

# PROPUESTA DEL PLAN ÓPTIMO DE PRODUCCIÓN PARA LA LÍNEA DE GRANULADOS DE UNA EMPRESA DE FERTILIZANTES

S.L. ARENAS CASTAÑO<sup>1</sup>, C.M. ARAUJO MORÁN <sup>2</sup>

<sup>1</sup>*sandra.arenas@javerianacali.edu.co*

<sup>2</sup>*carlos.araujo@javerianacali.edu.co*

Pontificia Universidad Javeriana Cali

## Resumen

El objetivo de este proyecto es el desarrollo de un modelo matemático, el cual como resultado es proponer el plan óptimo de producción en la línea de granulados en una empresa de fertilizantes, utilizando métodos cuantitativos y teóricos con el fin de elegir las cantidades y periodos de fabricación de los diferentes productos, derivando en la reducción de costos de producción e incremento de la fabricación.

En principio, se realizó un estudio de tiempos para diagnosticar las condiciones en las que se encontraba la empresa del sector industrial dedicada a la fabricación de fertilizantes para poder obtener datos de producción y comportamiento de los diferentes productos que permitiera la caracterización de la información necesaria para el cálculo matemático de las variables y parámetros requeridos para el modelo matemático, todo lo anterior con el apoyo de literatura especializada, sistemas de producción, manufactura y pronósticos de demanda. Realizando la anterior fase del proyecto se procedió a la estructuración el modelo matemático comparando la minimización de los costos de la fabricación de los productos para poder analizar los tres posibles escenarios.

Finalmente, se validan los resultados para verificar la utilidad de los datos del modelo y su impacto en tres escenarios propuestos para la planeación de la producción.

## Introducción

La empresa de estudio durante ocho años en el mercado agrícola ha planeado de manera correcta sus estrategias de negocio, logrando crecer y posicionarse en departamentos como Valle del Cauca, Cauca, Meta, Casanare, Santanderes y el eje cafetero, el posicionamiento en estos departamentos conllevó a un aumento en la demanda, donde la modernización en el proceso de producción fue la acción que permitió el cumplimiento y la expansión a nuevos mercados.

Por otro lado, a pesar de que el proceso de producción con políticas bajo pedido logró avances, presenta problemas en el proceso de planeación de la producción, podría decirse que se ve afectada

por el desconocimiento del costo de elaboración de sus productos, por ende, sus altos costos de manufactura, cambios inesperados de fabricación entre productos y sobrecarga de pedidos, evidenciando la necesidad de una herramienta para la planeación.

De acuerdo a lo anterior, todas las líneas de la empresa cuentan con problemas, pero la de mayor complejidad y necesidad para la línea de granulados puesto que carece de control en los tiempos de elaboración, cantidad de recursos empleados y disponibilidad de fabricación, ocasionando el desconocimiento de la capacidad productiva, estándares de tiempos, costos de manufacturar una unidad y asimismo la materia prima utilizada. Toda esta carencia de planeación conlleva a que no se tenga un plan de producción confiable a largo plazo que garantice costos más bajos en la fabricación, por esta razón el objetivo de la investigación es proponer un plan óptimo de producción para la línea de granulados de una empresa de fertilizantes a fin de minimizar costos mediante el uso de programación matemática, asimismo el cumplimiento de este está dado por (i) caracterizar el sistema productivo mediante un diagrama de flujo de procesos para estandarizar las variables de interés, (ii) modelar para obtener el plan óptimo de producción mediante programación matemática, (iii) validar computacionalmente el modelo conceptual desarrollado, comparando la aplicabilidad en el entorno real, y por último (iv) estructurar el plan óptimo de producción para la línea de granulados según los resultados del modelo matemático desarrollado, con el propósito de generar alternativas de mejoramiento en el proceso de gestión de manufactura.

En éste documento se evidencia el abordaje del problema asociado a la óptima planeación de la producción en una empresa productora de fertilizantes en el Valle del Cauca. Aquí se encontrarán los aspectos metodológicos para llevar a cabo el proceso investigativo que se despliega en el desarrollo de 3 fases de investigación: (i) Fase de caracterización, (ii) Fase de Construcción de modelo matemático y (iii) Fase de Propuesta y proyección.

## **1. Fundamentación teórica**

Según Méndez (2003), la planeación es un conjunto de técnicas y estrategias utilizadas para establecer las metas de producción para el futuro, utilizando la mejor manera todos los recursos tanto mano de obra como físicos. La planeación permite poder controlar y anticiparse a posibles escenarios que alteren las condiciones actuales.

Uno de los tipos de planes existentes para planear la producción, es la planeación agregada, el cual establece los niveles en una unidad de agregación que agrupa familias de productos, con el fin de satisfacer un criterio de decisión como es el caso del costo mínimo.

La formulación de los modelos de optimización para resolver problemas de planeación de la producción cambia dependiendo de la forma como están especificadas las variables críticas o de decisión, de la misma manera como depende de las restricciones y limitaciones del proceso que se pretende modelar.

Para la planeación de la producción, uno de los métodos que se utiliza son modelos matemáticos, los cuales son una representación cuantitativa de las características esenciales del proceso, muestra las relaciones entre causas y efectos, además la forma como se conectan los objetivos y restricciones es apreciable con facilidad, convirtiéndose en una fuente de información importante de acuerdo a los resultados. (Riggs, 1990).

La programación lineal es una técnica de optimización utilizada para resolver problemas donde el objetivo se encuentra en términos lineales al igual que las variables, las cuales deben ser valorables y finalmente los recursos son limitados. (Riggs, 1990), otra opinión es de Nahmias (2007) el cual planteó que la programación lineal es una técnica matemática que resuelve problemas de optimización, los cuales requieren minimizar o maximizar funciones lineales con sus respectivas restricciones. La programación lineal se conforma por la función objetivo, las restricciones, el lado derecho, la región factible, los puntos extremos en la región factible, La solución factible y por último la solución óptima.

## **2. Resultados**

La investigación se llevó a cabo en cuatro fases, la primera de caracterización, donde se estableció como era el flujo de proceso de fabricación de los fertilizantes y las variables críticas que se debían tener en cuenta en el modelo como la cantidad a producir, cantidad de producto que iba a satisfacer la demanda, la cantidad de materia prima que se debía comprar para que se pudiera fabricar el producto así como los inventarios tanto de materia prima como del producto terminado. Por otro lado, se determinó los parámetros involucrados en la producción tales como los costos asociados a la fabricación, al mantenimiento de inventarios, materia prima, igualmente se calcularon el pronóstico de demanda y los inventarios de seguridad para materia prima y producto terminado.

La segunda fase de construcción del modelo se desarrolló teniendo en cuenta unos supuestos, el primero, que el proveedor de la materia prima tiene la capacidad de satisfacer la demanda de la empresa de fertilizantes, segundo, que la empresa no cambiará la ubicación de su planta de producción, no renovará montacargas, ni la maquinaria que se utilizó durante el periodo del estudio, tercero que para esta investigación se establece que no hay inventario de materia prima ni de producto terminado para el periodo cero, es decir que al comienzo de la investigación no se contaba con inventarios. Cuarto que no se considera restricciones de espacio de inventarios puesto que se cuenta con el espacio necesario para el almacenamiento del producto terminado y materia prima, por ultimo no se considera tiempo de alistamiento ya que el proceso es continuo por lotes.

Así mismo, el modelo considera como función objetivo la minimización de los costos asociados al proceso de producción, para determinar las limitaciones del modelo se tuvieron en cuenta aspectos como la capacidad de producción, cumplimiento de la demanda y balance de inventarios. La primera ecuación pretende limitar a que se produzca una cantidad menor a la capacidad de producción.

La segunda y tercera ecuación, tiene como fin asegurar que se fabrique la cantidad de producto terminado que necesito teniendo en cuenta el inventario en inventario y lo que necesito para satisfacer la demanda. Para la segunda ecuación se tiene en cuenta el periodo  $t=1$  ya que no se considera producto del mes anterior como se menciona en los supuestos.

La cuarta y quinta ecuación determinan las necesidades de materiales para fabricar los niveles de producción demandados, en función de las proporciones necesarias de los distintos materiales para cada uno de los distintos productos. Además, en este conjunto de restricciones se tienen en cuenta los niveles de inventario de materiales de los periodos anteriores, y se proponen niveles de inventario para el siguiente periodo, de igual manera que en la segunda ecuación, la cuarta ecuación se basa en el supuesto que no se consideran niveles de inventario para el periodo cero.

La sexta y séptima ecuación aseguran que la cantidad mínima que debe tenerse en inventarios es la establecida como inventario de seguridad, la octava ecuación tiene como objetivo asegurar que se cumpla con la demanda y que no haya pedidos que no se atiendan por falta de producto terminado. Por último, se plantean las ecuaciones de no negatividad para las variables establecidas.

En la última fase de propuesta y proyección se programó el modelo matemático en AMPL en tres escenarios diferentes, el primero de ellos pronosticando un nivel de demanda baja, el segundo demanda media y el tercero con demanda alta.

### **3. Conclusiones**

- Con base en los tres escenarios de la demanda, y haciendo una comparación respecto al costo actual de la empresa y los costos en los escenarios en el anexo se observa una reducción del costo total para la demanda baja del 5% equivalente a 131.707.016 millones de pesos, para la demanda media del 3% equivalentes a 90.084.742 millones de pesos y para la demanda alta del 1% equivalentes a 28.223.021 millones de pesos, considerando todos los costos en la función objetivo del modelo, se evidencia que entre menor sea la demanda es mayor el ahorro que se hace, pero aun considerando una demanda alta, sigue existiendo un ahorro significativo.
- Al ser un sistema pull y teniendo en cuenta que este busca minimizar la cantidad de inventario se observa que para cualquier escenario los inventarios de materia prima y de producto terminado serán los mínimos requeridos correspondientes al inventario de seguridad en cada caso.
- Como se muestra en los resultados obtenidos a partir del modelo, se observa que la empresa genera su mayor producción en los primeros meses, pero después del séptimo mes comienza a decaer respecto a la demanda que se maneja, es por esto que los inventarios en el primer y último periodo son mayores que en el resto, ya se preparan para los periodos posteriores.

- Teniendo en cuenta las tendencias de producción respecto al tipo de demanda, es identificable que los productos que mayor cuidado se debe tener a la hora de planear, implementar y controlar la producción son el primero, segundo y sexto, ya que estos manejan un gran volumen que no es fácil cubrir en el caso de que ocurriera algún percance, ya que son retos de fabricación que lleva a la empresa a superarse como organización pero también puede generar conflictos si no se prevé de manera adecuado, estos resultados muestran singularidades en la producción, inventarios y cantidad de materia prima ofreciendo a la empresa una visión más completa de como tienen que trabajar, dependiendo de los datos que se manejen para realizar el plan de producción.

#### 4. Referencias

- Freivalds, A., & Niebel, B. W. (2014). Ingeniería industrial de Niebel: métodos, estándares y diseño del trabajo (Vol. 13). México: McGraw-Hill Education.
- Nahmias, S. (2007). Análisis de la producción y las operaciones. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. (2008). Gestión de la producción: una aproximación conceptual (Vol. Primera edición). (F. Becerra Rodríguez, Ed.) Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Buffa, E. S. (1973). Dirección de operaciones : problemas y modelos (Vol. Primera edición). D.F, México: Limusa-Willey.
- Chase, R. B., Aquilano, N. J., & Jacobs, R. (2000). Administración de producción y operaciones : manufactura y servicios (Vol. Octava edición). Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Guerrero, H. (2009). Programación lineal aplicada. Colombia: Kimpres Ltda.
- Hoppeman, R. J. (1975). Producción. Mexico: Continental.
- Koenig, D. T. (1990). Productividad y optimización, ingeniería de manufactura. Mexico: Marcombo.
- Riggs, J. L. (1990). Sistemas de producción. Mexico: Limusa.
- Sippper, D., & Bulfin, R. L. (1998). Producción, Planeación y control de la. México: McGraw-Hill Interamericana.
- García Criollo, R. (2005). Estudio del trabajo. Ingeniería de métodos y medición del trabajo. México, DF: McGraw-Hill Interamericana