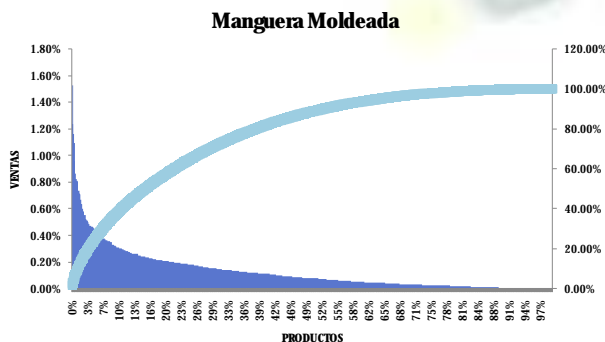
Para las mangueras especiales se creó una codificación diferente, donde el dígito inicial hace relación al grupo Especiales, el segundo dígito al tipo de manguera (Hidrocarburos, Dragas, Presión, Aire/Vacio, etc.), el tercer dígito al subtipo de manguera (Descargue o succión), y los demás dígitos al diámetro y longitud de la manguera, a continuación en la **Figura 6** vemos un ejemplo de codificación.



Ej. Manguera para succión de combustible de 1½" x 5 Metros = 8 1 1 112 05

Figura 6. Ejemplo de codificación para el grupo especial de mangueras

Una vez realizada la codificación de todos los artículos, y en especial de los productos finales, fue posible realizar un análisis ABC con de la información histórica de las ventas de los productos. Este análisis se confrontó con la clasificación del principal cliente, Sociedad de Comercialización Internacional Pansell S.A., obteniendo una ratificación de los productos que conforman cada grupo.



Gráfica 1. Ejemplo de categorización para el grupo de mangueras moldeadas

De la **Gráfica 1** se puede extraer la siguiente información, el 21.8% de los productos representan el 60.7% de las ventas de ese grupo. 168 productos se encuentran en la categoría A, 227 en la B y 544 en la C, de un total de 771 productos en este grupo.

Nota: El análisis para cada grupo se encuentra en el archivo Informe_Aglomerado.xlsx entregado como anexo.

Este tipo de análisis permite caracterizar cada producto para de esta forma establecer niveles de inventarios apropiados y una estrategia de producción acorde con la capacidad instalada de la planta. Sin embargo, es necesario que este tipo de análisis se realice periódicamente para calibrar nuevamente el modelo con la información más reciente que cuente la empresa, y de esta forma mantener actualizado el sistema.

A partir del análisis ABC de la familia de mangueras moldeadas, se sugirieron como políticas de inventario que los productos tipo A y B, sean fabricados para almacenar (*make to stock*), es decir, bajo un sistema tipo push, debido a la rotación media-alta que presentan. Y los productos tipo C, sean trabajados bajo un esquema tipo pull, es decir, bajo pedido (*make to order*).

De acuerdo a esto, para los productos tipo C no se mantendrá ningún nivel de inventario. Para los productos tipo A y B, se mantendrá como mínimo un nivel de inventario de seguridad que cubra el tiempo de producción de un pedido promedio.

Para calcular el inventario de seguridad fue necesario establecer inicialmente para cada producto el tiempo que toma la producción de un pedido promedio, a una tasa de producción promedio. Este periodo de tiempo se cálculo de la siguiente manera:

$$\text{LeadTime Prod(días): } LTP_i = \frac{\text{Demanda Prom Mes}_i}{\text{Tasa Prom Prod Día/Mes}_i}$$

Posteriormente, con base en el tiempo definido previamente para cada referencia, se procede a establecer la desviación de la demanda durante este periodo de producción.

$$!LTP_{Prod i} = !mes i * \frac{LTP_i}{30}$$

También se conoce que el nivel de servicio que quiere ofrecer la empresa se encuentra alrededor del 90%, esto quiere decir, que de 10 veces que se genere un pedido, a lo menos en 9 veces se encuentre el producto disponible. Por lo tanto el inventario de seguridad que se tendrá para cada referencia será:

$$\text{Inventario de Seguridad} = !LTP_{Prod i} * Z_{NS}$$

Es importante mencionar que paralelamente al análisis de estas políticas de inventario, fue necesario realizar un conteo de los moldes disponibles para cada referencia de producto en búsqueda de una tasa máxima de producción teórica, la cual es la cantidad de moldes disponibles por el número de veces que son utilizadas las autoclaves en el proceso de moldeo. Esta información se confrontó con la información histórica de producción para establecer la tasa de producción promedio implementada para obtener los niveles de inventario de seguridad.

Adicionalmente, al momento de realizar el conteo manual de los moldes disponibles también se realizó la medición y validación de los diámetros y longitudes de cada referencia. Esto para obtener información valiosa al momento de la creación de la explosión de materiales o de la creación de las fichas técnicas de cada producto.

Nota: El análisis para cada grupo se encuentra en el archivo *Inventario Moldes Actualizado.xlsx* y *Varios Inventario Moldes.xlsx* entregado como anexo.

Es importante mencionar que el principal cliente, Pansell S.A., tiene una participación cercana al 70%-80% de las ventas totales de la compañía. Este cliente generalmente coloca las órdenes de compra con un periodo de 3 meses de anticipación, lo cual le permite a la empresa tener órdenes en firme que sustituyen parcialmente los pronósticos de la empresa. Es por esta razón que para fines prácticos los pronósticos de ventas serán los pedidos en firme de Pansell S.A. multiplicados por un factor de holgura cercano al 30% adicional.

4.2. Planeación a Largo Plazo

Recordemos que la estrategia de operaciones debe surgir de una estrategia empresarial a largo plazo y a su vez, debe integrarse de manera horizontal con las estrategias de los demás subsistemas de la compañía.

Es por esta razón que la implementación de un sistema integrador o comúnmente llamado ERP "*Enterprise resource planning*" es el norte donde la empresa debe apuntar en el futuro, ya que este tipo de sistemas incorpora e integran todas las áreas de la compañía y facilita las labores diarias. El primer obstáculo para la implementación del mismo es la ausencia de una estructura en la información y la metodología en la recopilación de la misma. La segunda es la alta inversión que esto representa.

Otra alternativa es el desarrollo "In House", esta posibilidad es una buena alternativa para ser usada pero representa una alta dedicación de los ingenieros encargados al igual que un tiempo prologado de ejecución y pruebas.

Por lo tanto, la gerencia decidió implementar un sistema híbrido, el cual consiste en la implementación de un software para la integración de procesos básicos comerciales y un desarrollo In House para apoyar la toma de decisiones en el área productiva. Con la adquisición del software se busca tener una consolidación de la información y un rápido acceso a los inventarios en línea a un costo bajo y con un periodo de implementación relativamente corto, el nombre del software seleccionado fue FACTUSOL¹. Y con el desarrollo In House se busca mejorar los niveles de inventario y faltantes, este sistema se describe en el numeral 4.4.

FACTUSOL permite una interfaz amigable para la introducción de datos, la consulta de información y la creación de informes, de una manera rápida y flexible.

El programa cubre toda la línea comercial de cualquier empresa: pedidos a proveedores, entradas de mercancías, facturación de proveedores, presupuestos a clientes, pedidos de clientes, albaranes (remisiones), facturas, recibos, cobros, remesas, etc. Contiene una gran cantidad de automatismos para validar documentos y evitar de esta forma los trabajos repetitivos. Permite un control de almacén exhaustivo, consolidar inventarios parciales, y una gran cantidad de informes y estadísticas.

Sin embargo, la implementación trae consigo una serie de tareas que de no llevarse a cabo rápidamente el sistema termina siendo obsoleto. La principal tarea a desarrollar en este software es la creación de las fichas técnicas de cada producto y subproducto, ya que esto permite realizar los descuentos de materias primas, subproductos, etc., de los niveles de inventario. Posterior a esta labor, se debe institucionalizar el ingreso de las cotizaciones, órdenes de compra, facturación y producción de forma diaria.

Para una adecuada gestión del software es necesario dotar a las personas que mantendrán el sistema al día, con las herramientas necesarias para una rápida alimentación. Por lo cual se implementó de forma paralela la herramienta R44-2314, la cual es un dispositivo de información portátil que es usado para la recopilación diaria de la producción.

Como se mencionó previamente, es necesario alimentar el sistema con las fichas técnicas de los productos. La información contenida en estas fichas técnicas hace relación a consumos de recursos en general, ya sean materias primas, subproductos, mano de obra, servicios, etc. Por lo tanto, es importante para la empresa implementar un proyecto de toma de tiempos, consumos y movimientos para todos los procesos productivos, ya que no se tiene valores concretos de las principales variables que permitan la actualización de las fichas técnicas.

Adicionalmente, se presenta la necesidad de mantener una trazabilidad interna para el producto final, subproductos y materias primas, y externa sólo para los productos finales. En especial, por requerimiento de los clientes, la sistematización de códigos de barras para los productos finales. Es por esto que se ejecuta un proyecto para la creación de las etiquetas del producto final en la familia de mangueras de moldeo, donde se analizaron las posibles alternativas, se hizo la búsqueda de proveedores y se analizó las cotizaciones para cada opción.

Las diferentes alternativas que se analizaron fueron; etiquetas autoadhesivas, cintas pegantes en plástico y papel, y etiquetas termoencogibles. En el marco general, este proyecto tuvo dos factores críticos de análisis para cada opción, el primero de ellos fue las cantidades mínimas de producción, ya que en esta familia de productos se presentan alrededor de 780 referencias diferentes. El segundo factor, fue el requerimiento de personal y maquinas para la instalación de las etiquetas.

La primera opción, etiquetas autoadhesivas, presentaba una buena viabilidad ya que permitía la impresión de los códigos de barras directamente en la etiqueta con la impresora que actualmente posee la empresa, y solo se manejarían dos tamaños estándar para la totalidad de las referencias, y el método de aplicación sobre las mangueras era muy sencillo. Sin embargo, se realizaron pruebas físicas con una muestra especial de etiqueta, que

¹ Para mayor información sobre las características del software, consultar <http://www.sistemasmultimedia.com/es/factusolcaracteristicas.php>

poseía con un pegante súper resistente, obteniendo como resultado final la eliminación de la opción, ya que la manguera se encuentra en contacto directo con emulsión de silicona durante todo el proceso productivo, haciendo que el pegante pierda adherencia a la manguera, y por ende se despegue después de la manipulación del producto final.

Posteriormente, se evaluó la segunda alternativa, cintas en plástico y papel. Para esta opción se agruparon el total de referencias en los 15 diámetros posibles para determinar la longitud de las etiquetas según la circunferencia de cada diámetro. Esta alternativa ofrecía la posibilidad de imprimir el código de barras directamente en la etiqueta, pero se debía hacer la inversión en una impresora deskjet. Adicionalmente, esta alternativa presentaba una buena presentación del producto final y era posible realizar pedidos de bajas cantidades, lo cual evitaba mantener inventario por menos de un mes en algunas referencias. Sin embargo, después de las pruebas físicas y la recepción de la cotización esta opción fue descartada porque las etiquetas eran de fácil remoción y deterioro y el costo por unidad era demasiado alto.

Finalmente se analizó la posibilidad de realizar las etiquetas en PVC para termoencogido. Esta opción presentaba una buena alternativa en la presentación del producto final, sin embargo era imposible imprimir el código de barras del producto directamente en la etiqueta, ya que eso equivaldría a producir etiquetas para cada referencia lo cual representa un alto costo en placas fotosintéticas para la impresión y sobre todo un alto costo en el inventario. Se realizaron pruebas físicas obteniendo como resultado una presentación apropiada del producto, y una buena adherencia, por lo tanto, para esta opción se decidió utilizar una segunda etiqueta autoadhesiva encima de la termoencogida. Este tipo de etiquetado presentaba como debilidad el requerimiento mínimo de unidades para realizar por parte de los proveedores. Sin embargo, para ello se analizó la cantidad de unidades vendidas por diámetro y se agruparon en seis grupos para alcanzar unas cantidades razonables, ver **ANEXO 9**. Para el proceso de colocación de las etiquetas al producto final se estimó junto con la gerencia que este proceso debe iniciar el termoencogido por vapor, y a medida que se tenga un mayor conocimiento del proceso se irán implementando mejoras generales en este proceso.

Adicionalmente a la implementación de una herramienta computacional para la integración de la información que permita un mejor análisis de la misma, es importante tener una metodología clara para la planeación de la producción. Esta metodología se basa en reuniones, ver **Figura 7**, donde se debe especificar el tipo (Planeación, seguimiento y control), la frecuencia (Anual, mensual, semanal o diaria), el personal asistente de las diversas áreas (compras, comercial, producción, recursos humanos y gerencia), información de requerida y la información de salida.

La reunión de planeación generalmente se lleva a cabo al comienzo de cada año con todo el personal administrativo, allí se revisan los objetivos, indicadores, metas y proyectos para cada área, orientados al alcance de la misión y visión de la compañía.

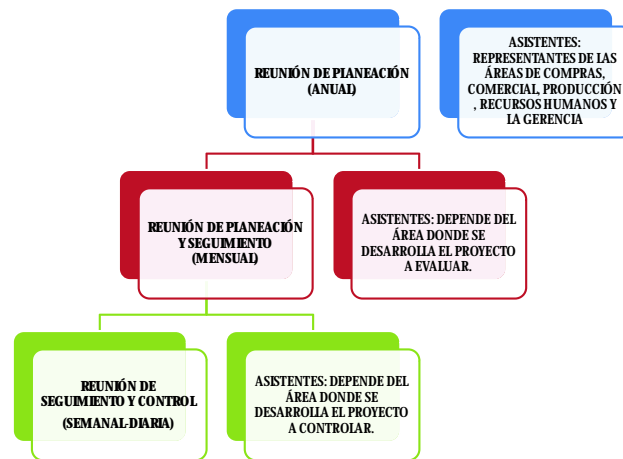


Figura 7. Plan de reuniones para la Planeación Estratégica de la Producción.

Para esta reunión es necesario que cada área aporte por lo menos con 2 semanas de anterioridad sus estimados para el periodo de análisis. Iniciando por el área comercial, con el pronósticos de ventas, el área de producción con el plan maestro de producción teniendo en cuenta las restricciones de personal, aportadas por el área de recursos humanos, restricciones de maquinas, aportadas por el departamento de mantenimiento, y cualquier otro tipo de parada de las líneas de producción programadas, esta metodología se refleja en la **Figura 8**.

Esto permite que el área de compras se programe para tener un plan de suministro lo suficientemente robusto para suplir a producción evitando problemas de desabastecimiento futuro.



Figura 8. Entrega diferenciada de estimados por área.

Recordemos que la esencia de la planeación se encuentra en el logro de los objetivos específicos para el alcance de los objetivos generales y sucesivamente hasta lograr la tan ansiada visión de cualquier organización, un ejemplo de este pensamiento se presenta en el **ANEXO 10**.

En el **ANEXO 11**, se presentan dos (2) formatos, en el primero de ellos se plantea el formato para las reuniones de planeación, es decir, análisis de los estimados de ventas y producción para cada familia de productos. En el segundo formato se enseña la propuesta de los 5 proyectos más relevantes a ejecutar por parte de la empresa.

Las reuniones de seguimiento deberán hacerse mensualmente, y dependiendo del proyecto a examinar se citaran los respectivos asistentes. En esta reunión se debe revisar el desempeño de los indicadores, metas de cumplimiento y avances en general, el formato para este tipo de análisis se presenta en el **ANEXO 12**, donde al igual que la planeación se presentan dos (2) formatos con la misma estructura. Adicionalmente, el primer formato permite evaluar cuantitativamente el desempeño de los estimados, a partir de las mediciones de error mencionadas en el modulo de pronósticos.

La base de esta reunión es la evaluación de los estimados de ventas por parte del área comercial, y el plan maestro de producción que cumpliría con el estimado de ventas. Inicialmente se evalúa la eficiencia de los estimados versus la información real del mes previo a la reunión. La divergencia entre estimado y real conlleva una profunda discusión sobre las razones de esta diferencia, ya sean posibles fallas en la maquinaria, ausencia de personal, fluctuaciones del mercado, error de pronóstico, etc. Se cree que si la desviación de la parte real a la estimada está por debajo del 20% es aceptable, de lo contrario se debe revisar exhaustivamente las razones de la diferencia. Posteriormente, se analizan los estimados del mes siguiente y se evalúa nuevamente cualquier eventualidad planeada.

Generalmente las reuniones tácticas se encuentran acompañadas por reuniones de control que se llevan con mayor frecuencia y se ejecutan con base en los proyectos en ejecución. En el **ANEXO 13** se muestra un formato para el seguimiento de este tipo de reuniones. Adicionalmente, en los **ANEXOS 14 y 15** se muestra a mayor profundidad el alcance de las reuniones de control, con la generación de los formatos de toma de datos.

Lo ideal para cualquier organización en el área de producción es que la información siga el flujo presentado en la **Figura 9**, donde una vez se tiene el estimado de las ventas se procede a realizar una validación con el inventario para determinar las cantidades a producir en el plan maestro de producción. Posterior a la generación del plan maestro, se generan los órdenes de producción para cada producto a fabricar, donde se especifican las cantidades a producir y las características físicas y técnicas del producto.

Una vez llevada a cabo la orden de producción de los productos, se debe llevar estricto control de las cantidades producidas y las especificaciones del mismo. Esto es, si la totalidad de los productos fabricados cumplen los requerimientos técnicos según las descripciones del producto. Una vez validado que el producto final cumple con las especificaciones, éste se debe registrar como producto conforme y por lo tanto como ingresado en bodega para su futura distribución, de lo contrario, se llevará al área de control de calidad para revisión del lote.

Paralelamente al análisis de los estimados de ventas y de los programas de producción, es necesario evaluar los niveles de inventario de cada producto. Una vez analizado el nivel de los productos con menor índice de rotación, se deben idear estrategias para salir del inventario obsoleto. Esta decisión debe estar soportada en el análisis ABC realizado previamente.

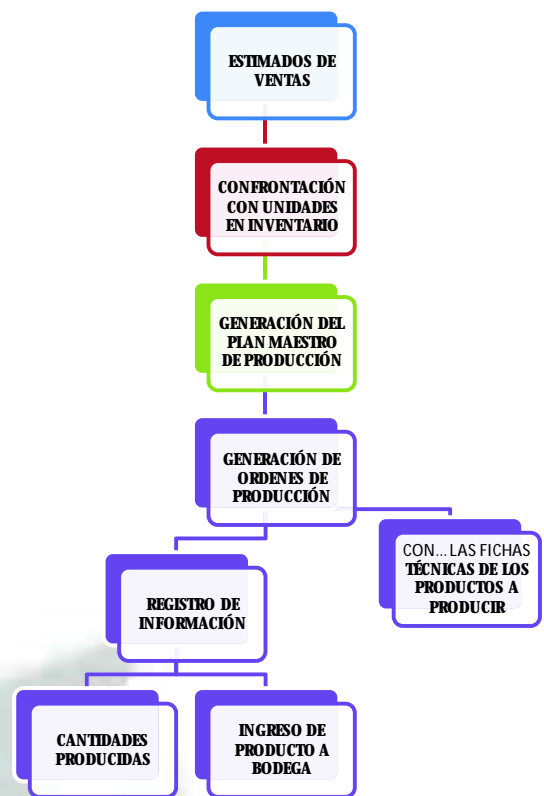


Figura 9. Flujo adecuado de información para el área de producción.

4.3. Planeación Agregada

Para la planeación agregada la empresa actualmente cuenta con el reporte contable, el cual provee a la gerencia de la información agregada del consumo de caucho por peso en toneladas y por línea de producción. Esta información ayuda a la gerencia a determinar el consumo mensual y a proyectarse para el consumo anual. Ver **ANEXO 16**.

4.4. Programa Maestro de Producción.

Para la ejecución del programa maestro de producción se debe tener la siguiente información disponible:

- *Explosión de Materiales o Bill of Materials (BOM);* La explosión de materiales ilustrada en la **Figura 10** se traduce en fichas técnicas de los productos finales, donde se especifican los consumos de subproductos y materias primas, junto al consumo de recursos (maquinaria y mano de obra), tiempos de producción, para la fabricación de una unidad estándar de cualquier ítem.
- *Consolidación de pedidos;* Se deben consolidar los pedidos en firme para que junto los pronósticos de ventas y los niveles de inventario se obtenga los requerimientos netos de producción.
- *Inventario en línea;* Este ítem hace relación a la actualización permanente del sistema, en concordancia al ingreso y salida de las unidades de productos finales de la bodega.

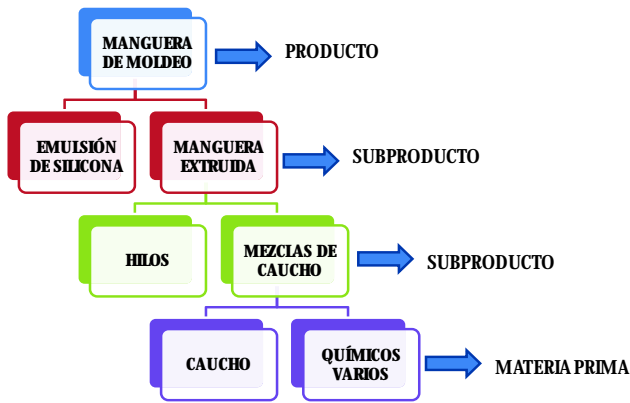


Figura 10. Ejemplo de la explosión de materiales para una manguera moldeada.

Para dar solución a la creación del Plan Maestro de Producción, se implementó el método de programación matemática o lineal para la optimización de los costos de producción.

El problema de programación lineal debe determinar las cantidades a producir en cada periodo de tiempo, para cada producto, teniendo en cuenta la demanda interna de subproductos (niveles), la capacidad de los recursos disponibles y las restricciones de tamaño de lote.

A continuación se presenta el modelo de programación lineal.

Notación

CONJUNTOS

.....								
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	(1)
.....	

PARÁMETROS

.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	(2)
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	(3)
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	(4)
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	(5)
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	(6)
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	(7)
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	(8)

VARIABLES

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

FUNCIÓN OBJETIVO

SUJETO A

Nota: Este modelo fue adaptado de Operations Research in Production Planning, Scheduling, and Inventory Control.

La función objetiva es la minimización de los costos fijos y variables de producción en horario regular y extra. También contempla los costos por mantener unidades en el inventario y los costos por unidades faltantes durante todo el tiempo de planeación.

La primera restricción (1) obliga a que las demandas de los productos sean satisfechas en todos los periodos de tiempo, a la par que mantiene el balance o la conservación de los niveles de inventario.

La segunda (2) y tercera (3) restricciones son las cotas inferiores de producción para cualquier periodo de tiempo. Esta restricción involucra el tamaño mínimo de un lote de producción para cualquier producto.

La cuarta (4) y quinta (5) restricciones son las cotas superiores de producción para cualquier periodo de tiempo. Esta restricción involucra la máxima tasa de producción permitida para cualquier producto.

La sexta (6) y séptima (7) restricciones controlan la capacidad de los recursos de maquinaria en horario normal y extra.

La Octava (8) restricción contiene todas las condiciones de no negatividad de las variables.

4.5. Ejecución y Control de la Producción

Esta última etapa permitirá un desarrollo futuro de diversos proyectos para la empresa en la ejecución y control de la producción, a partir de las técnicas mencionadas en el marco teórico.

5. REPORTE DE RESULTADOS Y ANÁLISIS

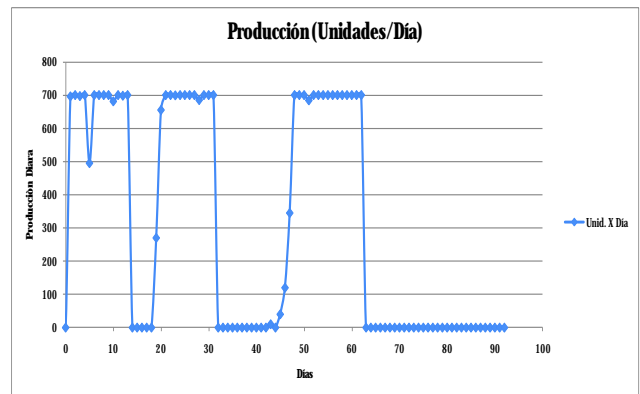
Para el análisis de los resultados arrojados por el modelo en la creación del plan maestro de producción se utilizó información real de los pedidos del principal cliente para un periodo de 30 y 90 días. Los parámetros con los cuales se corrió el modelo en cada prueba se encuentran en los archivos *Estructura Base de datos P1.xlsx* y *Estructura Base de datos P2.xlsx*. En particular se establecieron con la gerencia los valores de: Costo de mantener una unidad en inventario del 30% anual, una penalización por faltantes igual a 10 veces el costo del producto, un lead time de producción de un día para todos los productos, un inventario inicial igual a cero para todas las referencias de productos.

En la primera prueba, donde se utilizaron 90 días de análisis para 552 productos, se obtuvo un promedio de producción de 296 unidades/día, donde se produjo en 46 de los 90 días analizados, es decir, solo en el 51% de los días hubo producción, como se puede ver en la **Gráfica 2**.

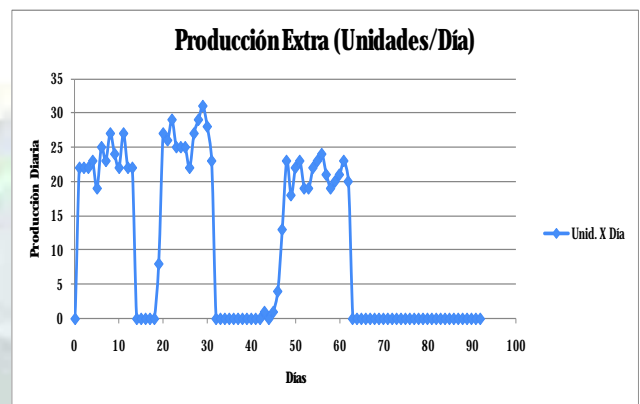
Adicionalmente, la producción de unidades en tiempo extra nunca excede de 35 unidades/día, como se puede ver en la **Gráfica 3**. La producción promedio es de 10 unidades/día.

En cuanto al inventario, éste alcanza su punto máximo en 12385 unidades cerca a los 60 días, como podemos notar en la **Gráfica 4**. Sin embargo, el inventario presenta un rápido descenso al final del segundo mes. Esto se debe al bajo costo de mantener unidades en inventario con relación al costo fijo de producir. La cantidad de inventario promedio se encuentra alrededor de 2983 unidades/día, la cual fue calculada convencionalmente, es decir, la suma

de las unidades en inventario durante todo los días de análisis, sobre el número de periodos.

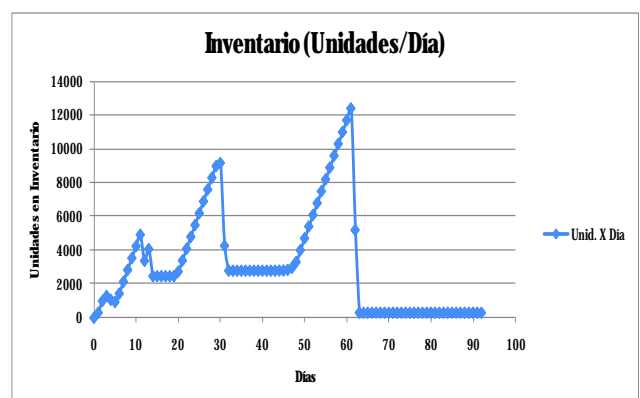


Gráfica 2. Producción diaria del total de los productos, para la primera prueba con 552 productos.



Gráfica 3. Producción diaria del total de los productos en horas extras, para la primera prueba con 552 productos.

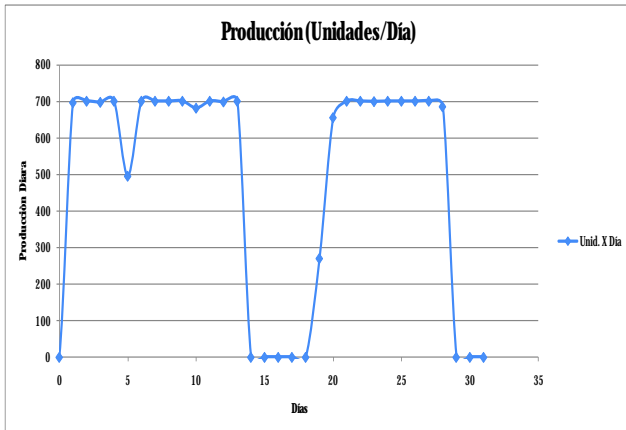
También es importante resaltar que el inventario final es de cero unidades y que en ninguno de los periodos se presentan faltantes de unidades.



Gráfica 4. Nivel de unidades en inventario del total de los productos, para la primera prueba con 552 productos.

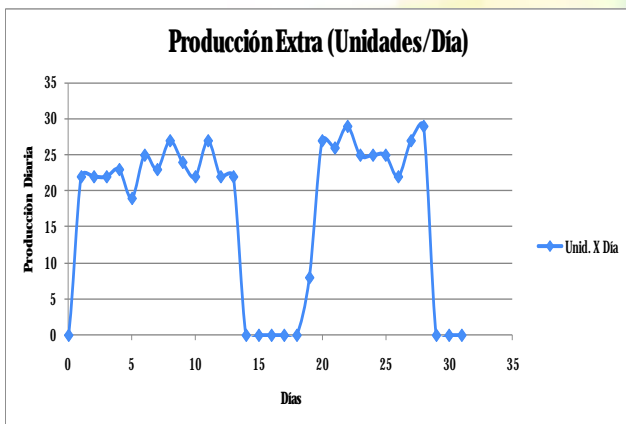
Para la prueba de 30 días se corrió el modelo inicialmente con 306 productos, posteriormente con sólo los productos catalogados como tipo A, es decir, 104. En ambos casos, al igual que la prueba anterior, no se obtuvieron faltantes de producto en ninguno de los periodos para ninguno de los productos.

Adicionalmente, la tasa de producción promedio fue 439 unidades/día. Se produjo 23 de los 31 días, es decir, se produjo durante un 74.2% del total de días disponibles, como se puede ver en la **Gráfica 5**.

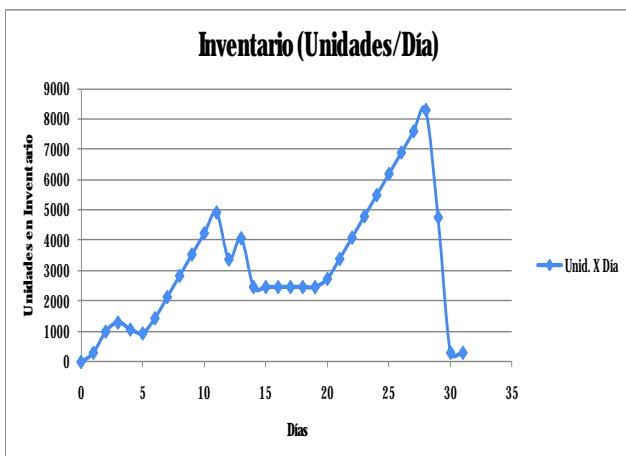


Gráfica 5. Producción diaria del total de los productos, para la segunda prueba con 306 productos.

En tiempo extra fue necesario producir en promedio 15.5 unidades/día. Alcanzando un máximo de 29 unidades en el día 22 según la **Gráfica 6**.



Gráfica 6. Producción diaria del total de los productos en horas extras, para la segunda prueba con 306 productos.



Gráfica 7. Nivel de unidades en inventario del total de los productos, para la segunda prueba con 306 productos.

El inventario promedio mantenido es de 2875 unidades/día, y este alcanza su punto máximo en 8286 unidades cerca al día 28, como podemos notar en la **Gráfica 7**. Sin embargo, el inventario presenta un rápido descenso al final del mes. Nuevamente, esto se debe al bajo costo de mantener unidades en inventario con relación al costo de producir.

En ambos casos, periodo de 30 días y 90 días, las estadísticas de desempeño del modelo permiten validar que es útil y adaptable a cualquier periodo de tiempo. Sin embargo, es importante aclarar que como buena práctica no se debe cambiar el plan maestro de producción seguidamente (periodos inferiores a 5 días), ya que esto genera inestabilidad en el área productiva.

6. CONCLUSIONES

Este documento presenta el diseño de una estrategia de producción a largo plazo (Estratégico), mediano plazo (Táctico) y corto plazo (Operativo), con recomendaciones puntuales en la ejecución de proyectos, que están encaminados al alcance de la misión y visión de una PYME del sector industrial colombiano. El objetivo central es mejorar la planeación de la producción a partir de la identificación y estructuración de la información. Se provee a la empresa de formatos de planeación, seguimiento y control para la estrategia de producción global.

Para la estructuración de la información se crean e implementan métodos estándares de codificación de los productos, que facilitan el análisis de los datos históricos y la ejecución de trazabilidad externa, a partir de etiquetas termoencogibles y códigos de barras. La asignación de niveles apropiados de inventario a partir de la clasificación de los productos según criterio de ventas y la identificación de tasas de producción por producto, permitió realizar pruebas periódicas de las necesidades de producción según órdenes de compra.

Adicionalmente, se provee a la empresa de una herramienta que sirve de soporte a la toma de decisiones en el área de producción. Especialmente, apoya el cálculo de los requerimientos totales de cada producto, niveles de inventario en línea, la definición de las cantidades a producir y la visualización de los tiempos de producción para la creación del plan maestro de producción.

Para dar un uso adecuado a la herramienta es necesario mejorar la información con la cual se alimenta el modelo. Esta información de entrada solo podrá ser estadísticamente confiable una vez se realice el proceso de medición de consumos, tiempos y movimientos, y demás proyectos sugeridos.

Los proyectos propuestos a desarrollar son:

- I. Establecer todas las conexiones entre los subsistemas o áreas de la compañía (Ver diagrama de Subsistemas de Operaciones).
- II. Definir dentro de la estructura organizacional el organigrama administrativo, los equipos de trabajo y su respectivo líder.
- III. Conocer todos los valores de las variables para cada proceso, según subproducto o producto.

- IV. Realizar el costeo de los productos.
- V. Crear las fichas técnicas para cada uno de los productos finales y subproductos.
- VI. Ejecutar el modelo lineal para la generación del plan maestro de producción.
- VII. Generar órdenes de producción con base en el plan maestro de producción.

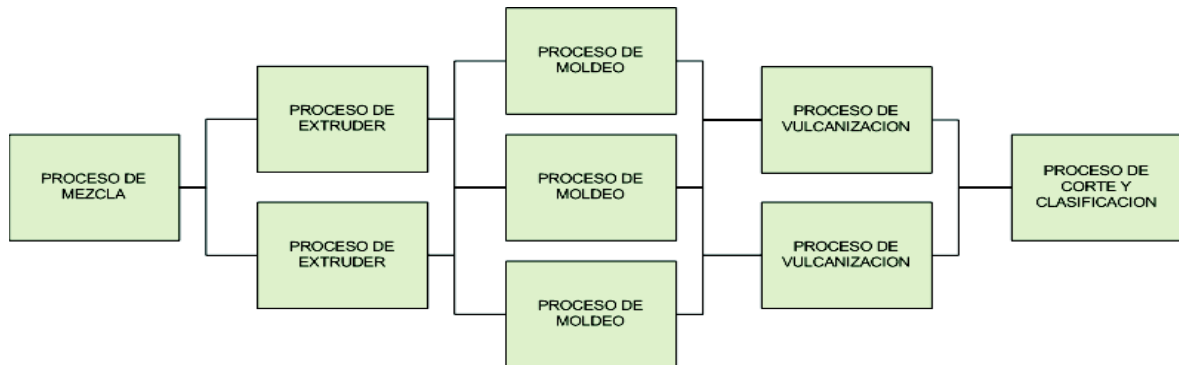
Finalmente, en desarrollos posteriores, se pueden incluir diferentes métodos de programación de las tareas en las estaciones de trabajo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2008, recuperado el 30 de Enero de 2010, de http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=96&Itemid=59
- [2] Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2010, recuperado el 30 de Enero de 2010, de <http://www.mincomercio.gov.co/econtent/categorydetail.asp?idcategory=553&idcompany=1>
- [3] IBERPYME. (Mayo 2005.). Seminario Iberoamericano de micro, pequeña y mediana empresa. Reunión anual del programa IBERPYME.
- [4] Rubber Hose de Colombia Ltda, 2002, recuperado el 30 de Enero de 2010, de <http://www.rubber-hose.com/institucional.htm>
- [5] CHIAVENATO, I. (1995). Introducción a la Teoría General de la Administración. 4ta Edición. McGraw Hill. Colombia.
- [6] ROBBINS, S. (1994). Administración. Teoría y Práctica. Prentice Hall Hispanoamericana. México.
- [7] KOONTZ, H. y WEHRICH, H. (1996). Administración. Una Perspectiva Global. 10ma Edición. McGraw Hill. México.
- [8] STONER, J.; FREEMAN, R. y GILBERT, D. (1996). Administración. 6ta Edición. Prentice Hall Hispanoamericana. México.
- [9] DOMÍNGUEZ, J.; ÁLVAREZ, M.; GARCÍA, S.; DOMÍNGUEZ, M.; RUIZ, A. (1995). Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y los Servicios. McGraw Hill. Madrid.
- [10] MACHUCA, J.A.D.; ÁLVAREZ, M.J.; GARCÍA, S.; DOMÍNGUEZ, M.A., y RUIZ, A. (1994). Dirección de la Producción: Aspectos Estratégicos en la producción y en los servicios. McGraw Hill. Madrid.
- [11] BUFFA, E. y SARIN, R. (1995). Administración de la Producción y las Operaciones. Editorial Limusa. México.
- [12] EVERETT, A. y EBERT, R. (1991). Administración de la Producción y de las Operaciones. 4ta Edición. Prentice Hall Hispanoamericana. México.
- [13] SCHROEDER, R. (1992). Administración de Operaciones, Toma de Decisiones en la Función de Operaciones. 3era Edición. McGraw Hill. México.
- [14] CHASE, R.; AQUILANO, N. y JACOBS (2000). Dirección y Administración de la Producción y las Operaciones. 7ma Edición. McGraw – Hill Irving. Barcelona.
- [15] HEIZER, J. y RENDER, B. (1997). Dirección de la Producción. Decisiones Tácticas. 4ta Edición. Prentice Hall Hispanoamericana. Madrid.
- [16] STEVEN NAHMIA (2005). Análisis de la Producción y las Operaciones. 3ª Edición, Editorial Continental. México.
- [17] COMPANYYS, R. (1989). Planificación y Programación de la Producción. Editorial Marcombo S.A. Barcelona.
- [18] KALENATIC, D. y BLANCO, L. (1993). Aplicaciones computacionales en Producción. Fondo Editorial Universidad Distrital Francisco José Caldas. Bogotá.
- [19] MEREDITH, J. y GIBBS, T. (1986). Administración de Operaciones. Editorial Limusa. México.
- [20] MONKS, J. (1991). Administración de Operaciones. McGraw Hill. México.
- [21] NARASIMHAN, S. et al. (1996). Planeación de la Producción y Control de Inventarios. Prentice Hall Hispanoamericana. México.
- [22] STARR, M. (1979). Administración de la Producción. Sistemas y Síntesis. Editorial Dossat S.A. Madrid.
- [23] TAWFIK, L. y CHAUVEL, A. (1992). Administración de la Producción. McGraw Hill. México.

ANEXOS

ANEXO 1. Proceso productivo de las mangueras moldeadas

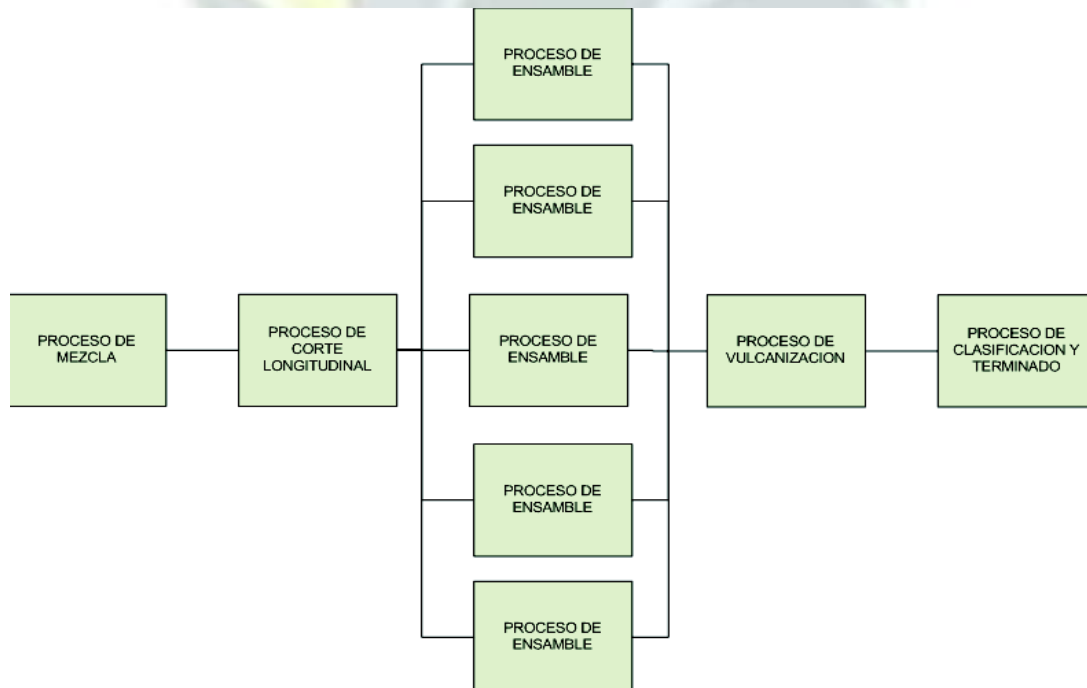


Nota: El número de recuadros por proceso indica la cantidad de estaciones.

ANEXO 2. Proceso productivo de las mangueras Súper Duty

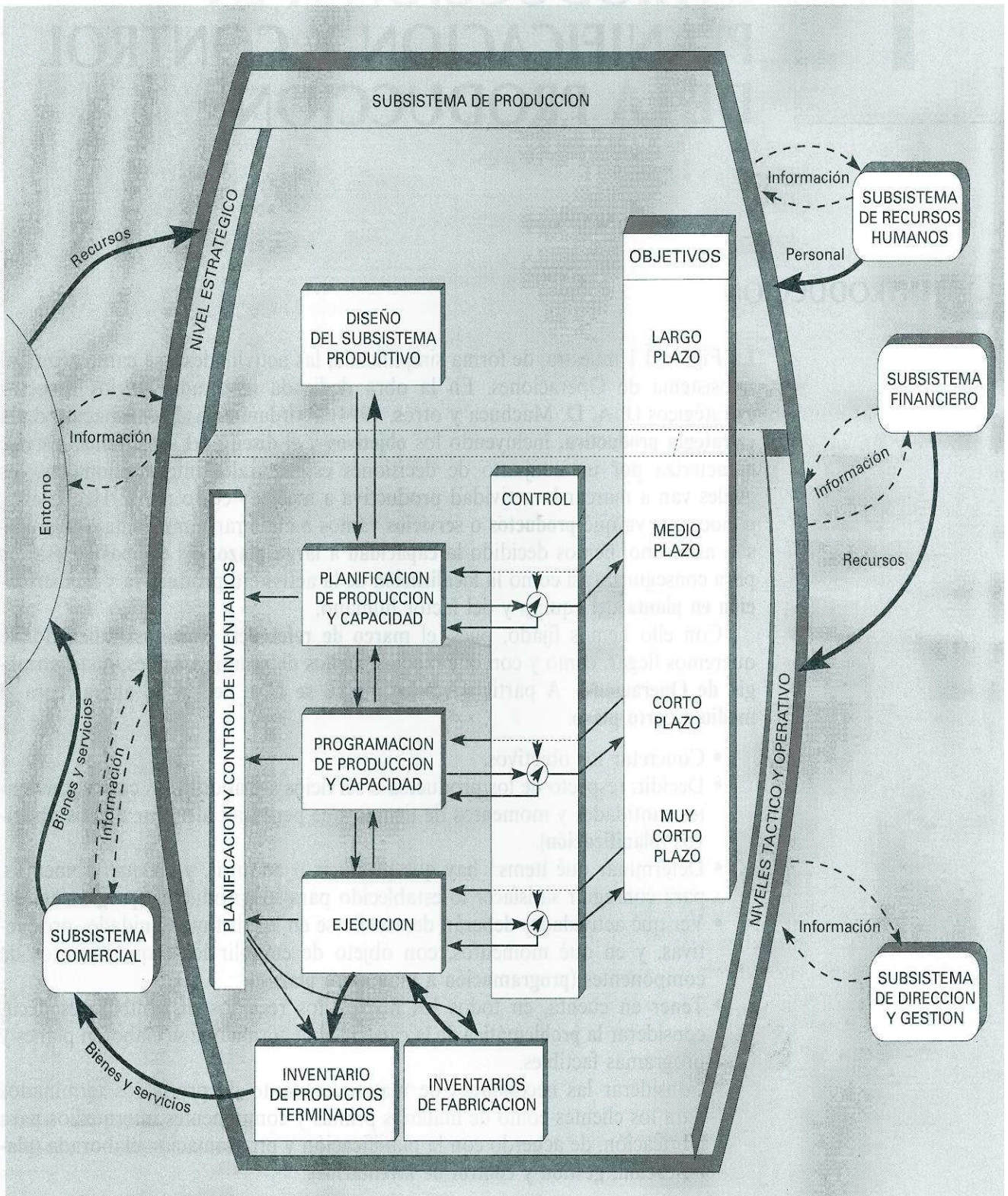


ANEXO 3. Proceso productivo de las mangueras ensambladas



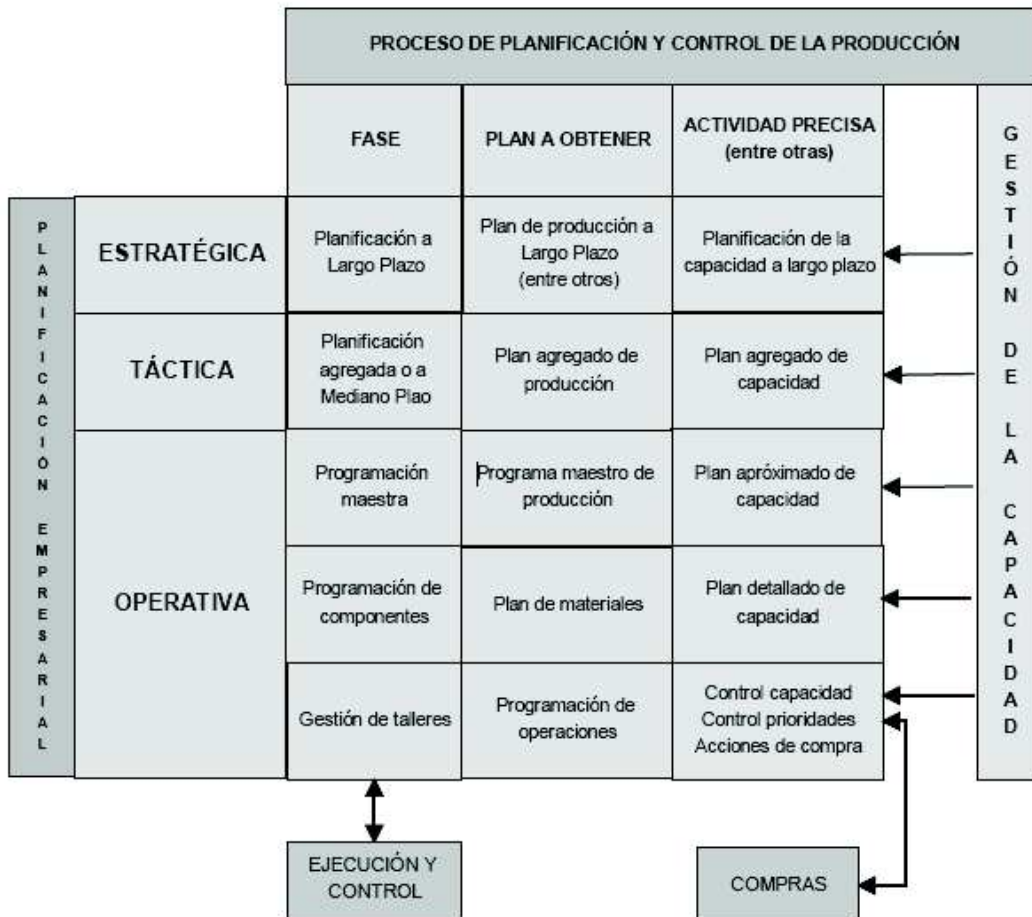
Nota: El número de recuadros por proceso indica la cantidad de estaciones.

ANEXO 4. El Subsistema de Operaciones



Fuente: J.A.D. Machuca et al. (1994)

ANEXO 5. Proceso de planificación y control de la producción.



Fuente: Domínguez et al. (1998).

ANEXO 6. Estructura de un sistema jerárquico de planificación y control de la producción.

Fuente: Domínguez et al. (1998).

