

## Original

### PROCEDIMIENTO PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LOS INVENTARIOS

Procedure for the administration of inventories

Lic. Nancy Céspedes-Trujillo, Profesora Asistente, Universidad de Las Tunas,  
[nancyct@ult.edu.cu](mailto:nancyct@ult.edu.cu), Cuba

M. Sc. Felix Esteban Jimenez-Figueroa, Profesor auxiliar, Universidad de Las Tunas,  
[felixjf@ult.edu.cu](mailto:felixjf@ult.edu.cu), Cuba

Lic. Leonardo Pérez-Molina, Profesor Asistente, Universidad de Las Tunas,  
[leonardopm@ult.edu.cu](mailto:leonardopm@ult.edu.cu), Cuba

Recibido 20/07/2017 – Aceptado 06/07/2017

#### RESUMEN

Dentro del proceso de actualización del modelo económico cubano se exige de su sistema empresarial la necesidad de optimizar el uso de los recursos disponibles, referente a la correcta administración de los inventarios, por su fuerte impacto en todas las áreas del negocio, escenario en el que se desarrolla esta investigación, con el objetivo de: diseñar un procedimiento mediante métodos matemáticos para la administración de los inventarios en entidades productivas y de servicios. Entre los principales resultados se expone que el procedimiento propuesto posibilita la aplicación de métodos matemáticos en la administración de los inventarios en entidades productivas y de servicios, con utilidad para el proceso de planificación en venideros períodos, y de esta forma contribuir a la obtención de mejores resultados en las distintas organizaciones empresariales.

**Palabras clave:** Procedimiento; inventario; administración de inventarios; modelos de optimización de inventarios.

#### ABSTRACT

The Cuban demands of its entrepreneurial system the need to optimize the use of the available resources himself within the process of bringing up to date of the economic model, relating to the correct administration of the inventories for its fortress, It cause impact in all the areas of business, scene this investigation developed in, with the objective of: designing an intervening

procedure mathematical methods for the administration of the inventories at productive and services entities. Enter the principal results the fact that the proposed procedure made possible the application of mathematical methods in the administration of the inventories at productive and services entities exposes itself, with utility for the process of planning in coming periods, and in this way contributing to the obtaining of better results in the different business organizations.

**Key words:** Procedure; Inventory; Administration of inventories; Models of optimization of inventories.

## **INTRODUCCIÓN**

La administración científica del inventario como actividad del soporte de la logística en el ámbito empresarial ha contribuido a su desarrollo mediante la creación de métodos cuantitativos con la utilización de instrumentos matemáticos y estadísticos. El análisis de los flujos materiales, informativos y financieros basados en un enfoque cuantitativo y sistemático por parte de la logística le aporta a la empresa ventajas competitivas.

La optimización de los inventarios en las organizaciones empresariales adecuadas a las características de cada entidad, debe constituir una prioridad para el logro de mayor eficiencia en su gestión económica productiva. La economía cubana se encuentra inmersa en un proceso de transformaciones a tono con la implementación de los Lineamientos Económicos y Sociales del Partido y La Revolución Cubana, para paliar dificultades como: inadecuado uso de las capacidades de almacenamiento de materias primas y determinación de los momentos y las cantidades a ordenar mediante métodos empíricos, condicionados por el desconocimiento de métodos científicos para la administración del inventario.

Lo anteriormente expuesto manifiesta insuficiencias en la administración de los inventarios, que limitan la obtención de mejores resultados económicos productivos, asociadas a la gestión de los inventarios; razón que conlleva a diseñar un procedimiento mediante métodos matemáticos para la administración de los inventarios que mejore los resultados económicos productivos en entidades productivas y de servicios. De este modo la investigación está enmarcada en la optimización en los inventarios.

Un enfoque para la realización del análisis de los inventarios mediante etapas, fases y pasos, constituye el aporte metodológico de esta investigación, para una significación práctica consistente en la aplicación de modelos económicos matemáticos y herramientas de

estadísticas bajo técnicas de simulación, Método de Montecarlo en el análisis sobre los inventarios.

## **DESARROLLO**

Los inventarios han sido vinculados con las existencias, al constituir recursos inmovilizados temporalmente, donde su mantenimiento y conservación están asociados a gastos materiales. Las empresas dedicadas a la compra y venta de mercancías, por ser esta su principal función y la que dará origen a todas las restantes operaciones, necesitan de una constante información resumida y analizada sobre sus inventarios, lo cual obliga a la apertura de una serie de cuentas principales y auxiliares relacionadas con esos controles.

No obstante, todas las acciones tendientes a reducir las inversiones en inventario pueden aumentar los riesgos debido a una mayor probabilidad de ventas perdidas como resultado de faltantes. Ello obliga a los administradores financieros a mantener estos últimos en niveles que balanceen los beneficios derivados de mantener bajo el nivel de inversiones de la empresa contra los costos asociados con la ruptura de los inventarios.

Dentro de las definiciones relacionadas con la administración de inventarios se tiene:

“Se denomina inventario a un conjunto de recursos o mercancías en buen estado, que se encuentran almacenados con el objetivo de ser utilizados en un futuro. Estos recursos pueden ser materiales, equipos, dinero, entre otros.”(Álvarez-Buylla, 2006). A pesar de resultar bastante abarcadora no está acorde con el correcto uso de términos y sus definiciones en el campo de la economía tales como recursos materiales y dinero.

“Inventario es el conjunto de productos que se almacenan con el fin de satisfacer una demanda futura” (www.vaticgroup.com, 2012) Esta definición resulta parca e incompleta aunque de manera general incluye los dos elementos fundamentales que debe incluir todo intento de entender este concepto que son: el almacenamiento de recursos materiales y el objetivo de un uso futuro.

Por su parte Cuervo García (2006) lo define como: “...conjunto de mercancías o artículos acumulados en almacén en espera de ser vendidos o utilizados en el proceso productivo. Pueden ser: de materias primas, de productos semielaborados o productos terminados.” Y al problema de su administración como: “... el mantenimiento de niveles de stocks adecuados, que maximicen la rentabilidad económica de la empresa, sin olvidar su función de garantizar el

abastecimiento del proceso productivo y satisfacer la demanda de productos en el plazo de entrega establecido.”

Por lo que los autores de la investigación afirman que: los problemas de inventario requieren que la dirección de la empresa encuentre políticas y reglas de decisión que logren balancear los diversos costos.

A continuación se definen variables no controladas que pueden ser variables de costo u otras en un problema de inventario:

1. Costo por mantener el inventario (costo de almacenar): este costo puede desglosarse en los siguientes: Costo de inmovilización de recursos; Costo de manipulación; Costo de almacenaje; Costo de depreciación u obsolescencia del inventario; Costos de carácter administrativo (salario, entre otras); Costo por déficit (penalización por faltante).
2. Costo de lanzamiento (costo de emitir una orden de producción o de compra): se refiere a la preparación de una nueva orden de producción, que se incorporará a dicho inventario.
3. Costo de producción (costo de adquisición): es el costo unitario de producción de un artículo que se incorporará al inventario.
4. Tiempo de reaprovisionamiento (Lead Time o tiempo de entrega): es el tiempo transcurrido desde que se entrega la orden de reaprovisionamiento, hasta que los recursos son incorporados al inventario. El tiempo de reaprovisionamiento puede ser fijo o aleatorio.

La solución de las problemáticas reflejadas en la administración de los inventarios requiere de la aplicación de diferentes procedimientos matemáticos, que van desde el cálculo diferencial e integral, hasta distintas técnicas de modelación económico-matemática, tales como la programación lineal o la programación dinámica. En esta investigación se tienen en cuenta dos tipos de modelos, su utilización depende de las características de la demanda, ellos son:

- a) Modelos de inventario determinístico: son aquellos en los cuales la demanda está perfectamente determinada o es conocida para un período dado.
- b) Modelos de inventario estocástico: son aquellos en los cuales la demanda es una variable aleatoria, con una función de distribución conocida.

Métodos para el control de inventario.

Un sistema de inventario puede controlarse de dos formas: 1. Revisión periódica: se revisa el nivel de inventario de determinados productos cada cierto período fijo de tiempo y de acuerdo con la cantidad disponible se hará o no una nueva solicitud. 2. Revisión continua o por cantidad

fija: se establece un nivel mínimo de inventario, y en cualquier instante en que el número de unidades en inventario llegue a ese nivel mínimo, se realiza un nuevo pedido.

Para la obtención de mejores resultados productivos en la administración de inventario, se hace necesario contar con un procedimiento con la utilización de métodos matemáticos que tengan en cuenta el establecimiento de elementos neurálgicos tales como la naturaleza del inventario y de su demanda, la cantidad óptima a pedir o producir o el nivel óptimo a mantener, la frecuencia de las órdenes o el punto de reorden, inventario promedio esperado, entre otros, según sea el tipo de modelo utilizado, así como los costos mínimos esperados, que posibilite una certera toma de decisiones, tal y como el que refleja en la presente investigación.

El procedimiento propuesto requiere de la implementación de herramientas informáticas específicas, para no demandar un esfuerzo adicional de los trabajadores implicados; parte además del supuesto que el personal involucrado en la actividad financiera, operativa y de administración, tiene un mínimo de conocimientos sobre la base conceptual de la administración de inventarios, su importancia y rol dentro de la gestión empresarial, cuya estructura es:

Objetivo del procedimiento: crear una herramienta metodológico-práctica para la administración de los inventarios a partir del uso de modelos de optimización. Consta de tres etapas que a la vez contienen diferentes fases como:

Etapas 1. Obtención de los modelos de optimización de inventarios.

Objetivo: determinar los productos de mayor impacto en los resultados de la administración de inventarios de la entidad.

Fase 1. Detección de los inventarios cuyos niveles se requiere optimizar.

Se seleccionan aquellos productos cuya existencia o disponibilidad afecten en mayor cuantía a la administración de inventarios. Se debe tener en cuenta los resultados de un diagnóstico que incluya técnicas tales como entrevistas, encuestas y una exhaustiva revisión documental, para tener criterios para seleccionar los activos cuyos niveles de inventarios son modelados. Los criterios a tener en cuenta para seleccionar los activos cuyos inventarios son modelados, son: nivel de utilización diaria; nivel de existencias; saldo total; rotación y variabilidad en los suministros.

Para facilitar y organizar este proceso de selección se clasifican los inventarios mediante la aplicación del método "Matriz impacto en el beneficio-riesgo en el suministro" (IB/RS) utilizado

por Nápoles Peña (2009). Debido a que este método es flexible al referirse a los criterios con respecto a las variables de la matriz, se toman como indicadores del impacto en el beneficio los criterios del uno al cuatro, listados anteriormente y para el riesgo en el suministro el número cinco. En ambos casos se tiene como alto, todo valor superior o igual al promedio y la variabilidad en los suministros se estima a partir del coeficiente de variación de los tiempos de entrega.

Fase 2. Recolección y procesamiento de los datos.

Paso 1. Recolección de los datos.

Se recopilan los datos de las ventas de productos terminados, los pedidos de materia prima realizados, los saldos físicos, los costos de compra, de almacenaje, de hacer un pedido en caso que sea significativo y de los tiempos de entrega.

Paso 2. Registro de los datos primarios.

Una vez que se tengan los datos primarios en la hoja del tabulador, nota que aparecen fusionados en una misma celda, las fechas, las cantidades solicitadas, los costos y los saldos asociados con formato texto. Para poder manipularlos matemáticamente, se procede a eliminar los espacios múltiples dentro de cada celda de datos con el objetivo de estandarizar el proceso

Paso 3. Estimación de valores de costos.

Se estiman los valores de los costos de compra o producción (según corresponda), almacenamiento y de faltante o déficit para cada ítem.

Estimación de la demanda: se asume como demanda, el número de unidades de los pedidos realizados, más los registros de las demandas insatisfechas, en caso de que se tengan, para una mejor aproximación. Se aceptan como inventarios con demanda constante aquellos cuya variabilidad porcentual en la demanda con respecto a la media (coeficiente de variación) sea inferior al 10%. Las distribuciones de probabilidad se obtienen mediante la realización de pruebas no paramétricas de bondad de ajuste en paquetes estadísticos. Se recomienda aplicar la Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

El valor tabulado "Z" de Kolmogorov-Smirnov se compara con la mayor diferencia (en valor absoluto) entre las funciones de distribución acumuladas teórica y observada. Esta prueba de bondad de ajuste contrasta con probada eficiencia, si las observaciones podrían razonablemente proceder de la distribución de probabilidades especificada. Igualmente se sugiere el uso del paquete estadístico SPSS debido a su eficiencia y reconocido prestigio internacional.

Estimación de los costos.

Los costos de compra o producción son aquellos fijados por el proveedor o según la ficha de costo del producto, respectivamente. En caso de que se observen variaciones para los diferentes periodos, se estiman a partir del cálculo del valor promedio de los valores históricos fórmula: los costos de almacenamiento unitario se obtienen utilizando la tasa de almacenaje aplicada por Nápoles Peña (2009). El costo de almacenaje se estima a partir de los gastos de almacén en cada periodo, para los cuales se tienen en cuenta los gastos por: salarios; estimulación, materiales para envases; seguros, mantenimiento y reparación del local; mantenimiento y reparación de equipos; Servicio de protección; electricidad e Impuesto sobre el transporte terrestre.

Luego se adiciona a esta tasa, el costo por pérdida de oportunidad del capital inutilizado y ya que nuestro país carece de un mercado financiero que permita una correcta estimación del mismo, se asume la tasa de interés bancaria ( $i$ ). Y finalmente el costo por mantener una unidad en inventario se calcula:  $h=(a+i)*c$ .

De esta manera  $h$  representa, tanto los costos asociados con el almacenaje, como los de pérdida de oportunidad y el valor de adquisición, de manera que sean directamente proporcionales en concordancia con las tasas aplicadas.

El costo por demanda insatisfecha se prefija en dependencia de las implicaciones financieras de la ruptura del inventario. Téngase en cuenta que este costo es subjetivo y no tiene registro contable, por lo que no se asume simplemente como el precio del producto terminado, cuya venta no pudo ejecutarse o como el costo por estancamiento de la producción por ruptura en el inventario de alguna materia prima.

En este procedimiento se propone el uso de cualquier valor intermedio entre uno y seis veces el valor, en dependencia de la relación entre el nivel de servicio y el nivel óptimo de inventario que quiera asumir la entidad. Entre mayor sea el costo por déficit asumido, mayor importancia se le está concediendo al nivel de servicio. Para ello se considera el impacto que tenga el inventario en el beneficio de la entidad.

Apuntes para obtener una prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra en SPSS.

Después de introducir los valores de demanda en la hoja "Vista de datos"; elija en los menús: Analizar Pruebas no paramétricas *Kolmogorov-Smirnov* de una muestra. Seleccione una o más variables, cada variable genera una prueba independiente, si lo desea, puede pulsar en

Opciones para obtener estadísticos descriptivos, cuartiles y controlar el tratamiento de los datos perdidos. Se interpretan los valores de la significatividad asintótica bilateral inferiores a  $\alpha = 0,05$  como indicadores de un buen ajuste de los datos a la distribución de contraste, para un nivel de confianza del 95%.

Fase 3. Aplicación de modelos de optimización para inventarios con demanda constante.

Objetivo: obtener las distribuciones de probabilidades y los parámetros de las demandas, así como los costos que caracterizan a los modelos de optimización de inventarios.

Se hace necesario aclarar que sólo algunas entidades presentan una demanda realmente constante y conocida para algunos de sus inventarios, la mayoría no puede conocer con certeza el valor exacto de demanda que se observa en ningún caso. Para estas últimas, en aras de poder aplicar modelos de tipo determinístico, en el presente procedimiento se procede a realizar la aproximación expuesta en el paso anterior.

El valor porcentual observado de la dispersión de la demanda para cada inventario puede considerarse como el sesgo asociado a la aplicación del referido modelo de optimización. Luego, puede aplicarse alguno de los modelos de inventario determinístico, según las características del inventario que se modela y las condiciones de la empresa. De estos, el de mayor importancia es el modelo general de inventario determinístico para un solo producto, por ser el que abarca todos los demás, o sea, que los restantes constituyen casos específicos de este.

Téngase en cuenta que este modelo implica una razón de producción "r". Por lo tanto no puede aplicarse a los inventarios de materia prima ni a los inventarios de productos comprados para su comercialización, pues estos tienen un reaprovisionamiento que se concreta de forma instantánea al producirse la recepción de un pedido. Para estos se utiliza el modelo con déficit, el cual representa esta situación y además admite un valor de déficit.

Incluir el déficit en el modelo permite agregar al análisis para la determinación de las políticas de inventario a asumir, una ponderación de la importancia que se le otorga en la entidad al nivel de servicio, de comprometimiento con el cliente o del impacto de la ruptura del inventario sobre el proceso productivo.

Para facilitar estos cálculos se elabora una plantilla de Microsoft Excel titulada "Modelos de Inventario" compuesta por varias hojas de cálculo específicas para cada tipo de los modelos propuestos. En la hoja "Modelos Determinísticos" se insertan los nombres de los inventarios a modelar y sus parámetros en la matriz "Insertar Datos; donde se describen en sus columnas:

nombre del inventario; demanda mensual; razón de producción, costo unitario del producto; costo por déficit y costo de lanzamiento.

Automáticamente se obtienen los niveles óptimos de inventario (máximo y promedio), la frecuencia de realización de cada pedido, el tiempo de reaprovisionamiento para los procesos productivos y los costos mínimos en los que se incurre.

Fase 4. Aplicación de modelos de optimización para inventarios con demanda aleatoria.

Dada la distribución de probabilidad de la demanda de cada producto y los parámetros obtenidos se aplican los modelos estocásticos de período único sin costo de lanzamiento y el de determinación de la reserva de inventario para demanda aleatoria y tiempo de reaprovisionamiento fijo. Este modelo se expresa al igualar la función de distribución correspondiente (lo cual constituye el núcleo del modelo de optimización del producto) al valor de la relación de costos. El objetivo del modelo es encontrar un valor de  $r$  ( $r^*$ = nivel de inventario óptimo a mantener) que haga mínimo el costo total.

Para plantear el modelo solo se requiere de sustituir cada valor en la fórmula. Para el caso del primer modelo y para el segundo: despejar y obtener el valor de  $r^*$ , pudiera generar no pocas complicaciones matemáticas, por lo que una vez más se utilizará el libro Excel "Modelos de inventario" y la hoja "Modelos Estocásticos", en la cual se insertaran los datos: nombre del inventario; distribución de probabilidad de la demanda, parámetro, valor de parámetro; costo unitario de producción; costo por mantener el inventario; costo por déficit y tiempo de entrega, con los cuales se obtendrán los valores óptimos de inventarios a mantener, el nivel de inventario de reserva, el tamaño del pedido y el valor esperado de los costos asociado a estos niveles de inventarios utilizando las formulas matemática para este tipo de modelo.

Etapas 2. Validación de modelos de optimización de inventarios.

Objetivo: validar los modelos de optimización para poder elaborar políticas de inventario.

Una forma sencilla de realizar la validación lo constituye la aplicación inmediata del modelo obtenido y las políticas de inventario de él derivadas y realizar una comparación de los nuevos resultados con los anteriores. Sin embargo esto implica los mismos riesgos, aunque en menor cuantía, que se desean reducir con la aplicación de estas técnicas de optimización.

En esta etapa se recrean las características del sistema mediante un simulador, incluyendo la aleatoriedad en el tiempo de entrega para los modelos estocásticos y esta, unida a procesos aleatorios de demanda, para los modelos determinísticos. Luego, mediante la realización de

experimentos de simulación, se generan disímiles escenarios para observar la respuesta del sistema a la implementación de las políticas de inventario derivadas del modelo.

Fase 5. Determinación de los inventarios cuyos modelos serán validados.

Se seleccionan los modelos en concordancia con los elementos antes descritos. Se les brinda mayor atención a aquellos modelos ya validados de inventarios y de mayor impacto, cuyas condiciones iniciales hayan sufrido modificaciones relevantes. El impacto de estos cambios conduce probablemente a un resultado negativo en la validación del modelo y por ende a una reformulación del mismo. Por lo que se regresa a la Fase 2 de la etapa anterior, como indica la representación gráfica del procedimiento.

Luego se toman los modelos de reciente obtención, ya que se supone que para estos, aún no se tiene una política adecuada de inventario. Por último aquellos con más de cuatro meses desde su última validación pero cuyas condiciones iniciales no han variado significativamente. Para ello se tienen en cuenta, el criterio de los especialistas y los resultados de revisiones documentales como las descritas en otras fases.

Fase 6. Recolección y procesamiento de los datos.

Paso 4. Recolección de los datos primarios.

Para los modelos de reciente formulación solo se realiza un estudio de las series temporales de los tiempos de reaprovisionamiento ya que esta es la nueva variable que se incluye en el análisis. Para ello hay que encontrar la diferencia entre las fechas de los pedidos y las fechas de entrega. Se puede recurrir a; pre-facturas y órdenes emitidas; correos electrónicos; registros de llamadas telefónicas y documentos de recepción.

Sin embargo para el caso de los modelos de revalidación se requieren además nuevos datos de demanda y costos. Para esto se realizan las operaciones descritas en el paso 1 de la Fase 1 de la primera etapa de este procedimiento.

Paso 5. Registro de los datos diarios.

Se realizan las operaciones descritas en el Paso 2 de la Fase 1 de la primera etapa de este procedimiento, en dependencia de los datos con que se trabaje, solo que esta vez se necesitan datos diarios para que el simulador funcione con una fracción de tiempo inferior y contenga menor sesgo al representar al sistema. Así podrá reproducirse el momento del mes en que se alcanza el punto de reordenar o nivel de inventario de reserva, los días con déficit, el valor de este y demás elementos de interés.

#### Paso 6. Estimación de distribuciones.

Se estiman las distribuciones de probabilidad de la demanda, de los tiempos de reaprovisionamiento así como los valores de los costos de compra, almacenamiento y déficit o faltante. Las distribuciones de probabilidad de las demandas se obtienen, mediante la Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra.

La distribución de los tiempos de reaprovisionamiento puede obtenerse con este mismo procedimiento, aunque la disponibilidad de la información está muy limitada en algunos casos, en los que se recomienda el uso de las probabilidades subjetivas a partir de los criterios de los especialistas del área comercial. Los costos se obtienen siguiendo las indicaciones del paso 3 de la segunda fase de la Etapa 1.

#### Fase 7. Realización de las simulaciones.

Se introducen los parámetros diarios estimados en la matriz "Insertar datos" de la hoja "Simulador" del libro Excel "Modelos de inventario. Note, que es similar a la matriz de la hoja "Modelos Estocásticos", pero requiere nuevos valores tales como: probabilidad de déficit que se está dispuesto a asumir; distribución de Probabilidad del Tiempo entre entregas ( $T$ ) y sus parámetros; cantidad óptima promedio a mantener en inventario ( $r^*$ ); nivel de inventario de reserva ( $S_0$ ); tamaño del lote ( $Q$ ) estos tres últimos son resultados aportados por el modelo.

Al hacer clic sobre el botón Simular, comienzan a desarrollarse internamente veinte corridas de simulación, equivalente cada una a un año de funcionamiento del sistema de inventarios. Los resultados de cada corrida se muestran en la tabla de "Resultados diarios de las simulaciones de un año de gestión". En la que cada encabezado de columna cuenta con un comentario aclaratorio, al que se puede acceder con solo posicionar el cursor sobre esa celda.

Esto genera 20 muestras anuales para cada producto, por ende, 240 salidas mensuales. Así para cada inventario se tienen los valores promedios del nivel de inventario mensual, así como el cálculo de la probabilidad de déficit y del costo total de inventario para cada uno de los 240 meses obtenidos de las 20 corridas de simulación.

Política de inventario										
Inventario	Clasificación del inventario			Núcleo de decisión		Valores esperados				
	Sistema de revisión	Comportamiento de la demanda	Distribución de la demanda	Cantidad óptima a ordenar	Inventario de reserva (So) para $\alpha=\alpha$	VE C(I)	VE C(D)	VE C(P)	VE C(T)	Probabilidad de Déficit ( $\alpha$ )
Harina Nacional	Periódico	aleatorio	Normal	1133,42	113,97	1,43	21,58	801,33	824,35	0,1
Harina Integral	Periódico	aleatorio	Normal	115,55	12,29	1,24	18,70	60,43	80,38	0,1
Azúcar Crudo	Periódico	aleatorio	Normal	288,54	30,48	0,97	14,62	53,47	69,06	0,1
Azúcar Refino	Periódico	aleatorio	Normal	287,74	30,18	1,30	19,54	82,12	102,96	0,1
Aceite	Periódico	aleatorio	Normal	220,75	23,89	2,14	32,16	80,37	114,67	0,1
Mermelada	Periódico	aleatorio	Normal	18,32	1,98	2,36	35,45	89,38	127,19	0,1
Bicarbonato	Periódico	aleatorio	Normal	12,55	1,31	0,96	14,51	66,35	81,82	0,1
Ácido Cítrico	Periódico	aleatorio	Normal	360,16	40,48	20,60	310,03	514,63	845,27	0,1

Tabla 1. Ejemplo de la aplicación de la política de inventario para productos con demanda aleatoria.  
Fuente: elaboración de los autores

Fase 8. Validación de la efectividad de los modelos.

Objetivo: validar los modelos acorde con su efectividad aplicando técnicas estadísticas.

Paso 7. Análisis de la eficiencia de los modelos.

Se puede asumir que si los valores promedio de un conjunto de muestras no difieren significativamente de cierto valor promedio poblacional, estas provienen de la población en cuestión. Para comprobar esta hipótesis existen diferentes pruebas estadísticas que clasifican dentro de las denominadas pruebas paramétricas.

Por tanto se aplica una de estas pruebas para comprobar si los valores promedio de inventario y la probabilidad de déficit arrojados por la simulación (en representación del sistema real bajo las condiciones del modelo), no difieren de los valores teóricos respectivos que ofrece el modelo.

Por lo que se toman las 240 observaciones muestrales de salida de los niveles de inventario mensual promedio así como de las probabilidades de déficit que ofrece el simulador, y se contrastan con los parámetros y resultados respectivos del modelo bajo estudio, mediante una prueba paramétrica T-Student para la media utilizando el software SPSS.

Apuntes para obtener una prueba T para una muestra en SPSS.

Luego de introducir los valores de los promedios de las 20 corridas de simulación en la hoja "Vista de datos", elija en los menús: Analizar/ Comparar medias/ Prueba T para una muestra. Seleccione la variable para contrastarla con el valor de la media o probabilidad y luego introduzca dicho valor.

Si lo desea, puede hacer clic en el botón Opciones para controlar el tratamiento de los datos perdidos y el nivel del intervalo de confianza. Por defecto se muestra un intervalo de confianza al 95% (universalmente utilizado). Introduzca un valor entre 90% y 99,9% para solicitar otro nivel de confianza. Entre mayor sea este nivel, mayor es el rigor de la prueba y por tanto, la confiabilidad de su resultado.

En la tabla de salida de la prueba se observa principalmente el valor de la significatividad asintótica bilateral, la cual aparece como "Sig. (bilateral)", de manera que si este valor es inferior que  $1 - \text{Intervalo de confianza}$ , o sea, que  $\alpha = 0,05$  (si el intervalo de confianza es del 95% por ejemplo), se puede asumir que las medias muestrales del simulador no difieren significativamente de la media poblacional del modelo.

Decisión final:

Si para alguna de estas dos variables el resultado de la prueba es desfavorable (Sig. Bilateral  $> 1 - \text{Intervalo de confianza}$ ), el modelo se considera como ineficiente y debe reformularse. O sea, se regresa a la segunda fase de la primera etapa y se aumenta el tamaño de la muestra inicial. En caso contrario se continúa con el procedimiento.

Paso 8. Análisis de la eficacia de los modelos.

Para desarrollar esta parte final de la validación del modelo se compara primeramente el costo total del modelo con el costo total promedio de inventario que tiene la entidad bajo la política de inventario que aplica actualmente al ítem cuyo modelo se está validando. Luego si el primero es inferior solo resta comprobar que los costos obtenidos con la simulación son equivalentes al del modelo, aplicando nuevamente una prueba T-Student.

Una vez que se tenga el costo total mensual para el inventario, se compara con el valor respectivo ofrecido por el modelo. Si este último resulta ser menor, se procede a realizar una prueba T-Student contrastando los costos mensuales del simulador con el costo total del modelo.

Si el costo total del modelo es inferior al costo total actual del inventario y los resultados de la prueba son positivos, se puede asumir que el modelo es efectivo en la reducción de los costos del inventario cuyo modelo ha sido validado. En caso contrario se regresa a la segunda fase de la primera etapa y se aumenta el tamaño de la muestra inicial.

Etapa 3. Elaboración de las políticas óptimas de inventario.

Objetivo: Resumir información relevante acerca de los inventarios y su demanda.

## Fase 9. Clasificación multicriterio de los inventarios.

Para diseñar una correcta política de inventario, hay que tener un total conocimiento de las características del mismo, lo cual se facilita mediante una clasificación que incluya los siguientes criterios y categorías:

1. Naturaleza del inventario: insumo; materia prima (Materiales directos); producción en proceso (Productos semielaborados) o producto terminado (Producto listo para su comercialización).
2. Matriz IB/RS: estratégico (Alto impacto/Alto riesgo); básico (Alto impacto/Bajo riesgo); cuello de botella (Bajo impacto/Alto riesgo) o no crítico (Bajo impacto/Bajo riesgo).
3. Sistema de revisión: periódica o continua.
4. Dependencia de la demanda: dependiente o independiente.
5. Aleatoriedad de la demanda: constante o aleatoria.
6. Tipo de modelo de optimización aplicable: determinístico o estocástico.

Hay que tener en cuenta que existen algunas relaciones restrictivas entre las categorías anteriores, las cuales no deben violarse a la hora de realizar la clasificación.

Relaciones restrictivas entre las categorías.

Naturaleza del inventario-Matriz IB/RS: los insumos solo pueden considerarse como cuellos de botella o no básicos, ya que su impacto en los beneficios es despreciable en comparación con el resto de los inventarios.

Naturaleza del inventario o Dependencia de la demanda: solo los productos terminados, pueden considerarse como de demanda independiente, pues para el resto la demanda se genera internamente en los procesos de la entidad.

Matriz IB/RS- Sistema de revisión: los inventarios de tipo estratégico o básico requieren una revisión continua, debido a que su impacto en el beneficio es alto y debe garantizarse un déficit mínimo, mientras que a los clasificados como cuellos de botella se les puede implementar un sistema de revisión periódica cuyo intervalo de tiempo se especifica en concordancia con el nivel de riesgo asociado.

Tipo de modelo de optimización aplicable o Aleatoriedad de la demanda: se aplicarán los modelos de optimización determinísticos a aquellos inventarios que presenten demanda constante o aleatoria si el grado de dispersión es despreciable y los estocásticos solo a aquellos con demanda aleatoria. Una vez caracterizado el inventario y teniendo en cuenta todos

estos elementos, se puede proceder a elaborar la política que se aplicará para la toma de decisiones relacionadas con la administración de dicho inventario.

Fase 10. Elaboración de las políticas óptimas de inventario.

Los primeros elementos que contienen las políticas óptimas de inventario se obtienen de la clasificación realizada en la fase anterior y se exponen en el orden en que fueron presentados. Luego se hace referencia a los valores que constituyen el núcleo de decisión que rige la administración del inventario. Estos son: cantidad óptima a ordenar o el nivel óptimo de inventario a mantener y frecuencia de las órdenes o el punto de reorden.

Como se puede apreciar existe más de una opción equivalente para ambos elementos, lo cual está determinado por la naturaleza del inventario y por el tipo de modelo que se utilice. Es decir que una vez más, aparecen relaciones que determinan los valores que contendrá la política a elaborar. Tanto para las materias primas como para los productos terminados que la entidad compra para su comercialización, se habla de cantidad óptima a pedir (comprar, ordenar o solicitar), mientras que para las producciones en proceso y los productos terminados que se obtienen de los procesos productivos de la entidad, se hace referencia a la cantidad óptima a producir, a ordenar o al tamaño óptimo del lote de producción.

El nivel óptimo a mantener es un valor que solo se obtiene a partir de la aplicación de los modelos estocásticos y es equivalente a los términos anteriores. En cuanto al momento de ordenar se tiene que al aplicar modelos determinísticos, se puede calcular la frecuencia de las órdenes ya que se cuenta con la información del tiempo de duración de cada ciclo así como del tamaño óptimo del lote. Sin embargo, para los modelos estocásticos solo se puede calcular el punto de reorden o nivel de inventario de seguridad dada una probabilidad de déficit preestablecida y un tiempo fijo de entrega.

Después de especificar los valores antes comentados se incluyen elementos que expresen los resultados a obtener, convirtiendo esta política en una herramienta útil, no solo para el proceso de toma de decisiones sobre la administración del inventario, sino también para el control y seguimiento de la misma, ya que permite detectar cualquier desviación de los objetivos trazados.

Finalmente se puede concluir que, acorde con lo propuesto en el procedimiento, el esquema de una política de inventario está compuesto por: 1. Clasificación multicriterio del inventario. 2. Núcleo de decisión basado en los resultados de un modelo de optimización. 3. Resultados a

obtener. Y que el mismo fue concebido de manera que aporte información suficiente y necesaria para poder realizar una adecuada administración de inventarios en esta entidad.

Aunque esto constituye únicamente un patrón que integra los elementos fundamentales a incluir, sin llegar a ser inflexible. Los responsables de la administración de inventarios de la empresa pueden auxiliarse de este formato para adaptarlo o crear uno que facilite la organización del trabajo.

De manera general el procedimiento propuesto se enfoca hacia la correcta administración de inventario que se sustentan en modelos de optimización e implican un amplio conocimiento del inventario, su demanda y los resultados que se esperan obtener.

## **CONCLUSIONES**

1. Con la sistematización de los referentes teóricos en la investigación sobre la gestión de los inventarios, se pudo constatar que a pesar de la importancia de esta partida en los resultados de las organizaciones empresariales, no se ha producido un avance relevante hacia la optimización de los inventarios con la utilización de la modelación matemática, en aras de la administración de los inventarios en las empresas.
2. El procedimiento propuesto posibilita la aplicación de métodos matemáticos en la administración de los inventarios en entidades productivas y de servicios, con utilidad para el proceso de planificación en venideros períodos, y de esta forma contribuir a la obtención de mejores resultados económicos productivos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Álvarez, M. (2006) Modelos Económicos Matemáticos II. Parte 2. Editorial Félix Varela
2. Acevedo, J y Gómez, M. (2005) Gestión de inventarios. Laboratorio logística y gestión de la producción.
3. Ballou, Vermorel. Administración de la cadena de suministros. México 2012
4. Benítez, S. (2011) Curso de Administración y Control de Inventarios.
5. Casanovas, A. (2000) Logística Empresarial.
6. Charles, A. (2005) Métodos cuantitativos para la toma de decisiones en la administración.
7. Jimenez, F. (2014). Aplicación de un procedimiento para la administración del inventario en Almacenes Universales S.A. Sucursal Las Tunas. <http://10.22.10.55/foro>.

8. Jimenez, F. (2015a). La administración del capital de trabajo en la gestión empresarial. <http://10.22.10.55/foro>.
9. Jimenez, F. (2015b). Perfeccionamiento de la gestión de inventarios en la Sucursal CIMEX mediante la aplicación de modelos económicos matemáticos. <http://10.22.10.55/foro>.
10. Tejero,A . (2000). La gestión operativa de la empresa.