



UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA

**DESARROLLO DE UN MODELO DE CONTROL DE INVENTARIO PARA LA
EMPRESA NOVACERO S.A.**

ALUMNA: Marcia Salazar Rodríguez.

TUTOR: Dr. Gustavo Vulcano.

AÑO: 2011

LUGAR: CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES.

**AGRADECIMIENTO.**

Gracias a mi tutor, el Dr. Gustavo Vulcano por toda su ayuda incondicional, paciencia y conocimientos aportados en la elaboración de este trabajo.

Gracias a Novacero, y especialmente al Ing. Roger Jaramillo, por permitir el desarrollo de este estudio y proporcionar toda la información requerida.

Gracias a mi madre y hermana por el apoyo y ayuda de siempre.



RESUMEN

Novacero es una sólida empresa ecuatoriana con más de 35 años en el mercado, que a pesar de su trayectoria ha sufrido de manera constante quiebres de stock de sus productos, especialmente de la varilla de construcción de 12 x 12 metros, producto de altas ventas y rotación, debido a un poco adecuado modelo de manejo del inventario, lo que ha producido pérdida de ventas y por tanto de sus ganancias. En vista de este panorama, se decidió realizar el presente trabajo que tiene como fin el determinar la posibilidad de generar un modelo de manejo de inventario que permita en última instancia mejorar los costos asociados al manejo de las existencias, y que a su vez permita el resolver estos problemas generados. Se partió por tanto del análisis de la información referente a la demanda, y los costos asociados al inventario. Como resultado, se recomendó la implementación de la Cantidad Económica de Pedido y Punto de Reorden que permita reducir los quiebres de stock o controlar el excesivo inventario.

Adicionalmente, se estimaron los costos asociados a la política actual del inventario así como aquellos generados por el modelo propuesto. Como resultado se estimó un ahorro de alrededor de un 60% de dichos costos, por lo que es recomendable el que Novacero implemente este modelo, con el fin de eliminar los problemas relacionados al manejo del inventario. En última instancia, el implementar este modelo permitirá a la compañía permanecer competitiva dentro de su industria.

PALABRAS CLAVE.

Cantidad Económica de Pedido.

Punto de Reorden.

Costo de pedir inventario.

Costo de mantener inventario.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	5
DESARROLLO TEÓRICO.....	10
DESCRIPCIÓN DE DATOS.....	22
PROCESAMIENTO DE DATOS, CÁLCULO DE LA CEP Y DEL PUNTO DE REORDEN.	26
CONCLUSIONES	35
BIBLIOGRAFÍA.	37
ANEXOS	39

INTRODUCCIÓN

El entorno económico actual, caracterizado por la creciente globalización y consecuente aumento de la rivalidad entre empresas, obliga a las organizaciones a mejorar su desempeño, con el fin de ser competitivos dentro de este contexto complejo. En este marco, la gestión eficiente y eficaz de la logística constituye un elemento crucial para el éxito de las organizaciones y por ende, para el desarrollo económico de los países. Un estudio llevado a cabo por el Banco Interamericano de Desarrollo respecto a la logística, como motor de la competitividad en América Latina y el Caribe ubica a esta actividad “como un elemento crucial de la competitividad y del rendimiento económico” (Guash, 2011,p.2) y que en última instancia tiene un impacto en la disminución de la desigualdad y la pobreza. El estudio da un diagnóstico de cómo ha sido el desempeño de América Latina y el Caribe (ALC), y los datos que presenta son muy reveladores, así por ejemplo, indica que en esta región los costos logísticos, que incluyen los de transporte, licencias, permisos y procedimientos aduaneros, inventarios, almacenaje, deterioro o pérdidas durante el transporte, entre otros, oscilan entre un 16% y 26% como porcentaje del PIB, frente a un 9% de los países que conforman la Organización para la Cooperación y Desarrollo económico (OCDE), que se caracterizan por una industria desarrollada y competitiva. Estos mismos costos en ALC llegan a ser entre un 18 y 25% del valor del producto, cuando en el OCDE el porcentaje es de aproximadamente un 8%. Aún más importante es indicar que dentro de los costos logísticos de un producto, el 18% aproximadamente corresponden a inventarios y un 19% a almacenamiento. Estos datos indican los retos a los que se enfrentan los países de América Latina para integrarse a un mercado cada vez más global, y también los desafíos que enfrentan las industrias en materia logística.

En Ecuador, una de las industrias pilares de la economía es la siderúrgica. El acero hizo su aparición en el mundo en la segunda mitad del siglo XIX, alcanzando su máximo potencial en el siglo XX, mientras que en el país su nacimiento es reciente. Aparece a finales de la década de los 60 e inicios de los 70. Como ha sucedido a escala mundial, esta industria ha alcanzado un gran crecimiento en estos 40 años siendo fundamental para el progreso de la economía, dado que cumple un importante papel en la construcción de la infraestructura nacional.

En vista de las oportunidades de mejora que existen en el campo logístico en toda Latinoamérica, pero particularmente en Ecuador, y considerando que las empresas acereras son fundamentales para la economía, se justifica el realizar un estudio que permita introducir cambios en el área logística dentro de una de las empresas líderes de la industria, como lo es Novacero.

La empresa nace en 1973 como Armco, fruto de la inversión de capital norteamericano en el país. Dentro de sus actividades principales estaba el de elaborar productos viales como alcantarillas, puentes, guardavías. Diez años más tarde, se decide ampliar la línea de productos ofrecidos, por lo que se construye una planta especializada en la elaboración de laminados en caliente como ángulos, platinas, barras, tees y conformados en frío, es decir, tuberías, planchas y perfiles. La gama de productos ofrecidos se completará tres años más tarde con la fabricación de cubiertas metálicas de Aluzinc. En 1994, la empresa es adquirida por inversionistas ecuatorianos, quienes dos años más tarde construyeron una tercera planta de producción, que permitió a la institución mejorar su presencia en las regiones de la Costa y Austro del país. En el año 2005, y tras una importante inversión, Novacero inició la fabricación del que es su principal producto, la varilla corrugada, que actualmente representa el 30% de las ventas totales de la empresa, alcanzando, un crecimiento de 28.67% desde que inició su fabricación. El constante incremento de las ventas, desde que el producto hizo su aparición en el mercado, implicó desafíos para la logística, encontrando su principal preocupación en mantener un nivel adecuado de unidades en stock que permitiera satisfacer las necesidades crecientes. Un tema no menor fue el que la fabricación de este nuevo artículo se hacía en la misma maquinaria empleada para la elaboración de otros productos laminados, por lo que cada lote fabricado debía ser muy similar a la venta esperada, caso contrario, los pedidos adicionales, y no considerados en el programa de producción, tendrían que esperar aproximadamente un mes para su preparación, tiempo excesivo que muchos de los clientes no estaban dispuestos a esperar, considerando que en el mercado existen otras alternativas. Tampoco se quería descuidar las existencias de los otros artículos que ya estaban posicionados en el mercado y cuya venta generaba ganancias, por lo que se hacía necesario el encontrar una manera de hacer foco en la fabricación de los elementos que mayor venta promedio había presentado durante varios meses del año. Así, utilizando este criterio se clasificó a todos los productos laminados en tres categorías: A, B, C. Utilizando estas categorías



se determinó el tiempo total que se requeriría para fabricar una cantidad igual a la demanda histórica registrada, confeccionando, con mayor frecuencia, aquellos artículos ubicados en el grupo A. Pese a los intentos, los cálculos no se han ajustado a la demanda real, teniendo brechas importantes entre lo fabricado y lo requerido en el mercado, especialmente para el producto de mayor rotación, la Varilla de 12x12 metros. Esta situación ha llevado a que durante el año 2011 y 2012 haya existido varios quiebres de stock para este producto en particular. No se puede determinar el valor económico de las pérdidas por la falta de inventario de este artículo, debido a que dentro de la organización no hay registros de estos datos, sin embargo, se puede deducir que siendo el producto de mayor rotación las pérdidas son considerables.

De lo descripto anteriormente resulta relevante preguntarse, por un lado, qué tan eficiente ha sido la política y sistema de administración de inventarios, manejada actualmente por Novacero, particularmente para su producto varilla de construcción y, por el otro si existe algún método de administración que permita conocer y mantener el nivel óptimo de inventarios, que aumente las ventas y minimice los costos de ventas del producto varilla de construcción.

Dado este panorama, el objetivo general del presente estudio es determinar el sistema adecuado de manejo de inventario que permita aumentar las ventas y minimizar los costos, en el mediano plazo, del producto Varilla de Construcción, pero enfocando el análisis a la varilla de construcción de 12x12 metros, por ser la de mayor rotación. Se podría pensar que una mejora en la administración del inventario de este producto daría lugar a una disminución en las ventas del resto de artículos, sin embargo, las necesidades respecto a cada ítem son específicas, que implica que no existe sustituto para cada uno de éstos. Por lo que implementar un sistema de administración de inventarios enfocado en la Varilla de 12x12 supondría un beneficio para la empresa.

Por su parte, los objetivos particulares de este análisis son:



- I. Recolectar y procesar datos de la demanda histórica de la varilla de construcción de 12x12 metros de los años 2011 y 2012, con el fin de determinar la estacionalidad o no de ésta.
- II. Recolectar los datos referentes a los costos asociados al manejo del inventario con el fin de determinar cuán óptima es la política de manejo de inventario utilizada actualmente por Novacero, de cara a sus costos.
- III. Determinar el nivel óptimo de inventario para el producto varilla de construcción de 12x12 metros, que mejore la gestión comercial y minimice costos.

De acuerdo a los datos de ventas registrados, nos interesa saber si ¿Existe algún método que permita a Novacero determinar de manera exacta la cantidad de artículos de varilla de construcción de 12x12 metros que se debe tener en stock para atender al menos el 95% de la demanda? ¿Es necesario, de acuerdo a la naturaleza del negocio, determinar un stock de seguridad?, de ser así, ¿Cuál será la cantidad requerida?, ¿Qué factores se deberán considerar dentro del cálculo del inventario, con el fin de que éste sea óptimo? Estos interrogantes guiarán nuestro trabajo, que buscará demostrar que el diseño e implementación de un sistema de administración de inventario para el producto Varilla de Construcción de 12x12 metros, que considere el comportamiento histórico de la demanda, permitirá aumentar las ventas, disminuir costos, cumplir con los niveles óptimos de inventario y afinar la política referente a estos.

Con el fin de cumplir con los objetivos propuestos, el estudio se desarrolla en varias secciones. La primera corresponde a la introducción, donde se presentan los antecedentes que guían esta investigación, la problemática encontrada y los objetivos que se pretenden alcanzar con este trabajo.

La segunda sección está constituida por la estructura teórica que se basa en una revisión de la literatura que sirve de sustento para la investigación, y que incluye la descripción y explicación de las herramientas, conceptos y términos empleados.

El tercer capítulo trata de la metodología empleada en el proyecto. Se indican las herramientas utilizadas para la recolección de los datos, los pasos que se siguieron para este fin, los métodos



utilizados para la obtención de resultados, y con esta información se realizó un análisis de la situación actual de la empresa.

En el cuarto capítulo se desarrolla el sistema de administración de inventarios, con base a lo desarrollado en el marco teórico y a la información obtenida en el análisis de situación actual.

El quinto capítulo trata de las conclusiones que se desprenden del estudio realizado.



DESARROLLO TEÓRICO

Los inventarios son, para muchas organizaciones, una preocupación fundamental. Esto se debe a que “son recursos ociosos que poseen valor económico” (Monks, 1998, p.222) y que ocupan un lugar importante dentro de los activos de la organización. De su adecuado manejo depende el desarrollo de todo el potencial de la cadena de valor. Una cantidad insuficiente de inventario podría causar la paralización de la producción, la disminución de las ventas y clientes insatisfechos. Por otro lado, el exceso de inventarios se traduce en costos altos de operación, afectando la rentabilidad del negocio. Ambas posturas son contradictorias, por lo que la gestión del administrador de los inventarios será fundamental, ya que deberá “equilibrar las ventajas y desventajas tanto de los inventarios altos como bajos y encontrar el justo medio entre los niveles” (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008). Ante este panorama, resulta de utilidad el conocer los beneficios e inconvenientes de ambas posiciones, previo a la toma de decisiones. Dentro de las presiones para mantener niveles de inventario elevados, está lo indicado por Krajewski, et al (2008) en su texto: “la creación de inventarios puede acelerar las entregas y mejorar la puntualidad en el reparto de las mercancías. Los niveles altos de inventario reducen las posibilidades de que se produzcan desabastos y pedidos aplazados”, que pueden derivar en descuentos, que compensen los inconvenientes ocasionados por el atraso en el despacho de las órdenes, y en última instancia en la pérdida de clientes. Sin embargo, éste no es el único motivo por el que las organizaciones incrementan sus inventarios. A lo anterior se suma las ventajas que se pueden obtener en costos. Los gastos de preparación de las máquinas, en caso de fabricar un artículo, que incluye el material desperdiciado, las operaciones de rectificación, la mano de obra y el tiempo de reacondicionamiento de la maquinaria, así como el costo de hacer pedidos, que se genera cada vez que se prepara una orden, son independientes del tamaño de lote, por lo que resultaría económicamente conveniente elaborar un número grande de unidades y el excedente almacenarlo como inventario. Por otro lado, los mismos autores indican que “tener inventario disponible permite realizar más embarques con cargas completas y minimiza la necesidad de acelerar los embarques utilizando otros medios de transporte más costosos.” (p. 464). La frecuencia con la que se paga a los proveedores se reduce con niveles grandes de inventario, esto faculta a la compañía de disponer de un mayor capital de trabajo, pero además, compras voluminosas de material permiten acceder a descuentos por volumen.



En contraposición, se busca mantener inventarios bajos con el fin de controlar los costos en los que se incurre como resultado de su manejo. Dentro de éstos, está el costo de oportunidad o de capital, el de almacenamiento y manejo e impuestos, seguros y mermas. El primero, el de oportunidad, hace referencia a la rentabilidad que se deja de recibir como resultado de destinar el dinero para acumular ítems, en lugar de invertir en otra actividad productiva. Si el dinero viene de un préstamo, entonces el costo corresponde a los intereses que se devengan para saldar esta cuenta. Respecto al almacenamiento y manejo, se debe considerar los gastos generados por mover el inventario dentro y fuera de un almacén, que si no es propio, también debe ser etiquetado como un desembolso. Además, mientras mayor sea el número de artículos almacenados, mayor serán los impuestos gravados como consecuencia de esta acumulación, al final del período fiscal. Finalmente, dentro de las mermas hay que considerar las pérdidas por robos, obsolescencia y deterioro, que serán mayores mientras más grande sea el volumen del inventario, por lo que resulta lógico asignar capital para la contratación de seguros que ayuden a reducir las pérdidas asociadas a estas acciones.

Independientemente del número de artículos a acopiar, el mantener inventario es fundamental para el desarrollo de las organizaciones. Schroeder (1998) indica cuatro razones que justifican el que las empresas mantengan reservas de sus productos. La primera hace referencia a la protección que brinda el inventario contra las incertezas que existen respecto a la demanda, al tiempo de consumo y a la oferta. El tener stock protege a la industria y sus operaciones de proveedores o trabajadores poco confiables, tiempos de entrega largos y cambios inesperados en los programas de producción. La segunda se relaciona con condiciones económicas ventajosas de producción y compra, es decir, aprovechar economías de escala a través de prorratear los costos que se generan por la preparación y puesta en marcha de la maquinaria entre un número grande de unidades, así como el producir grandes lotes para beneficiarse de descuentos en compras a proveedores. La tercera es el anticiparse a cambios en la oferta, ante un encarecimiento de la materia prima, por ejemplo, es mejor abastecerse de manera anticipada. El último argumento indica que el mantener inventario entre las diferentes etapas del proceso de fabricación garantizaría un flujo continuo de componentes, evitando que pare la producción por falta de materiales entre procesos. Por lo tanto, la gestión eficiente del inventario no se relaciona con determinar si se tiene o no existencias, sino más bien tiene que ver con fijar de manera



precisa cuánto ordenar, cómo ordenar y qué sistema de control utilizar, es decir, con solventar los problemas de decisión del manejo del inventario.

El mismo autor citado anteriormente (1995) indica que “muchos problemas de decisión de inventarios se pueden resolver mediante la utilización de criterios económicos. Sin embargo, uno de los prerrequisitos más importantes es el entender la estructura del costo” (p.458). Reid y Sanders (2005) reconocen cuatro costos relevantes asociados al stock: el costo del objeto, el costo de tenencia o conservación, el costo de ordenar un pedido y el costo de escasez de un ítem, que será explicado brevemente, pero no considerado en este trabajo puesto que se asume que en el modelo de administración de inventario a desarrollar no habrá carencia del mismo.

El costo del ítem incluye la mano de obra directa, los materiales directos y los gastos generales de fabricación, en el caso de que el producto sea manufacturado, como es el nuestro.

Los costos de conservación, tenencia, de mantener o de mantenimiento están directamente relacionados con el volumen de inventario conservado por la compañía: a mayor inventario, mayor será el gasto. Chase, Jacobs y Aquilano (2009) incluyen dentro de esta categoría “los costos de las instalaciones de almacenamiento, manejo, seguros, desperdicios y daños, obsolescencia, depreciación, impuestos y el costo del capital”, y añaden “Como es obvio, los costos de mantenimiento suelen favorecer los niveles de inventario bajos y la reposición frecuente” (p.549).

El costo de ordenar se suscita cada vez que se coloca una orden de fabricación para reabastecer el inventario. Son costos fijos, es decir que no dependen del número de unidades a fabricar e incluyen los gastos administrativos y de oficina necesarios para preparar una orden. En el caso de una empresa manufacturera, estos últimos contemplan no solo el trabajo administrativo, sino que además implican la los de materiales a ser seleccionados y entregados en la fábrica, de acuerdo a lo indicado por Reid y Sanders (2005).

El costo de escasez se genera cuando la demanda excede al inventario. Frente a este escenario se tienen dos alternativas: cancelar el pedido o esperar la fabricación de los elementos requeridos. En cualquiera de los casos, se debe contabilizar las pérdidas generadas, es decir, estimar los



efectos de los clientes perdidos para el primer evento, o los gastos adicionales que se realizaron por cubrir los pedidos en una fecha posterior a la entrega esperada para el segundo caso.

Existen métodos matemáticos que permiten, determinar la cantidad óptima de material a fabricar, y además disminuir los costos antes descriptos y que están asociados al inventario. Uno de éstos es la Cantidad Económica de Pedido (CEP). Este modelo y su fórmula fueron, según Erlenkotter (1990), presentados inicialmente en 1913 por F.W. Harris en un artículo desarrollado para una revista de negocios, y desde entonces sus conceptos se han aplicado en la industria. La CEP nos permite conocer cuándo colocar una orden de reposición de material, y en qué cantidad, de tal manera, que se satisfacen los requerimientos del mercado y se minimiza el costo total anual del mismo (Reid y Sanders, 2005, pág. 429). Este concepto se enmarca dentro de uno de los dos sistemas de inventario de varios pedidos. La teoría, reconoce dos tipos, el Modelo P o de Período Fijo y el Modelo Q o de Cantidad de Pedido Fija, cuya finalidad, para ambos casos, de acuerdo con Chase et al (2009), es el “garantizar que una pieza estará disponible todo el año” a través de determinar la cantidad a pedir y el momento adecuado de poner un pedido. A continuación desarrollaremos el Sistema de Revisión Continua o Modelo Q, dejando a un lado el de Período Fijo, dado que no se ajusta a nuestro estudio.

El modelo Q se cumple bajo ciertas condiciones, estas son: se asume que la demanda es siempre la misma, es decir, es constante, conocida y es satisfecha en su totalidad. El reabastecimiento se lo hace a través de lotes completos, sin importar si son comprados o producidos, y para éstos no existen restricciones de tamaño, la cantidad solicitada es la misma que se recibe. El tiempo de entrega de los bienes es conocido y constante, por lo que se conoce con exactitud cuándo colocar una orden y siempre habrá producto para la venta, puesto que se asume que el reabastecimiento solicitado llega exactamente cuando el inventario llega a 0. Y por último, no se contempla descuentos por volumen e interacción con otros productos.

Ambos sistemas mencionados en el párrafo anterior reconocen las suposiciones expuestas, excepto aquellas que hacen referencia a la demanda constante y a la existencia de stocks, de acuerdo a lo indicado por Schroeder (1998).

El modelo puede representarse gráficamente de la siguiente manera:

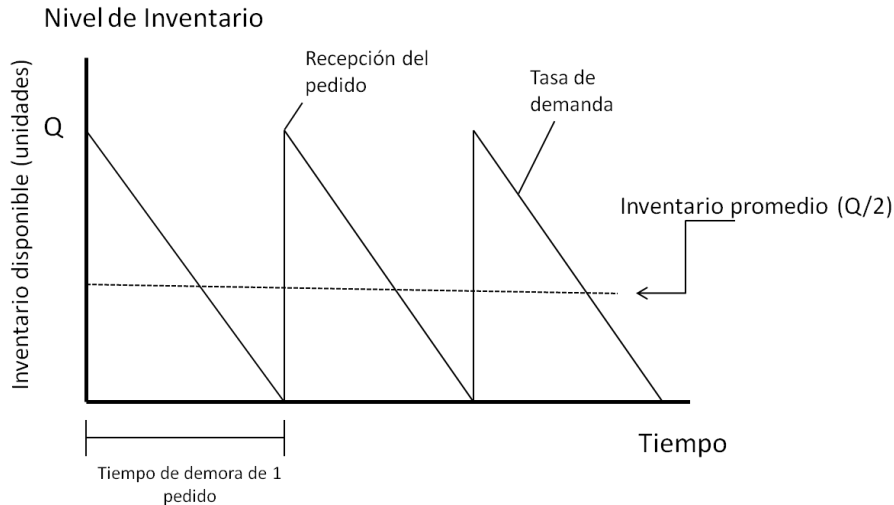


Figura 2.1 Niveles de Inventario de ciclo

Fuente: Adaptado de Krajewski, Ritzman, Halhotra (2008)

En el gráfico, Q representa el inventario total existente y por tanto $Q/2$ es el inventario promedio. La pendiente indica la demanda de producto, a tasa constante, que hace que el inventario disminuya hasta llegar a 0, momento exacto en el que se reabastece el stock, con una cantidad fija Q , que fue solicitada con anterioridad, en un punto determinado, conocido como de Reorden, (nivel de inventario que determina el momento adecuado de colocar una orden), y que para su establecimiento se considera que los valores correspondientes al tiempo de entrega y demanda son constantes y conocidos.

Para el caso de la Cantidad Económica de Pedido el gasto total anual del inventario está conformado por la suma de dos componentes, el costo anual por mantenimiento de inventario y el costo anual de hacer el pedido, que se resume en la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Q}{2}(H) + \frac{D}{Q}(S) \quad (\text{Ecuación 1})$$



Donde:

C = Costo total anual del inventario del ciclo.

Q = Tamaño del lote o cantidad a ser ordenada, en unidades.

H = Costo anual de mantener una unidad en inventario.

D = Demanda anual.

S = Costo de preparar un lote o hacer pedidos.

Es importante indicar también que dentro de este método el costo total mínimo resulta cuando los costos anuales de ordenar igualan a los costos de mantenimiento (Reid y Sanders, 2005), esto se puede traducir gráficamente como sigue:

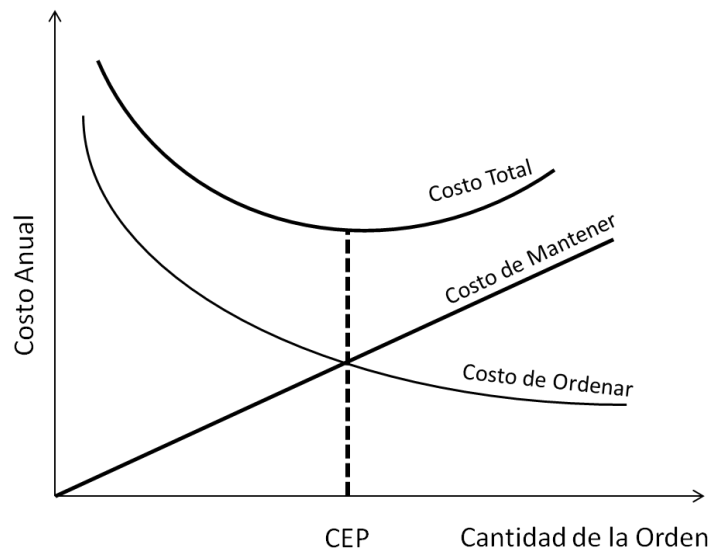


Figura 2.2 Costos de mantenimiento igualan a los costos de pedir

Fuente: Adaptado de Reid y Sanders (2005)

En la ilustración se observa que a medida que aumenta cantidad ordenada el costo de mantener es mayor, mientras que el costo de ordenar decrece, en virtud de que se solicitan menos pedidos.

De la (ecuación 1) se puede derivar la siguiente fórmula matemática que permite calcular la Cantidad Económica de Pedido para un artículo, que mantiene la cualidad de minimizar los costos asociados al inventario:

$$CEP = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

D= Demanda anual en unidades.

S= Costo del pedido o preparación de las máquinas.

H= Costo de mantenimiento.

Una de las preocupaciones que puede resultar del uso de esta fórmula tiene que ver con calcular adecuadamente los costos involucrados, y el efecto que se genera cuando, a pesar de los esfuerzos, los valores están errados. Sin embargo, Krajewski et al (2008) indican que ante errores en las valoraciones de D, H y S, “el costo total es muy poco sensible a los errores, aun cuando las estimaciones estén equivocadas por un amplio margen. Esto se debe a que los errores tienden a cancelarse mutuamente y a que la raíz cuadrada reduce el efecto del error”. (p.474).

Por otra parte, las condiciones sobre las que se fundamenta el modelo pocas veces se cumplen en la realidad, este puede ser un obstáculo que impida su aplicación dentro de las organizaciones, aunque para el autor citado anteriormente puede ser una herramienta útil para determinar el tamaño de lote adecuado, con el cual se minimiza el costo total anual del mismo.

Cuando se maneja inventarios, las decisiones que se toman respecto a tiempo para solicitar el material y la cantidad a pedir se relaciona con las cantidades totales a mano que se tenga del producto o material, o lo que se conoce como posición de existencia, o como lo define Schroeder, el material disponible para la venta que considera también las cantidades que se incluyeron en una orden. En el Modelo Q, para poder tomar este tipo de determinaciones, los administradores del inventario revisan de manera continua las existencias. Cada vez que se realiza una transacción las cantidades del inventario son actualizadas. Si el número de artículos existentes baja de una posición determinada, conocida como punto de Reorden, entonces se coloca un pedido de reabastecimiento. Sin embargo, existen consideraciones más profundas que deben tomarse en cuenta, y que se desarrollarán en seguida.

Dos circunstancias que contradicen los supuestos contemplados en la Cantidad Económica de Pedido, son la variabilidad de la demanda y en el tiempo de entrega, que se suscitan en la realidad. Una manera de hacer frente a estas condiciones es adaptar el modelo de tal forma que se cuente con inventario de seguridad, definido por Chase et al (2009) como “las existencias que se manejan además de la demanda esperada” (p.558) y cuyo objetivo principal es precisamente afrontar esta inestabilidad. Chase et al indican que hay diversos criterios para determinar el valor del stock de seguridad, como por ejemplo, el número de semanas de suministro de un determinado bien, pero también señalan que la mejor manera de calcular su valor es considerando la variabilidad de la demanda. En este planteamiento se cree que la demanda tiene una distribución normal, durante el tiempo de espera, con una media y desviación estándar y considera la probabilidad de quedarse sin inventario, por lo que va de la mano con la selección de una política de nivel de servicio esperado, que consiste precisamente en la probabilidad de que la demanda no exceda el inventario existente durante el tiempo de entrega. Así por ejemplo, establecer un nivel de servicio del 97% indicará que existe una probabilidad del 3% de que exista desabasto del producto durante el período de reaprovisionamiento. De acuerdo a Monks (1998) el nivel de servicio puede expresarse como un porcentaje bajo el área de la curva y el nivel del stock seguridad puede calcularse en función del número de desviaciones estándar con respecto a la media, tal como se ilustra en la figura 2.3:

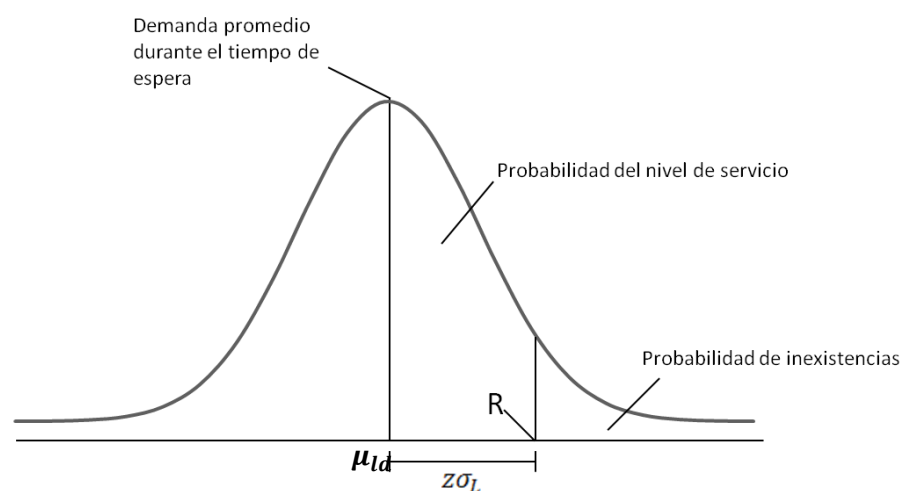


Figura 2.3 Distribución de probabilidad de la demanda y cálculo del inventario de seguridad.

Fuente: Adaptado de Schroeder (1998)



Un tema importante dentro de esta curva de distribución normal, que se presenta durante el tiempo de espera, es el punto R, o de Reorden, que indicará el momento de realizar un nuevo pedido, considerando la posición actual del inventario.

Cuando no existe incerteza en la demanda, el Punto de Reorden R es igual a la demanda que se suscita durante el tiempo de espera del reabastecimiento, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$R = dL \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

R= Punto de reorden en unidades

d= Demanda diaria en unidades

L= Tiempo de entrega en días

De acuerdo por lo expuesto por Vulcano (2013), cuando la demanda durante el Tiempo de Entrega sigue una distribución normal con media μ_{ld} , (donde $\mu_{ld} = d \times L$) y desvío estándar σ_{ld} , se puede calcular el punto de Reorden usando una hoja de cálculo Excel, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R = \text{NORMINV}(SL, \mu_{ld}, \sigma_{ld}) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

R= Punto de Reorden.

NORMINV= Distribución Normal Inversa.

SL= Nivel de Servicio esperado.

μ_{ld} = Media del Tiempo de Entrega

σ_{ld} = Desviación estándar del Tiempo de Entrega.



Sin embargo, cuando existe ambigüedad respecto a la cantidad solicitada y el tiempo de espera, como sucede en este análisis, la igualdad presentada se modifica de la manera siguiente:

$$R = dL + SS \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

$SS =$ Stock de seguridad en unidades

Para el cálculo del stock de seguridad se debe multiplicar “el número de desviaciones estándar, con respecto a la media que se requiera para aplicar el ciclo del nivel de servicio, z , por la desviación estándar de la demanda en la distribución de probabilidad, σ_L durante el tiempo de entrega” (Krajewski et al, 2008, p.478):

$$SS = z\sigma_L \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

$z =$ Número de desviaciones estándar para una probabilidad de servicio específica

$\sigma_L =$ Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

El valor de z por tanto me ayudará a controlar el Punto de Reorden y el nivel de servicio deseado, así pues con un valor grande de z se tendrá un Punto de Reorden alto y un nivel de servicio elevado

Por otra parte, tal como se había indicado anteriormente, si $\mu_{ld} = d \times L$ entonces la Ecuación 5 puede ser reemplazada de la siguiente manera:

$$R = \mu_{ld} + SS \quad (\text{Ecuación 7})$$

Por lo que si en la práctica tenemos el valor correspondiente al Punto de Reorden, y conocemos la media del Tiempo de Entrega μ_{ld} , podemos obtener el valor del Stock de Seguridad, despejando la incógnita de la ecuación 6:

$$SS = R - \mu_{ld} \quad (\text{Ecuación 8})$$



Para los casos en los que el tiempo de entrega es variable, la fórmula del Stock de Seguridad debe corregirse, y así reflejar esta variabilidad:

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma^2 L + d^2 \sigma_t^2} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

σ_L = Desviación estándar de la demanda durante el tiempo de entrega

σ = Desviación estándar de la demanda.

L = Tiempo de entrega en días.

d^2 = Demanda diaria en unidades elevada al cuadrado

σ_t = Desvío estándar del tiempo de entrega.

*Tanto L como d , deben estar en la misma unidad de tiempo.

De acuerdo a Piasecki (2001), la Cantidad Económica de Pedido es un modelo fundamental para el manejo del inventario, del cual muchas organizaciones no se están beneficiando, a pesar de poseer tecnología de punta, que facilitaría aún más su implementación. El autor señala varias causas de este problema: actualmente, existen en el mercado programas de computación que proporcionan automáticamente los valores CEP, aun cuando los usuarios desconocen la información requerida, el cálculo que se debe realizar y la disposición del sistema, parámetros de los cuales dependen los resultados obtenidos, de ahí que cuando el producto parece salirse de control, éste es ignorado. Aún más importante, los datos de los que se alimentan estos programas son poco exactos, por lo que los cálculos realizados son erróneos, Krajewski (2008) concuerda con esta aseveración e indica que la precisión de los datos utilizados es crucial para el éxito del modelo, independientemente del sistema que se emplee. Los fracasos en la utilización de la Cantidad Económica de Pedido y el punto de Reorden responden, a criterio de Piasecki (2001) a la ignorancia por parte de la administración con relación a los conceptos sobre los que descansa este modelo. A estas dos circunstancias se aumenta una tercera. El conflicto que pueda existir entre los objetivos corporativos y las estrategias, con la CEP (Piasecki ,2001). Muchas



organizaciones miden el rendimiento en el manejo del stock a través de indicadores de inventario tales como la rotación, y buscan valores elevados de este indicador, sin considerar que tal acción puede generar altos costos operacionales, olvidando que la fórmula que sustenta la CEP permite alcanzar el mínimo nivel de los costos asociados a su manejo, por lo que su aplicación podría ser beneficiosa para la organización, aún cuando no pueda ser aplicada a todas las situaciones del inventario (Piasecki, 2001).



DESCRIPCIÓN DE DATOS.

La implementación del modelo CEP dentro de una organización debe partir del compendio de información relativa a las ventas, a los tiempos de entrega de una orden, a los costos fijos, de mantener y de hacer un pedido. De esta manera, nuestra investigación arrancó precisamente con la recopilación de los datos respecto a los despachos de varilla de construcción, producto objeto de nuestro estudio, registrados durante los años 2011 y 2012. Se seleccionaron dos años únicamente, por considerar que los valores que estos aportan son representativos del comportamiento de este artículo.

Las cifras se obtuvieron de la base de datos de la compañía. El software utilizado por Novacero proporciona cantidades clasificadas de acuerdo al año en el que se registraron tanto los ingresos y entregas de producto a los clientes, así como también las bodegas asignadas para almacenar el producto y desde las que se efectuaron tales operaciones, esto es, Lasso y Guayaquil, denominadas LB y GB respectivamente. Por otro lado, existe tanto en el sistema como físicamente, la bodega Quito o QB, que por políticas de la empresa no acopia el producto objeto de nuestro análisis, pero que sin embargo, durante los años de estudio registró transacciones. Durante este tiempo, la empresa decidió producir en exceso varilla y acopiarla en QB. Esta decisión buscaba reducir al máximo la posibilidad de romper stock y desatender a la demanda. Ante esta situación, se consideraron los ingresos y egresos de material registrados dentro de esta bodega, y estos valores fueron añadidos a los datos de Lasso, dado que la mayor cantidad de transacciones se realizó hacia y desde este centro. Por otro lado, para mejorar la exactitud de la información, se tomaron en cuenta las devoluciones de material registradas y las transferencias realizadas entre las distintas bodegas. Así, se garantizó que los datos obtenidos correspondían exclusivamente a la demanda del producto, y no a otro tipo de movimiento de material.

Una vez que se tuvo toda la información, ésta fue ingresada a una hoja Excel con el fin de organizarla. Una porción de ésta se anexa al final del documento, con el fin de ilustrar el proceso que se siguió. En este sentido, el primer paso consistió en identificar los días en los que no se contó con inventario para la venta de aquellos en los que no hubo demanda y los que correspondían a feriados o fines de semana. Se presentaron dificultades para determinar y diferenciar los días en los que hubo quiebre de stock de aquellos en los que no hubo venta alguna, debido a que en la organización no se hace un seguimiento y control de estos datos por



no considerarlos relevantes dentro del método diseñado por los encargados de producción para planificar la fabricación mensual del artículo o para proyectar las ventas. Si bien es cierto quien genera los planes de producción analiza la demanda de meses anteriores, dentro de estos datos no constan las ventas que dejaron de ser atendidas y sus respectivas causas, por lo que trabaja con datos poco precisos. El registro de los requerimientos de material por parte del cliente se lo realiza manualmente. Éste solicita un determinado material a través de llamadas telefónicas, por correo electrónico o directamente al vendedor cuando lo visita, quien a su vez anota estas necesidades manualmente en un formato pre impreso y diseñado para este fin. Si se constata que el producto solicitado no existe en stock, simplemente se desecha el formulario y no se apunta esta operación fallida. Por otra parte, hubo varios intentos de adaptar el sistema utilizado por la empresa para que se realice el registro de las ventas perdidas y relacionarlas con los motivos de no poder finalizar la transacción, poniendo especial énfasis en aquellas relacionadas con la carencia de inventarios. Se insistía en rastrear estos datos, en vista de que la información respecto a la gestión de la empresa, que estos aportaban era absolutamente esclarecedora y en este sentido permitiría detectar oportunidades de mejora. Sin embargo, el proyecto no progresó debido a que las gerencias involucradas y el personal comercial, no consideraron que estos datos serían de aporte en la administración de ventas o producción, y al contrario, estimaron que realizar estas anotaciones implicaría una carga adicional de trabajo absolutamente innecesaria, dado que las ventas se realizaban e incluso crecían. Así, se tuvo que recurrir a reportes adicionales para inferir las fechas con stock 0 y las de demanda 0, y pulir nuestra información.

El siguiente paso consistió en representar gráficamente la demanda y entender cómo ésta se había comportado, utilizando las opciones de la hoja de cálculo. Con este entendimiento se procedió a recolectar el detalle de los costos involucrados en el modelo y el tiempo de entrega de una orden. Respecto a lo segundo, es decir el tiempo de despacho del material, la organización no posee datos históricos. En este sentido, se considera importante tener una capacidad de reacción relativamente rápida (entre 15 y 21 días), en caso de que hubiera una venta puntual que no pudiera ser atendida. Si la cantidad solicitada es grande tanto en monto como en unidades o peso, entonces, se modifica el plan de producción para atender este requerimiento puntual, caso contrario, se emite, a través del personal de ventas, una disculpa verbal y se remite al cliente a algún distribuidor, que trabaja con nuestras líneas de producto, que tuviera el material requerido.



Para solventar esta dificultad, esto es, la de no poseer datos históricos respecto al tiempo de entrega de un pedido, y en vista de que esta cifra es fundamental dentro de los cálculos del modelo, se recurrió a consultar al departamento comercial, para que a través de su experiencia indicara el tiempo que toma a producción preparar una orden. No se pudo contar con la información en este tema puntual del departamento de producción porque desconocía este dato, dado que no llevan un control al respecto, sino que más bien reaccionan ante las necesidades del área de ventas.

El determinar los costos relacionados con el modelo también presentó cierta dificultad. En relación al costo del ítem y al de ordenar, la información fue proporcionada por el departamento Contable de Novacero. Éstos son datos cruciales para muchos procesos e informes de la compañía por lo que son revisados constantemente y actualizados en caso de ser necesario, lo que garantiza la exactitud de los mismos. Sin embargo, esto no sucede con los costos de conservación del inventario. Dentro de la empresa se reconoce la necesidad de determinar este valor, sin embargo no se lo había realizado, porque los problemas diarios del trabajo no se relacionan con estos datos, y por tanto no existe la urgencia de su cálculo. La solución fue el prestar ayuda a los involucrados para obtener los valores respectivos. Para tal fin se calcularon las cifras de las categorías involucradas, con el fin de obtener un valor final, con lo cual se procedió al cálculo del CEP y del Punto de Reorden.

El recolectar toda la información requerida no fue una tarea sencilla. La metodología empleada actualmente por la empresa en la administración del inventario no considera datos importantes que impactan directamente al stock, como son los costos de mantener el inventario y los tiempos de entrega. El trabajar sin tomar en cuenta estas categorías lleva a determinar de manera arbitraria la cantidad de inventario a mantener, lo que puede derivar en excesos, con sus respectivos gastos adicionales, exponer a la organización a consecutivos quiebres de stock y consecuentemente a la pérdida de ventas, clientes y en definitiva a una planificación errada de la producción.

Es recomendable entonces, que la empresa inicie un proceso de recolección de datos. Sería importante el que se determine con precisión los días en los que se produjeron quiebres de inventario y se identifique claramente las ventas que se perdieron por no tener material



disponible. El implementar el modelo CEP permitirá optimizar la cantidad a pedir de la varilla, solventando los problemas de inventario y manejando de manera más eficiente los costos asociados al mismo. De forma indirecta, estas mejoras permitirán impulsar las ventas del producto, que finalmente impactarán en las ganancias y en su incremento, sin embargo el paso previo es el registrar los datos asociados a este método.



PROCESAMIENTO DE DATOS, CÁLCULO DE LA CEP Y DEL PUNTO DE REORDEN.

Previo al cálculo de la Cantidad Económica de Pedido y el Punto de Reorden para las dos bodegas estudiadas, fue necesario obtener y calcular los costos que se relacionan con este modelo, esto es, el costo de ordenar y el costo de conservación o mantenimiento del inventario.

Respecto al costo de ordenar, esta cifra fue facilitada por el departamento contable de Novacero. Debido a las implicaciones de este dato en muchos de los procesos del área de contabilidad, su cálculo había sido elaborado previo a este estudio, y su uso estaba ampliamente difundido dentro de la empresa. Así, los gastos fijos en los que se incurre cada vez que se coloca una orden de producción alcanzan un valor de 300 dólares, que incluye el trabajo administrativo necesario para preparar una orden de fabricación, el costo de preparar el equipo, así como el manejo físico de los materiales a utilizar en el proceso.

Por otro lado, el costo de conservación o mantenimiento del inventario es un dato que, pese a conocer su importancia, no había sido obtenido con antelación a este trabajo, por lo que su cálculo fue fundamental para poder avanzar con el estudio. De esta manera, para obtener el porcentaje con el cual se trabajaría el modelo, se debió obtener los valores respectivos a los siguientes renglones:

1. El costo de oportunidad o de capital, o beneficio que la empresa deja de obtener por invertir su dinero en el inventario, en lugar de otra actividad en la que pueda ganar un mayor beneficio. En este caso, se acordó trabajar con la tasa pasiva referencial, estimada en 4% anual.
2. Los costos del riesgo, que incluyen la obsolescencia, el daño o deterioro, el robo, y los seguros, que de acuerdo a la información contable alcanza un valor del 7%, y que considera los seguros, el deterioro por un mal manejo y los impuestos. Debido a la naturaleza del producto, Novacero considera que no existe obsolescencia.
3. Los costos de almacenamiento o los gastos adicionales en los que incurre la organización debido al crecimiento del tamaño del inventario. Para nuestro análisis, este valor implicaría el costo de utilizar la bodega QB, normalmente no destinada para el acopio de varilla, pero que durante el período de nuestro estudio fue utilizada para guardar el inventario adicional



que se había fabricado con el fin de evitar quiebres de stock. En este sentido, nuestro cálculo se orientó a obtener un costo por el uso del terreno y de las instalaciones, utilizando los propuesto por Piña (2012), en su artículo tenemos:

3.1. Terreno: Para establecer el costo del terreno se empleó la siguiente expresión:

$$\text{Costo del Terreno} = \frac{\text{Inversión en Terrenos}}{\text{Promedio de Inversión en Inventario}} \times \text{Costo del Capital}$$

(Ecuación 10)

En nuestro caso, los valores de cada rubro, relacionados con la varilla de construcción de 12x12, son los siguientes:

Costo de Capital: Definido por el área contable en 15%

Inversión en Terreno: 97,188 usd (5% del valor total del terreno, es decir, de 1, 943,760 usd, cifra obtenida del Balance General de la empresa al 31 de diciembre del 2011)

Inversión en Inventario Total de Varilla de 12x12m: 221,260.38 usd. (Cifra obtenida del Balance General de la empresa al 31 de diciembre del 2011)

De esta manera se tiene que:

$$\text{Costo del Terreno} = \frac{97,188}{221,260.38} * 15\%$$

$$\text{Costo del Terreno} = 7\%$$

3.2. Instalaciones: Para determinar el valor del edificio se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Costo de las Instalaciones} = \frac{\text{Depreciación anual de las Instalaciones}}{\text{Promedio de Inversión en Inventario}}$$

(Ecuación 11)

Para nuestro estudio los datos respectivos fueron los siguientes:

Depreciación Anual Instalaciones: 18,592.84 usd.

Inversión en Inventario Total de Varilla de 12x12m: 221,260.38 usd. (Cifra obtenida del Balance General de la empresa al 31 de diciembre del 2011)

$$\text{Costo de las Instalaciones} = \frac{18,592.84}{221,260.38}$$

$$\text{Costo de las Instalaciones} = 8\%$$

Así, el Costo de mantener inventario sería de: 4%+7%+7%+8%= 26% del costo por unidad.

Es importante indicar que para llegar a este valor se consideraron los principales costos asociados con mantener inventarios. El porcentaje obtenido, es por tanto una aproximación, que no afecta a los cálculos de la Cantidad Económica de Pedido, dado que la raíz cuadrada de su fórmula mitiga los errores que puedan existir.

La tabla 3.3 resume las cantidades obtenidas para dichos costos, mismas que permitieron a su vez realizar las operaciones necesarias para obtener la CEP, :

CONCEPTO	SÍMBOLO	VALOR	CÁLCULOS
DEMANDA ANUAL PROMEDIO (UNIDADES)	(D)	239,831	9224 UNIDADES QUINCENALES * 26 SEMANAS
COSTO DE ORDENAR (USD)	(S)	300	
COSTO DE MANTENER Inve. (USD)	(H)	1.94	26% de 7.47 USD (COSTO DÓLARES POR UNIDAD)

Tabla 3.3: Valores obtenidos para la Demanda Anual, el Costo de Ordenar y el Costo de Mantener Inventario. Bodega LB.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, debido al comportamiento de la demanda y a la incerteza del tiempo de entrega, se debió calcular el Punto de Reorden y el Stock de Seguridad. Sin embargo, el obtener estos valores implica un paso previo, como lo es el establecimiento del nivel de servicio deseado, que en el caso de Novacero es del 95%, que obedece a una decisión estratégica dada por la gerencia. Esto indica que de cada 100 pedidos realizados, la empresa estaría en posibilidad de cumplir con las entregas de 95 de estas 100 órdenes de compra, siendo incapaz de lograr el despacho de apenas 5 pedidos. Respecto al tiempo de entrega de los productos, se conoció que dicho período era de 21 días con variación positiva o negativa de 14 días. Así, para calcular el desvío estándar



del tiempo de entrega, asumimos que éste sigue una distribución uniforme, en vista de que éste puede tomar cualquier valor dentro de dos extremos (generalmente designados como a y b), con una misma probabilidad de ocurrencia. Por otro lado, de acuerdo a lo indicado por Suárez (2011), la varianza de una distribución de este tipo viene dada por la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{(b - a)^2}{12} \quad (\text{Ecuación 12})$$

De donde la desviación estándar es

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

a= mínimo valor de la distribución.

b= máximo valor de la distribución.

b-a= rango de la distribución.

Reemplazando en las ecuaciones 9 y 10 tenemos lo siguiente:

$$\sigma^2 = \frac{(35 - 7)^2}{12}$$

$$\sigma^2 = 65.33$$

$$\sigma = \sqrt{65.33} = 8.1$$

Los valores descriptos anteriormente se resumen en la tabla que se indica a continuación:



CONCEPTO	SÍMBOLO	VALOR	CÁLCULOS
TIEMPO ENTREGA (DÍAS)	(L)	21	
DESVÍO ESTÁNDAR DE TIEMPO DE ENTREGA (DÍAS)	σ_L	8.1	De acuerdo a fórmula de Distribución Uniforme
VARIANZA DE TIEMPO DE ENTREGA (DÍAS)	σ_L^2	65.61	8.1^2
Nº DE DÍAS LABORADOS EN 1 AÑO (DÍAS)	(N)	299	
DEMANDA MEDIA POR UNIDAD DE TIEMPO (UNIDADES / DÍA)	(d)	802	$\frac{D}{N} = \frac{239,831}{299}$
DESVÍO DE LA DEMANDA ANUAL	(S)	26372	Calculado de acuerdo a datos de demanda quincenal
VARIANZA DE LA DEMANDA POR UNIDAD DE TIEMPO (UNIDADES)	σ^2	2326000	$\frac{S^2}{N} = \frac{26,372^2}{299}$
NIVEL DE SERVICIO	SL	95%	

Tabla 3.4: Valores obtenidos para el Tiempo de Entrega, la Demanda, Días laborados al año y Nivel de Servicio. Bodega LB.

Fuente: Elaboración propia.

Los cuadros que se presentan en este capítulo permiten explicar los valores calculados para la bodega LB, sin embargo, los mismos procedimientos y tablas fueron empleados para obtener las cifras correspondientes a la bodega GB. Los cálculos respectivos se encuentran en el anexo 1.

La siguiente etapa consistió en la determinación de las cantidades del modelo CEP, para lo cual se empleó la información contenida en las tablas 3.3 y 3.4. De esta forma, la cantidad óptima de pedido para la varilla de construcción en la bodega LB, de acuerdo a lo indicado en la ecuación 2 del marco teórico, que considera únicamente la demanda anual y los costos de ordenar y mantener el inventario, es:

$$CEP = \sqrt{\frac{2 * 239,831 * 300}{1.94}}$$

$$CEP = 8,612 \text{ unidades}$$

Es así que cada vez que se coloque una orden de fabricación, ésta debe ser de 8,612 unidades, de tal forma que el costo de mantener el inventario y de pedir sea igual y se minimicen los costos asociados al inventario.

Adicional a este cálculo, se estableció el Punto de Reorden, que indica el mínimo nivel de inventario en el que una orden del producto debe ser solicitada para su fabricación. En el caso de nuestra empresa, los cálculos fueron realizados utilizando las herramientas provistas por una hoja de Excel, de acuerdo a la fórmula 4, explicada en el marco teórico y que se detalla nuevamente a continuación, donde se indica también el valor obtenido:

$$R = NORMINV(SL, \mu_{ld}, \sigma_{ld})$$

$$R = NORMINV(0.95; 16,844; 9,542)$$

$$ROP = 32,540 \text{ unidades}$$

Sin embargo, se debe considerar que el tiempo de entrega de una orden para el caso de Novacero, es de un período excesivamente largo, puede llegar a los 21 días, esto implica que una orden colocada tardará un ciclo de inventario adicional, es decir, que dentro de este período habremos de colocar 1 pedido agregado, con el fin de cumplir con el nivel de servicio determinado a nivel gerencial. De acuerdo a lo expuesto por Vulcano (2013), se puede obtener el número de ciclos en los que llega desfasada una orden a través del cociente entero entre μ_{ld}/CEP . Así, el Punto de Reorden a implementar considerará el valor de R calculado, menos el número de ciclos de stock que son requeridos hasta que llegue una orden, que se a su vez se multiplica por la Cantidad Óptima de Pedido o CEP, de acuerdo a lo que se presenta en el cuadro siguiente:

CONCEPTO	VALOR	CÁLCULOS
N° de ciclos de inventario hasta que llegue una orden	1	$\frac{\mu_{ld}}{Q^*} = \frac{16,844}{8,612}$
ROP a implementar	23,927	ROP CALCULADO - (N° DE CICLOS DE INV. x CEP) = (32,540 - (1*8,612))

De esta manera, la política óptima de inventario indicaría que cuando éste llegue a un nivel de 23,927 unidades, se tendrá que solicitar la producción de 8,612 unidades. Sin embargo, debido a la incerteza de la demanda y del tiempo entrega, es necesario establecer de manera adicional un

stock de seguridad que ayude a hacer frente a esta variabilidad, y satisfacer la demanda. En el caso de nuestro estudio el inventario de seguridad es el siguiente, de acuerdo a la ecuación 7:

$$SS = R - \mu_{ld}$$

$$SS = 23,917 - 16,844$$

$$SS = 15,696 \text{ unidades}$$

Por otra parte, calculando el gasto total anual del stock utilizando nuestro modelo CEP tenemos que:

$$C = \frac{Q}{2}(H) + \frac{D}{Q}(S)$$

$$C = \frac{8,612}{2}(1.94) + \frac{239,831}{8,612}(300)$$

$$C = 8,353,64 + 8,354.54 = 16,708.18 \text{ usd}$$

Donde:

C = Costo total anual del inventario del ciclo.

Q = Tamaño del lote o cantidad a ser ordenada, en unidades.

H = Costo anual de mantener una unidad en inventario.

D = Demanda anual.

S = Costo de preparar un lote o hacer pedidos.

Sin embargo, lo más importante sería el contrastar el costo calculado con los generados actualmente dentro de la organización, y que obedecen a la manera actual de llevar el inventario. De acuerdo a la información proporcionada por Novacero, se estimaba producir un tamaño de lote de 46,256.15 unidades, de acuerdo al cuadro que se presenta a continuación:



Producto				Demanda			T_req prod. (min)	Tiempo C/O (min)	Tamaño Lote (D75%)	Producción en Cantidad
Categ.	Descripción	Código	Peso (Kg)	Prom. diaria (u)	Prom. diaria (Tn)					
A	VC 12 X 12	LVC01212	10.66	11,525.71	122.82	3,193.27	12,124.95	200.00	493,069.29	46,254.16

Tabla 3.5: Tamaño del Lote a producir en Toneladas y Unidades. Bodega LB.

Fuente: Departamento de Operaciones. Empresa Novacero.

Utilizando esta información, se puede calcular los costos asociados a este tamaño de lote:

$$C = \frac{46,254.16}{2}(1.94) + \frac{239,831}{46,254.16}(300)$$

$$C = 44,866.5 + 1,555.52 = 46,422.02 \text{ usd}$$

Comparando ambas informaciones se obtienen los siguientes valores:

COSTO ANUALES		COSTOS ANUALES CON BASE AL CEP	
Costo anual por hacer pedidos	1,555.52	Costo anual por hacer pedidos	8,353.64
Costo anual por mante de Inv.	44,866.5	Costo anual por mante de Inv.	8,354.54
Costo anual del inventario	46,422.02	Costo anual del inventario	16,708.18
Ahorro Total		29,713.84	

Tabla 3.6: Costos Anuales Actuales y Propuesto a través del modelo CEP. Bodega LB.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la política actual utilizada por Novacero, el costo de hacer pedido (1,555.52) es mucho menor frente al valor obtenido si se utiliza la CEP propuesta (8,353.64), pero este ahorro se contrasta con el costo anual de mantenimiento del inventario que actualmente es mayor (44,866.5) frente al que se manejaría si se empleara la cantidad óptima de pedido (8,354.54), esto indica que en el método recomendado la compañía tendría que almacenar menor cantidad de inventario en su bodega, por lo que este costo sería menor.

Tal y como se demuestra en la tabla 3.6, la política actual con la que se maneja el stock genera un gasto de 46,422.02 usd, una cantidad grande comparada con los 16,708.18 usd que costaría implementar la nueva política desarrollada en este trabajo.



Por otra parte, en el método recomendado, los valores calculados para el costo de hacer pedidos y el de mantener inventario son similares, debido a los cálculos de la Cantidad Económica de Pedido, misma que, como se mencionó con anterioridad, indicará la cantidad óptima de pedido cuando estos costos han sido reducidos al mínimo.

Finalmente, con la política actual manejada por Novacero, se contempla un nivel de servicio del 75%. Con este valor, se establece un lote mínimo de producción de 48,510 unidades. Esta cantidad en nada satisface la decisión gerencial de atender al 95% de los clientes, sin embargo es aceptada, debido a que el aumentar este porcentaje implica un volumen mayor de inventario, el consecuente incremento de los costos asociados, y la falta de lugar físico para su almacenamiento. En este trabajo se plantea el nivel de servicio superior, aunque el stock no sobrepasa las 32,539 unidades, y sin embargo la empresa está en condiciones de atender un mayor número de clientes: 95 pedidos de cada 100 que se realicen.



CONCLUSIONES

El modelo utilizado actualmente por Novacero para el manejo del stock ha demostrado ser ineficiente. Se ha evidenciado períodos en los que la empresa no contó con el suficiente inventario para afrontar la demanda, lo que a su vez generó que existan épocas en las que ocurría todo lo contrario, esto es, un exceso de stock, con el fin de evitar quiebres y poder cumplir así con el nivel de servicio fijado por la gerencia, respondiendo de esta manera a una exigencia estratégica. Esta forma de llevar el inventario, impacta directamente en los costos de la compañía, por lo que es necesario aplicar un método científico para el manejo del inventario, de ahí parte la inquietud de realizar este trabajo.

Como ya se mencionó, una parte fundamental de este modelo es el contar con datos históricos exactos relacionados con la demanda del producto, el costo de hacer un pedido y los costos de mantener inventario. Estos últimos conformados a su vez por una serie de gastos que al sumarlos nos proporcionan un valor general para estas categorías. Sin embargo, para el caso de Novacero, el principal obstáculo para elaborar un modelo coherente de administración de las existencias se encuentra precisamente en una carencia total de información relativa a cuánto dinero se invierte en mantener el inventario y cuánto cuesta el fabricar una orden. En primera instancia, se había indicado que se conocía con exactitud el valor de hacer un pedido, sin embargo, mientras se fue avanzando en el trabajo se evidenció un error de cálculo del mismo, que generó duda de la calidad de este dato. Por otro lado, en lo referente al costo de mantener el inventario, no se había realizado esfuerzo alguno por determinar a cuánto ascendía esta cantidad. La ejecución de esta investigación obligó de cierta forma a realizar cálculo que permitieran conocer este dato. No obstante los esfuerzos realizados, el producto fue una política de inventario peculiar caracterizada por un tamaño de orden pequeño comparado con un tamaño de stock de seguridad grande.

A pesar de que existe esta incongruencia entre la Q^* y el inventario de seguridad, el trabajo es un aporte para la empresa. Gracias a éste se puso en evidencia las falencias respecto al manejo de los costos, pero además la carencia de rigor científico en el manejo del inventario.

Por otra parte, el desarrollo de este trabajo dota a la empresa de herramientas sencillas para que pueda desarrollar un modelo de administración del inventario coherente a su realidad,



permitiendo a su vez proporcionar la importancia requerida hacia los costos, lo que se traduce definitivamente en una ventaja competitiva.

De acuerdo a lo proporcionado por el modelo, el manejar la información de manera correcta podría generar un ahorro de alrededor del 60% en los costos asociados al manejo de las existencias, para el caso del producto de mayor rotación y venta de la organización.

Finalmente, los problemas que la compañía afronta, de falta de existencias o de un stock excesivo, se verán reducidos al implementar, con las correcciones referentes a los costos, el modelo propuesto. Éste garantizará el cumplir con el nivel de servicio determinado, y por tanto impulsar las ventas e incrementar las ganancias.



BIBLIOGRAFÍA.

Guash, J. (2011). *La Logística como motor de la competitividad en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 23 de diciembre del 2013. Disponible en: http://www.competecaribbean.org/publication/logistics-as-a-driver-for-competitiveness-in-latin-america-and-the-caribbean-spanish/wppa_open

Piasecki, D. (2001). Optimizing Economic Order Quantity. Recuperado el 31 de enero del 2014. Disponible en: <http://cecs.wright.edu/~fcjarall/ISE195/Readings/EOQInventory.pdf>

Erlenkotter, D. (1990). Ford Whitman Harris and The Economic Order Quantity Model. Recuperado el 15 de enero del 2014. Disponible en: <http://userhome.brooklyn.cuny.edu/irudowsky/CIS10.31/articles/EOQModel.pdf>

Monks J., (1998). *Administración de Operaciones*. México: Mc Graw-Hill/Interamericana de México.

Krajewski, L., Ritzman, L. y Malhotra, M. (2008). *Administración de Operaciones*. México: Pearson Educación.

Schroeder, R., (1995). *Administración de Operaciones: Toma de decisiones en la función de operaciones*. México: Mc Graw-Hill/Interamericana de México.



Reid, R. y Sanders, N. (2005). Operations Management An Integrated Approach. Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, Inc.

Chase, R., Jacobs F. y Aquilano N. (2009). Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministros. México: Mc Graw – Hill/Interamericana Editores.

Suárez, M. (2011). Distribución de Probabilidad Uniforme. Recuperado el 14 de julio del 2014.

Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos86/distribucion-probabilidad-uniforme/distribucion-probabilidad-uniforme.shtml>

Vulcano, Gustavo. Management de Inventarios. Dirección de Operaciones. Universidad Torcuato Di Tella. 2013.

ANEXOS

Anexo A: Demanda de Varilla de Construcción de 12 x 12m por día y mes Año 2011. Bodega LB.

AÑO		2011											
MES	DÍA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	1	0	4,792	5,602	1,263	0	7,034	9,049	11,887	5,832	0	4,574	0
	2	0	3,670	2,800	0	2,747	14,075	0	14,072	9,020	0	0	0
	3	11,868	7,782	4,768	0	8,259	7,382	0	13,156	0	15,746	0	0
	4	9,432	10,178	4,269	2,286	10,430	0	4,255	10,314	0	9,013	2,824	0
	5	12,794	1,880	0	2,440	4,120	0	11,671	6,437	5,469	7,306	0	5,744
	6	8,904	0	0	1,372	6,264	7,989	0	0	4,657	8,011	0	5,563
	7	13,130	13,339	0	1,907	0	11,827	0	0	9,635	8,703	8,806	188
	8	0	19,562	0	1,071	0	20,058	0	10,384	9,060	0	13,428	1,078
	9	0	16,835	4,418	0	7,151	10,483	0	11,040	9,477	0	9,691	310
	10	7,060	25,150	6,282	0	8,750	17,020	0	11,326	4,633	9,676	9,464	0
	11	8,114	27,502	6,732	52	3,787	902	0	18,872	0	25,248	13,071	0
	12	10,348	10,082	0	200	7,652	0	0	16,535	17,330	18,681	2,754	2,281
	13	4,718	0	0	0	5,434	0	0	0	14,845	12,622	4,208	1,836
	14	5,128	18,723	4,464	0	880	0	12,894	0	12,614	14,621	7,506	802
	15	0	16,475	6,846	0	0	14,498	22,839	15,565	7,147	0	9,219	1,163
	16	0	6,477	3,558	0	10,435	16,276	0	12,819	7,384	0	6,101	26,257
	17	6,913	14,482	9,576	0	9,705	12,186	0	18,140	0	22,091	4,194	0
	18	6,359	8,804	3,987	2,420	8,032	10,425	18,960	11,526	0	11,459	15,339	0
	19	10,693	1,598	0	10,742	3,616	0	13,527	11,923	15,674	10,718	5,127	30,461
	20	13,353	0	0	14,101	8,510	16,274	16,029	0	7,478	11,430	556	26,249
	21	12,704	3,921	2,256	8,964	86	19,585	13,569	0	8,821	9,209	5,238	15,461
	22	2,820	4,259	7,346	0	0	16,594	13,143	14,586	15,082	0	18,029	14,912
	23	0	7,573	3,191	0	7,540	10,400	0	14,148	3,104	0	11,542	15,350
	24	17,778	6,120	312	0	11,494	13,906	0	6,694	0	10,880	7,169	0
	25	7,643	9,406	8,097	14,985	8,870	3,196	15,069	0	0	7,198	10,410	0
	26	14,998	0	0	15,205	17,283	0	13,689	0	18,358	9,982	0	18,531
	27	11,159	0	0	6,055	1,282	14,489	16,299	0	8,371	12,085	0	16,894
	28	10,563	2,249	3,055	4,640	0	7,117	6,823	0	8,832	6,264	9,685	17,520
	29	0	SF	3,596	3,848	0	8,048	10,014	12,419	9,126	0	14,595	13,446
	30	0	SF	1,031	0	15,311	12,403	0	16,044	12,599	0	12,583	2,162
	31	5,165	SF	1,846	SF	9,779	SF	0	8,011	SF	6,962	SF	0
Total general		211,644	240,859	94,032	91,551	177,417	272,167	197,830	265,898	224,548	247,905	206,113	216,208

	DEMANDA IGUAL 0
	QUIEBRE DE STOCK
	FINES DE SEMANA/ FERIADOS
	MESES CON MENOS DÍAS



Anexo B: Demanda de Varilla de Construcción de 12 x 12m por día y mes Año 2011. Bodega GB.

AÑO		2011											
MES	DÍA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
	1	0	2,000	1,560	0	0	5,560	1,836	3,684	576	0	188	0
	2	0	1,576	2,142	0	1,887	617	0	2,068	717	0	0	0
	3	940	1,972	160	0	141	2,246	0	188	0	1,746	0	0
	4	248	764	2,013	376	462	0	0	1,263	0	917	0	0
	5	1,025	0	0	256	376	0	0	683	1,238	2,341	0	0
	6	3,174	0	0	0	846	572	0	0	376	1,131	0	0
	7	2,923	4,831	0	952	0	1,899	0	0	5,734	752	1,796	0
	8	0	4,698	0	0	0	4,934	0	3,045	2,100	0	3,851	0
	9	0	4,812	846	0	2,151	7,119	0	5,770	1,346	0	2,376	216
	10	1,105	4,893	1,878	0	4,764	3,734	0	2,068	94	2,738	478	0
	11	1,599	487	7,531	187	1,798	752	0	3,198	0	1,434	2,686	0
	12	3,803	0	0	1,410	3,715	0	0	0	1,938	567	1,000	0
	13	3,175	0	0	0	1,176	6,301	0	0	4,175	1,213	0	0
	14	1,602	1,974	0	0	0	9,018	0	0	1,734	1,897	1,540	0
	15	0	2,780	1,692	0	0	12,080	0	4,160	1,816	0	1,342	0
	16	0	120	2,204	0	1,745	6,328	0	2,069	376	0	1,750	0
	17	188	4,018	3,231	0	3,020	2,650	0	2,350	0	798	2,272	0
	18	1,598	1,316	7,502	0	2,021	0	4,319	2,645	0	432	564	0
	19	3,732	0	0	3,298	1,316	0	3,004	0	892	1,638	0	2,376
	20	752	0	0	2,259	4,600	1,328	2,726	0	2,300	1,416	0	3,972
	21	9,788	30	2,076	772	0	188	3,722	0	1,735	2,162	2,927	1,342
	22	0	896	6,575	0	0	470	3,506	3,505	962	0	4,662	1,894
	23	0	1,598	1,200	0	3,458	1,060	0	543	940	0	2,687	912
	24	4,439	1,128	5,884	0	1,046	752	0	2,257	35	6,353	1,810	0
	25	2,332	1,880	4,606	2,803	3,791	0	0	2,715	0	3,008	374	0
	26	1,796	188	0	2,105	2,359	0	2,788	1,328	5,046	3,536	0	4,438
	27	918	0	0	4,452	0	94	3,028	94	2,338	1,225	0	940
	28	1,887	576	3,948	1,718	0	5,852	4,058	0	3,315	605	4,436	4,030
	29	0	SF	528	932	0	1,087	3,075	2,639	1,867	0	132	588
	30	0	SF	1,034	0	3,787	188	0	2,973	924	0	0	450
	31	1,594	SF	0	SF	1,260	SF	0	1,668	SF	1,504	SF	0
Total general		48,618	42,537	56,610	21,520	45,719	74,829	32,062	50,913	42,574	37,413	36,871	21,158

	DEMANDA IGUAL 0
	QUIEBRE DE STOCK
	FINES DE SEMANA/ FERIADOS
SF	MESES CON MENOS DÍAS



Anexo C: Demanda Quincenal y Desvío de la Demanda. Bodega LB.

SEMANAS	PROMEDIO (Unidades)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIANZA
SEMANA 1-2	9,150	2,969	8815822.933
SEMANA 3-4	10,453	4,287	18380901.2
SEMANA 5-6	12,161	8,477	71867413.72
SEMANA 7-8	8,894	5,480	30030436.45
SEMANA 9-10	4,640	1,572	2471980.286
SEMANA 11-12	4,963	2,898	8400148.678
SEMANA 13-14	1,987	863	745087.5667
SEMANA 15-16	4,053	5,619	31577958.94
SEMANA 17-18	7,655	4,515	20384431.57
SEMANA 19-20	6,170	3,400	11562421.42
SEMANA 21-22	10,005	4,704	22124240.67
SEMANA 23-24	10,139	6,777	45925578.79
SEMANA 25-26	11,915	4,848	23505515.65
SEMANA 27-28	10,332	8,782	77115491.7
SEMANA 29-30	13,712	3,382	11439611.07
SEMANA 31-32	12,402	3,490	12176815.79
SEMANA 33-34	10,540	6,302	39716894.1
SEMANA 35-36	8,569	3,483	12131179.96
SEMANA 37-38	10,948	4,753	22595575.88
SEMANA 39-40	10,607	3,721	13844548.28
SEMANA 41-42	14,576	5,561	30927758.94
SEMANA 43-44	7,596	3,182	10123974.98
SEMANA 45-46	7,819	3,947	15578894.81
SEMANA 47-48	8,925	5,907	34892549.88
SEMANA 49-50	4,522	7,893	62303420.4
SEMANA 51-52	17,099	7,539	56835424.93
Demanda quincenal	9,224		26749003.02
Desv. demanda quincenal	5,172		



Anexo D: Demanda Quincenal y Desvío de la Demanda. Bodega GB.

PROMEDIO SEMANAL DE DEMANA			
BODEGA GB			
SEMANAS	PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	VARIANZA
SEMANA 1-2	1,959	1,207	1,456,568.27
SEMANA 3-4	2,743	2,797	7,824,309.33
SEMANA 5-6	2,763	1,823	3,323,967.34
SEMANA 7-8	1,448	1,210	1,465,136.00
SEMANA 9-10	2,088	2,315	5,357,652.21
SEMANA 11-12	3,886	2,329	5,422,382.53
SEMANA 13-14	709	1,203	1,446,152.93
SEMANA 15-16	881	1,205	1,452,346.75
SEMANA 17-18	1,435	1,331	1,772,269.53
SEMANA 19-20	2,631	1,320	1,742,295.60
SEMANA 21-22	2,412	1,734	3,006,608.71
SEMANA 23-24	5,035	3,586	12,860,195.56
SEMANA 25-26	1,286	1,701	2,891,819.83
SEMANA 27-28	0	0	0.00
SEMANA 29-30	3,358	571	325,818.53
SEMANA 31-32	2,441	1,710	2,924,708.69
SEMANA 33-34	1,970	1,351	1,824,831.25
SEMANA 35-36	1,769	1,606	2,578,441.96
SEMANA 37-38	1,497	1,173	1,376,405.39
SEMANA 39-40	2,038	1,331	1,772,132.01
SEMANA 41-42	1,430	722	521,726.28
SEMANA 43-44	2,346	2,143	4,594,006.95
SEMANA 45-46	1,786	1,040	1,082,156.99
SEMANA 47-48	1,892	1,885	3,552,007.75
SEMANA 49-50	31	82	6,665.14
SEMANA 51-52	2,094	1,533	2,350,439.51
Demanda quincenal	1,997		2,805,040.19
Desv. demanda quincenal			1,675

Anexo E: Datos para el cálculo de CEP y Punto de Reorden Bodega GB.

CONCEPTO		VALOR	CÁLCULOS
DEMANDA ANUAL PROMEDIO (UNIDADES)	(D)	51,926	1997 UNIDADES QUINCENALES * 26 SEMANAS
COSTO DE ORDENAR (USD)	(S)	300	
COSTO DE MANTENER Inve. (USD)	(H)	1.94	26% de 7.47 USD (COSTO DÓLARES POR UNIDAD)
TIEMPO ENTREGA (DÍAS)	(L)	21	
DESVÍO ESTÁNDAR DE TIEMPO DE ENTREGA (DÍAS)	σ_L	8.1	De acuerdo a fórmula de Distribución Uniforme
VARIANZA DE TIEMPO DE ENTREGA (DÍAS)	σ_L^2	65.61	8.1²
Nº DE DÍAS LABORADOS EN 1 AÑO (DÍAS)	(N)	299	
DEMANDA MEDIA POR UNIDAD DE TIEMPO (UNIDADES / DÍA)	(d)	174	$\frac{D}{N} = \frac{51926}{299}$
DESVÍO DE LA DEMANDA ANUAL	(S)	2518	Calculado de acuerdo a datos de demanda quincenal
VARIANZA DE LA DEMANDA POR UNIDAD DE TIEMPO (UNIDADES)	σ^2	21,210	$\frac{S^2}{N} = \frac{2518^2}{299}$
NIVEL DE SERVICIO	SL	95%	



Anexo F: Cálculo de la Cantidad Económica de Pedido y Punto de Reorden . Bodega GB

CÁLCULO DE Q*

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 * 51,926 * 300}{1.94}}$$

$$Q^* = 4,005$$

CÁLCULO DEL ROP Y SAFETY STOCK CON TIEMPO DE ENTREGA VARIABLE**1. DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LA DEMANDA DURANTE EL LEADTIME**

$$\sigma_{ld} = \sqrt{\sigma^2 L + d^2 \sigma_L^2}$$

$$\sigma_{ld} = \sqrt{(6,341,830 * 21 + [802]^2 * 65.61)}$$

$$\sigma_{ld} = 11,626$$

MEDIA DEL LEADTIME (UNIDADES)

$$\mu_{ld} = d * L$$

$$\mu_{ld} = 174 * 21$$

$$\mu_{ld} = 3,647$$

CÁLCULO DEL ROP

$$ROP = \text{DISTR.NORM.INV}(NS; \mu_{ld}; \sigma_{ld})$$

$$ROP = \text{DISTR.NORM.INV}(0.95; 3,647; 11,626)$$

$$ROP = 22,770$$

STOCK DE SEGURIDAD

$$SS = ROP - \mu_{ld}$$

$$SS = 22,770 - 3,647$$

$$SS = 19,123$$