

PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN APLICADA A UNA EMPRESA DE PRODUCTOS LÍQUIDOS DE ASEO

PLANNING AND PRODUCTION CONTROL APPLIED TO A COMPANY OF LIQUID CLEANING PRODUCTS

Antonio Cortés Katherine Giselle¹, Bonilla Aroca Laura María², Anny Astrid Espitia Cubillos³.

Resumen. El documento presenta la aplicación de temas relacionados con la planeación y el control de la producción, a saber: pronósticos de demanda, planeación agregada y secuenciación; en una empresa dedicada a la fabricación de productos líquidos de aseo, ello con el objeto de realizar un acercamiento práctico de los temas teóricos. Se inició con una revisión bibliográfica que incluyó libros, proyectos de grado, información en la web y del análisis de datos proporcionados por la empresa; se encontró que el método de pronósticos que mejor se ajusta al comportamiento de los datos históricos de la demanda, es el método estacional con tendencia, dado que tiene una tendencia ascendente y similar cada año. Se determinó que el plan agregado de producción más conveniente en términos económicos es el resultado de la aplicación de una estrategia mixta. Finalmente, a nivel de secuenciación se observó que la norma SPT y el algoritmo de Moore satisfacen la mayoría de los objetivos propuestos.

Abstract. The document presents the application of topics related to production planning and control, such as: demand forecasts, aggregate planning and sequencing; in a company dedicated to the manufacture of liquid cleaning products, with the aim of making a practical approach to the theoretical issues. It was based on a bibliographic review that included books, degree projects, information on the web and analysis of data provided by the company; it was found that the forecasting method that best fits the behavior of the historical data of the demand is the seasonally trended method, since it has an upward and similar trend each year. It was determined that the most appropriate aggregate production plan in economic terms is the result of the implementation of a mixed strategy. Finally, at the sequencing level it was observed that the SPT standard and the Moore algorithm satisfy most of the proposed objectives.

Palabras clave. Pronósticos de demanda, planeación agregada, secuenciación, planeación de producción, control de producción.

Keywords. Demand forecasting, aggregate planning, scheduling, production planning, production control.

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se presenta la aplicación de los temas: pronósticos de la demanda, planeación agregada y secuenciación, referentes a planeación y control de la producción, en una empresa, con más de 14 años de experiencia en el mercado, dedicada a la elaboración de productos de aseo líquidos para el mantenimiento de pisos, aseo doméstico, lavado de ropa limpieza: general, de equipos, automotriz e industrial

La empresa objeto de estudio, como la mayoría de mipymes en Colombia, no trabaja bajo ningún tipo de planeación que corresponda a la teoría dado que es una empresa familiar que produce artículos en presentaciones grandes sobre pedido o según el comportamiento de la demanda para el caso de productos pequeños.

Con el propósito de indagar la posibilidad de tener una mayor rentabilidad, se realizó el presente proyecto, que presenta en todo caso mejores opciones que las que actualmente se aplican.

MARCO TEÓRICO

Pronósticos.

El pronóstico es un proceso de estimación de un acontecimiento futuro proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro [1].

Existen dos tipos de pronósticos: tecnológicos y de la demanda; este documento se enfoca en los pronósticos de la demanda los cuales, según el origen de los datos, se clasifican en métodos cualitativos y métodos cuantitativos, aunque es posible aplicar una mezcla de estos dos, no se consideran necesariamente excluyentes e incluso, en algunos escenarios podrían ser complementarios.

Los pronósticos por definición tienen asociados un error, éste se determina como la diferencia entre el pronóstico para el periodo y la demanda real para el mismo periodo [2], tal como se ve en (1):

$$Et = Ft - Dt \quad (1)$$

Planeación agregada

La planeación agregada es un proceso que aborda el problema de determinar la fuerza laboral, la cantidad y proporción de la producción y los niveles de inventario, con el objetivo de traducir los pronósticos de la demanda en un esquema de planeación durante un horizonte predeterminado de planeación. [3].

Para la obtención del plan agregado de producción, suele seguirse un proceso sistematizado que conlleva una serie de actuaciones:

Artículo No. 08. No. 9, Vol. V, Año 5, 2019. Revista de divulgación y tecnología de la Red Internacional de Investigadores de Ingeniería Industrial <REDI4>

- Determinar las necesidades de producción por periodo
- Establecer las diferentes medidas de ajuste de la capacidad.
- Elaborar y evaluar un primer plan agregado de producción.
- Elaborar y evaluar, a partir de anterior, sucesivos planes de producción alternativos.
- Seleccionar, de entre los planes agregados de producción, elaborados, aquel que se considere satisfactorio [4].

Estos pasos se aplicarán en el desarrollo de las estrategias de caza o persecución, fuerza de trabajo constante y mixta consideradas en el desarrollo del presente estudio.

La estrategia de caza o persecución, también conocida como plan de “cero inventarios”, se utiliza cuando se quieren minimizar los niveles de inventarios de la empresa, durante un horizonte de planeación [5], reduciendo así el costo de inventarios y de faltantes, llevado a cabo a través de la igualación de la oferta con la demanda; pero resulta con facilidad en no ser la óptima ya que los costos de contratar y despedir contribuyen al aumento significativo del costo total. [6].

La estrategia fuerza de trabajo constante, cuyo objetivo es eliminar la necesidad de contratar y despedir personal durante el horizonte de planeación [2], determina el número mínimo de trabajadores requeridos para el horizonte de planeación con el fin de evitar faltantes en la demanda durante cada periodo en dicho horizonte [7]. En esta estrategia en cada periodo se puede presentar inventario o faltantes, pero al final del horizonte de planeación se puede observar que se cumple con todas las unidades demandadas [8].

Las dos estrategias anteriormente descritas, son conocidas como estrategias puras, las cuales tienen el fin de lograr un único objetivo [2], al introducir modificaciones entre estas estrategias se obtiene una estrategia mixta con una gama más completa de alternativas, obteniendo así menores costos en planes que cumplan los objetivos de planificación de la organización. [8].

Secuenciación

El problema de programación de un taller abarca lo relacionado con la decisión del orden en que se procesan las actividades en una maquina determinada [9]. Esta secuencia de procesamiento se decide mediante prioridades entre las actividades en espera. Algunas de las reglas conocidas para establecer las prioridades de orden de producción son [10]:

- Primeras llegadas, primeras salidas (FCFS: Firts come, First served), La programación de los trabajos se ejecuta según el orden de llegada.
- Tiempo de procesamiento más corto (SPT: Shortest process time), La prioridad de programación es según el tiempo de procesamiento más corto.
- Primera fecha de entrega (EDD: earliest due date), Se programa primero aquellos trabajos con fechas de entrega más temprana
- Programación basada en la razón crítica (CR: Critical Ratio), donde las solicitudes o trabajos con razón críticas más baja reciben prioridades más altas, el cálculo se hace usando (2)

$$CR = \text{Fecha entrega} - \text{Fecha actual} / \text{Tiempo de procesamiento} \quad (2)$$

Las prioridades relativas de las órdenes pueden cambiar con el tiempo por razones como:

- Demanda más alta o más baja de la esperada.
- Averías del equipo que produzcan retrasos en la producción.
- Cancelaciones de solicitudes.
- Materias primas defectuosas.

Por lo que se deben revisar y controlar las prioridades relativas en las órdenes de producción para ajustar la lista de despacho acorde a estas [11].

Existen diversos criterios para evaluar la efectividad de la secuenciación aplicada; uno de ellos es el tiempo de flujo medio, que consiste en lapso que transcurre desde el momento en que el trabajo llega al taller, hasta que el trabajo se completa, esto es simplemente el promedio de todos los tiempos de flujo.

Algunas de las características relevantes del problema de secuenciación son:

- Patrón de llegadas.
- Evaluar las reglas de la secuenciación.

METODOLOGÍA

Para hacer una estimación de las ventas del año 2016 se usaron los datos históricos de ventas en unidades monetarias proporcionados por la empresa para un periodo de cuatro años, los cuales son graficados para identificar tendencias y la presencia o no estacionalidad, lo que permite determinar los métodos de pronósticos más adecuados, de modo tal que se aplican y evalúan usando indicadores del error para seleccionar el más certero (con menos error).

Una vez pronosticada la demanda del año 2016, como se sabe que los pronósticos normalmente están equivocados, se debe determinar el error y sus indicadores, para analizar la confiabilidad y precisión de los pronósticos obtenidos por cada método. Tras determinar el error para cada periodo t , se calculan los indicadores: Desviación absoluta de la media (DAM), Error Cuadrático Medio (ECM), Error Porcentual Medio (EPAM) y la Señal de Rastreo (SR), [12] como criterios seleccionados para determinar el método de pronóstico que proporciona mejor ajuste.

Para elaborar el plan agregado de producción se aplica el procedimiento descrito en la revisión de la literatura, en el desarrollo de las estrategias de Caza o persecución, fuerza de trabajo constante y mixta [4]. Para cada opción son evaluados los costos totales, los cuales representan el criterio de selección.

RESULTADOS

Tras analizar los datos de demanda obtenidos, se observa que tienen estacionalidad y tendencia incremental tal como se muestra en la Figura 1, se determinó que según su comportamiento, los métodos que pueden predecir de manera más acertada la demanda son: el método para series estacionales con tendencia, método Holt o suavización exponencial doble y método Holt-Winters o suavización exponencial triple.

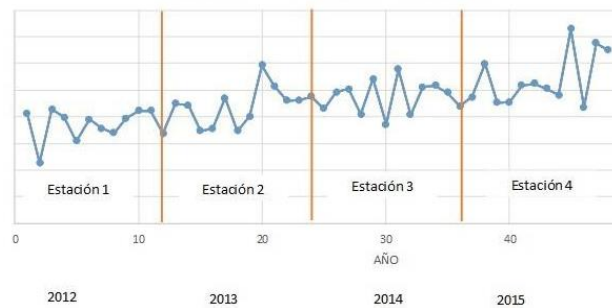


Figura 1. Demanda anual de la empresa

El método estacional con tendencia responde a patrones que se repiten cada N periodos, en el caso específico de realizar un ajuste con los datos de la empresa, los periodos son anuales, es decir cada 12 meses se ve reflejada una estacionalidad, que se observa en la Figura 2 donde se muestra la demanda mensual del cada periodo.

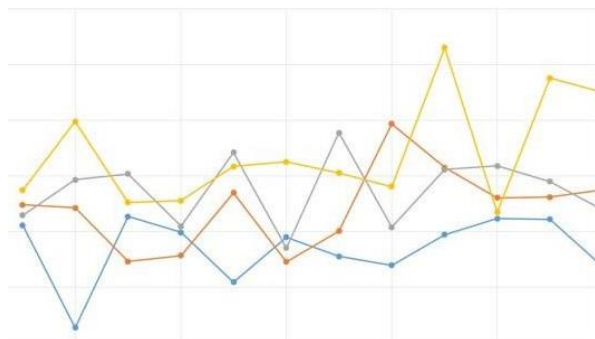


Figura 2. Demanda mensual de la empresa

Una vez visualizado el comportamiento de los datos, se procede a desarrollar los pasos que se deben llevar a cabo para el método estacional con tendencia [13]

Determinar las estaciones y posiciones de los elementos dentro cada estación. Con los datos de trabajo se determinó estaciones anuales y por ende posiciones mensuales (ver Figura 1)

Determinar la demanda promedio de cada estación (V_j).

Determinar los factores estacionales (CT), dividiendo la demanda de cada periodo entre la demanda promedio de cada estación (V_j).

Promediar los factores estacionales equivalentes, es decir los de cada posición para obtener el factor estacional promedio (CT)

(5) Eliminar la estacionalidad de los datos, es decir dividir cada demanda entre el factor estacional promedio correspondiente ajustado.

Usar los datos sin estacionalidad para hacer una regresión lineal.

Calcular el pronóstico (F_t), usando los datos obtenidos por regresión lineal y multiplicándolos por el factor estacional correspondiente.

Haciendo uso de este método para series estacionales con tendencia se pronostica la demanda para el año 2016, que se muestra en color naranja en la Figura 3 donde también se puede ver el comportamiento de la demanda en azul.

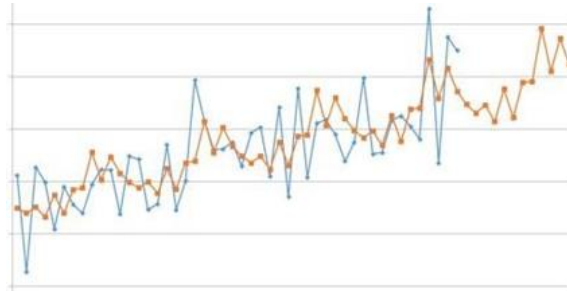


Figura 3. Pronósticos con el método para series estacionales con tendencia

Por otra parte, una vez aplicado el método estacional con tendencia, se usa el método Holt o suavización exponencial doble, que se ajusta a series de tiempo con tendencia lineal [14-16].

Para el desarrollo de este método, se requiere de la especificación de dos constantes de suavizamiento, α y β , y la utilización de dos ecuaciones de suavizamiento: una para el valor de la serie (la intercepción) (3) y una para la tendencia (la pendiente) (4). Según [2] las ecuaciones son:

$$S_t = \alpha D_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (3)$$

S_t : Intercepción en el periodo t .

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)G_{t-1} \quad (4)$$

G_t : Valor de la pendiente en el periodo t .

El pronóstico, se calcula usando (5):

$$F_{t,t+\tau} = S_t + \tau G_t \quad (5)$$

Haciendo uso de un coeficiente de suavización α de 0.2, se obtiene los pronósticos que se muestran en la Figura 4, que refleja el ajuste entre los datos históricos de la demanda y el pronóstico por medio el método suavización exponencial doble.

**Figura 4.** Pronósticos con suavización exponencial doble

Otro método utilizado para series estacionales con tendencia, es el método Holt- Winters o suavización exponencial triple, en el cual se usan tres ecuaciones de suavizamiento en cada periodo para actualizar los cálculos de serie desestacionalizada, los factores estacionales y la tendencia. Estas ecuaciones pueden tener diferentes constantes de suavizamiento etiquetadas como α , β y γ . [2].

S_t es el nivel actual de la serie desestacionalizada, está dado por (6), la tendencia G_t por (7), los factores estacionales C_t por (8) y el pronóstico F realizado en el periodo t para cualquier periodo futuro $t+\tau$, está dado por (9).

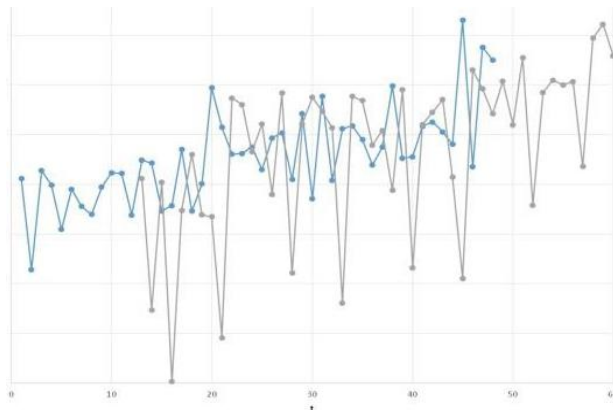
$$S_t = \alpha D_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (6)$$

$$G_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1-\beta)G_{t-1} \quad (7)$$

$$C_t = \gamma(D_t/S_t) + (1-\gamma)C_{t-n} \quad (8)$$

$$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau G_t)C_{t+\tau-N} \quad (9)$$

La ecuación (8) para calcular pronóstico supone que $t \leq N$. Así pues, aplicando las formulas establecidas, con las constantes $\alpha=0.2$, $\beta=0.1$ y $\gamma=0.1$, se obtienen los siguientes pronósticos para el año 2016 que se pueden observar en la Figura 5.

**Figura 5.** Pronósticos con método Holt- Winters

La selección del método de pronóstico se hace con los indicadores de error que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Indicadores del error

Método	Estacional con tendencia	Suavización exponencial doble	Suavización exponencial triple
DAM	5360755.46	9464851.04	1232457.03
ECM	3,9466E+13	1,4784E+14	2,1844E+14
EPAM	12,2335%	20,9591%	30,6374%
SR	0.52394	-28,02776	-40,05784

Para determinar el plan de producción se desarrollan las estrategias de caza, fuerza de trabajo constante y mixta para los principales productos: cera polimérica, sellador polimérico, limpiador multiusos y ambientador líquido, identificados tras realizar el diagrama de Pareto, que se muestra en las Figuras 6 y 7.

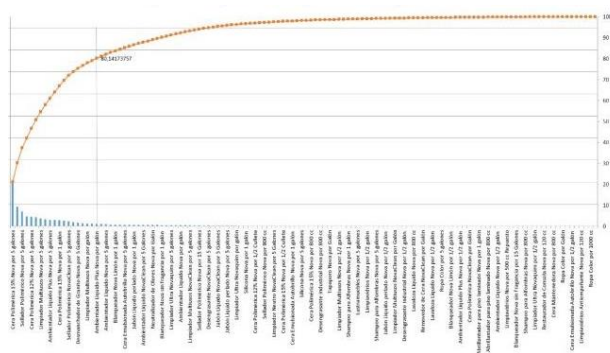


Figura 6. Diagrama de Pareto productos de la empresa

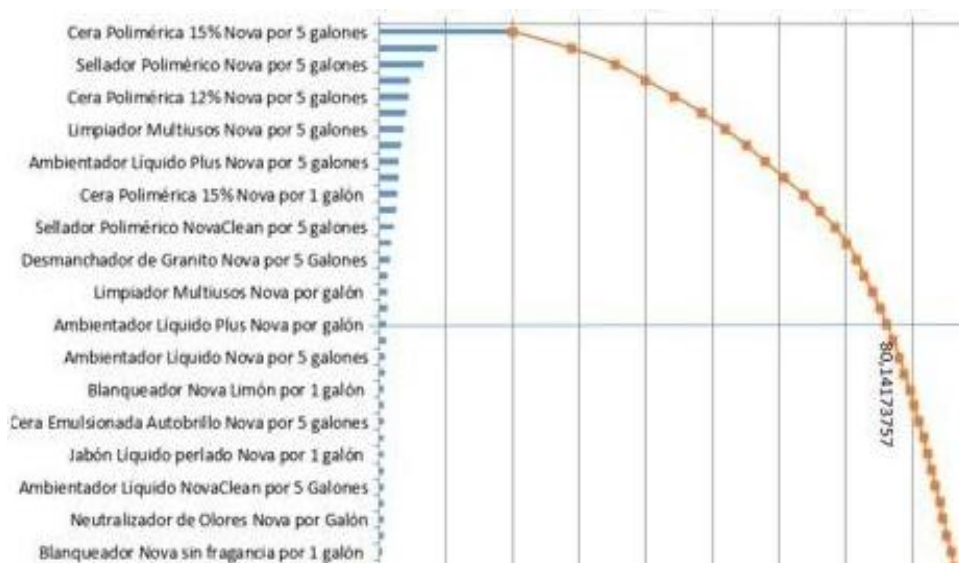


Figura 7. Ampliación Diagrama de Pareto productos Nova

Artículo No. 08. No. 9, Vol. V, Año 5, 2019. Revista de divulgación y tecnología de la Red Internacional de Investigadores de Ingeniería Industrial <REDI4>

El costo de contratar, se estimó para un salario mínimo legal vigente, los procesos de reclutamiento, selección e integración, donde se desarrollan actividades de creación de perfil psicográfico, búsqueda de candidatos, preselección, pruebas, entrevistas, verificación de referencias, selección, examen médico, contratación e inducción, que se estiman en un valor de \$1.280.510.

El costo de despedir bajo un contrato a término indefinido, la liquidación más los gastos de este proceso se estiman en \$1.527.312.

El cálculo del salario para el empleador tomando en cuenta el pago de prestaciones legales y con un riesgo laboral de 4 (dentro de la clasificación de 1 a 5 del decreto 1295 de 1994 [17] como consecuencia del manejo de sustancias químicas, es de \$1.115.836.

Para el costo de faltantes [18] señala la venta perdida puede ser una función lineal o exponencial que depende de la antigüedad, en este caso se asumió como lineal y se consideró el doble del costo del producto, debido a que la empresa maneja una política de no faltantes.

Por otra parte, para el costo de mantener en inventario se usó una tasa de interés anual del 30% sobre los inventarios totales del horizonte de planeación, para establecerlo por unidad de tiempo como lo proponen [19].

Se tomó como punto de partida para determinar el plan agregado de producción más adecuado la aplicación de estrategias puras (caza y fuerza de trabajo constante). En la estrategia de caza se iguala la oferta a la demanda, generando así una fuerza laboral variable entre 5 a 7 personas. Esto con la aplicación de las ecuaciones (10), (11) y (12) [15-16]

$$Wt = \text{Demanda total periodo} / \sum k * \text{días hábiles del periodo} \quad (10)$$

$$P_{ti} = D_{ti} \quad (11)$$

$$I_t = I_{t-1} + P_t - D_t; F_t = F_{t-1} + P_t - D_t \quad (12)$$

Donde K, equivale a la suma de las unidades producidas por un trabajador por unidad de tiempo de cada uno de los productos que constituyen el 80% de las ventas en pesos.

La segunda estrategia pura a aplicar es la conocida como fuerza de trabajo constante, determinando a través de (13) el número mínimo de trabajadores requeridos que en este caso corresponde a 6 empleados. Es de notar, que en cada periodo es posible tener inventario y faltantes, pero al final del horizonte de planeación se cumple con la demanda.

$$Wt = \text{Demanda total promedio} / \sum k * \text{días hábiles totales} \quad (13)$$

En la tabla 2 se muestran los costos calculados por cada concepto y el costo total, donde se observa que con la estrategia de caza se obtiene un costo total de \$94.543.976, y con la de fuerza de trabajo constante \$85.694.731, por lo que se decide plantear alternativas mixtas que tomen como base la

estrategia de fuerza de trabajo constante que resulta ser la más económica.

Tabla 2. Costos de planes usando estrategias puras de planeación agregada

Costos	Caza	Fuerza de trabajo constante
Contratar	7'683.060	1'280.510
Despedir	7'636.560	-
Salarios	79'221.356	80'340.192
Inventario	-	4'074.290
Total	94'543.976	85'694.731

En la tabla 3 se puede observar los costos de las alternativas mixtas desarrolladas. La primera de ellas considera mantener 6 personas en la mayoría de periodos, 2 en mayo, 4 en julio y 5 en diciembre. La segunda contempla hacer un cambio a mitad de año del tamaño de la fuerza de trabajo, pasando de contar con 6 personas durante el primer semestre a 5 durante el segundo. La tercera alternativa propone cambios de fuerza de trabajo cuatrimestrales, pasando de 6 en el primer periodo a 5 en el segundo y nuevamente a 6 en el final del año. La cuarta opción sugiere hacer cambios cada tres meses iniciando con 6 empleados, pasando a 5 durante dos trimestres consecutivos y terminando con 6.

Tabla 3. Costos de planes mixtos de planeación agregada

	Estrategia mixta			
Costos	1	2	3	4
Contratar	8'963.570	1'280.510	2'561.020	2'561.020
Despedir	10'691.184	1'527.312	1'527.312	1'527.312
Salarios	72'529.340	73'645.176	75'876.848	73'645.176
Inventario	1'080.340	2'615.919	2'300.503	1'365.321
Total	93'264'434	79'068.917	82'265.683	79'098.829

Tras la comparación de las diferentes alternativas de planeación agregada de la producción, se recomienda a la empresa aplicar la segunda estrategia mixta propuesta que consiste en hacer cambio semestral de fuerza de trabajo con el fin de cumplir con los siguientes objetivos:

- Disminuir costos de contratar.
- Disminuir costos en salarios.
- Cumplir la política de 0 faltantes.
- Disminuir costos totales.
- Facilitar la gestión administrativa al disminuir la movilidad de personal en periodos cortos de tiempo (contratar y despedir).

Para la secuenciación en la empresa se seleccionaron cuatro trabajos que corresponden a los cuatro productos más importantes identificados previamente. En la tabla 4, se muestran los trabajos solicitados de dichos productos, con sus respectivos tiempos de proceso y fechas de entrega para el mes de diciembre, estimando como día de planeación de la secuencia el 30 de noviembre.

Los tiempos de proceso se calculan según los árboles de los productos que se muestran en las figuras 8, 9, 10 y 11, que fueron construidos con estimaciones y datos referenciados en la web.

Tabla 4. Datos básicos para secuenciación

Trabajo (producto)	Tiempo de proceso	Fecha de entrega (Día)
Cera polimérica	8	15
Sellador polimérico	7	11
Limpiador multiusos	5	9
Ambientador	3	7

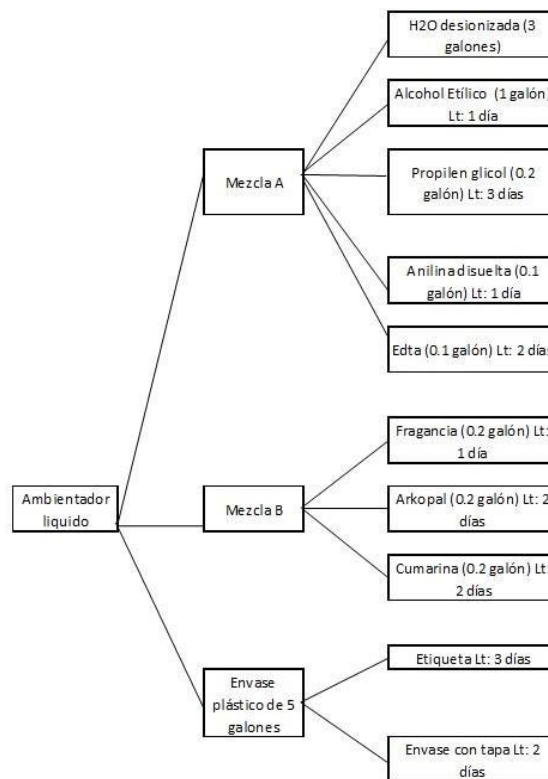


Figura 8. Árbol de descomposición del Ambientador líquido

Aplicando las reglas de secuenciación explicadas anteriormente, con el fin de cumplir algunos de los siguientes objetivos:

- Maximizar trabajos entregados a tiempo.
- Minimizar trabajos con demora.
- Cumplir con las fechas de entrega.
- Minimizar el tiempo promedio de flujo a través del sistema.
- Suministrar información exacta del estado de los trabajos.
- Minimizar demora máxima.

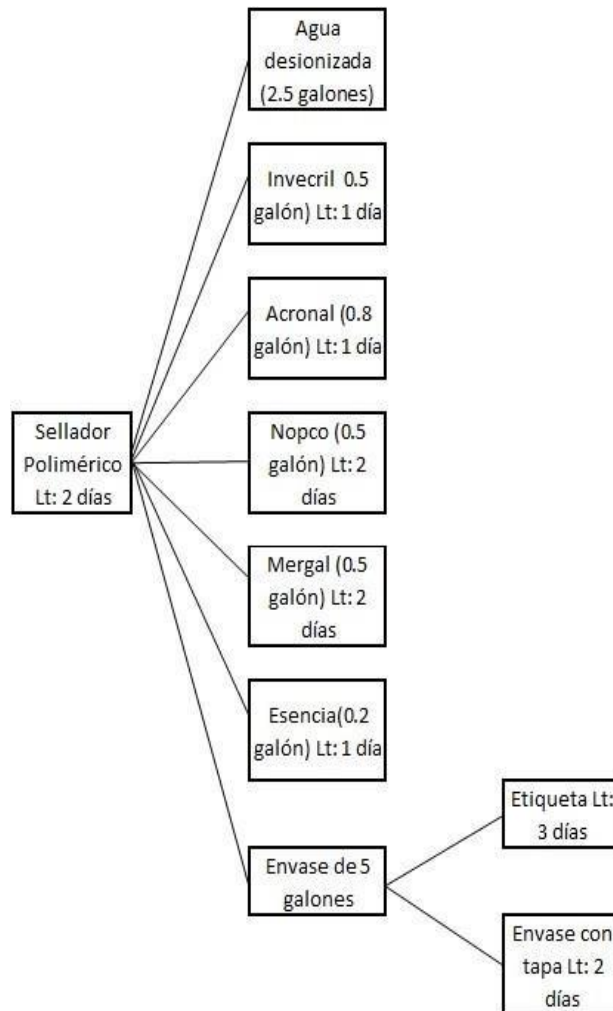


Figura 9. Árbol de descomposición del Sellador polimérico

Con los resultados obtenidos (Ver tabla 6) se determina que para minimizar el tiempo promedio de flujo a través del sistema, la empresa debe aplicar el método CR o SPT, si su objetivo es maximizar trabajos entregados a tiempo se debe aplicar el método SPT o EDD y desea la menor anticipación máxima, el método a aplicar es CR. Esto refleja que no existe la norma de secuencia perfecta en todos los criterios de evaluación se recomienda la norma SPT ya que tiene el mejor desempeño en 5 de los 6 criterios de evaluación.

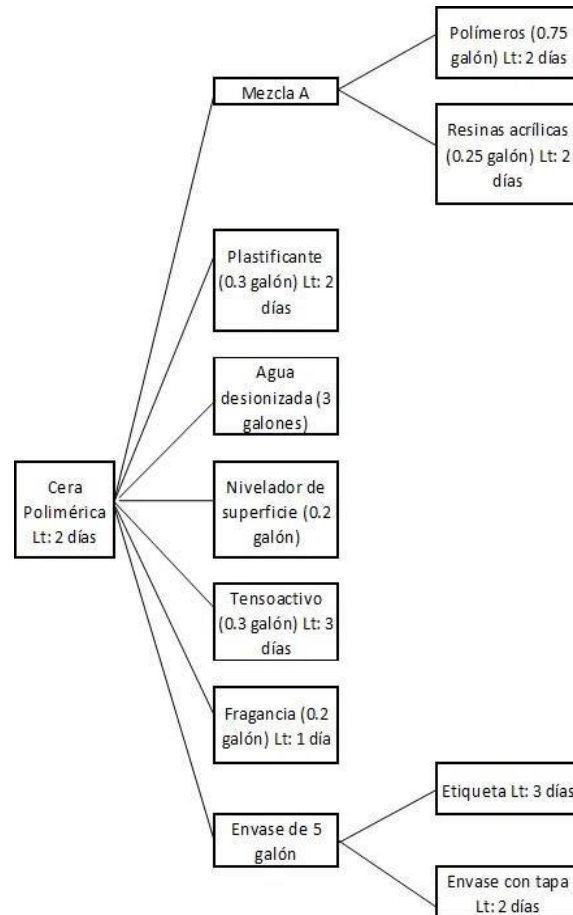


Figura 10. Árbol de descomposición de la Cera polimérica

Tabla 6. Resultados para cada norma de secuenciación

Norma	FCFS	SPT	EDD	CR
Trabajos entregados a tiempo	1	2	2	1
Trabajos con demora	3	2	2	3
Tiempo de flujo promedio	16.5	12.25	12.75	14.5
Demora máxima	16	8	8	14
Anticipación máxima	7	4	4	4
Anticipación promedio	1.75	1.25	1.25	1
Demora promedio	7.75	3	3.5	5

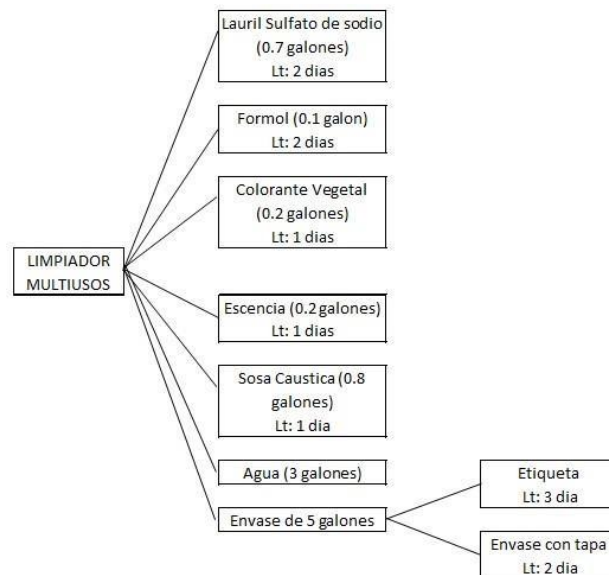


Figura 11. Árbol de descomposición del Limpiador Multiusos

Es importante mencionar que como criterios de evaluación distintos llevan a resultados distintos, cada técnica de secuenciación tiene un objetivo asociado.

CONCLUSIONES

Dado el comportamiento ascendente de los datos de la demanda se puede inferir que los artículos de la empresa se encuentran en la etapa de crecimiento dentro del ciclo de vida del producto.

Los datos de la demanda en ventas considerados se ajustan al método de pronósticos estacional con tendencia, ya que los indicadores de error de este método presentan el menor valor de los evaluados. Sin embargo, como los pronósticos de ventas son una estimación que puede diferir de la realidad, la empresa dentro de su planeación de producción debe tener cierto grado de flexibilidad que le ayude a responder a los cambios inesperados en la demanda.

Tras la aplicación de estrategias puras y estrategias mixtas en planeación agregada, se observó que las estrategias mixtas presentan un menor costo para la empresa, evitan los procesos frecuentes de contratar y despedir personal operativo, y permiten tener un alto porcentaje de utilización de la planta asegurando el cumplimiento de la política de no faltantes.

Dentro del tema de secuenciación se observa que ninguna de las normas de secuenciación aplicadas cumple con la política de cero faltantes de la empresa por lo que se recomienda no prometer a sus clientes fechas de entrega que no se basen en la capacidad de producción, pese a ello la norma que da mejores resultados en 5 de los 6 objetivos es SPT, que coincide con los resultados obtenidos tras aplicar el algoritmo de Moore.

REFERENCIAS

- [1] Adam, E. E. (1991). Administración de la producción y las operaciones. México: Prentice Hall.
- [2] Nahmias, S. (2007). Análisis de la producción y las operaciones. México: McGraw-Hill.
- [3] Alfalla Luque, R., García Sánchez, R., Garrido Vega, P., González Zamora, M. m., & Sacristán Díaz, M. (2008). Introducción a la dirección de operaciones táctico-operativa. Un enfoque práctico. Madrid (España): Delta Publicaciones.
- [4] Sipper, D., & Bulfin, R. L. (1998). Planeación y control de la producción. México: McGraw Hill.
- [5] Niebel, B. W. (1996). Ingeniería industrial. Métodos, tiempos y movimientos. México: Alfaomega.
- [6] López Fernandez, R. (2014). Logística de aprovisionamiento. Madrid España: Paraninfo S.A.
- [7] Heizer, J., & Render, B. (2009). Principios de administración de operaciones. México: Pearson Educación.
- [8] Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). Administración de operaciones: estrategia y análisis. México: Pearson Educación.
- [9] Castillo Tatis, G. A., & Fandiño Hurtado, O. A. (2005). Repositorio Universidad Industrial de Santander. Obtenido de Diseño de un modelo general para la planeación operativa y la secuenciación de actividades en pequeñas empresas con procesos de manufactura intermitentes. <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/4625/2/116866.pdf>
- [10] Groover, M. P. (2007). Fundamentos de manufactura moderna. Materiales, procesos y sistemas. México: Mc Graw Hill.
- [11] Muñoz Negrón, D. F. (2009). Administración de operaciones. Enfoque de administración de procesos de negocios. México: Cengage Learning Editores S.A.
- [12] N., S. (2006). Planificación y control de la producción. México: Pearson Educación.
- [13] Champman, S. N. (2006). Planificación y control de la producción. México: Pearson Educación.
- [14] Hanke, J. E., & Wichern, D. W. (2006). Pronósticos en los negocios. México: Pearson Educación.

Artículo No. 08. No. 9, Vol. V, Año 5, 2019. Revista de divulgación y tecnología de la Red Internacional de Investigadores de Ingeniería Industrial <REDI4>

[15] Noori, H., & Radford, R. (1997). Administración de operaciones y producción. Bogotá D.C.: McGrawHill Interamericana.

[16] Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Jacobs, F. R. (2005). Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros. México: McGraw-Hill Interamericana.

[17] Ministerio de gobierno de la República de Colombia. (22 de 06 de 1994). Decreto 1295 de 1994: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=2629>

[18] Mirzaei, S., & Seifi, A. (2015). Considering lost sale in inventory routing problems for perishable goods. Computers & Industrial Engineering, 87, 213-227.}

[19] Mishra, V. K., Singh, L. S., & Kumar, R. (2013). An inventory model for deteriorating items with time-dependent demand and time-varying holding cost under partial backlogging. Journal of Industrial Engineering International, 9(1), 4.