

Capítulo 4

Inventarios

En este capítulo se mencionarán los conceptos más importantes necesarios para la comprensión y elaboración de la clasificación de productos, pronósticos y sistema de inventarios, así como de los pasos que se siguieron para resolver dicho problema. También se darán a conocer los resultados obtenidos.

4.1 Definición

Se le llama inventario a las existencias de cualquier artículo, producto o recurso utilizado en una organización. El inventario se puede clasificar, dentro de una empresa manufacturera, en inventario de materia prima, producto en proceso y producto terminado [1]. El inventario se debe controlar de la mejor manera, es decir, se debe comparar lo que actualmente ocurre contra lo planeado.

El control de los inventarios es una de las actividades más complejas, ya que hay que enfrentarse a intereses y consideraciones en conflicto por las múltiples incertidumbres que encierran. Su planeación implica la participación activa de diversos segmentos de la organización, como ventas, finanzas, compras, producción y contabilidad [2]. Su resultado final tiene gran trascendencia en la posición financiera y competitiva, puesto que afecta directamente al servicio, a la clientela, a los costos de fabricación, a las utilidades y a la liquidez del capital de trabajo.

Debido a que existe gran cantidad de productos se realizará una clasificación para controlar únicamente aquellos que tengan mayor valor dentro del inventario. A continuación se describirán los conceptos más importantes para comprender y llevar a cabo dicha clasificación.

4.2 Sistema de Selectividad A, B, C

Es necesario un plan logístico para establecer las políticas que determinen cuánto y cuándo reabastecer los almacenes de materiales y de productos terminados. Los pasos a seguir para tal propósito son:

1. Hacer un análisis de los inventarios mediante el sistema de clasificación A, B, C.
2. Obtener los datos necesarios para calcular el costo de abastecimiento de materiales por parte de los proveedores, o de productos de la fábrica.

Este sistema de selectividad dará la facilidad para analizar y clasificar los inventarios con la finalidad de reducir el tiempo, el esfuerzo y el costo del control de los inventarios.

La filosofía fundamental del sistema sencillamente dice: “Muchas veces cuesta más el control que lo que vale lo controlado”. De ahí parte el principio de separar los productos que van a ser inventariados, según su valor e importancia, en tres clases [2]:

A. Por lo general estos artículos representan entre el 10% y 30% de los artículos y corresponden al 70% y 90% del valor total del inventario. Incluye los artículos que por

su alto costo, por su alto valor en el inventario, por su utilización como material crítico o debido a su aportación directa a las utilidades, merecen ser controlado en un 100%.

- B. Los artículos de este tipo corresponden al 30% y 40% de los artículos y representan del 15% al 20% del valor total del inventario. Comprende aquellos artículos que por ser de menor costo, valor e importancia, su control requiere menos esfuerzo y más bajo costo administrativo.
- C. Estos productos corresponden al 40% y 50% de los artículos y representan entre el 5% y el 10% del valor total del inventario. Son artículos de poco costo, poca inversión, poca importancia para ventas y producción, y que sólo requieren una simple supervisión sobre el nivel de sus existencias para satisfacer las necesidades de ventas y producción.

4.2.1 Sistemas de clasificación más comunes

- Clasificación de los productos por precio unitario. Esta clasificación es la más sencilla, ya que solamente se ordenan los artículos por su precio unitario.
- Clasificación por el valor total de los productos. Se multiplica el número de artículos en existencia por el costo unitario, obteniendo el valor del inventario.
- Clasificación por aportación a las utilidades de ventas. Se toma como base la suma de los artículos vendidos durante determinado periodo.

- Clasificación por utilización y valor. Se obtiene por medio de la multiplicación del costo unitario por el consumo promedio de cada producto.

La clasificación por utilización se basa en la cantidad demandada de los productos pasada, presente y hasta futura. Este sistema de clasificación contiene datos reales y confiables para el establecimiento de políticas y toma de decisiones respecto a la cantidad de productos que se van a almacenar y el tiempo en que se van a reabastecer los inventarios.

Los pasos a seguir para realizar esta clasificación son los siguientes:

1. Se obtiene el promedio de consumo diario y el precio unitario de cada producto que entrará en el estudio de la clasificación “ABC”.
2. Se obtiene el valor de utilización que se obtiene multiplicando el precio unitario por la cantidad de consumo promedio de cada producto.
3. Se ordenan los valores de utilización de manera descendente, para poder realizar la clasificación “ABC”.
4. Se realiza la clasificación de los productos multiplicando el total de productos por el porcentaje deseado para la clasificación A.
5. Se efectúa el mismo procedimiento para las clasificaciones B y C.
6. Se suman los valores de los productos de la clasificación A y se dividen entre el valor total del inventario, o bien de la suma total de los valores de los productos y se obtiene el porcentaje del valor de esta clasificación.
7. Se procede a obtener los porcentajes de valor para las clasificaciones B y C de la misma

manera como se hizo para la clasificación A.

Para realizar una clasificación “ABC” por utilización y valor de los productos dentro del inventario es necesario realizar la recopilación de datos en la empresa, obtener la demanda y el precio unitario ya que con esta clasificación se obtienen datos reales y confiables para llevar a cabo una mejor clasificación del inventario.

Para obtener el valor de cada producto, se multiplicó el promedio del consumo diario por su precio unitario, estos valores se compararon para realizar la clasificación acomodando los datos en orden descendente. El 15% de los datos corresponden a la clasificación A, esto es equivalente a 6 productos de los 37 productos que se almacenarán, representando un porcentaje del valor total del 68%. Para los productos de tipo B se clasificaron el 20%, los cuales son 8 productos, y por último los artículos de tipo C son el 65% del total equivalente a 23 productos. La tabla 4.1 resume la clasificación “ABC”.

Tabla 4.1 Productos en inventario

| No.de parte | | | | Consumo prom. | Precio | Valor de utilización |
|-------------|-----|-----|----|---------------|------------|----------------------|
| 1J0 | 601 | 012 | CF | 891 | \$2,278.22 | \$2,030,039.55 |
| 1C0 | 601 | 012 | K | 945 | \$1,154.48 | \$1,091,531.10 |
| 1C0 | 601 | 012 | R | 555 | \$1,154.48 | \$640,916.42 |
| 1J0 | 601 | 012 | DN | 355 | \$1,527.00 | \$542,774.70 |
| 1J0 | 601 | 012 | DP | 291 | \$1,527.00 | \$444,357.00 |
| 1C0 | 601 | 012 | P | 353 | \$1,217.40 | \$429,742.20 |
| 1J0 | 601 | 012 | AE | 624 | \$687.33 | \$428,663.82 |
| 1C0 | 601 | 012 | S | 247 | \$1,221.30 | \$301,524.72 |
| 1J0 | 601 | 012 | AJ | 336 | \$746.66 | \$250,798.69 |
| 1J0 | 601 | 012 | BF | 165 | \$1,090.58 | \$179,944.88 |
| 1C0 | 601 | 012 | AA | 107 | \$1,386.60 | \$148,366.20 |
| 1BM | 601 | 011 | A | 208 | \$683.13 | \$142,091.66 |
| 1J0 | 601 | 012 | AN | 185 | \$734.21 | \$135,565.39 |
| 1J0 | 601 | 011 | D | 152 | \$746.66 | \$113,492.02 |
| 1J0 | 601 | 012 | AH | 145 | \$746.66 | \$108,246.12 |
| 1C0 | 601 | 012 | L | 87 | \$1,154.48 | \$100,296.94 |
| 1J0 | 601 | 012 | DL | 55 | \$1,527.08 | \$83,768.97 |
| 1J0 | 601 | 012 | DM | 55 | \$1,527.08 | \$83,608.63 |
| 1J0 | 601 | 012 | A | 87 | \$746.66 | \$65,170.80 |
| 1C0 | 601 | 012 | AB | 87 | \$723.82 | \$62,845.07 |
| 1J0 | 601 | 012 | DH | 34 | \$1,526.25 | \$52,650.54 |
| 1C0 | 601 | 012 | AC | 34 | \$1,386.60 | \$47,739.48 |

Elaboración propia

Continuación Tabla 4.1

| No.de parte | | | | Consumo prom. | Precio | Valor de utilización |
|-------------|-----|-----|----|---------------|------------|----------------------|
| 1C0 | 601 | 012 | AE | 23 | \$1,386.60 | \$31,331.38 |
| 1C0 | 601 | 012 | F | 22 | \$1,329.00 | \$29,422.95 |
| 1J0 | 601 | 012 | FJ | 20 | \$1,241.25 | \$25,299.78 |
| 1C0 | 601 | 012 | Q | 15 | \$1,386.60 | \$21,297.02 |
| 1J0 | 601 | 011 | C | 20 | \$683.13 | \$13,753.18 |
| 1J0 | 601 | 012 | AD | 10 | \$746.66 | \$7,746.58 |
| 1C0 | 601 | 012 | N | 5 | \$1,218.75 | \$6,496.95 |
| 1J0 | 601 | 012 | K | 4 | \$1,091.46 | \$4,829.71 |
| 1C0 | 601 | 012 | G | 5 | \$957.15 | \$4,441.97 |
| 1J0 | 601 | 012 | CG | 4 | \$914.51 | \$3,516.28 |
| 1C0 | 601 | 012 | AF | 2 | \$1,329.00 | \$2,620.35 |
| 1C0 | 601 | 012 | AD | 2 | \$1,329.00 | \$2,613.70 |
| 1J0 | 601 | 012 | P | 4 | \$687.33 | \$2,613.01 |
| 1C0 | 601 | 012 | J | 1 | \$1,154.48 | \$1,271.85 |
| 1C0 | 601 | 012 | H | 1 | \$1,154.48 | \$692.69 |

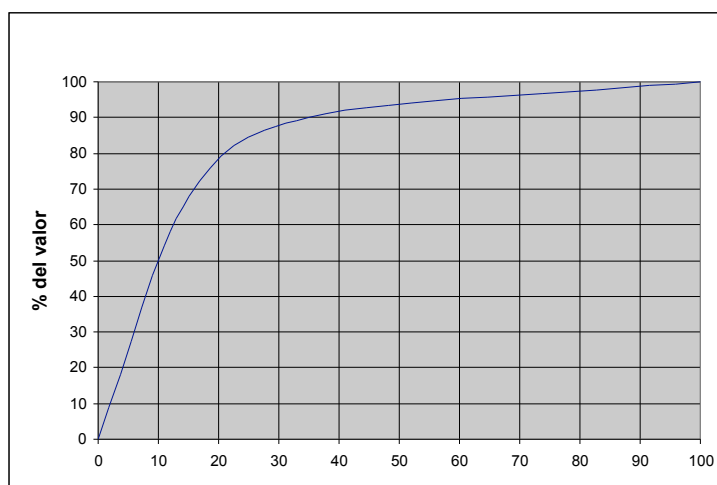
Elaboración propia

Tabla 4.2 Clasificación “ABC”

| % Artículos | No. artículos | | Valor | % del valor |
|-------------|---------------|----|----------------|-------------|
| Clase | | | | |
| A | 15 | 6 | \$5,282,611.93 | 0.68 |
| B | 20 | 8 | \$1,667,499.32 | 0.22 |
| C | 65 | 23 | \$762,273.94 | 0.10 |

Elaboración propia

Figura 4.1 Gráfica de la clasificación “ABC”



Elaboración propia

Los artículos obtenidos de la clasificación A y B serán controlados por un sistema de inventarios permitiendo poca probabilidad de déficit, para los productos de la clasificación C se llevará a cabo una política de consumos promedio utilizada por la empresa Volkswagen, si este consumo es menor a 100 unidades se tendrá un stock de 2.7 días, si es de 100 a 200 unidades el inventario será de 2.5 días.

Después de realizar la clasificación A, B, C se deberán obtener pronósticos de la demanda para llevar a cabo un control de inventarios a futuro.

4.3 Pronósticos

Las técnicas de pronósticos estadísticos son ampliamente utilizados en la administración de sistemas de producción e inventarios y también son frecuentemente utilizadas en el control de calidad, administración financiera, mercadeo, análisis de inversiones, entre otras. Estos datos son utilizados en los procesos de toma de decisiones con la finalidad de reducir el riesgo. Se puede decir que los pronósticos son predicciones del estado de la naturaleza o las consecuencias que ocurrirán, manifestadas en términos de un punto estimado o de una distribución de probabilidad.

Los métodos de pronósticos pueden clasificarse en dos categorías, cualitativos o intuitivos y cuantitativos. Dependiendo de la intensidad con que se utilicen los métodos matemáticos y estadísticos utilizados para obtener el pronóstico.

Los *procedimientos cualitativos* se utilizan principalmente cuando los datos son escasos o no se encuentran disponibles. Se utilizan juicios humanos y esquemas de clasificación para convertir información cualitativa en estimados cuantitativos. Las técnicas varían desde la toma de decisiones por opiniones individuales de paneles de expertos donde se discute el pronóstico en una reunión con la idea de que varias personas pronostican mejor que una, hasta la toma de decisiones de un grupo de expertos con la técnica Delphi, la cual se basa en el uso de cuestionarios para recopilar información [6].

Los *procedimientos cuantitativos* o estadísticos definen explícitamente como se determina el pronóstico, el procedimiento es estrictamente matemático. La técnica se basa

en datos históricos y en la suposición de que el proceso es estable. Este tipo de pronósticos se puede clasificar en dos categorías: modelos de series de tiempo y modelos causales.

Las **series de tiempo** se basan en datos históricos y se concentran completamente en patrones de datos y en cambios de dichos patrones. Algunos tipos de modelos de análisis de series de tiempo en orden creciente de complejidad son, proyecciones de tendencia, promedios móviles, suavización exponencial, entre otros.

La técnica de las *proyecciones de tendencia* acomoda una línea de tendencia a una ecuación matemática y posteriormente la proyecta al futuro por medio de una ecuación.

El *promedio móvil* se basa en el cálculo de promedio aritmético o promedio ponderado, de un número consecutivo de datos anteriores de la serie.

La técnica de *suavización exponencial* es similar a los pronósticos móviles, excepto que a los datos más recientes se les da más peso. El promedio móvil es poco atractivo ya que a todos los datos se les dan pesos iguales en vez de darle más peso a los datos más recientes, solamente parte de los datos pasados se utilizan para realizar el pronóstico y se deben tener una gran cantidad de datos de periodo a periodo para hacer el pronóstico. En la suavización exponencial se asignan pesos a los datos pasados, de tal forma que los datos más recientes tengan mayor peso.

Los pronósticos con esta técnica se realizan de la siguiente manera: el nuevo pronóstico es igual al último pronóstico más una fracción de la diferencia entre el último

dato y el último pronóstico. La fracción α se denomina constante de suavización y varía de 0 a 1.

Para hacer una correcta selección de α se deben tomar las siguientes consideraciones: para mantener el pronóstico similar al promedio móvil simple $\alpha=2/(n+1)$, para errores pequeños se usa 0.2 para errores grandes 0.8, las tendencias se pueden controlar multiplicando α por una constante de suavizamiento β .

La fórmula para realizar el suavizamiento exponencial es la siguiente [10]:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

Donde:

F_t = nuevo pronóstico.

F_{t-1} = último pronóstico.

α = constante de suavización entre 0 y 1.

A_{t-1} = último dato.

Los **modelos causales** tratan de definir relaciones entre elementos de un sistema. Este modelo es la clase más sofisticada de herramienta de pronóstico, ya que es en esencia una descripción matemática del proceso en cuestión. Los modelos de regresión lineal y económico son ejemplos de este tipo de modelos.

Un *modelo económico* es un sistema sofisticado de regresión que a menudo comprende un sistema de ecuaciones de regresión interdependiente. Estos modelos son relativamente costosos de desarrollar, sin embargo, expresan mejor las causalidades involucradas y por lo tanto deben predecir en forma más exacta.

El *modelo de regresión* relaciona funcionalmente la variable que está siendo pronosticada a otras variables económicas, competitivas o internas, y estima una ecuación de regresión utilizando el método ordinario de los mínimos cuadrados.

En caso de que la regresión sea lineal las fórmulas para obtener el pronóstico son las siguientes [10]:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{y}\bar{x}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

Antes de elegir el tipo de pronóstico que vamos a utilizar, se analizó el tipo de demanda que se tiene, esto se llevó acabo con el método gráfico, estas gráficas se pueden observar en el Anexo I. Por el número de datos disponibles y debido a que no se puede ver la existencia de ciclicidad, estacionalidad y tendencia se utilizó el método de suavizamiento exponencial. El procedimiento que se siguió fue explicado al inicio de este capítulo. Los cálculos de los pronósticos se pueden observar en el Anexo J.

4.4 Error

Los pronósticos, como todo evento probabilístico tienen errores. Por medio de estos, se puede evaluar que tipo de pronósticos se ajusta mejor a la demanda.

Hay diferentes maneras de calcular el error en los pronósticos, dos de las más útiles y sencillas para observar las desviaciones entre el valor pronosticado y el real son:

1. **Desviación absoluta promedio (MAD).** Se obtiene calculando el promedio de la diferencia absoluta de la demanda por periodo menos el pronóstico del periodo. De esta manera se obtiene la desviación promedio de los errores de los pronósticos con respecto a la demanda real [10].

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |e_t|}{n}$$

2. **Cuadrado del error promedio (MSE).** Se obtiene calculando el cuadrado del error (demanda real menos pronóstico) absoluto dividido entre el número de periodos [10].

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_t^2}{n}$$

Para observar como se comportan los errores de los pronósticos con respecto a las demandas se graficó y se puede observar que siguen la misma tendencia, excepto en los puntos donde la demanda se encuentra en valores extremos. Estas gráficas se pueden consultar en el Anexo K.

El método utilizado para obtener los pronósticos fue suavizamiento exponencial ya que los datos con los que se cuenta son pocos. Una vez obtenidos los pronósticos y el error se procede a la elección del modelo a utilizar para llevar a cabo el sistema de inventarios.

4.5 Elementos de un Sistema de inventarios

Chase, Aquilano y Jacobs [1], definen al sistema de inventarios como una serie de políticas y controles que monitorean los niveles de inventario y determinan los niveles que se deben de mantener, el momento en que las existencias se deben reponer y el tamaño de los pedidos. Todo sistema de inventarios esta formado por componentes que interactúan entre sí [2], estos componentes son:

Demanda. Es el elemento más importante y está compuesta por los artículos requeridos durante un periodo de tiempo. La demanda es determinística cuando se conoce con precisión y probabilística o estocástica cuando presenta un comportamiento aleatorio.

Tiempo de entrega. Es el lapso que transcurre desde que se realizó el pedido hasta el momento en que éste se recibe en el lugar necesario.

Costos. Los costos más importantes relacionados con el inventario son: los costos por producir o comprar, por realizar un pedido, costos por mantener el inventario y los costos incurridos por escasez de material.

- Costo por pedir o por organizar una tanda de producción. Son los costos asociados con el reabastecimiento del inventario. Estos varían con el número de pedidos colocados, y comprenden los costos de requisición, de inspección al recibir y colocar los artículos en inventario, costos contables, administrativos, los salarios del personal involucrado, etc.
- Costos de mantenimiento. Estos costos se asocian a mantener un nivel de inventarios disponible y varían con el periodo de tiempo y la cantidad de artículos que se mantienen en inventario. Incluye costos de deterioro u obsolescencia del producto, impuestos, depreciación, seguros, entre otros.
- Costos por quedarse sin producto. Son los costos de penalización en los que se incurre cuando se queda sin mercancía cuando esta se necesita. Estos costos se dan por pérdidas de clientes o utilidades al perder una venta.

Horizonte de planeación. Es el periodo para el cual se planean los inventarios, puede ser a corto y a largo plazo, según el tipo de productos, el tiempo de entrega de los proveedores y las necesidades de la empresa.

Productos. Son los artículos que se controlan en el inventario. Si existe una gran variedad de productos y su consumo promedio varía se debe hacer una clasificación para saber que productos aportan más valor al inventario.

Para saber que tipo de modelo de inventarios se adapta a las necesidades de la empresa

es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La demanda de los 6 productos de la clasificación tipo A es aleatoria, por lo que no se podrá utilizar algún modelo de tipo determinístico.
- No existen restricciones de recursos ni tampoco descuentos especiales por volumen.
- La demanda es variable, el tiempo de entrega constante.
- Se debe mantener un inventario de seguridad porque la demanda es probabilística, es decir, se pueden presentar variaciones hacia arriba y hacia abajo.

Por las razones anteriores se decidió utilizar un modelo de producción con déficit, y se ajustará el modelo ya que la demanda del producto es variable. El objetivo de realizar este modelo de inventarios es conocer el número de unidades que se van a pedir de cada producto y el momento en que se va a reabastecer el inventario.

4.6 Modelos y sistema de inventarios

4.6.1 Sistema Q (demanda variable, tiempo de anticipación constante)

Se conoce como sistema Q al sistema de pedido de tamaño fijo, se pide una cantidad fija a intervalos variables de tiempo. En este sistema el tiempo entre pedidos es menor con una tasa máxima de demanda que con una tasa normal de demanda, es decir, aumenta el número de pedidos.

El primer paso es determinar la cantidad pedida y el tiempo promedio entre pedidos con base en la demanda promedio. Se obtienen las diversas demandas y sus probabilidades

asociadas. Se determinan las existencias de seguridad y el punto de pedido para un riesgo específico de déficit. Esto se obtiene de la siguiente forma [4]:

$$ES = D_m \square \overline{DL}$$

Donde:

ES = Existencias de seguridad.

D_m = Demanda para un riesgo específico de déficit.

L = Tiempo de entrega.

D = Demanda promedio.

Para determinar la cantidad de producto pedido, el costo total, el número de unidades agotadas, el tiempo de manufacturación, el tiempo entre tandas de producción y el inventario máximo se hace uso de las fórmulas del modelo de manufacturación con déficit y el modelo de compra con déficit que se explicarán a continuación, sólo que debido a que se tiene una demanda variable se debe calcular el promedio de las diferentes demandas para sustituirlo en las fórmulas.

La regla de pedido será la siguiente: verificar continuamente el nivel de inventario y siempre que este nivel alcance D_m unidades, se deberán pedir Q unidades.

4.6.2 Modelo de manufacturación: con déficit

Los artículos se reciben en el inventario a una tasa constante, al mismo tiempo que se van consumiendo. Este modelo se usa para situaciones de producción en que se coloca un pedido, la producción comienza y un número constante de unidades se suma al inventario cada día hasta completar el lote de producción. Al mismo tiempo las unidades se demandan y consumen a una tasa constante, con una tasa de producción mayor que la tasa de demanda.

Este modelo se basa en las siguientes suposiciones [4]:

1. La tasa de reemplazo (tasa de manufacturación) es finita y mayor que la tasa de demanda.
2. La demanda es constante.
3. Todos los coeficientes de costo (C_1 , C_2 , C_3 , C_4) son constantes.
4. Se permite déficit.

En este modelo se usan las siguientes variables:

C_1 = Costo por unidad.

C_2 = Costo por organizar una tanda de producción.

C_3 = Costo de mantener una unidad en inventario durante 1 año.

C_4 = costo de déficit de 1 unidad/año.

D = Demanda.

Q = Cantidad económica pedida.

R = Tasa de manufacturación.

S = Número de unidades agotadas por periodo.

I_m = Inventario máximo.

CT = Costo total.

T = Tiempo entre tandas.

t_1 = Tiempo de manufacturación.

El costo total esta formado por cuatro componentes de costo:

Costos total / año = costo unitario / año + costo de ordenar una compra / año + costo de mantener inventario / año + costo de déficit / año.

$$CT = C_1 D + C_2 \frac{D}{Q} + \frac{C_3}{2Q} \left(\frac{D}{R} \right) S^2 + \frac{C_4 S^2}{2Q} \left(\frac{1}{1 - \frac{D}{R}} \right)$$

Para obtener el valor de Q es necesario derivar la ecuación del costo con respecto a Q e igualar la derivada a cero. La ecuación resultante proporcionará el costo mínimo y tiene como base los dos costos variables incluidos en el modelo. La ecuación obtenida es la siguiente [4]:

$$Q = \sqrt{\frac{2C_2 D}{C_3 \left(\frac{D}{R} \right) + C_4}}$$

El número de unidades agotadas S también se obtiene derivando la ecuación de costo con respecto a S, esta ecuación queda de la siguiente manera [4]:

$$S = \sqrt{\frac{2C_2 D}{C_4}} \sqrt{1 - \frac{D}{R}} \sqrt{\frac{C_3}{C_3 + C_4}}$$

La fórmula de inventario máximo es [4]:

$$I_m = Q \left[1 + \frac{D}{R} \right] S$$

Las fórmulas para obtener el tiempo de manufacturación y el tiempo entre tandas de producción son [4]:

$$t_1 = \frac{Q}{R} \quad \text{Tiempo de manufacturación}$$

$$T = \frac{Q}{D} \quad \text{Tiempo entre tandas}$$

4.6.3 Modelo de compra con déficit

Este modelo se basa en las siguientes suposiciones [4]:

- La demanda se efectúa a tasa constante
- El reemplazo es instantáneo (la tasa de reemplazo es infinita)
- Todos los coeficientes de costo (C_1 , C_2 , C_3) son constantes.
- Se permite déficit.

En este modelo se usan las siguientes variables:

C_1 = Costo por unidad.

C_2 = Costo por ordenar.

C_3 = Costo de mantener una unidad en inventario durante 1 año.

C_4 = costo de déficit de 1 unidad/año.

D = Demanda.

Q = Cantidad económica pedida.

S = Número de unidades agotadas por periodo.

I_m = Inventario máximo.

T = Tiempo entre pedidos.

CT = Costo total.

El costo total esta formado por cuatro componentes de costo [4]:

Costo total = costo del artículo/año + costo de ordenar la compra/año + costo de almacenamiento/año + costo de déficit/año

$$CT = C_1 D + C_2 \frac{D}{Q} + \frac{C_3 (Q - S)^2}{2Q} + \frac{C_4 S^2}{2Q}$$

Se obtienen las derivadas parciales con respecto a cada variable y se igualan a cero, en donde despejando S , se obtiene [4]:

$$S = \frac{C_3}{C_3 + C_4} Q$$

Sustituyendo esta en la de la derivada y despejando Q se obtiene [4]:

$$Q = \sqrt{\frac{2C_2D}{C_3}} \sqrt{\frac{C_3 + C_4}{C_4}}$$

Que es la cantidad óptima de compra para este modelo.

Sustituyendo esta ecuación en la ecuación despejada de S puede obtenerse otra relación para calcular el número de unidades agotadas [4].

$$S = \sqrt{\frac{2C_2D}{C_4}} \sqrt{\frac{C_3}{C_3 + C_4}}$$

El inventario máximo es [4]:

$$I_m = Q + S$$

Las fórmulas para obtener el tiempo entre pedidos se obtiene con al siguiente fórmula [4]:

$$T = \frac{Q}{D}$$

4.6. 4 Modelo de inventarios para almacenaje de ensambles

La metodología para calcular los niveles requeridos por el modelo de inventarios se mencionó anteriormente en la sección 4.6, se uso el modelo de manufacturación con déficit para demanda variable y tiempo de anticipación constante.

Algunos productos se ajustaron a una distribución triangular, otros a normal y algunos

más a una distribución empírica. El tiempo de producción y transporte es de 4 min., siendo éste constante. El costo de producción es de \$270 usd /día, y el costo de almacenamiento de 1 unidad es de \$210 por día. El costo de producción y almacenamiento consideran los siguientes costos:

Tabla 4.3 Costos por almacenamiento

| Concepto | Costos |
|-------------------------------|------------------|
| Mantenimiento de tinas | \$ 10000 usd/año |
| Montacargas | \$ 10800 usd/año |
| Montacarguista | \$ 12000 usd/año |
| Plataforma | \$ 3200 usd/año |

Elaboración propia

Tabla 4.4 Costos de producción

| Concepto | Costo |
|------------------------------|-------------------|
| Mantenimiento y Setup | \$ 54000 usd/año |
| Mano de Obra | \$ 410760 usd/año |

Elaboración propia

El primer paso es determinar la cantidad pedida y el tiempo promedio entre pedidos con base en la demanda promedio. Con el objetivo de especificar el punto de pedido y las existencias de seguridad, deben calcularse las diversas demandas posibles y sus probabilidades, esto se obtuvo con la ecuación de distribución triangular, normal y con el histograma de frecuencia correspondiente. Estas demandas y sus probabilidades asociadas se muestran en el Anexo L, así como la representación gráfica de los valores.

Tabla 4.5 Resumen de las distribuciones

| No. de parte | Valor P | Distribución | Parametros |
|----------------|---------|--------------|----------------------|
| 1J0 601 012 CF | 0.492 | Triángular | a=633, c=958, b=1133 |
| 1C0 601 012 K | 0.005 | Empírica | m=7 |
| 1C0 601 012 R | 0.0428 | Empírica | m=7 |
| 1J0 601 012 DN | 0.222 | Triángular | a=201, c=290, b=599 |
| 1C0 601 012 P | <0.005 | Empírica | m=7 |
| 1J0 601 012 DP | 0.361 | Triángular | a=183, c=326, b=406 |
| 1J0 601 012 AE | < 0.005 | Empírica | m=7 |
| 1C0 601 012 S | 0.0414 | Empírica | m=7 |
| 1J0 601 012 AJ | > 0.75 | Normal | ?=331, ?=63.2 |
| 1J0 601 012 BF | 0.392 | Normal | ?????, ?=23 |
| 1J0 601 012 AA | 0.337 | Triángular | a=59, c=87.6, b=175 |
| 1BM 601 011 A | 0.44 | Triángular | a=123, c=163, b=310 |
| 1J0 601 012 AN | 0.156 | Normal | ?=188, ?=35.4 |

Elaboración propia

Las existencias de seguridad y el punto de pedido pueden determinarse para un riesgo específico de déficit. Si deseamos que la probabilidad de déficit sea muy poca, la demanda para un riesgo específico de déficit (D_m) tendrá un valor alto.

Los datos obtenidos de la demanda y la poca probabilidad de riesgo (menor a 0.01) indican la siguiente regla de pedido: verificar continuamente el nivel de inventario y siempre que este nivel alcance D_m se deben pedir Q unidades. El valor de estas variables se puede ver en el Anexo M.

Para la salida de los productos de la estantería se usará el criterio FIFO (first in – first out) ya que la clasificación de las llantas se realiza con base a la conicidad que evita la vibración de la llanta debido a la fuerza que ejerce cuando gira y el DOT que es el control que debe haber sobre la fecha de fabricación. Las llantas tienen vigencia de 26 semanas a partir de la fecha de fabricación, esta fecha y la marca son especificadas en un código de

barras colocado en cada llanta. Para Estados Unidos los cuatro ensambles deben tener la misma fecha de fabricación de la llanta y la misma conicidad.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos:

Tabla 4.6 Resumen del modelo de inventario de la clasificación A y B

| No.de parte | | | | D _m | Q | ES | I _m | Inv. Total |
|-------------|-----|-----|----|----------------|-----|------|----------------|------------|
| 1J0 | 601 | 012 | CF | 1130 | 257 | 986 | 9 | 995 |
| 1C0 | 601 | 012 | K | 1400 | 570 | 1378 | 4 | 1382 |
| 1C0 | 601 | 012 | R | 790 | 427 | 788 | 3 | 791 |
| 1J0 | 601 | 012 | DN | 565 | 312 | 564 | 3 | 567 |
| 1C0 | 601 | 012 | P | 495 | 351 | 494 | 3 | 497 |
| 1J0 | 601 | 012 | DP | 390 | 297 | 389 | 3 | 392 |

Elaboración propia

Continuación Tabla 4.6

| No.de parte | | | | D _m | Q | ES | I _m | Inv. Total |
|-------------|-----|-----|----|----------------|-----|-----|----------------|------------|
| 1J0 | 601 | 012 | AE | 850 | 470 | 848 | 3 | 851 |
| 1C0 | 601 | 012 | S | 313 | 298 | 312 | 2 | 314 |
| 1J0 | 601 | 012 | AJ | 460 | 342 | 459 | 2 | 461 |
| 1J0 | 601 | 012 | BF | 170 | 195 | 169 | 2 | 171 |
| 1C0 | 601 | 012 | AA | 170 | 195 | 170 | 1 | 171 |
| 1BM | 601 | 011 | A | 300 | 267 | 299 | 2 | 301 |
| 1J0 | 601 | 012 | AN | 275 | 258 | 274 | 2 | 276 |
| 1J0 | 601 | 011 | D | 240 | 237 | 239 | 2 | 241 |

Elaboración propia

Tabla 4.7 Resumen del modelo de inventario de la clasificación C

| No.de parte | | | | Cons. Prom. | Días de inv. | Inv. Total |
|-------------|-----|-----|----|-------------|--------------|------------|
| 1J0 | 601 | 012 | AH | 145 | 2.5 | 362 |
| 1C0 | 601 | 012 | L | 87 | 2.7 | 235 |
| 1J0 | 601 | 012 | DL | 55 | 2.7 | 148 |
| 1J0 | 601 | 012 | DM | 55 | 2.7 | 148 |
| 1J0 | 601 | 012 | A | 87 | 2.7 | 236 |
| 1C0 | 601 | 012 | AB | 87 | 2.7 | 234 |
| 1J0 | 601 | 012 | DH | 34 | 2.7 | 93 |
| 1C0 | 601 | 012 | AC | 34 | 2.7 | 93 |
| 1C0 | 601 | 012 | AE | 23 | 2.7 | 61 |
| 1C0 | 601 | 012 | F | 22 | 2.7 | 60 |
| 1J0 | 601 | 012 | FJ | 20 | 2.7 | 55 |
| 1C0 | 601 | 012 | Q | 15 | 2.7 | 41 |
| 1J0 | 601 | 011 | C | 20 | 2.7 | 54 |
| 1J0 | 601 | 012 | AD | 10 | 2.7 | 28 |
| 1C0 | 601 | 012 | N | 5 | 2.7 | 14 |
| 1J0 | 601 | 012 | K | 4 | 2.7 | 12 |
| 1C0 | 601 | 012 | G | 5 | 2.7 | 13 |
| 1J0 | 601 | 012 | CG | 4 | 2.7 | 10 |
| 1C0 | 601 | 012 | AF | 2 | 2.7 | 5 |
| 1C0 | 601 | 012 | AD | 2 | 2.7 | 5 |
| 1J0 | 601 | 012 | P | 4 | 2.7 | 10 |
| 1C0 | 601 | 012 | J | 1 | 2.7 | 3 |
| 1C0 | 601 | 012 | H | 1 | 2.7 | 2 |

Elaboración propia

El total de inventario de ensambles que se debe tener es la suma del inventario total de la clasificación A y B que es 7410 y la suma del inventario total de la clasificación C que es de 1924. Esto da un resultado de 9334 piezas.

4.6.5 Modelo de inventarios para almacenaje de rines en Nave 22

La metodología para calcular los niveles requeridos por el modelo de inventarios se mencionó anteriormente en la sección 4.6, se uso el modelo de compra con déficit para demanda variable y tiempo de anticipación constante.

Algunos productos se ajustaron a una distribución triangular, otros a normal y algunos más a una distribución empírica. El tiempo de transporte de Nave 27 a Nave 22 es de 5.3 min, siendo éste constante. El costo por ordenar es de \$270 usd /día, y el costo de almacenamiento de 1 unidad es de \$210 por día.

Para calcular este inventario se siguieron los mismos pasos que para el inventario de ensambles. Se calcularon las diversas demandas posibles y sus probabilidades, esto se obtuvo con la ecuación de distribución triangular, normal y con el histograma de frecuencia correspondiente. Estas demandas y sus probabilidades asociadas se muestran en el Anexo N.

Con una probabilidad de riesgo menor a 0.01 y a partir de la demanda promedio la regla de pedido es la siguiente: verificar continuamente el nivel de inventario y siempre que este nivel alcance D_m se deben pedir Q unidades. El valor de estas variables se puede ver en el Anexo O.

A continuación se presenta un resumen de los resultados obtenidos:

Tabla 4.8 Resumen del modelo de inventario

| No.de parte | D _m | Q | ES | I _m | Inv. Total |
|----------------|----------------|---|------|----------------|------------|
| IJ0 601 025 E | 1090 | 4 | 1010 | 3 | 1013 |
| IC0 601 025 F | 1500 | 4 | 1398 | 4 | 1402 |
| IC0 601 025 H | 1100 | 3 | 1029 | 3 | 1032 |
| IJ0 601 025 AB | 815 | 3 | 761 | 3 | 764 |
| IC0 601 025 G | 505 | 2 | 473 | 2 | 475 |
| IC0 601 025 B | 315 | 2 | 293 | 2 | 295 |
| IJ0 601 027 H | 1200 | 4 | 1119 | 3 | 1122 |
| IC0 601 025 J | 237 | 2 | 222 | 1 | 223 |
| IJ0 601 025 B | 345 | 2 | 321 | 2 | 323 |
| IJ0 601 027 L | 600 | 3 | 558 | 2 | 560 |
| BAA 601 025 | 290 | 2 | 274 | 1 | 275 |
| IJ0 601 027 S | 355 | 2 | 334 | 2 | 336 |
| IJ0 601 025 L | 35 | 1 | 33 | 0 | 33 |

Elaboración propia

El total de inventario de ensambles que se debe tener es la suma del inventario total, esto es el resultado de la suma del inventario de seguridad más el inventario máximo y nos da un total 7853 de piezas.