UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA

Escuela de Negocios

Executive Master in Business Administration (EMBA)

Tesis:

Determinar modelo de gestión de stock para mejorar cumplimiento de entrega entre UEN de Acindar.

Acindar
Grupo ArcelorMittal

AUTOR: TOMAS MOORE
TUTOR: VANESSA WELSH
LUGAR: CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES
FECHA: JUNIO 2014

AGRADECIMIENTO

En especial quiero agradecer a mi señora, Virginia, por el apoyo incondicional que me ha dado en el tiempo y el espacio para poder llevar adelante la presente tesis, y brindarme siempre su punto de vista con miras a darme una perspectiva nueva y fresca para encarar la problemática. A mi madre y hermanas, por tolerar mis ausencias y brindarme soporte para poder darle fin a un ciclo. También me gustaría agradecer a mis compañeros de trabajo, que me han brindado información muy valiosa para llevar adelante el trabajo. Como ultimo agradecimiento quiero nombrar a Vanessa que me ha guiado en el proceso de elaboración del presente trabajo, y poder plasmar de forma correcta mis ideas en el mismo.

RESUMEN

El presente trabajo surge de la necesidad de mejorar los índices de entrega entre dos Unidades de Negocio de Acindar, empresa productora de aceros no planos, perteneciente al grupo ArcelorMittal. La Unidad de Negocio de Alambres, productora de alambres para la industria y la construcción, recibe como materia prima un producto elaborado por la Unidad de Negocio Siderúrgica, el alambrón. La gestión del stock por parte del Negocio Siderúrgico se ha detectado como crucial para una mejora sostenible en la entrega de la materia prima al Negocio de Alambres.

Como primera medida, se realiza una investigación de la bibliografía que aborda la problemática en cuestión, detallando los conceptos y definiciones en el segundo capítulo de la tesis. Estos conceptos forman los cimientos de conocimiento necesarios para avanzar con el análisis de la mejora de entrega. Luego de definir los conceptos logísticos involucrados en la temática abordada, se detallan los distintos modelos de gestión de inventarios y los modelos de producción, necesarios para identificar la mejor forma de gestión de stock que permita optimizar la entrega.

Luego de exponer en el capítulo 4 un marco metodológico de acción para llevar adelante la tesis, se comienza a describir la situación actual de la empresa, evaluando de forma integral la gestión de la cadena logística involucrada en la entrega de la materia prima en cuestión. Para llevar adelante el estudio, se toman como base los datos de entrega y evolución del stock de tres años, desde el 2011 al 2013. Se comienza analizando de forma detallada la gestión de la demanda, la evolución del stock y la entrega durante el período analizado, para luego realizar una clasificación de los materiales dando un orden de prioridad a los mismos. Se termina de evaluar la situación presente de la empresa examinando el modelo de gestión de stock utilizado actualmente y cuál es su impacto en los incumplimientos de entrega.

Como resultado de la investigación se determina que el mejor modelo de gestión de stock que se adapta al caso de estudio es el de Revisión Periódica, donde cada un determinado período de tiempo se evalúa el stock y se realiza el pedido de producción. Uno de los mayores cambios con la gestión anterior rige en el stock de seguridad, ya que en el nuevo modelo se determina de forma independiente para cada material teniendo en cuenta su variabilidad, mientras que en el modelo anterior era un porcentaje fijo del promedio de la demanda. Este cambio apunta a conformar un stock de seguridad “inteligente”, donde atienda de la mejor manera a los vaivenes del mercado y ayuden como un colchón efectivo para asegurar el cumplimiento de entrega objetivo.

Podemos detallar como conclusión general de la tesis que no es necesario un aumento significativo del stock para mejorar la entrega inter-planta, lo importante es evaluar la composición del stock y determinar un mix inteligente que permita garantizar la entrega de materia prima para poder asegurar el cumplimiento de sus planes productivos, ya que este cumplimiento impacta de forma directa en una mejora en la entrega de productos trefilados al mercado.

Palabras claves: gestión de stock, stock de seguridad, Cumplimiento de entrega, quiebre de stock, clasificación ABC de materiales.

TABLA DE CONTENIDO (INDICE)

INTRODUCCIÓN 7

1. CAPITULO I: LA EMPRESA ACINDAR 14

2. CAPITULO II: ANÁLISIS DE LA TEORIA DE ABASTECIMIENTO 18

2.1. Objetivo de la cadena de abastecimiento 19

2.2. Elementos de la cadena de abastecimiento 20

2.3. Inventarios 20

2.3.1. Definición de inventario 21

2.3.2. Propósito 22

2.3.3. Tipos de inventarios 24

2.3.4. Clasificación de los inventarios según prioridad (Clasificación ABC) 28

2.3.5. Costos asociados a los inventarios 33

2.3.6. Existencias de seguridad 35

2.3.7. Indicadores de gestión de inventario 36

2.3.8. Conteo Cíclico 37

2.4. Gestión de Demanda 38

2.4.1. Tipos de demanda 39

2.5. Tiempo de reabastecimiento 41

3. CAPÍTULO III: MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS 43

3.1. Tipos de modelos 43

3.1.1. Modelo de revisión continua (Modelo Q) 46

3.1.2. Modelo de Revisión Periódica (Modelo P) 50

3.1.3. Stock promedio en cada modelo 52

3.2. Sistema de Producción 53

3.2.1. Sistema de Producción Make to Stock (MTS) 53

3.2.2. Sistema de Producción Make to Order (MTO) 53
4. CAPITULO IV: MARCO METODOLÓGICO 55
4.1. Tipo de investigación 55
4.2. Diseño de la investigación 55
4.3. Población y muestra 56
4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos 57
4.4.1. La observación 57
4.4.2. Entrevistas no estructuradas 57
4.4.3. Revisión documental 58
4.5. Fuentes y recolección de datos 58
4.6. Plan de trabajo 59
5. CAPITULO V: SELECCIÓN Y ADAPTACION DEL MODELO 61
5.1. Situación actual de la empresa 61
5.1.1. Gestión de la demanda/pedido interno 61
5.1.2. Clasificación de los materiales 62
5.1.3. Gestión de la producción 67
5.1.4. Almacenamiento de los materiales 69
5.1.5. Despacho/Recepción de los materiales 70
5.1.6. Tiempos de entrega 71
5.1.7. Control de inventarios 72
5.2. Cumplimiento de entrega 72
5.2.1. Impacto del incumplimiento de entrega 76
5.3. Quiebres de stock 77
5.4. Evolución del stock 79
5.5. Modelo de inventario propuesto 81
5.5.1. Stock de seguridad 83
5.5.2. Stock promedio 84

5.5.3. Comparación Stock real Vs Planeado 85

6. CAPITULO V: RESULTADOS Y CONCLUSIONES 89

6.1. Presentación de los resultados 89

6.2. Respuestas a las preguntas de investigación 93

6.3. Conclusiones y recomendaciones 95

Glosario de términos 97

Bibliografía 100

ANEXOS 102

INTRODUCCIÓN

Actualmente las empresas manufactureras en el mundo están tendiendo a trabajar con distintos sistemas y filosofías de producción para minimizar los stocks a lo largo de toda la cadena de suministro. Algunos de las herramientas aplicadas son el *just in time*, lean manufacturing, TQM, six sigma, pull demand, etc. Todas estas técnicas pretenden, de forma general, trabajar de forma más eficiente y con niveles de stock *optimizados*. La cuestión más difícil es poder determinar cuál es el stock óptimo para cada empresa. Por eso es necesario entender que el nivel de stock está relacionado con múltiples variables que debe tener en cuenta la empresa antes de definir una política de stock. Las variables que más impactan en la decisión sobre el nivel de inventario son el nivel de servicio al cliente y el costo de mantenimiento de un inventario. Por ello es importante equilibrar ambas variables en base a la estrategia de la empresa, tratando de alcanzar el nivel de servicio con un stock mínimo. La clave de alcanzar un alto nivel de entrega al cliente no necesariamente se relaciona con tener stocks abultados, sino con *diseñar* un stock óptimo para atender la demanda. No disponer de stock adecuados para un cierto nivel de entrega puede generar incumplimientos con el cliente, provocando insatisfacción y poniendo en jaque a la fidelidad del cliente. La entrega fuera de término del producto al cliente le puede provocar paradas de su planta con el consecuente costo económico que ello conlleva. Además, en el caso extremo que el cliente cancele el pedido, se estaría perdiendo la venta por falta de entrega. En el caso de que se trabaja con excesivo stock para evitar los incumplimientos con el cliente, tampoco es la solución al nivel de entrega ya que esta estrategia trae aparejado un alto costo por mantener inventarios excesivos. Por todas estas cuestiones, el diseño de un stock óptimo de acuerdo a la evaluación de la demanda y el nivel de entrega deseado, es crucial para lograr una empresa sustentable en el largo plazo.

El presente proyecto se basa en analizar la entrega entre 2 unidades de negocio de la empresa Acindar S.A. y determinar un modelo de gestión de stock que permita mejorar el cumplimiento de entrega con un stock mínimo y eficiente. La mejora en esta entrega entre Unidades Estratégicas de Negocio (UEN), aseguraría la entrega

de productos finales al mercado en tiempo y forma e impactaría directamente en la facturación y rentabilidad del negocio.

Actualmente la entrega de materia prima entre ambas unidades ronda el 85% (menor al 90% que es el objetivo) e impacta a la programación de la producción de la planta de Trefilados generando planes improductivos y ocasionalmente paradas de planta. Lo más importante a investigar y desarrollar con la presente tesis es un modelo de gestión de stock que permita asegurar la continuidad de la producción a Trefilados, para que esta Unidad pueda garantizar en última instancia la entrega de sus productos al cliente final. Teniendo en cuenta una creciente competencia dentro de la industria, hay que tener en cuenta que es necesario garantizar la satisfacción del cliente mediante un alto nivel en el cumplimiento de entrega para mantener la cuota de mercado ya adquirida.

Para realizar la gestión de inventarios, existen diversos sistemas que pueden ser empleados en función de múltiples factores, como la periodicidad de la toma de decisiones, la naturaleza de la demanda, los costos de inventario o el tiempo de suministro, entre otros[1]. El desafío de la gestión del inventario no radica en reducir los inventarios a su mínima expresión para abatir los costos, ni en tener inventarios en exceso para satisfacer todas las demandas (en nuestro caso, demanda internas), sino en mantener la cantidad adecuada para que la empresa alcance sus prioridades competitivas de la forma más eficiente posible[2].

La gestión actual del inventario no está permitiendo optimizar los programas productivos de Trefilados traduciéndose en pérdida de productividad (con el consecuente costo asociado) y generando incumplimientos de los compromisos de entrega con sus clientes. Los inventarios están muy relacionados con la gestión del sistema productivo y con la variabilidad de la demanda. El inventario hoy es

[1] LUQUE, R., SANCHEZ, M., VEGA, P., ZAMORA, M. y DIAZ, M. Introducción a la dirección de operaciones táctico-operativo. 1ª Ed. Madrid, Delta Publicaciones, 2008. Pag. 1

[2] KRAJEWSKI, L., RITZMAN, L. y MALHOTRA M. Administración de Operaciones, Procesos y Cadena de Valor. 8ª Ed. México, Pearson Education, 2008. Pag. 461

gestionado sin tener en cuenta estas variables, ya que sólo se fabrica lo que solicita Trefilados para su producción con un pequeño agregado de stock de seguridad para algunos materiales de alto consumo. Este modelo evidentemente no es suficiente para lograr una buena entrega al cliente interno Trefilados, por lo tanto es necesario investigar y desarrollar un nuevo modelo de Gestión de stock que garantice la entrega.

El problema de investigación

Los problemas que encierra la investigación son varios, aunque todos circunscriptos a una misma temática, la mala gestión del stock para atender la entrega entre unidades de negocio. El no disponer de una política de gestión de stock clara, perjudicaba directamente en la entrega entre las Unidades estratégicas de Negocio y por consiguiente en la entrega de productos finales al mercado. Además, existe sobrestock por no disponer políticas definidas de gestión de los inventarios generando un costo financiero por el material inmovilizado, costos de almacenamiento y de movimientos de stock innecesarios. Actualmente existen algunas definiciones sobre el manejo de los pedidos de producción que afectan el nivel de stock pero no tienen una base científica sino más una aproximación empírica.

Otro de los inconvenientes que se evalúan por no disponer de políticas claras de stock y reabastecimiento de materias primas entre Unidades de Negocio, es el perjuicio causado por los cambios en los planes productivos para poder abastecer la entrega de una Unidad de Negocio a otra. Estos cambios en los programas productivos generan costos de puesta a punto, pérdida de producción y atrasos en las demás líneas de productos por alteración de la secuencia productiva.

Para atacar todos estos inconvenientes presentes actualmente en Acindar, existen modelos para gestionar el stock donde se analiza la demanda de manera estadística, se realiza una clasificación de los materiales para darle un orden de

prioridad y se establecen, en base al nivel de servicio deseado, los inventarios de seguridad.

Hipótesis

Existe un modelo de gestión de stock que permite, manteniendo el nivel de inventario actual de la empresa, mejorar el nivel de cumplimiento de entrega de productos, disminuyendo los costos relacionados al sobre-stock y a los quiebres de stock, y evitando por ende cambios en los planes productivos con las consecuencias económicas que ello conlleva.

Preguntas de investigación

¿Disponer de stock excesivos permite asegurar el cumplimiento de entrega entre Unidades de Negocio?

¿Realizar la gestión de inventarios de forma efectiva asegura el cumplimiento de entrega? Cuanto stock es necesario para asegurar un 90% de cumplimiento?

¿La implementación de un modelo de gestión de stock determinístico con un cierto nivel de stock de seguridad permitía disminuir los costos logísticos?

¿Diseñar un stock adecuado permite evitar tanto los quiebres de stock como los cambios de los programas productivos?

Objetivos General de la investigación

El objetivo general de la investigación es poder determinar un modelo de gestión de stock que optimice la operación entre las dos unidades de negocio, poniendo foco

en la eficiencia de los recursos y garantizando una entrega de excelencia con altos índices de cumplimiento.

Objetivos Específico de la investigación

Con la determinación de un modelo de gestión de inventarios que permita una entrega fiable de la Unidad de Negocio del Siderúrgico al Negocio de Trefilación, esta implementación repercute directamente con la entrega de productos finales a los clientes, evitando quiebres de stock y pérdida de venta por falta de producto. Además tiene un impacto en la política financiera de la empresa, ya que al diseñar los stocks para que se utilicen de forma eficiente, permite un ahorro en el costo financiero por no tener stock excedente. Optimizar los inventarios no sólo te permite el ahorro del costo financiero del stock inmovilizado, sino que además te libera espacios en los almacenes, y los costos asociados al mantenimiento del stock, como ser re-manejos, vigilancia o seguridad, pérdida por obsolescencia, rotura o robo, etc.

Justificación práctica

Muchas empresas gestionan las entregas de productos disponiendo stock excesivos que le permiten absorber las ineficiencias de la operación de la empresa, como ser un pronóstico de venta pobre, una producción errática o con altos índices de atrasos en sus programas productivos, puestas a punto muy largas, alta frecuencia en rotura de equipos, falta de materia prima, excesivo número de piezas defectuosas, etc. El inconveniente en estas empresas es que no tienen conciencia del alto costos de disponer sobre-stocks, y no tienen una evaluación hecha sobre todos los costos asociados a esta práctica. El ahorro de costo no sólo viene por una reducción en las existencias, sino que lleva a la empresa a trabajar de forma más eficiente e ir resolviendo los problemas operativos que estaban ocultos por un stock excesivo.

Operar con niveles de existencias adecuados repercute directamente en toda la cadena de valor de la empresa, impactando en el trabajo diario en las ares de logística, producción, despachos, ventas, etc.

Alcance y limitaciones

El análisis de la presente tesis se limita al estudio de la gestión de stock para garantizar la entrega entre la unidad de Negocio Siderúrgico al Negocio Trefilados de la empresa Acindar, persiguiendo con esto una mejora en la entrega final al cliente y una reducción de costo. No se tiene en cuenta las importaciones directas de materia prima que realiza por su cuenta el Negocio Trefilados ni tampoco las importaciones de producto terminado que realiza para completar su gama de productos. Otra cuestión que no será evaluada en el presente trabajo es la política de stock que posee el Negocio Trefilado "puertas adentro", ya que no compete al negocio Siderúrgico la evaluación de la política que tiene el Negocio de Alambres, y las definiciones de stock del Negocio Siderúrgico no deberían estar supeditadas a las definiciones con respecto al stock del Negocio Trefilados. Tampoco se tendrá en cuenta en el estudio la entrega de materia prima al resto de las unidades de Negocio de Acindar, circunscribiendo el trabajo a las dos unidades de negocio anteriormente nombradas.

Impacto potencial

El impacto potencial del resultado y conclusiones del presente trabajo pueden derivar en un sustancial ahorro de costo asociados a una baja en el stock operativo de la situación actual como también un aumento de ventas por una mejora en el cumplimiento de entrega a clientes finales, repercutiendo directamente en la facturación y rentabilidad de la empresa. El impacto potencial no sólo sería a nivel económico, sino también puede ser significativo a la hora de tomar decisiones de gestión operativa y gestión diaria de abastecimiento entre las dos unidades de negocio, ya que un cambio en el modelo de trabajo habitual puede interferir en las

tareas diarias de gran cantidad de puestos de trabajos abocados al abastecimiento de una unidad a otra. Estos posibles cambios en los puestos de trabajo generarían la necesidad de evaluar y revisar la descripción de los roles asignados a dichos puestos, como también los manuales de procedimiento relacionados con las tareas involucradas.

Supuestos del estudio

El estudio considerará que la demanda de productos finales del negocio trefilados se mantiene estable o dentro de un rango aceptable de variación, sin un cambio brusco del mix de demanda, con lo cual los pedidos de materia prima al Negocio Siderúrgico tampoco deberían tener grandes saltos en los volúmenes solicitados ni un cambio de mix inesperado. En estos casos es imposible una previsión o stock de seguridad que permita amortiguar la entrega en un material que presente un brusco cambio de rumbo, lo cual en dicho casos se tendrá que recurrir a la flexibilidad de los programas de producción para atender el nuevo mix de demanda.

Otro supuesto que se tendrá en cuenta a la hora de evaluar el modelo de stock es que los desperdicios se mantienen dentro de los niveles históricos, ya que si existiese algún evento infortuito de altos declasajes de producción (del orden del 50% al 100%), también se tendrá que evaluar realizar alguna modificación en los programas productivos para volver a fabricar el material en cuestión y no desabastecer la entrega a Trefilados.

1. CAPITULO I: LA EMPRESA ACINDAR

La empresa Acindar S.A., firma perteneciente al grupo ArcelorMittal, es una empresa productora de aceros no planos, líder en el mercado argentino y con presencia internacional. La misma tiene una participación en el mercado superior al 50 por ciento y ofrece más de 200 líneas de productos para la construcción, el agro y la industria. Posee varias localizaciones a lo largo del todo el país, sus centros productores se emplazan en Villa Constitución, San Nicolás, Rosario, San Luis y Buenos Aires, mientras que su sede corporativa está situada en Buenos aires. Además, posee una extensa red de distribución propia a usuarios finales (Red Acindar).

La compañía se divide en dos unidades de negocio: Negocio Siderúrgico y Negocio Trefilados. Ambas tiene estructuras separas conformadas por distintas áreas: Comercial, Producción, Recursos Humanos, Marketing, Comercio Exterior, Ingeniería y Desarrollo, Compras, y Logística. Para el Negocio Siderúrgico[3], el Negocio Trefilados[4] es un "cliente interno" al cual hay que abastecer con la materia prima que necesita para poder fabricar todos los alambres que comercializa. La materia prima que entrega el Negocio Siderúrgico a Trefilados es alambrón, un producto de sección transversal circular que se obtiene por laminación en caliente y se comercializa en forma de rollo. Los mismos van de diámetros 5,5mm hasta 23,8mm, y se comercializan con distintos rangos especiales en el contenido de carbono y en combinación con distintas ferroaleaciones dependiendo del uso final. Los mismos son fabricados en Villa Constitución, en 2 trenes laminadores distintos (Tren SBQ y Tren 2) y son despachados a las dos plantas que posee el Negocio Trefilado, una emplazada en Villa Constitución y la otra en Tablada, Buenos Aires. Cabe aclarar que los distintos diámetros ofrecidos tienen distintas frecuencias de fabricación (mensual, bimensual, trimestral y hasta semestral), lo cual agrega una complicación a la hora de asegurar el abastecimiento entre Unidades de Negocio.

[3] En ocasiones se referirá en el trabajo al Negocio Siderúrgico simplemente como "Siderúrgico"

[4] En ocasiones se referirá en el trabajo al Negocio Trefilados simplemente como "Alambres"

En las fotos 1.1 y 1.2 se muestra el alambrón que es la materia prima utilizada por Trefilados para fabricar sus productos finales. En la Foto 1.1 se exhibe el último proceso en la producción del alambrón donde se forman las espiras y todavía falta su compactado y zunchado, mientras que en la foto 2.2 se muestra el alambrón acopiado en una playa a la intemperie. Notar que el alambrón se estiva de forma piramidal por su forma cilíndrica.

Foto 1.1: Fabricación del alambrón

Foto 1.2: Alambrón estibado en la playa de acopio

El negocio Trefilados utiliza esta materia prima para trefilarla en frio (en la mayoría de los procesos) y fabricar clavos, alambres desnudos o galvanizados, alambre para refuerzo estructural, alambres recocidos, de púas, para atar, lingas, cables, cordones de aceros, etc. Los sectores a los cuales están destinado estos productos son: Industrial, Agrícola, Construcción, Soldadura, Trefilado; entre otros.

Antecedentes de la entrega entre UEN

Acindar se encuentra en el negocio del Acero desde 1942, año que fue fundada la empresa por el Ing. Arturo Acevedo. Su acrónimo Acindar significa "*Aceros Industria Argentina*", haciendo hincapié de ser un producto de fabricación nacional. Su primera planta se instaló en la zona sur de Rosario, Santa Fe, y fabricaba productos para la industria y la construcción. El emprendimiento de esta siderúrgica fue impulsado por el Gobierno Nacional debido a que siendo época de post guerra (segunda Guerra Mundial) existía una escasez de insumos para atender a la industria nacional. En 1951 se muda la producción de Rosario a la nueva planta en

Villa Constitución, en un predio mayor donde fue diseñado al lado del rio Paraná para tener un puerto para sus importaciones y exportaciones. Actualmente Acindar pertenece al grupo de origen Indio ArcelorMittal, responsable del 10% de la producción total de Acero en el mundo.

Actualmente Acindar operar con 2 unidades de negocios separadas y con estructura bien definidas. La unidad de Negocio Siderúrgico es la encargada de fabricar productos mediante un proceso de laminación, mientras que el Negocio Trefilados produce su producto final (alambres) a través de un proceso de trefilación. El principal proveedor del Negocio Trefilados es el Negocio Siderúrgico, entregándole el alambrón que es utilizado como materia prima para trefilar y producir el alambre. Cada Unidad es gerenciada por un Director de Unidad, el cual es responsable por el resultado que genera cada una.

La entrega de materia prima entre ambas Unidades de Negocio (UEN) fue un tema de particular importancia desde el 2008 hasta la fecha ya que el Negocio Trefilados en promedio aporta un 12% a la ganancia total de la empresa, teniendo una rentabilidad de 28% en promedio en sus productos[5], los cuales son de gran valor agregado. Considerada como una de las Unidades de Negocio claves para abastecer al mercado, y cuidando no desabastecer al mismo para evitar importaciones directas de clientes, se le ha dado prioridad en la entrega de la materia prima necesaria para asegurar su flujo productivo y el cumplimiento de sus planes productivos, logrando así poder abastecer la demanda del mercado.

Este foco en la entrega no fue siempre así, ya que desde la época de los ´90 hasta aproximadamente el 2006, no se consideraba un área clave debido a que no aportaba gran valor a la rentabilidad total de Acindar y se le exigía que consuma los materiales de descarte del Negocio Siderúrgico. A todo esto se suma que no tenía prioridad de entrega en el Negocio Siderúrgico ya que había productos de venta directa al mercado del Negocio Siderúrgico que otorgaban mucho más margen que los productos trefilados. Este foco fue cambiando cuando a partir del 2006 comenzó

[5] Información obtenida del informe mensual de rentabilidad y del informe mensual de resultados de la empresa, promedio de los últimos 12 meses.

a subir el precio internacional del acero y se volvió una Unidad de Negocios que tenía potencial de crecimiento y que comenzó a aportar sustancialmente al EBITDA total de la empresa principalmente en sus productos de mayor valor agregado. A partir del 2007 se comenzó a focalizar en la entrega de materiales de dicha UEN, pero principalmente no diseñando un stock óptimo para asegurar las entregas sino modificando los programas de producción del Negocio Siderúrgico para asegurar las entregas a tiempo o disponiendo un excesivo stock de material. Esta forma de trabajo perjudicaba al Negocio Siderúrgico ya que estos cambios de programas generaban pérdidas de productividad y repercutían en la capacidad de producción generando pérdidas de producción mensual que impactaban en la pérdida de venta. Esta parte no se evaluaba a la hora de realizar los cambios de los programas productivos del mes, ya que la directiva de asegurar la entrega al Negocio Trefilados prevalecía por sobre otras directivas. Además el trabajar con un stock excesivo para garantizar la entrega generaba extra-costos que repercutían en la rentabilidad de la empresa.

En este punto se podría indicar que faltó una mirada global desde Acindar para realizar análisis más profundos sobre cuál es la mejor alternativa para la empresa como un conjunto, teniendo en cuenta la rentabilidad total.

2. CAPITULO II: ANÁLISIS DE LA TEORIA DE ABASTECIMIENTO

LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

Hoy en día se reconoce la importancia de realizar una adecuada gestión de la cadena de suministro y la logística en las empresas, convirtiéndose en una parte fundamental para poder realizar las compras requeridas por la empresa, hacer uso óptimo de los espacios de los almacenes, y controlar los niveles de inventarios de modo de poder reducir los costos de posesión de los mismos.

La administración de la cadena de suministros se define como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio y de las tácticas a través de estas funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de las empresas que participan en la cadena de suministros con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la cadena de suministros como un todo[6]. La dirección de la cadena de suministros trata de la coordinación de los flujos de producto mediante funciones y a través de las compañías para lograr la ventaja competitiva y la productividad para empresas individuales en la cadena de suministros, y para los miembros de la cadena de suministros de manera colectiva.

Actualmente muchas empresas logran una significativa ventaja competitiva con su forma de configurar y manejar sus operaciones de la cadena de suministro. En las distintas etapas de un proceso productivo se maneja un inventario y éste tiene un costo particular para la compañía. El inventario sirve como amortiguador, permitiendo que cada paso funcione de manera independiente de los demás. En cada etapa el inventario es desplazado, lo cual representa un costo para la compañía, por lo tanto, es importante que las operaciones estén sincronizadas para minimizar el tamaño de los inventarios de protección. La eficiencia de la cadena de suministro se puede medir con base en el tamaño de la inversión en inventario en la

[6] John T. Mentzer, William DeWitt, James S. Keebler, Soonhong Min, Nancy W. Nix, Cario D. Srnith YZach G. Zacharia, "Defining Supply Chain Management", Journal of Business Logistics, Vol. 22, Núm. 2 (2001), págs. 1-25

cadena. La inversión en inventario se mide en relación con el costo total de los bienes que se suministran en toda la cadena. Los inventarios también son esenciales para la dirección logística porque normalmente no es posible, o no es práctico, suministrar producción instantánea o asegurar tiempos de entrega a los clientes. Sirven como amortiguadores entre la oferta y la demanda, de manera que se pueda mantener la disponibilidad del producto necesitado para el cliente, a la vez que haya flexibilidad de producción y logística en la búsqueda de métodos eficientes de fabricación y distribución del producto.

2.1. Objetivo de la cadena de abastecimiento

El objetivo del manejo de la cadena de suministros es reducir la incertidumbre y los riesgos de la misma, afectando así positivamente los niveles de inventario, los tiempos de ciclos, los procesos, y en última instancia mejorar los niveles de servicio de atención al cliente[7]. Podríamos indicar que la misión de la cadena de suministro es llevar los bienes o servicios adecuados al lugar adecuado, en el momento adecuado y en las condiciones deseadas, a la vez que se consigue la mayor contribución a la empresa[8].

La logística gira en torno a crear valor: valor para los clientes y proveedores de la empresa, y valor para los accionistas de la empresa. El valor en la logística se expresa fundamentalmente en términos de tiempo y lugar. Los productos y servicios no tienen valor a menos que estén en posesión de los clientes (internos o externos) cuándo (tiempo) y dónde (lugar) ellos deseen consumirlos. Una buena dirección logística visualiza cada actividad en la cadena de suministros como una contribución al proceso de añadir valor.
Cuando la administración reconoce que la logística y la cadena de suministros afectan a una parte importante de los costos de una empresa y que el resultado de

[7] CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. Administración de producción y operaciones. 8ª Ed. Bogotá, McGraw-Hill, 2000. Pag. 466

[8] BALLOU, R., Administracion de la cadena de suministro, 5ª Ed. México, Pretince Hall, 2004. Pag. 6

las decisiones que toma en relación con los procesos de la cadena de suministros reditúa en diferentes niveles de servicio al cliente, está en posición de usar esto de manera efectiva para penetrar nuevos mercados, para incrementar la cuota de mercado y para aumentar los beneficios. Es decir, una buena dirección de la cadena de suministros puede no sólo reducir costos, sino también generar ventas.

2.2. Elementos de la cadena de abastecimiento

Los elementos que son incluidos y tenidos en cuenta a la hora de gestionar la cadena de suministro son los siguientes:

- Pronósticos de la demanda
- Compras
- Planeación de la producción
- Manejo de materiales
- Inventarios de productos finales y de materias primas
- Políticas de stock
- Almacenamiento
- Embalajes
- Planeación de la distribución
- Medios de transporte
- Mantenimiento actualizado de la información (stock y despacho)
- Conteo cíclico

2.3. Inventarios

Los inventarios son recursos utilizables que se encuentran almacenados en algún punto específico del tiempo. La función básica de las existencias es el desglose, es decir, separar las actividades internas de una compañía, tales como manufactura, distribución o comercialización.

Con el objetivo de satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes, debe encontrarse el equilibrio ideal, brindándoles el mayor nivel de servicio posible con el menor nivel de inventario. Si un bien no está disponible en el momento en que el cliente lo solicita, se perderá la venta y, en algunas circunstancias, posiblemente, las ventas futuras. Por el contrario, si se tienen altas cantidades de dicho producto, se tendrán altos costos asociados a los costos de oportunidad de tener recursos de capital invertidos innecesariamente en dichas mercancías. El objetivo final de una buena administración del inventario, es mantener la cantidad suficiente para que no se presenten ni faltantes (*stockouts*) ni excesos de existencias (*overstock*), en un proceso fluido de producción y comercialización. Esto conduce a tener una adecuada inversión de los recursos de una compañía y un nivel óptimo de costos de administrar el inventario. Reducir los costos de almacenamiento evitando inventarios innecesariamente grandes puede mejorar la competitividad de cualquier empresa.

Aunque técnicamente los inventarios constituyen un activo en el balance general de la compañía, casi todos los ejecutivos contables o financieros consideran que mantenerlos implica un gasto significativo, y que su misión es minimizarlo lo más posible. Incluso las organizaciones de servicios cuentan con cierto inventario; por otro lado, en las operaciones al detalle se observa que la administración del inventario juega un papel clave para dirigir el negocio con efectividad. El objetivo de mantener una baja inversión en inventarios a veces suele ser relacionada con la idea de contradecir a una rápida entrega a clientes, pero esto no es cierto. Si se diseñan los stocks de forma efectiva para abastecer con un nivel de entrega al cliente, no significa que por disponer un stock bajo (o eficiente) se va a interponer con la entrega a término a un cliente. Nunca hay que dejar de tener en cuenta que si uno reduce el inventario está disponiendo de dinero para poder reasignarlo. En definitiva, eso es lo que el inventario es, dinero.

2.3.1. Definición de inventario

De acuerdo a Chase, Aquilano y Jacobs (2009) se define al inventario como las existencias de una pieza o recurso utilizado en una organización[9]. Son acumulaciones de materias primas, provisiones, componentes, trabajo en proceso y productos terminados que aparecen en numerosos puntos a lo largo del canal de producción y de logística de una empresa. Otra definición de inventario que es bien abarcativa es la de Gómez Aparicio (2013) que define al mismo como los activos poseídos para ser vendidos en el curso normal del negocio de la empresa (empresas comerciales), para ser consumidos en el proceso de producción mediante su transformación o incorporación al producto (empresas industriales), o simplemente ser consumidas durante la realización de la actividad empresarial[10].

Por convención, el término inventario de manufactura se refiere a las piezas que contribuyen o se vuelven parte de la producción de una empresa. El inventario de manufactura casi siempre se clasifica en materia prima, productos terminados, partes componentes, suministros y trabajo en proceso. En los servicios, el término inventario por lo regular se refiere a los bienes tangibles a vender y los suministros necesarios para administrar el servicio.

Un *sistema de inventario* es el conjunto de políticas y controles que vigilan los niveles del inventario y determinan aquellos a mantener, el momento en que es necesario reabastecerlo y qué tan grandes deben ser los pedidos.

2.3.2. Propósito

El manejo del inventario implica equilibrar la disponibilidad del producto (o servicio al cliente), por una parte, con los costos de suministrar un nivel determinado de disponibilidad del producto, por la otra. El principal objetivo del manejo de inventarios es asegurar que el producto esté disponible en el momento y en las cantidades deseadas.

[9] CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministro. 12ª Ed. México D.F., McGraw-Hill, 2009. Pag. 547

[10] GOMEZ APARICIO, J.M., Gestión logística y comercial. 1ª Ed. Madrid, España, McGraw-Hill, 2013. Pag. 86

Todas las empresas mantienen un suministro de inventario por las siguientes razones:

i. *Para mantener la independencia entre las operaciones*. El suministro de materiales en el centro de trabajo permite flexibilidad en las operaciones. Por ejemplo, debido a que hay costos por crear una nueva configuración para la producción, este inventario permite a la gerencia reducir el número de configuraciones. La independencia de las estaciones de trabajo también es deseable en las líneas de ensamblaje. El tiempo necesario para realizar operaciones idénticas varía de una unidad a otra. Por lo tanto, lo mejor es tener un colchón de varias partes en la estación de trabajo de modo que los tiempos de desempeño más breves compensen los tiempos de desempeño más largos. De esta manera, la producción promedio puede ser muy estable.

ii. *Para cubrir la variación en la demanda*. Si la demanda del producto se conoce con precisión, quizá sea posible (aunque no necesariamente económico) producirlo en la cantidad exacta para cubrir la demanda. Sin embargo, por lo regular, la demanda no se conoce por completo, y es preciso tener inventarios de seguridad o de amortización para absorber la variación.

iii. *Para permitir flexibilidad en la programación de la producción*. La existencia de un inventario alivia la presión sobre el sistema de producción para tener listos los bienes. Esto provoca tiempos de entrega más alejados, lo que permite una planeación de la producción para tener un flujo más tranquilo y una operación a más bajo costo a través de una producción de lotes más grandes. Por ejemplo, los altos costos de configuración favorecen la producción de mayor cantidad de unidades una vez que se realiza la configuración.

iv. *Protegerse contra la variación en el tiempo de entrega de la materia prima*. Al pedir material a un proveedor, pueden ocurrir demoras por distintas razones: una variación normal en el tiempo de envío, un faltante del material en la planta del proveedor que da lugar a pedidos acumulados, una huelga

inesperada en la planta del proveedor o en una de las compañías que realizan el envío, un pedido perdido o un embarque de material incorrecto o defectuoso.

v. *Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido*. Hay costos relacionados con los pedidos: mano de obra, llamadas telefónicas, captura, envío postal, etc. Por lo tanto, mientras más grande sea el pedido, la necesidad de otros pedidos se reduce. Asimismo, los costos de envío favorecen los pedidos más grandes; mientras más grande sea el envío, menor será el costo unitario.

vi. *Suavizar manufactura y desacoplar procesos*. La demanda estacional se satisface con stocks, en lugar de un alto nivel de capacidad. Siempre es más económico acumular stock en la época de baja demanda donde se dispone capacidad ociosa para atender los períodos de alta demanda (estación alta), antes de trabajar con una alta capacidad ociosa en la época de baja demanda (estación baja). Cabe aclarar que en este caso los productos deben ser "acumulables" (no un servicio) y que no tengan una fecha de caducidad anterior al período de alta demanda.

2.3.3. Tipos de inventarios

Se presentan diferentes tipos de clasificación de stocks, de acuerdo con diferentes puntos de vista o según lo que controlan. Se ha tomado la clasificación de Mora García (2010) ya que creo es la más completa[11].

Desde el punto de vista de las empresas manufactureras, hay cuatro tipos de inventarios:

- *Materias primas*. Comprende todas las clases de materiales comprados por el fabricante y que pueden someterse a operaciones de transformación o

[11] MORA GARCIA, L., Gestión logística integral. Bogotá, Ecoe Ediciones, 2010, pág. 82

manufactura, antes de ser vendidos como producto terminado. En otras palabras, es aquél que debe adquirirse para utilizarlo en el proceso de producción, y que no tiene un valor añadido por el proceso de producción de la compañía.

- *Productos en proceso de fabricación*. Consiste en la producción parcialmente manufacturada. Representa el inventario que ya ha recibido algún valor agregado, pero que todavía debe sufrir un procesamiento adicional antes de poder utilizarlo para atender la demanda de los clientes. Su costo comprende materiales, mano de obra y gastos indirectos de fabricación (o carga fabril) que les son aplicables.

- *Productos terminados*. Representan el inventario de aquellos productos que han pasado ya por todo el procesamiento de parte de la empresa y se encuentra listo (con la posible excepción del empaque) para atender con él la demanda de los clientes. En definitiva, son todos los artículos manufacturados que están aptos y disponibles para la venta.

- *Suministro de fábrica o fabricación*. Se conoce también como stock de materiales o materiales indirectos; puede asociarse directamente con el bien terminado y llega a convertirse en partes de él. El suministro de materiales se realiza en cantidades suficientes para que sea práctico asignar su costo al producto.

Si se analizan por su función, los inventarios se podrían clasificar de la siguiente manera:

- *Inventarios de fluctuación*. Estos stocks se llevan porque la cantidad y ritmo de las ventas y la producción no pueden predecirse con exactitud. Estas fluctuaciones en la demanda y la oferta pueden componerse con las existencias de reserva o de seguridad, nombres usuales para los inventarios de fluctuación. Éstos existen cuando el flujo de trabajo en una fábrica no puede equilibrarse completamente. Los stocks de fluctuación, conocidos

también como de estabilización, pueden incluirse en el plan de manufactura, de manera que los niveles de producción no tengan que cambiar para enfrentar las variaciones aleatorias de la demanda.

- *Inventarios de anticipación*. Son hechos con anticipación a las épocas de mayor venta, a programas de promoción comercial o a un período de cierre de la planta. Básicamente, los stocks de anticipación almacenan horas-trabajo y horas-máquina para futuras necesidades y limitan los cambios en las tasas de manufactura.

- *Inventario de tamaño de lote*. Con frecuencia es imposible o poco práctico fabricar o comprar artículos en las mismas tasas que se venderán. Por lo tanto, los productos se consiguen en mayores cantidades a las que se necesitan en el momento. El stock resultante es el inventario de tamaño de lote. El tiempo de arreglo es menos importante en la determinación de dichas existencias.

- *Inventarios de transporte*. Estos existen porque el material debe moverse de un lugar a otro. El inventario depositado en un camión y que se va a entregar a un almacén puede estar días durante su camino. Mientras éste se encuentra en tránsito, no puede tener una función útil para la factoría o los clientes: exclusivamente por el tiempo de transporte.

- *Inventario de protección o especulativo*. Las compañías que usan grandes cantidades de minerales básicos (como el carbono mineral, el petróleo o el cemento) o mercadería (como la lana, los granos o productos animales) que se caracterizan por fluctuar en sus precios, pueden obtener ahorros significativos comprando grandes cantidades de productos, cuando los precios están bajos, denominados inventarios de protección. La adquisición de bienes extras a un precio reducido impacta directamente los costos de producción.

Los inventarios también se pueden clasificar por su condición durante el proceso:

- *Tamaño de lote*. Su función es desacoplar las operaciones de fabricación. Sus beneficios son descuentos en la compra, preparación de equipo y maquinaria, flete, manejo de materiales, gastos de papeleo y de inspección, etc.

- *Fluctuación de la demanda*. Su utilidad es, como se dijo anteriormente, equilibrar la compañía aún cuando la demanda fluctúe demasiado. Los beneficios son muchos, por ejemplo, menos fletes, más ventas, mejor servicio, etc.

- *Fluctuación de la entrada*. Ayuda a no dejar de producir en épocas en que escasea la materia prima, evitando tiempos muertos y extras, así como mala calidad por materiales substitutos.

- *Inventario de disipación*. Ayuda a estabilizar el producto, evita tiempos extras de subcontratos, despidos, seguro de despidos, entrenamiento, desperdicio por falta de habilidad en los trabajadores, etc.

Otra forma de clasificar los inventarios se basa en la fuente de la demanda. Básicamente hay dos maneras de clasificar el inventario de acuerdo con este parámetro:

- Inventario de demanda independiente. En este caso el origen de la demanda generalmente se da en fuentes ajenas a la propia compañía, representadas casi siempre por un cliente externo. Se denomina independiente en razón de que la demanda del inventario básicamente no está sujeta a las acciones de la empresa. En muchos casos tal inventario está conformado por productos finales, es decir, artículos terminados y listos para la venta.

- *Inventario de demanda dependiente*. La fuente del inventario de demanda dependiente está directamente subordinada a decisiones internas de la

compañía, sobre todo por lo que respecta a la decisión de qué producto fabricar, en qué cantidad y en qué momento. En este sentido es preciso señalar que podría considerarse una respuesta directa a los requerimientos de los clientes, pero de hecho muchas empresas pueden tomar decisiones de producción en momentos y volúmenes diferentes de lo que representa la demanda externa de los clientes.

2.3.4. Clasificación de los inventarios según prioridad (Clasificación ABC)

Mantener el inventario mediante el conteo, la elaboración de pedidos, la recepción de existencias, etc., requiere de tiempo del personal y cuesta dinero. Cuando existen límites para estos recursos, el movimiento lógico consiste en tratar de utilizar los recursos disponibles para controlar el inventario de la mejor manera. En otras palabras, enfocarse en las piezas más importantes en el inventario.

En el siglo XIX, Wilfredo Pareto, en un estudio sobre la distribución de la riqueza en Milán, encontró que el 20% de las personas controlaba el 80% de la riqueza. Esta lógica de los pocos que tienen mucho y los muchos que tienen poco han sido aplicada a muchas situaciones y se la denomina Principio de Pareto.

Cualquier sistema de inventario debe especificar el momento de pedir una pieza y cuántas unidades ordenar. En los sistemas de inventario grandes, unos pocos artículos constituyen la mayor parte de la inversión. Casi todas las situaciones de control de inventarios comprenden tantas piezas que no resulta práctico crear un modelo y dar un tratamiento uniforme a cada una. Para resolver este problema, el esquema de clasificación ABC, divide los artículos del inventario en tres grupos distintos: alto volumen en pesos (A), moderado volumen en pesos (B), y bajo volumen en pesos (C). El volumen en pesos es importante, ya que un artículo bajo en costo pero alto en volumen puede ser más importante que uno de alto costo y bajo volumen. La estrategia ABC divide esta lista en tres grupos según el valor: las piezas A son aquellas que constituyen un 70% del stock valorizado y representan un 15% de los artículos totales, las piezas B representan un 35% frente al total de

piezas pero su stock valorizado corresponde a un 20% del total, y por último las piezas C que aglutinan el 50% de los artículos totales pero su stock valorizado representa sólo el 10% del total[12]. En el grafico 2.1 se observa un grafico de barras donde se puede apreciar gráficamente el gran peso que tienen los productos A frente a las otras dos categorías. En el gráfico siguiente, el 2.2, se detalla el stock valorizado acumulado mediante una curva que al principio crece de forma exponencial para luego ir aplanándose en los productos tipo C. Es probable que la segmentación no siempre ocurra con tanta claridad. Sin embargo, el objetivo es tratar de separar lo importante de lo que no lo es.

Grafico 2.1: Distribución ABC del inventario

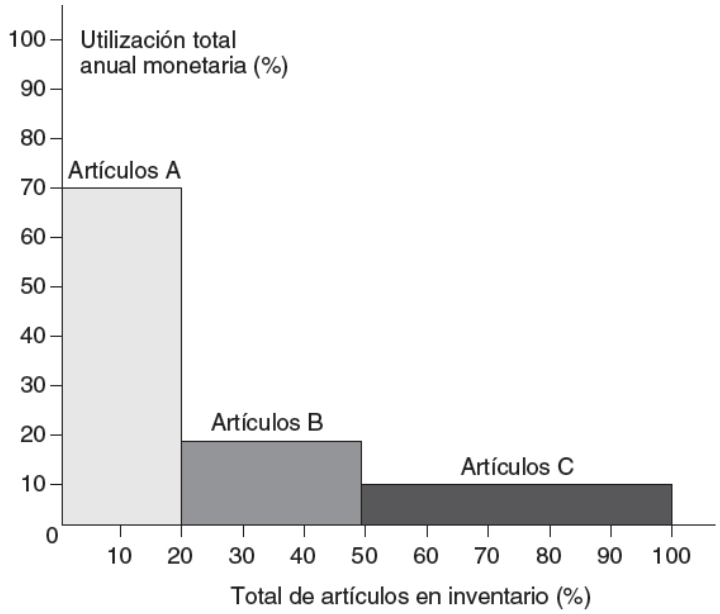
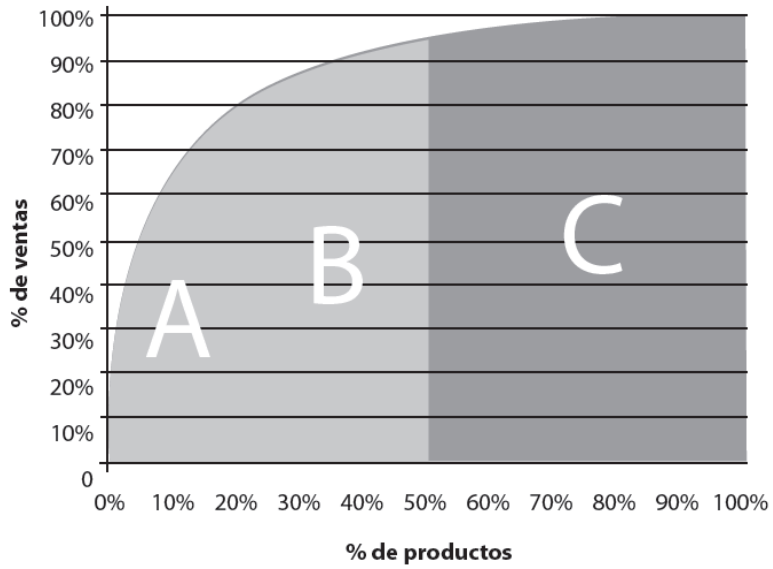


Grafico 2.2: Distribución acumulada de la clasificación ABC

[12] CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministro. 12ª Ed. México D.F., McGraw-Hill, 2009. Pag. 569



El propósito de clasificar los artículos por grupos es establecer el grado de control adecuado sobre cada uno. Sobre una base periódica, por ejemplo, los artículos de la clase A pueden controlarse de manera más clara con pedidos semanales, los artículos de la clase B, con pedidos quincenales y los de la clase C, con pedidos mensuales o bimensuales.

Cada una de estas categorías tiene sus propias características[13], como ser:

<u>Productos tipo A</u>

- Representan un porcentaje pequeño en términos de unidades físicas, respecto al total de los artículos movilizados.
- Constituyen la mayor parte del capital movilizado. Dicho capital se recupera más fácilmente y genera gran parte de la utilidad del negocio.
- Generalmente, son más rentables.
- Nunca deberían presentar agotados, pues requieren un nivel de servicio superior al 97%.
- Su nivel de inventario suele ser alto, pero justificable.

[13] MORA GARCIA, L., Gestión logística integral. Bogotá, Ecoe Ediciones, 2010, pág. 88

- El costo de venta es menor, comparado con los que poseen los otros dos tipos de productos, B y C.
- Son bienes de alta rotación y, generalmente, su demanda es más fácil de predecir.
- Su proceso productivo está más estandarizado.
- Los proveedores de estos artículos están más desarrollados.

Productos tipo B

- Tienen una representación mediana, en términos de las unidades físicas con relación al total.
- Poseen el segundo valor en cuanto a capital movilizado. Su tratamiento es intermedio, es decir, sin una gran inversión, pero con un cuidado razonable.
- Tienen una rentabilidad intermedia
- Su nivel de inventario suele ser un término medio.
- Son bienes con una rotación media.
- Su demanda no es tan acertada cuando se trata de pronosticarla.
- Presentan un costo de venta intermedio, comparados con los productos A y C.

Productos Tipo C

- Este grupo representa un alto porcentaje en cuanto a unidades físicas movilizadas con relación al total.
- Es el grupo que menos capital moviliza con respecto a la inversión total.
- Tienen una rentabilidad inferior y su manejo no es muy exigente.
- Son los productos con más baja rotación.
- En el stock es normal tener pocas unidades de estos artículos.
- Los pronósticos poco funcionan a la hora de estimar la demanda de este tipo de referencias.
- Presentan el mayor costo de venta, comparados con los productos A y B.
- Son candidatos a convertirse en bienes obsoletos.

- Representan un alto costo de mantenimiento para la empresa.

La clasificación A, B y C de un grupo de productos se puede llevar a cabo no sólo sobre una perspectiva de costos en pesos como se expuso anteriormente, sino desde diferentes puntos de vista, es decir, se puede hacer según:

- La demanda.
- El costo.
- La rentabilidad.
- Las ventas.
- El significado estratégico de cada producto para la compañía, entre otras alternativas.

La clasificación, en todos los casos, debe hacerse periódicamente, pues los bienes pueden ir cambiando su comportamiento con el tiempo y así, por ejemplo, un producto B puede convertirse en un A o en un C y viceversa.

En ocasiones, una pieza puede ser crítica para un sistema si su ausencia provoca una pérdida significativa. En este caso, sin importar la clasificación de la pieza, es posible mantener existencias suficientemente altas para evitar que se agote. Una forma de asegurar un control más estrecho es asignar a esta la categoría A o B, aunque su volumen en pesos no lo justifique.

2.3.4.1. Manejo de los artículos ABC

Por medio de la categorización ABC de los inventarios, y de acuerdo a lo que sugiere Mora García (2010), se pueden identificar estrategias y políticas diferenciadas para su gestión y control, de la siguiente forma[14]:

[14] MORA GARCIA, L., Gestión logística integral. Bogotá, Ecoe Ediciones, 2010, pág. 93

Tipo A

- Mantener un stock de seguridad.
- Proveedores confiables.
- Conocer perfectamente el tiempo de reposición.
- Utilizar un sistema de pedidos ágil y seguro.

Tipo B

- Conservar un stock de seguridad bajo.
- Proveedores con cierto grado de confiabilidad.
- Conocer perfectamente el tiempo reposición.
- Utilizar un sistema de pedidos ágil y seguro.

Tipo C

- Se puede decidir no mantener un stock de seguridad.
- Es recomendable conservar un bajo volumen en el inventario de este tipo de productos.

2.3.5. Costos asociados a los inventarios

Al tomar cualquier decisión que afecte el tamaño del inventario, es necesario considerar los costos siguientes de acuerdo a lo que expone Chase, Aquilano y Jacobs (2009)[15].

- *Costos de mantenimiento (o transporte)*. Costos incurridos al tener un determinado nivel de existencias durante un lapso de tiempo específico. Esta amplia categoría incluye los costos de las instalaciones de almacenamiento (alquiler, calefacción, iluminación, refrigeración, seguridad, etc.), manejo,

[15] CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministro. 12ª Ed. México D.F., McGraw-Hill, 2009. Pag. 549

seguros, desperdicios y daños, obsolescencia, depreciación, impuestos y el costo de oportunidad del capital. Como es obvio, los costos de mantenimiento suelen favorecer los niveles de inventario bajos y la reposición frecuente.

- *Costos de configuración (o cambio de producción)*. La fabricación de cada producto comprende la obtención del material necesario, el ajuste de las configuraciones específicas en el equipo, el llenado del papeleo requerido, el cobro apropiado del tiempo y el material, y la salida de las existencias anteriores.
  Si no hubiera costos ni tiempo perdido al cambiar de un producto a otro, se producirían muchos lotes pequeños. Esto reduciría los niveles de inventario, con un ahorro en los costos. Reducir estos costos de configuración permitir trabajar con tamaños de lote más pequeños.

- *Costos de pedidos*. Estos costos se refieren a los costos administrativos y de oficina por preparar la orden de compra o producción para reabastecer los inventarios. Los costos de pedidos incluyen todos los detalles, como el conteo de piezas y el cálculo de las cantidades a pedir. Los costos asociados con el mantenimiento del sistema necesario para rastrear los pedidos también se incluyen en esta categoría.

- *Costo de capital*. aún cuando la compañía utilice sus propios recursos para financiar el inventario (en lugar de solicitar préstamos para solventar la adquisición del mismo), existe el costo de oportunidad, ya que el dinero empleado para adquirir el inventario se encuentra comprometido y no puede utilizarse de otras maneras que pudieran generar un rendimiento.

- *Costos de adquisición (Producción)*. Es el costo directo asociado a la compra o a la producción de un bien. Este es el costo variable por excelencia que se utiliza para realizar el cómputo del costo variable unitario del producto.

- *Costos de faltantes*. Cuando las existencias de una pieza se agotan, el pedido debe esperar hasta que las existencias se vuelvan a surtir o bien es

necesario cancelarlo. Se establecen soluciones de compromiso entre manejar existencias para cubrir la demanda y cubrir los costos que resultan por faltantes. En ocasiones, es muy difícil lograr un equilibrio, porque quizá no sea posible estimar las ganancias perdidas, los efectos de los clientes perdidos o los castigos por cubrir pedidos en una fecha tardía. Con frecuencia, el costo asumido por un faltante es ligeramente más alto, aunque casi siempre es posible especificar un rango de costos.

- *Costo de control de inventario*. Sin importar si el inventario tiene material o no, por lo general existe un personal y un sistema responsables de su control, todo lo cual representa un costo.

Establecer la cantidad correcta a pedir a los proveedores o el tamaño de los lotes en las instalaciones productivas de la empresa comprende la búsqueda del costo total mínimo que resulta de los efectos combinados de cuatro costos individuales: costos de mantenimiento, costos de configuración, costos de pedidos y costos de faltantes. Desde luego, la oportunidad de estos pedidos es un factor crítico que puede tener un impacto en el costo del inventario.

2.3.6. Existencias de seguridad

Desafortunadamente, todas las operaciones implican cierta incertidumbre, y no siempre resulta fácil controlarla. En distintas ocasiones se puede dar un quiebre de stock que se traslada en un incumplimiento al cliente, como ser registros de inventario imprecisos, aparición de un problema con la calidad de cierto producto, retrasos en la entrega de un proveedor, rotura de alguna máquina del proceso productivo o aumentos inesperados de la demanda. Para poder afrontar estas incertidumbres se utilizan los stocks de seguridad, que sería un stock adicional que se mantiene en el almacén para hacer frente a estas incertidumbres.

Es importante destacar que existe un costo de oportunidad de mantener un nivel alto de stock de seguridad, ya que se debe balancear entre el nivel de entrega para

evitar los quiebres de stock y el costo financiero de disponer stock inmovilizado (en definitiva, dinero inmovilizado).

2.3.7. Indicadores de gestión de inventario

Es importante darse cuenta de que la forma de manejar los productos utilizando la lógica de control de inventarios se relaciona directamente con el desempeño financiero de la empresa. Con frecuencia, la alta gerencia está más interesada en la cantidad total de dinero destinada a los inventarios y a los niveles de servicio para amplios grupos de artículos que en el control de artículos individuales. Una medida clave que se relaciona con el desempeño de la compañía es la rotación de inventarios. El coeficiente de rotación de inventarios se define como la proporción de las ventas en un determinado período de tiempo al nivel promedio de inventario para el mismo periodo de tiempo evaluado[16]. Este índice indica la cantidad de veces que *rota* el stock en el período analizado, o sea, la cantidad de veces que se renueva las existencias durante dicho período.

La rotación de inventarios se calcula como sigue:

$$\text{Rotación de inventarios} = \frac{\text{Costo de los bienes vendidos}}{\text{Valor promedio del inventario}}$$

Este valor constituye un buen indicador sobre la calidad de la gestión de los abastecimientos, de la gestión del stock y de las prácticas de compra de una empresa. El cálculo puede realizarse en función de los costos o en función de la cantidad de stock en unidades.

Otra medida común para evaluar la eficiencia de la cadena de suministro es la *cobertura de stock*. En esencia, ésta mide lo mismo que la *rotación de inventario* y

[16] BALLOU, R., Administracion de la cadena de suministro, 5ª Ed. México, Pretince Hall, 2004. Pag. 39

matemáticamente son inversas entre sí. La cobertura de stock indica el número de días (o semanas) de consumo que las existencias pueden cubrir. Se obtiene al dividir el stock (o stock promedio) entre el consumo medio (ventas promedio) de un período dado.

$$\text{Cobertura de stock} = \frac{\text{Promedio de existencias}}{\text{Venta promedio}}$$

Teniendo en cuenta que muchos productos sufren obsolescencia en el tiempo y tienen determinado un tiempo de vida útil, es importante también la medición de la *anticuación del stock*, donde se mide si se está cumpliendo la regla *FIFO* (First in, First out, por su siglas en inglés, que significa "Primero entrada, primero salida). En este caso se pueden establecer distintas categorías para catalogar el stock, según su antigüedad, pudiendo tomar acción sobre los materiales más viejos, como ser el ofrecimiento de un descuento en el precio por dichos materiales.

2.3.8. Conteo Cíclico

Por lo regular, los registros del inventario difieren del conteo físico real; la precisión del inventario se refiere a la coincidencia de ambos. Hay muchas razones por las que los registros y el inventario no concuerdan. Los motivos más comunes por el cual el inventario real no coincide con el que se refleja en sistema son: hurto, devoluciones de cliente no registradas, material no apto tirado a chatarra pero sin darlo de baja en el stock, pérdida de identificación de los materiales o mal identificados, materiales almacenados en una ubicación distinta a la que figura en el sistema, errónea declaración de producción, etc.

Una manera de asegurar la precisión del inventario es contar el mismo con frecuencia y compararlo con los registros. Un método muy utilizado es el *conteo de ciclo* o también conocido como *recuento cíclico*. El recuento cíclico es una técnica de conciliación continua del inventario con los registros del inventario[17]. La mayor

[17] HEIZER, J., RENDER, B., Dirección de la producción y de operaciones. 8ª Ed. Madrid, España, Pearson, 2008, pág. 61

diferencia con un recuento total es que el inventario se cuenta con frecuencia (de forma regularmente) en lugar de una o dos veces al año. Es una alternativa al conteo anual de todos los artículos, donde es posible contar sólo una fracción de éstos en un momento particular, con tiempos para un conteo escalonado en el año. Por lo general esto se hace en lugar del conteo de inventario físico anual, y no como actividad adicional a éste. La frecuencia con la que un artículo se cuenta puede establecerse de acuerdo con lo crítico de este artículo. La clave para un conteo de ciclo efectivo y, por lo tanto, registros precisos radica en decidir qué piezas se van a contar, cuándo y por quién.

El momento para contar el inventario con mayor facilidad es cuando no hay actividad en el almacén o en el piso de producción. Esto significa los fines de semana o durante el segundo o tercer turno, cuando las instalaciones están menos ocupadas. Si no es posible, es necesario registrar y separar las piezas con mayor detenimiento para contar el inventario mientras la producción está en proceso y ocurren transacciones. Algunas empresas cierran sus operaciones anualmente mientras el conteo está en marcha.

El ciclo de conteo depende del personal disponible. Algunas empresas programan que el personal regular del almacén realice el conteo durante un día hábil regular. Otras compañías contratan empresas privadas que cuentan el inventario. Otras más utilizan contadores de ciclo de tiempo completo que no hacen otra cosa más que contar el inventario y solucionar las diferencias con los registros. Aunque este último método parece costoso, muchas empresas creen que en realidad es menos costoso que el conteo de inventario anual que por lo regular se lleva a cabo durante dos o tres semanas en que las instalaciones están cerradas por vacaciones.

2.4. Gestión de Demanda

Para el estudio de los inventarios y la determinación de los sistemas de inventario para una determinada organización es necesario conocer el comportamiento de los artículos o bienes, pues de este comportamiento se definirá el tipo de modelo a aplicar para estimar los niveles de inventarios que desde el punto de vista

económico son los óptimos. Desde el punto de vista del consumidor la demanda es la cantidad de bienes y servicios que los consumidores están dispuestos a comprar a los posibles precios del mercado.

El concepto de demanda es similar al de consumo, pero, a diferencia de este, se refiere a la cantidad de unidades solicitadas y no a las despachadas. Si existe suficiente inventario el consumo es igual a la demanda, ya que cada unidad solicitada es despachada. Si se presenta una ruptura de inventario y durante ese periodo se requieren materiales, la demanda será superior al consumo.

2.4.1. Tipos de demanda

Existen varios tipos de demanda dependiendo de la forma en que se las clasifique. Tomamos como referencia la clasificación propuesta por Hamdy Taha (2012), donde expone distintos tipos de clasificación[18]. Si tenemos en cuenta la dependencia entre artículos, es decir, cuando la demanda se relaciona con el hecho de si ésta se deriva de una pieza final o si se relaciona con la pieza misma, se clasifica entonces según:

- Demanda dependiente
- Demanda independiente

Si la clasificación se realiza en base a la certeza o no de la demanda la misma se clasifica en:

- Demanda determinística, que a su vez se clasifica en
    - Estática
    - Dinámica

- Demanda probabilística, que a su vez se puede clasificar en

[18] TAHA, H., *Investigación de operaciones*. 9ª Ed. Naucalpan de Juárez, México, Pearson, 2012, pág. 458

- Estacionaria
- No estacionaria

2.4.1.1. Demanda dependiente

Se refiere a una dependencia conocida de la demanda de un producto con otro. Además está compuesta por la materia prima, los componentes y sub-ensambles que son usados en la producción de artículos que sirven para la fabricación de productos finales. Cuando se realiza un proceso de planeación de producción, esta demanda debe predecirse. Sin embargo, en ocasiones no es necesario predecirla ya que se puede calcular a partir de la demanda de artículos finales y las decisiones de producción.

2.4.1.2. Demanda Independiente

Son aquellas en las cuales se desconoce la dependencia de la demanda con otro artículo o producto. Esta demanda está influenciada por las condiciones del mercado fuera del control de operaciones; además consta de los productos terminados, partes de repuestos y ciertos artículos cuya demanda aumenta más directamente del ambiente incierto del mercado.

2.4.1.3. Demanda determinística

Es la demanda de un artículo que se conoce con certeza en un determinado período de tiempo. Esta a su vez, puede ser:

- Estática: Es aquella donde la tasa de consumo permanece constante durante el transcurso del tiempo.

- Dinámica: Es aquella en la cual la demanda se conoce con certeza, pero varia de un periodo al siguiente.

2.4.1.4. Demanda probabilística

Es cuando la demanda de un artículo está sujeta a incertidumbre y variabilidad, y se describe en términos de una función de probabilidad. Esta puede ser:

- Estacionaria: En la cual la función de densidad de probabilidad de la demanda, se mantiene sin cambio con el tiempo.

- No estacionaria: Donde la función de densidad de probabilidad varía con el tiempo.

2.5. Tiempo de reabastecimiento

El tiempo de reposición (lead time) es el tiempo comprendido entre la detección de la necesidad de comprar una cierta cantidad de un material y el momento en que esta llega físicamente al almacén y se encuentra disponible para su uso. Incluye, además del plazo de entrega del proveedor (o fabricación, en su defecto), todos los tiempos empleados en detectar la necesidad, gestionar la orden de compra (o de producción), etc., hasta la aprobación final y el posicionamiento en el lugar de destino. El tiempo de reposición puede descomponerse en dos partes (dependiendo del sistema administrativo de cada empresa):

I. El tiempo que transcurre desde la detección de la necesidad de realizar la reposición hasta que se emite la orden de compra o de producción.

II. El tiempo que transcurre desde la emisión de la orden de compra/producción hasta la recepción física del material.

El primer tiempo depende fundamentalmente de la organización administrativa de cada empresa, y el segundo del proveedor del material en el caso de que se compre

externamente la pieza o el tiempo de producción en el caso que se abastezca la reposición con producción propia. Evidentemente, estos tiempos variaran en función de la organización de la compañía, de si los materiales son en serie o de producción especial, la frecuencia de fabricación y/o disponibilidad de stock del proveedor.

3. CAPÍTULO III: MODELOS DE GESTIÓN DE INVENTARIOS

Según Chase, Aquilano y Jacobs (2009), un sistema de inventario proporciona la estructura organizacional y las políticas operativas para mantener y controlar los bienes en existencia[19]. El sistema es responsable de pedir y recibir los bienes: establecer el momento de hacer los pedidos y llevar un registro de lo que se pidió, la cantidad ordenada y a quién. Las dos variables más importantes que determinan o afectan a los modelos de administración de inventarios son la variabilidad de la demanda y la de los tiempos de suministro.

3.1. Tipos de modelos

Existen dos tipos generales de sistemas de inventario: los modelos de cantidad fija del pedido (también llamados cantidad económica de pedido, economic order quantity, EOQ, modelo Q) y los sistemas de periodo de tiempo fijo (también llamados sistema periódico, sistema de revisión periódica, sistema de intervalo fijo de pedidos, y modelo P).

La distinción básica es que los modelos de cantidad fija de pedido son “impulsados por un evento”, y los modelos de periodo de tiempo fijo son “impulsados por el tiempo”. Esto es, el modelo de cantidad fija de pedido inicia un nuevo pedido cuando ocurre el evento de alcanzar un nivel específico para el nuevo pedido; este evento puede ocurrir en cualquier momento, dependiendo de la demanda de los artículos considerados. Por el contrario, el modelo de periodo de tiempo fijo se limita a colocar pedidos al final de un periodo de tiempo predeterminado, solo el paso del tiempo impulsa el modelo.

En el modelo de cantidad fija de pedido (que coloca un pedido cuando el inventario restante cae a un punto de pedido predeterminado, R) el inventario restante debe monitorearse continuamente. Así, el modelo de cantidad fija de pedido es un

[19] CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministro. 12ª Ed. México D.F., McGraw-Hill, 2009. Pag. 550

sistema perpetuo que requiere que cada vez que se haga un retiro o una adición al inventario, los registros deban actualizarse para asegurar que el punto del nuevo pedido se ha alcanzado o no. En un modelo de periodo de tiempo fijo, el conteo tiene lugar solo durante el periodo de revisión.

Algunas diferencias que podemos destacar entre ambos modelos son:

- El modelo de periodo de tiempo fijo tiene un inventario promedio más grande por cuanto debe protegerse contra el agotamiento de las existencias durante el periodo de revisión T; el modelo de cantidad fija no tiene periodo de revisión.

- El modelo de cantidad fija de pedido favorece a los artículos más costosos porque el inventario promedio es menor.

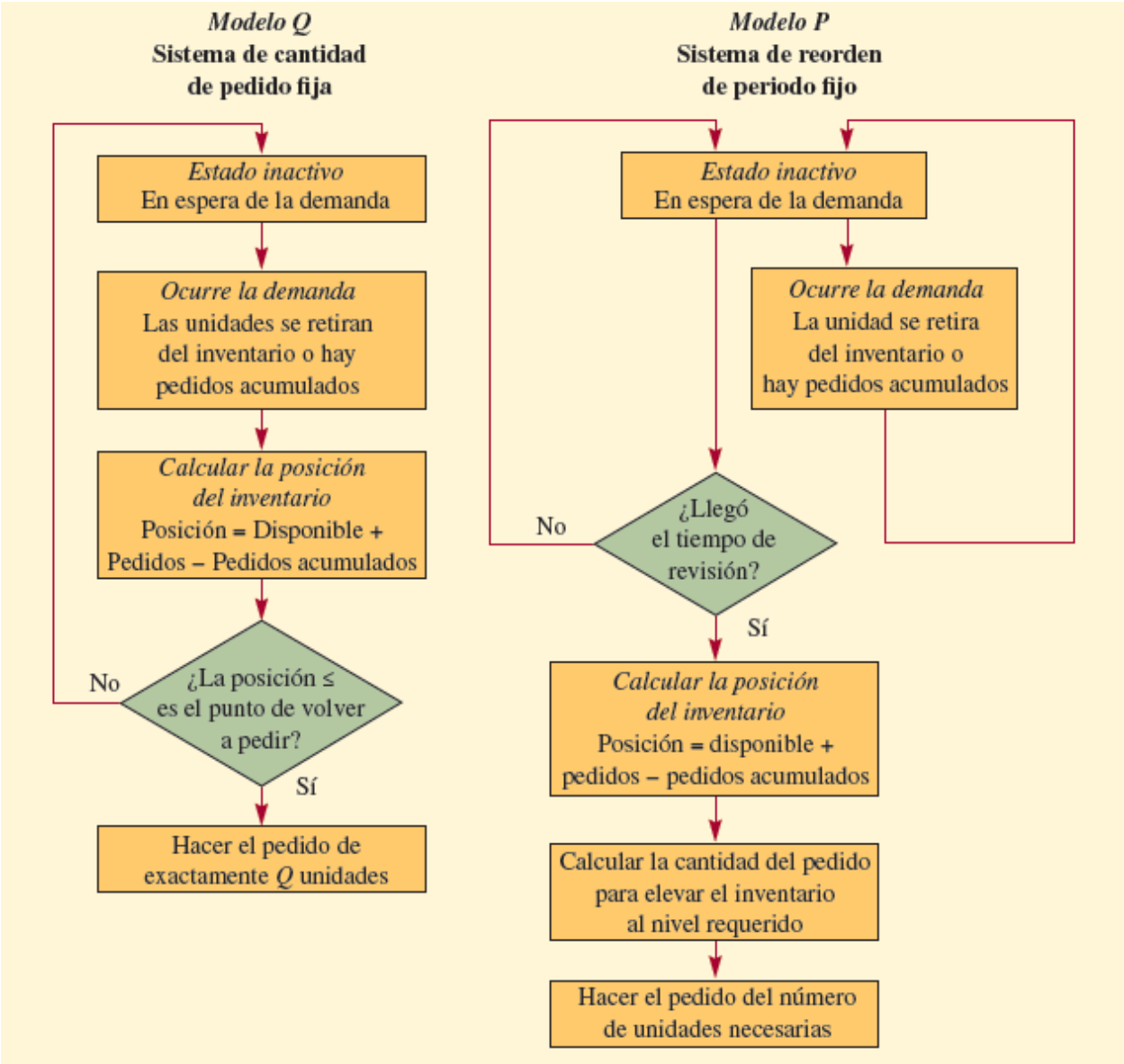
- El modelo de cantidad fija de pedido es más adecuado para artículos importantes, tales como las partes de reparación criticas, porque hay un monitoreo más cercano y en consecuencia una respuesta más rápida al posible agotamiento de existencias.

- El modelo de cantidad fija de pedido requiere más tiempo de mantenimiento porque cada adición o retiro se debe registrar.

En el grafico 3.1, Chase, Aquilano y Jacobs (2009) nos muestran lo que ocurre cuando cada uno de los dos modelos se pone en uso[20]:

Grafico 3.1: Comparación entre los sistemas de inventarios

[20] CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministro. 12ª Ed. México D.F., McGraw-Hill, 2009. Pag. 555



Como se observa, el sistema de cantidad fija de pedido se centra en las cantidades de pedido y en los puntos de un nuevo pedido. Procedimentalmente, cada vez que una unidad se saca de las existencias, el retiro se registra y la cantidad remanente en inventario se compara de inmediato con el punto del nuevo pedido. Si está por debajo de ese punto, se coloca una orden de Q artículos. De lo contrario, el sistema permanece inactivo hasta el próximo retiro.

En el sistema de periodo de tiempo fijo, la decisión de colocar un pedido se toma después de que las existencias hayan sido contadas o revisadas. El hecho de si un

pedido ha sido colocado realmente depende de la posición del inventario en ese momento.

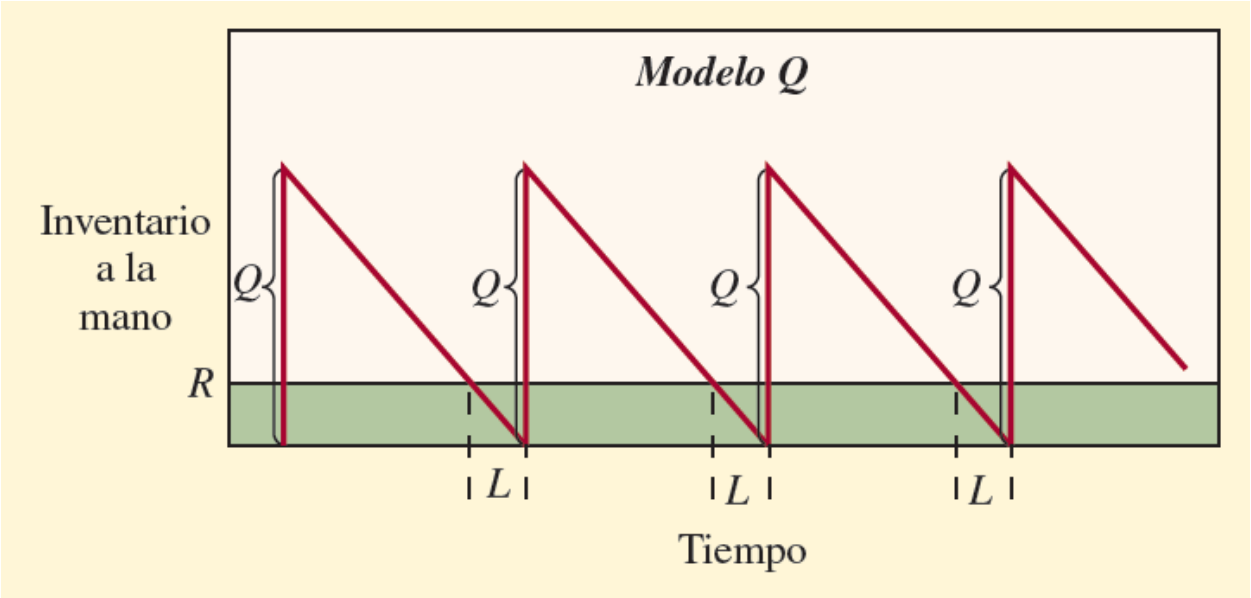
3.1.1. Modelo de revisión continua (Modelo Q)

Este sistema se basa en reordenar las cantidades necesarias, una vez se llegue a un punto mínimo llamado punto de reorden o de pedido. Este modelo de cantidad de pedido fija trata de determinar el punto específico, R, en que se hará un pedido, así como el tamaño de éste, Q (que es la cantidad óptima, $Q_{opt,}$ del modelo EOQ[21]). El punto de pedido o de reorden, R, siempre es un número específico de unidades. Se hace un pedido de tamaño Q cuando el inventario disponible (actualmente en existencia o en pedido) llega al punto R. La posición del inventario se define como la cantidad disponible más la pedida menos los pedidos acumulados. Para ello, es necesario que se mantenga un registro perpetuo de los inventarios. Los registros se deben revisar de forma continua.

Dado que estos modelos se utilizan para condiciones independientes de la demanda, el supuesto básico es que ésta es relativamente uniforme a lo largo del tiempo, lo que produce el patrón clásico de “diente de sierra” de la demanda en función del tiempo, como se observa en el grafico 3.2

[21] Para ampliar el modelo EOQ referirse al ANEXO VII

Grafico 3.2



El diagrama expuesto anteriormente muestra también la utilización gradual del inventario hasta agotarlo. En este punto se le reabastece con una cantidad igual a la Q_{opt}. En este análisis se observa de inmediato que el reabastecimiento requiere tiempo, sin importar de dónde provenga el material, ya sea de una fuente interna (vía producción), o de un proveedor externo. El tiempo necesario para realizar el reabastecimiento se denomina tiempo de espera para reabastecimiento, L. El motivo por el que este modelo forma parte de la categoría basada en cantidad, radica en que la decisión de reabastecer se toma cuando todavía se cuenta con cierta cantidad de producto en el inventario. Tal cantidad se denomina punto de reorden, y está determinada por el nivel de inventario necesario para cubrir la demanda mientras se da el reabastecimiento.

La fórmula para calcular el punto de reorden es bastante simple (ya vista anteriormente):

$$R = đ.L$$

Donde R es el punto de reorden, đ es la demanda diaria promedio, y L es el tiempo de espera, en días. Es posible utilizar la misma fórmula sin importar el tipo de unidad de tiempo de espera que se emplee, siempre y cuando la unidad de tiempo para la demanda promedio sea igual.

Un sistema de cantidad de pedido fija vigila en forma constante el nivel del inventario y hace un pedido nuevo cuando las existencias alcanzan cierto nivel, R. El peligro de tener faltantes en ese modelo ocurre sólo durante el tiempo de entrega, entre el momento de hacer un pedido y su recepción. Un problema común que muchas personas identifican rápidamente en este modelo, es que pueden presentarse varios factores que afecten las condiciones establecidas. De estos factores, los dos que se presentan con más frecuencia son: que el proveedor se retrase al reabastecer el inventario y/o que la demanda del artículo exceda las expectativas durante el tiempo de espera para el reabastecimiento. Cualquiera de estas condiciones puede ocasionar desabastecimiento, lo cual representa —evidentemente— un problema potencial para el mantenimiento de un buen servicio al cliente.

El método para manejar los aspectos de servicio al cliente dentro de un ambiente de incertidumbre como éste consiste en mantener un inventario de seguridad (o de almacenamiento temporal). La cantidad de producto que debe conformar el inventario de seguridad depende, en general, de dos aspectos. El primero es la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera, y el segundo es el nivel de servicio al cliente que se desea lograr. La desviación estándar puede calcularse a partir de la experiencia, pero el nivel de servicio al cliente es determinado por la dirección de la empresa, casi siempre con base en la probabilidad de atender la demanda del cliente durante el ciclo de pedidos. El inventario de seguridad estándar supone una distribución normal[22] de la demanda durante el tiempo de espera, y se calcula mediante la fórmula general[23]:

$$IS = z\sigma_L$$

[22] Ver Anexo I

[23] CHAPMAN, S. *Planificación y control de la producción*. 1ª Ed. Naucalpan de Juárez, México, Prentice Hall, 2006, pág. 105

Donde IS es el inventario de seguridad, z es la marca estadística z correspondiente al nivel de servicio al cliente establecido y σL es la desviación estándar de la demanda durante el tiempo de espera. Algunos valores típicos para z son:

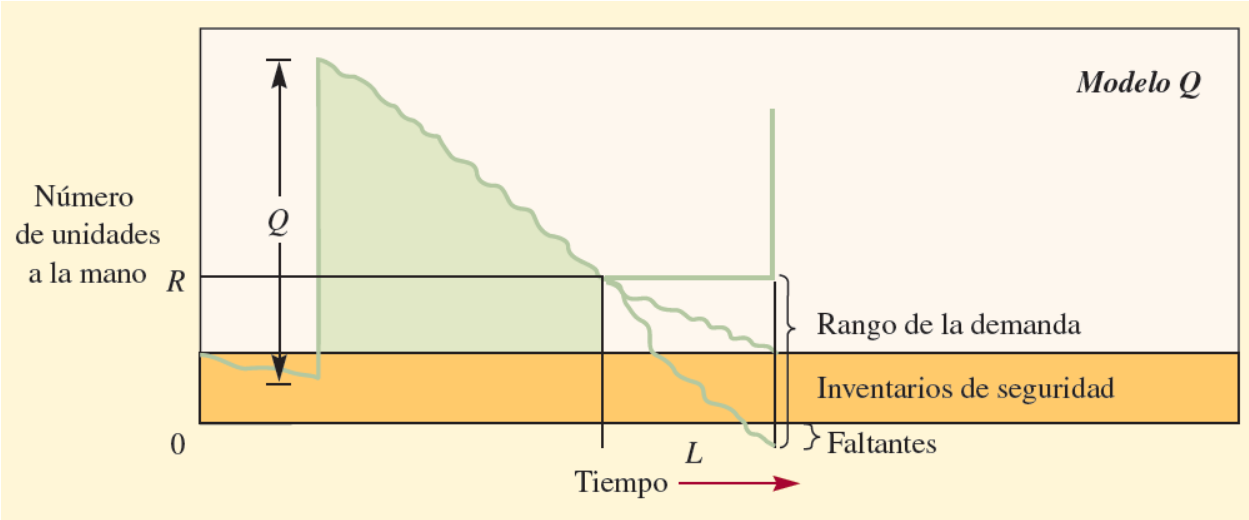
Nivel de servicio al cliente de 90%, z = 1.29
Nivel de servicio al cliente de 95%, z = 1.65
Nivel de servicio al cliente de 99%, z = 2.33

Evidentemente, entre más alto sea el nivel de servicio al cliente que se desea lograr, mayor será el inventario de seguridad para cualquier variación en la demanda durante el tiempo de espera. Cuando se combinan el punto de reorden típico y el inventario de seguridad, se obtiene una nueva fórmula para calcular el punto de reorden:

$$R = \bar{d}L + z\sigma_L$$

En el gráfico 3.3 podemos observar los distintos caso que pueden suceder en el caso de que la demanda varíe durante el plazo de aprovisionamiento.

Grafico 3.3



En el caso de que la demanda se mantenga dentro del rango de demanda no habría un quiebre de stock, pero si la demanda durante el tiempo de reaprovisionamiento

es mayor a la demanda promedio y al stock de seguridad, se generaría un faltante y no se atendería la demanda total.

3.1.2. Modelo de Revisión Periódica (Modelo P)

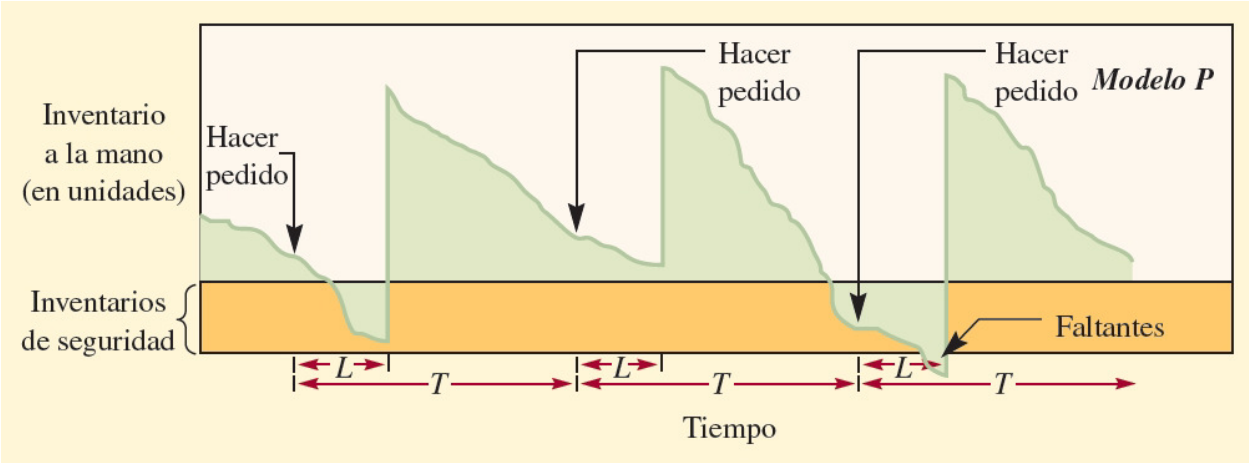
En un sistema de periodo fijo, el inventario se cuenta sólo en algunos momentos, como cada semana o cada mes. Este modelo tiene la ventaja de que no exige el mantenimiento perpetuo de un balance de inventarios. Es recomendable contar el inventario y hacer pedidos en forma periódica en situaciones como cuando los proveedores hacen visitas de rutina a los clientes y levantan pedidos para toda la línea de productos o cuando los compradores quieren combinar los pedidos para ahorrar en costos de transporte. Otras empresas operan en un periodo fijo para facilitar la planeación del conteo del inventario; por ejemplo, el Distribuidor X llama cada dos semanas y los empleados saben que es preciso contar todos los productos del Distribuidor X.

Los modelos de periodo fijo generan cantidades de pedidos que varían de un periodo a otro, dependiendo de los índices de uso. Por lo general, para esto es necesario un nivel más alto de inventario de seguridad que en el sistema de cantidad de pedido fija. El sistema de cantidad de pedido fija supone el rastreo continuo del inventario disponible y que se hará un pedido al llegar al punto correspondiente. En contraste, los modelos de periodo fijo estándar suponen que el inventario sólo se cuenta en el momento específico de la revisión. Es posible que una demanda alta haga que el inventario llegue a cero justo después de hacer el pedido. Esta condición pasará inadvertida hasta el siguiente periodo de revisión; además, el nuevo pedido tardará en llegar. Por lo tanto, es probable que el inventario se agote durante todo el periodo de revisión, T, y el tiempo de entrega, L. Por consiguiente, el inventario de seguridad debe ofrecer una protección contra las existencias agotadas en el periodo de revisión mismo, así como durante el tiempo de entrega desde el momento en que se hace el pedido hasta que se recibe.

En un sistema de periodo fijo, los pedidos se vuelven a hacer en el momento de la revisión (T), y el inventario de seguridad (IS)[24] que es necesario volver a pedir es

$$\text{Inventario de seguridad} = z\sigma_{T+L}$$

Grafico 3.4



El gráfico 3.4 muestra un sistema de periodo fijo con un ciclo de revisión de T y un tiempo de entrega constante de L. En este caso, la demanda tiene una distribución aleatoria alrededor de una media d. La cantidad a pedir, q, es

Cantidad de pedido	=	Demanda promedio durante el periodo vulnerable	+	Inventarios de seguridad	−	Existencias disponibles (más el pedido, en caso de haber alguno)
q	=	$\bar{d}(T+L)$	+	$z\sigma_{T+L}$	−	I

Donde:

q = Cantidad a pedir

T = El número de días entre revisiones

L = Tiempo de entrega en días (tiempo entre el momento de hacer un pedido y recibirlo)

[24] CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministro. 12ª Ed. México D.F., McGraw-Hill, 2009. Pag. 563

đ = Demanda diaria promedio pronosticada

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

σ_{T+L} = Desviación estándar de la demanda durante el periodo de revisión y entrega

I = Nivel de inventario actual

En este modelo, la demanda (đ) puede ser pronosticada y revisada en cada periodo de revisión o se puede utilizar el promedio anual, siempre y cuando sea apropiado. Se supone que la demanda tiene una distribución normal.

El valor de z depende de la probabilidad de tener faltantes y se puede calcular utilizando el Anexo 2.

3.1.3. Stock promedio en cada modelo

El inventario promedio en el modelo EOQ es Q/2, lo que resulta cierto si se supone que la demanda es constante. Al incluir la incertidumbre en la ecuación, es necesario tener un inventario de seguridad para manejar el riesgo que surge por la variabilidad en la demanda. El modelo de cantidad de pedido fija y el modelo de periodo fijo tienen ecuaciones para calcular el inventario de seguridad requerido para una probabilidad determinada de que el inventario se agote. En ambos modelos, se supone que al pasar por un ciclo de pedido, la mitad del tiempo se necesita utilizar el inventario de seguridad y la otra mitad no. De modo que, en promedio, se espera que el inventario de seguridad esté disponible. En vista de lo anterior, el inventario promedio es igual a lo siguiente[25]:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{2} + IS$$

[25] BALLOU, R., *Administracion de la cadena de suministro*, 5ª Ed. México D.F., Prentice Hall, 2004, pág. 351

Donde Q en el modelo de revisión continua será el Qopt y en el caso de revisión periódica la demanda media. El primer término de la ecuación suele conocerse como "Stock operativo", que sumados al stock de seguridad (segundo término), nos totaliza el stock promedio total.

3.2. Sistema de Producción

A pesar de de no ser el tema principal de la tesis, es importante detallar brevemente los dos sistemas de producción más importantes hoy en día utilizados en la empresa para luego poder entender la clasificación de los materiales y la gestión que se debería aplicar a cada caso. Los dos sistemas utilizados para la fabricación de productos dentro de Acindar es el sistema MTS y MTO[26], explicados a continuación.

3.2.1. Sistema de Producción Make to Stock (MTS)

El sistema de producción MTS es un método utilizado para realizar la planificación de la producción teniendo en cuenta un stock objetivo a cumplir, o sea, se fabrica para reabastecer el stock al nivel objetivo. En este caso, la demanda se atiende directamente desde el stock. El mismo se diseña a partir de los pronósticos de venta a futuro y debe estar diseñado de tal manera que permita mediante el stock de seguridad amortiguar los desvíos del pronóstico. Este sistema de producción se utiliza principalmente para artículos que tienen una demanda relativamente estable, son pocos productos de gran volumen cada uno, productos que no tienen gran complejidad y cuando el lead time de entrega o fabricación tiene gran variabilidad.

3.2.2. Sistema de Producción Make to Order (MTO)

[26] CHAPMAN, S. *Planificación y control de la producción*. 1ª Ed. Naucalpan de Juárez, México, Prentice Hall, 2006, pág. 48

El sistema de producción contra orden, en contrapartida, es un sistema de planificación de la producción que se basa en los pedidos en firme de los clientes y se fabrica las cantidades que solicita el cliente. Este modelo funciona bien para el caso de que sean materiales de venta esporádica y poco frecuente, o cuando la demanda no es estable. Generalmente es grande el porfolio de materiales que se incluyen dentro de esta categoría ya que se fabrican "bajo demanda" y se trabaja sin stock de seguridad para no recaer en sobre-stock[27].

[27] CHAPMAN, S. Planificación y control de la producción. 1ª Ed. Naucalpan de Juárez, México, Prentice Hall, 2006, pág. 49

4. CAPITULO IV: MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se determinará cuál será el tipo de investigación a aplicar a la presente tesis, cuales son las herramientas a utilizar para la recolección de datos y su posterior análisis, determinar las fuentes de información, definir una metodología para llevar a cabo la investigación y cuál es el plan de trabajo.

4.1. Tipo de investigación

La presente tesis se basa en una investigación de tipo *aplicada*, ya que busca solucionar un problema concreto de la empresa en cuestión. La investigación aplicada normalmente identifica el problema y busca, dentro de las posibles soluciones, aquella que pueda ser la más adecuada para el contexto específico. El objetivo es poder alcanzar una solución que luego sea replicable para otras áreas de la empresa y contribuya a la mejora de la performance.

4.2. Diseño de la investigación

De acuerdo a la naturaleza del estudio, la investigación en cuestión reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo y explicativo.

La tesis tiene un nivel de investigación descriptivo porque se describe la situación actual del sistema de gestión de stock de la empresa, además tiene un nivel de investigación explicativa porque se basa en determinar cuál sería el mejor diseño del stock y su gestión para mejorar la entregas de materiales entre una unidad y otra de la empresa Acindar, con la finalidad de proponer planes de acciones que puedan solventar la problemática existente en la empresa sobre las entregas fuera de término y los quiebres de stock.

En parte podemos afirmar que en este caso es una investigación cuantitativa que busca manipular variables para medir sus efectos y entender la relación causal entre

las variables en cuestión (stock y entrega). Se utilizan las estadísticas para recopilar y analizar datos que luego permiten explicar el porqué de un fenómeno y en qué circunstancias ocurre. En el caso particular de Acindar se realiza un análisis de caso para llevar adelante la investigación, tratando de identificar el mejor modelo de gestión de stock que permita mejorar las entregas inter-planta.

4.3. Población y muestra

Una población o universo es el conjunto o totalidad de unidades elementales acerca de las cuales se quiere investigar. En otras palabras es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de población poseen una característica común, que es la que se estudia y da origen a los datos de la investigación. La muestra podemos definirla como una porción representativa de la población en estudio, ya que usualmente es imposible disponer y/o trabajar con la población total.

Para llevar adelante la tesis es de crucial importancia la recopilación de información para dar soporte y validar la propuesta de mejora. En el presente caso de estudio, se identifica la población como todas las entregas realizadas desde el Negocio Siderúrgico al Negocio Trefilados desde el comienzo de la relación entre ambas unidades hasta el hoy. También podemos identificar como población a la evolución del stock del Negocio Siderúrgico en el mimo período antes mencionado, ya que es una información crucial para determinar cómo se viene gestionando el stock.

La muestra contempla las entregas y la evolución del stock desde el año 2011 al 2013 inclusive. La elección de estos tres años se debe a que son los más recientes y representan mejor la evolución y entrega del stock, y además se necesitan al menos 3 años para poder formar una serie de tiempo para realizar análisis estadístico para poder hacer inferencia sobre el comportamiento de las variables y poder tomar acciones al respecto.

4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

En este punto se detalla cuales fueron los instrumentos utilizados para poder realizar la recolección de datos para llevar adelante el análisis de la presente tesis.

4.4.1. La observación

En el caso de estudio la observación se realiza de forma directa y no estructurada, para poder recoger los datos de mi propia observación. Este instrumento es ampliamente utilizado y aceptado dentro de la investigación científica ya que permite la toma de datos de "primera mano", dando autenticidad a los datos observados con el fin de estudiar los fenómenos de forma grupal o aislada.

Mediante esta técnica se observará el acopio de los materiales en el almacén, cómo se realizan las entregas inter-planta y cómo se realiza la gestión del stock.

4.4.2. Entrevistas no estructuradas

En una entrevista personal no estructurada se persigue, de forma individual, que cada entrevistado exprese libremente sus opiniones y creencias sobre algún tema objeto de análisis. La entrevista se realiza para conseguir un profundo entendimiento de las experiencias de los participantes involucrados en el proceso. Quienes responden pueden ser gerentes o empleados, los cuales son usuarios actuales del sistema existente, usuarios potenciales del sistema propuesto o aquellos que proporcionarán datos o serán afectados por la aplicación propuesta.

Para el caso de estudio, las personas involucradas en el proceso que se facilitaron para realizar entrevistas fueron: el gerente de abastecimiento del negocio Trefilados, que es quien realiza los pedidos mensuales de material al negocio Siderúrgico, el encargado por parte de Trefilados de solicitar diariamente los materiales al negocio

Siderúrgico, el responsable de logística de programar las entregas del material y conseguir los camiones, la persona encargada de realizar la carga propiamente dicha al camión y efectuar el control final del stock. Además también participaron de entrevistas los gerentes de producción de ambos trenes laminadores para recabar información sobre la prioridad de fabricación de los materiales para atender al negocio Trefilados.

4.4.3. Revisión documental

La revisión documental es una técnica que permite para rastrear, ubicar, inventariar, seleccionar y consultar las fuentes y los documentos que se utilizan como materia prima en una investigación. Es un proceso que procura obtener información relevante, fidedigna e imparcial, para extender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento. La recolección, selección, análisis de la información se realiza a partir del uso de documentos principalmente de una fuente primaria. La principal ventaja de utilizar esta herramienta es el bajo de costo que implica la obtención de la información ya que no requiere producir el material, sino la tarea es ubicarlo, recopilarlo, seleccionarlo y por supuesto, analizarlo.

En nuestro caso se utilizarán varios procedimientos documentados que tiene la empresa, como ser: para el movimiento inter-planta de los materiales, para la formulación del pedido inter-planta y un documento que determina los límites de la antigüedad de los inventarios. También dentro de la categoría de revisión documental se incluye los informes mensuales de rentabilidad de la empresa y los informes de cierres de stock al término de cada período (cada mes).

4.5. Fuentes y recolección de datos

La principal fuente para la recolección de datos es el sistema SAP que utiliza la empresa donde se registra continuamente las variaciones de stock producidas por la

producción, las entregas, los ajustes de inventario, y el consumo interno de los materiales. Para la obtención de datos se utiliza distintas queries[28] del sistema donde se obtienen los datos que luego pueden ser exportados a Excel para su posterior procesamiento y análisis.

4.6. Plan de trabajo

Las etapas que conforman la realización de este trabajo de investigación, serán explicadas a continuación:

Paso 1: Determinar la situación actual de la Empresa.
En esta etapa se comienza con el diagnóstico de la situación actual de la gestión del stock y de las entregas de la empresa, es decir, se estudia en qué forma se tratan los pedidos inter-planta y qué tipo de gestión realizan las áreas de área de planificación, logística y despachos. En este punto también se investiga cómo fueron las entregas mes a mes, cuantos quiebres de stock hubo (stock-out) y se analiza la evolución mensual del stock.

Paso 2: Determinación del Comportamiento de la Demanda.
Luego de tener analizada la situación de la empresa y cómo opera habitualmente para gestionar los pedidos entre unidades de negocio, se pasa a evaluar el comportamiento de la demanda de cada tipo de material solicitado, en cuanto a si su demanda es dependiente o independiente, y si es estática o dinámica. Esta información permite determinar las características que presentan cada material para poder realizar el trato correspondiente de la demanda.

Paso 3: Clasificación de los Materiales Bajo Estudio.
En este paso, se procederá a realizar una clasificación de los materiales existentes en la empresa (muestra seleccionada de 3 años), todo esto con la finalidad de poder establecer mejor los modelos de inventario a aplicar a cada material dependiendo

[28] Una query es una consulta que tiene un formato predefinido para obtener información de una base de datos.

de sus características y su importancia dentro de la empresa. Para realizar dicha clasificación se utilizará la Clasificación ABC, estableciendo así un grado de importancia dependiendo del costo y el uso anual que tenga cada material. También se realizará una clasificación de los materiales de acuerdo a si se fabrican bajo pedido o contra stock, ya que permitirá analizar el tratamiento distintivo entre ambas categorías.

Paso 4: Analizar la gestión de la producción y el tiempo de abastecimiento

Otro dato importante para avanzar con la determinación del modelo es comprender el modelo de fabricación de los alambrones, conociendo frecuencias de laminación y posibles inconvenientes asociados a la laminación. Además también se estudiará el tiempo de abastecimiento, ya que es una de las variables que afecta para el cálculo del modelo de gestión de stock.

Paso 5: Propuesta de Modelos de Inventario.

Luego de tener toda la información necesaria para cada tipo de material se realizara una propuesta, según las características que presenten los diversos tipos de productos, cuál es el modelo que mejor se ajuste a las necesidades de la empresa para dichos productos. Todo esto a través del estudio analítico de los modelos existentes de inventario y las características propias de los productos en inventario determinadas en los pasos anteriores.

5. CAPITULO V: SELECCIÓN Y ADAPTACION DEL MODELO

En este capítulo de desarrollará la parte central de la tesis, evaluando la situación actual de la empresa en cuanto a la gestión del stock y las entregas, para luego realizar un análisis detallado de la demanda y el cumplimiento de entrega para luego proponer un modelo de gestión de inventarios que permita asegurar las entregas al Negocio Trefilados y evitar perdida de venta y/o producción por desabastecimiento.

5.1. Situación actual de la empresa

5.1.1. Gestión de la demanda/pedido interno

Los pedidos que realiza el negocio Trefilados al negocio Siderúrgico se realizan a través del sistema SAP, en el módulo de SCM (Supply Chain Management). Actualmente los realiza el gerente de Planeamiento de Ventas y Producción de Trefilados entre los días 16 y 18 de cada mes. Cabe aclarar que los pedidos son mensuales, y el horizonte de pedido son tres meses debido a la frecuencia de laminación de cada producto y para poder preparar el stock para pedidos estacionales, teniendo en cuenta que el primer mes del pronóstico es en firme y los otros dos meses son estimativos sujeto a modificaciones.

La base del pedido de materia prima que realiza el gerente se basa en el pronóstico de ventas que realiza la fuerza de ventas, que luego es validada por los gerentes de ventas[29]. Para la realización del pronóstico los vendedores toman como base la visita a sus principales clientes relevando la posible demanda futura, además de las variables exógenas del entorno como ser el tipo de cambio, la tasa de los plazos fijos, presupuesto destinado a infraestructura por parte del Gobierno de turno e importaciones de material de forma directa por parte de nuestros clientes. Este pronóstico luego es validado por el Gerente de Venta zonal teniendo una mirada

[29] Información obtenida en base a diversas entrevistas realizadas con el gerente de Planificación del Negocio de Alambres

más abarcativa de la situación y ajustando en parte el número pronosticado al presupuesto de venta mensual. El paso final de validación lo da el área de Planeamiento de Ventas y Producción del negocio Siderúrgico, que determina si es factible atender dicha demanda teniendo en cuenta el stock disponible y la capacidad de producción instalada.

El pronóstico se realiza por línea de producto, que luego el sistema realiza una apertura por material de cada categoría teniendo en cuenta el volumen histórico de venta. Esta explosión por material luego es validada por los vendedores y realizan un ajuste fino teniendo en cuenta las particularidades del mes. El gerente de Planeamiento de Ventas y Producción del negocio Trefilados toma este pronóstico (que también por cierto tiene una apertura trimestral) y con ello elabora su pedido de materia prima (alambrón) al negocio Siderúrgico, teniendo en cuenta el stock que dispone en sus inventarios y la rotación objetivo que tiene su negocio.

En este punto es importante resaltar que la demanda de alambrón del Negocio Trefilado al Negocio siderúrgico es una *demanda dependiente*, ya que son pedidos en firme para atender un programa de producción de Trefilados. La misma se calcula a partir de la demanda independiente de productos finales, los alambres y sus derivados, que sí se pronostica en base al mercado.

5.1.2. Clasificación de los materiales

Para poder enfocar los esfuerzos del análisis en los volúmenes más representativos de la demanda y que tienen un impacto importante en las entregas y cumplimientos, se realizó una clasificación de los artículos según el tipo de fabricación (MTO o MTS) y otra según la clasificación ABC que se explicó en el capítulo anterior[30].

5.1.2.1. Clasificación MTS/MTO

[30] Ver anexo IV para el detalle de la clasificación de los materiales

La primera clasificación, nos permite identificar cuales materiales deberán mantener un stock de seguridad y cuál sería el stock promedio teniendo en cuenta el consumo de cada material durante el mes. De esta manera, se podrá poner foco en mejorar la calidad de entregas en estos productos que son los que comprometen la continuidad de fabricación de la planta de Trefilados y el incumplimiento de entrega de dichos alambrones además de provocar paradas de planta repercuten en la entrega del producto final al cliente.

Lo que determina si un producto será planificado con un sistema de producción MTS es la frecuencia con la cual se solicita el material. En relación a la base analizada de 36 meses, se determinó que los alambrones que durante dicho período se hayan solicitado al menos 25 meses o más serán catalogados como MTS. Implícitamente estamos diciendo que casi el 70% de los meses se solicita el material y por ser de uso frecuente es necesario tratarlo de forma distinta que los materiales que no se piden regularmente. El resto de los materiales que se solicitaron menos de 25 veces sobre 63, serán clasificados como MTO y sólo se fabricarán bajo pedido.

El resultado de este análisis arroja como conclusión la tabla 5.1 se muestra la cantidad de artículos que componen la estrategia MTS y cuantos la MTO[31], además de identificar el volumen en toneladas que se demandan promedio por mes.

Tabla 5.1

Tipo de art.	Demanda mensual promedio (tns)	%	cant. de art.	%
MTS	14.051	92,6%	21	16,9%
MTO	1.123	7,4%	103	83,1%
Total	**15.174**	**100,0%**	**124**	**100,0%**

Notar que el 17% de los artículos hacen casi el 93% de la demanda, que son los materiales elegidos con estrategia MTS. Luego hay una gran cantidad de artículos que no se piden frecuentemente y representa una fracción muy chica de la demanda, y se los cataloga como MTO.

[31] Ver Anexo V para el detalle mensual de los pedidos según la clasificación MTS/MTO

En el grafico 5.1 se observa la evolución durante los períodos 2011, 2012 y 2013 de los pedidos mensuales, con una apertura según la clasificación MTS/MTO. En el gráfico siguiente, el 5.2, se dibuja la demanda mensual promedio acumulada para poder revelar de forma gráfica la gran acumulación de demanda que existe en muy pocos artículos, ya que la curva de demanda acumulada es muy pronunciada al principio y luego de hace asintótica. Además dentro de este gráfico también se dibuja la cantidad de artículos acumulados que corresponde a la demanda acumulada y se aprecia que son muy pocos artículos los responsables de casi toda la demanda.

Grafico 5.1

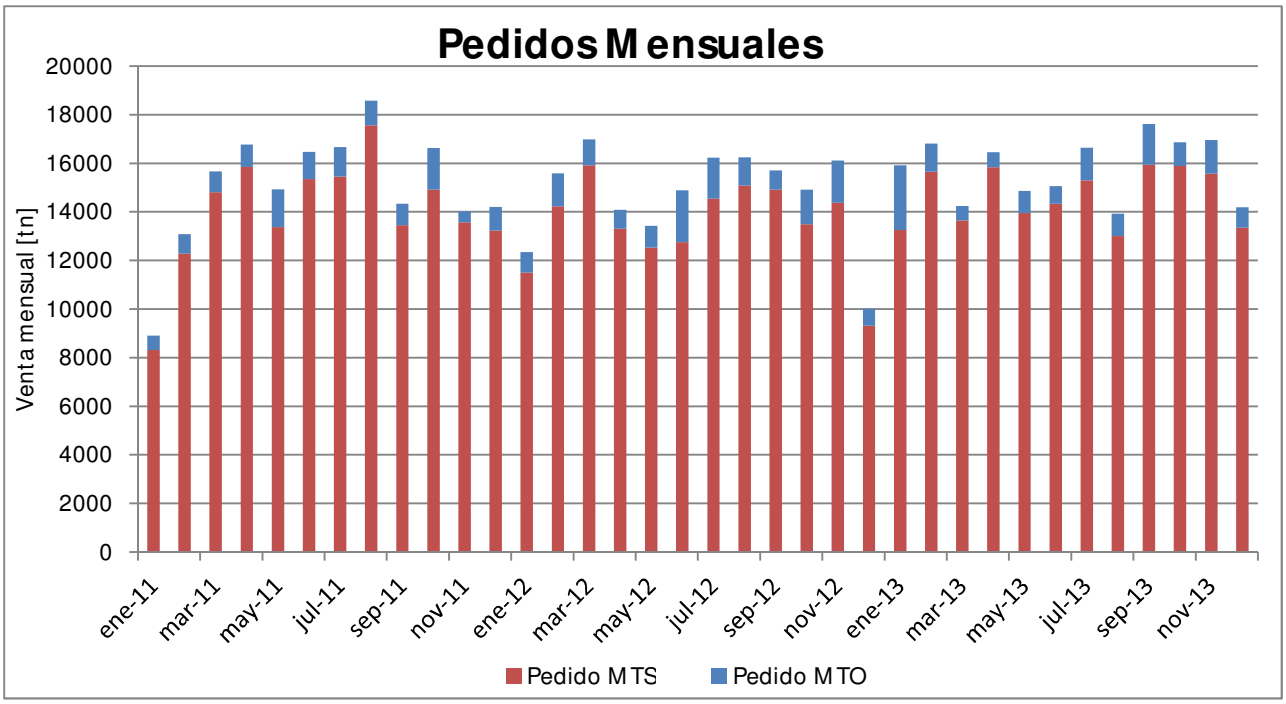
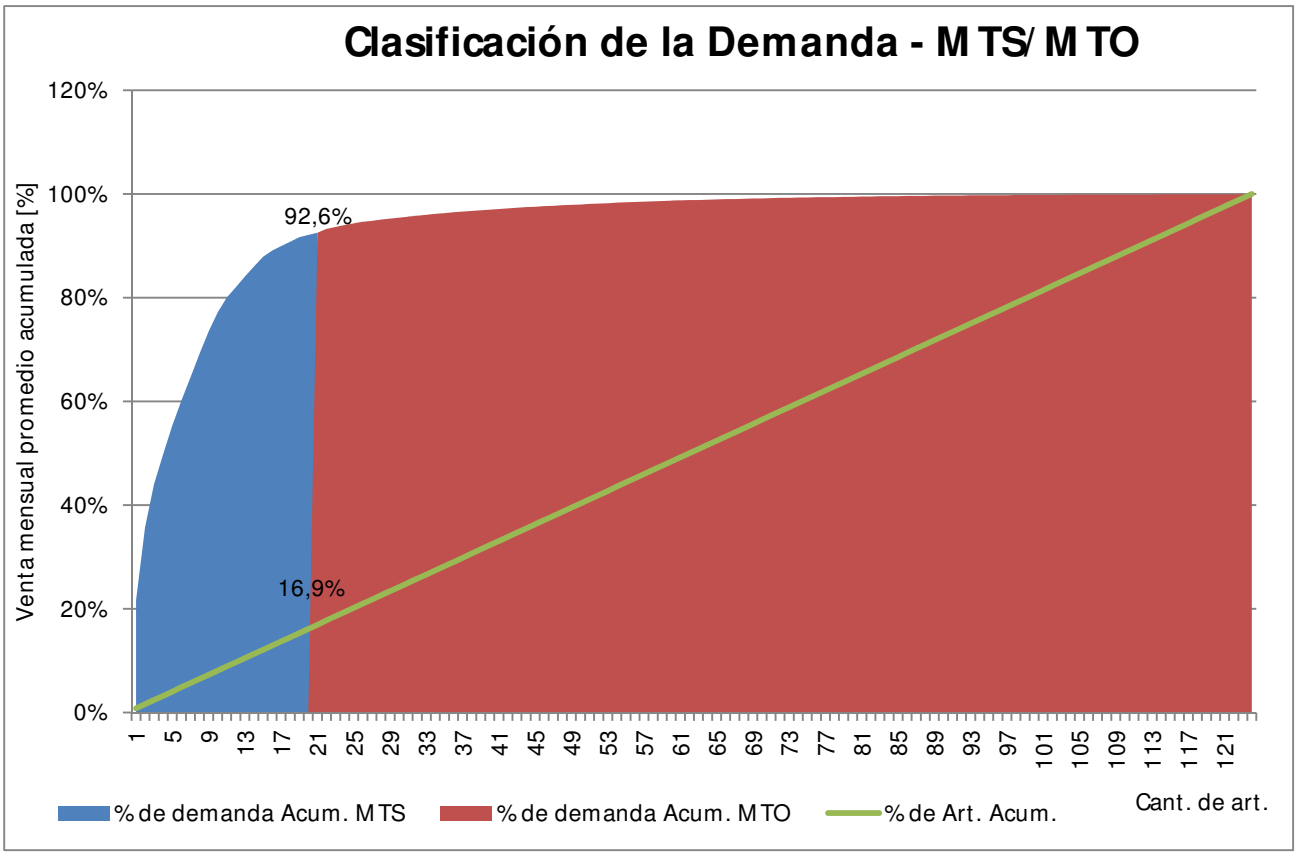


Grafico 5.2.



5.1.2.2. Clasificación según el sistema ABC

En el caso de estudio no existe una división tan marcada como lo establece la teoría de la clasificación ABC, ya que los porcentajes no se corresponden exactamente con la teoría. Debido a que el costo del alambrón no varía más del 12% entre el de menor costo y el de mayor costo, para llevar adelante la clasificación tomamos como valorización del stock el volumen en toneladas directamente ya que es representativo del costo debido a que es proporcional. No se dan casos de bajo volumen y alto costo como se explicó oportunamente en la teoría ya que el producto que se fabrica, el alambrón, tiene la misma base en composición y solo cambian el % de carbono y la combinación con distintas ferroaleaciones.

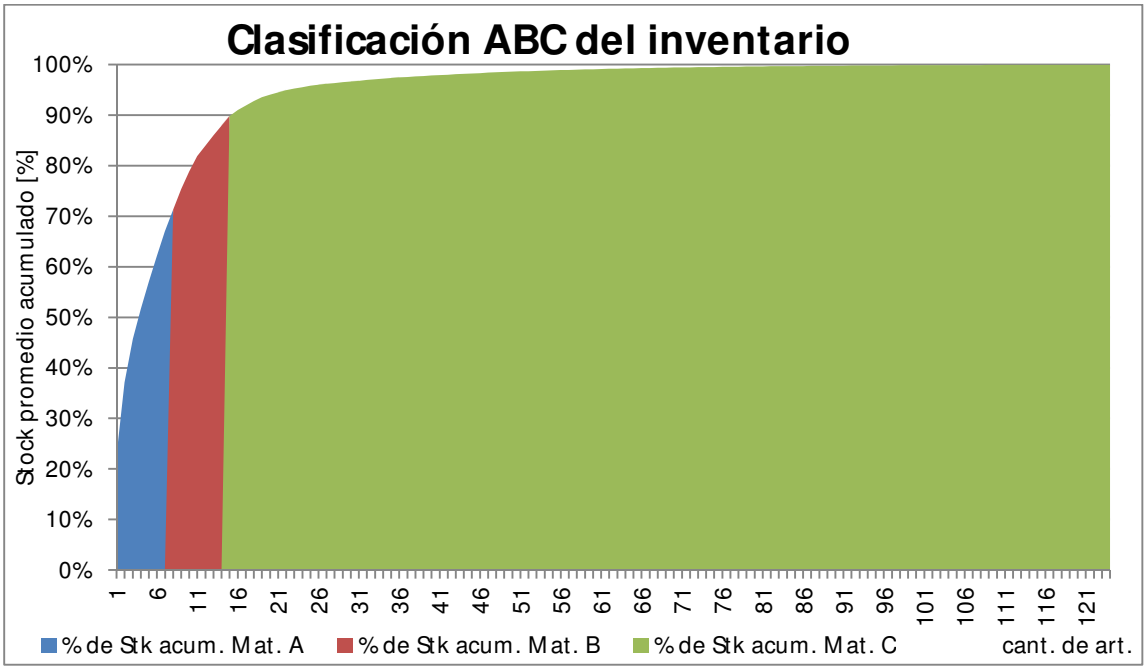
Como conclusión se puede observar en la tabla 5.2 que existe una gran concentración del stock en pocos códigos. Sólo 8 artículos son los que componen la clase A, y representan el 68% del stock promedio mensual, y que una gran variedad de artículos componen la clase C (106 ítems) y tiene una baja influencia sobre el stock promedio mensual, representando sólo el 10%.

Tabla 5.2

Tipo de art.	Stock mensual promedio (tns)	%	cant. de art.	%
A	6.897	71,3%	8	6,5%
B	1.789	18,5%	7	5,6%
C	982	10,2%	109	87,9%
Total	**9.668**	**100%**	**124**	**100,0%**

Se puede apreciar en el Grafico 5.3 la acumulación del stock promedio mensual que corresponde a los artículos clase A y como se va achicando el stock promedio acumulado en las otras dos clases de materiales mientras que aumenta la cantidad de artículos.

Grafico 5.3



Vale la aclaración que en lo que resta del presente trabajo se trabajará principalmente con la clasificación MTS/MTO ya que nos permite definir la forma de fabricación de los materiales y determinar de acuerdo a dicho modelo los stock necesarios para operar de forma eficiente y cumpliendo los objetivos de entrega.

5.1.3. Gestión de la producción

Una vez obtenidos los pedidos de materia prima para el trimestre entrante, para realizar el pedido de producción del mes siguiente se tienen en cuenta los diámetros que ingresan en dicho mes (ya que cada diámetro tiene una frecuencia distinta de producción, pudiendo ser desde mensual a cuatrimestral[32]), el stock actual disponible para entrega restando del pedido original, la política de stock y las fechas comprometidas de entrega.

Con respecto a la frecuencia de laminación, podemos distinguir que la mayor cantidad de pedidos de materiales MTO son de alambrones con diámetros que tienen frecuencia mensual o mayor, mientras que los alambrones con estrategia de fabricación MTS son principalmente de frecuencia quincenal o mensual. Este análisis se ve reflejado en la tabla 5.3.

Tabla 5.3

	Pedidos	
Frecuencia (días)	MTS	MTO
15	57%	5%
30	41%	61%
60	1%	13%
90	2%	21%
Total	**100%**	**100%**

[32] Ver anexo III

Actualmente la política de stock consta de fabricar la necesidad pura para cubrir el pedido del mes (descontado el stock si hubiese) para los materiales MTO y para los materiales MTS se fabrica no solo la necesidad del mes descontando el stock disponible[33] sino que se tiene en cuenta un 30% adicional de necesidad para comenzar el mes siguiente con stock para entregar.

Fabricación Art. MTO = (Nec. Mes+1) – ATP
Fabricación Art. MTS = (Nec. Mes+1)*1,30 – ATP

Cabe aclarar que en este punto no sólo se realiza el pedido de producción para los materiales que se le entregarán al Negocio Trefilados, sino que se suman el resto de los pedidos que realizan los demás clientes internos y externos, teniendo en cuenta la capacidad disponible de producción y balanceando la misma con la demanda. En este caso para realizar el pedido de producción se tienen en cuenta los lotes mínimos de fabricación por familia de producto, que en nuestro caso de agrupan por diámetro del alambrón.

Una vez que se dispone de todos los pedidos cargados en el sistema SCM, se corre en dicho sistema una heurística que determina qué materiales producir en el mes y cuál sería el nivel de cumplimiento esperado. Esta corrida que realiza el sistema tiene en cuenta las variables antes mencionadas, o sea, la capacidad de producción, los tiempos de fabricación, los tiempos de entrega, las fechas de compromiso y la política de stock. El resultado de la heurística luego es trabajado por el área de Planeamiento de Ventas y Producción para ajustar dicho pedido de laminación a las particularidades del mes, como ser frecuencia de laminación, prioridades no establecidas en el sistema y políticas de stock que no están actualizadas en el sistema.

Definido el plan de producción para el mes siguiente y un tentativo para los dos meses posteriores, el mismo es tomado por el área de Programación de la

[33] Llamaremos al stock disponible para comprometer "ATP" (Available to Promise), que sería el stock que quedaría disponible una vez descontado los compromisos de entrega del período (en este caso un mes).

Producción para darle un orden a la producción teniendo en cuenta la secuencia óptima que permita mejorar la eficiencia productiva, agregando los tiempos de mantenimiento al programa productivo y elaborando un MRP[34] de materias primas para poder asegurar el abastecimiento de la palanquilla a los trenes laminadores y cumplir con el programa productivo, y por ende con las entregas a clientes. Cabe aclarar que este paso no es tema de estudio de la tesis, pero es importante conocerlo ya que impacta en posibles incumplimientos de fabricación de algunos materiales y por consiguiente generen incumplimientos de entrega al negocio Trefilados en el caso de que no se disponga del stock de seguridad suficiente para amortiguar dicho faltante.

5.1.4. Almacenamiento de los materiales

Todos los materiales que se entregan a la Unidad de Negocio Trefilados se fabrican en las instalaciones que posee el Negocio Siderúrgico en Villa Constitución. Los alambrones se fabrican en dos trenes laminadores y lo que se produce para el Negocio Trefilados es acopiado en una playa externa a la intemperie, conocida por el nombre “Playa Río”. Cabe aclarar que a pesar de que el material sale listo del tren laminado para ser entregado a Trefilados (con las ataduras correspondientes y la identificación de la etiqueta para su despacho), en realidad se realiza este acopio intermedio en una playa del Negocio Siderúrgico por varias razones[35]:

- el material tiene un tiempo de liberación de calidad ya que se realizan ensayos que pueden tardar desde horas hasta uno o dos días
- para poder realizar combinaciones de carga entre distintos materiales
- el ritmo de producción no es el mismo que el ritmo de despacho a las plantas productoras
- Por falta de disponibilidad de camiones

[34] El MRP (Material Requirements Planning) es un Sistema de Planificación y Administración de producción que tiene el propósito de que se tengan los materiales requeridos, en el momento oportuno para cumplir con las demandas de los clientes. El output de este sistema luego es plasmado en el Plan Maestro de Producción (MPS).

[35] Información relevada en distintas entrevistas con el Gerente de Logística.

El alambrón es un material que puede resistir a la intemperie de 4 a 6 meses dependiendo del grado de acero y la cantidad de lluvia que hubo durante el período de acopio. Por eso, es importante que logística realice una buena gestión del stock aplicando la metodología FIFO[36] para poder asegurar que el material no se oxide. Sumado a la metodología FIFO, también se realizan recorridas por la playa de acopio para inspeccionar el material y detectar si algún material está presentando signos de oxidación temprana. En esta playa existe una capacidad de acopio para los materiales asignados al negocio Trefilados de 15.000 toneladas.

5.1.5. Despacho/Recepción de los materiales

Para analizar el despacho de los alambrones al negocio Trefilados hay que separar el despacho a cada planta que tiene trefilados ya que cada una tiene un tratamiento particular.

5.1.5.1. Despacho/Recepción a Planta Villa Constitución

Dentro del predio que posee Acindar en Villa Constitución conviven ambos negocios, el Trefilados y el Siderúrgico. Como mencionamos anteriormente, el material fabricado es acopiado en la Paya Rio y luego es entregado mediante camiones de movimiento interno a la planta trefiladora que posee el Negocio Trefilados. Una persona del Negocio Trefilados es el encargado de solicitar diariamente el stock que se debe entregar a Trefilados al día siguiente, considerando el material que ya se encuentra listo y disponible en Playa Río que atienda al pedido del mes en curso. Alambres realiza la recepción del material de 6hs a 22hs, pudiendo ingresar 8 camiones por turno (trabajando en 2 turnos, de 6 a 14 y de 14 a 22) como máximo. En el caso de que caso de que no se llegue a entregar el volumen total solicitado se reprograma para el día siguiente.

[36] FIFO: First in, First Out. Es una metodología utilizada en la gestión de inventarios donde el primer artículo que ingresa al stock es el primero que se despacha, para garantizar que siempre haya una rotación del stock y evitar deterioros del mismo.

5.1.5.2. Despacho/Recepción a Planta Tablada

La otra planta del Negocio Trefilados se encuentra dentro del predio que Acindar posee en Tablada, Buenos Aires. En este caso, una persona de Trefilados que trabaja en programación de la producción de dicha planta solicita por mail al programador de despacho de alambrones de Villa Constitución los materiales que necesita recibir los próximos 3 días. La persona que solicita el despacho de los materiales también tiene acceso a la información respecto de la disponibilidad de los materiales para solicitar el despacho de alambrones que ya se encuentren liberados de calidad en Playa Río. El despacho a esta planta se realiza con camiones de movimiento externo y en este caso resulta un poco más complicada la programación de la carga ya que compite con la disponibilidad de camiones para el despacho directo a clientes de todos los demás productos de Acindar que dispone en Villa Constitución. La capacidad de recepción diaria de la planta de trefilación que se encuentra en Tablada es de 15 camiones de Lunes a Viernes y 6 los días sábados, pudiéndose ampliar esta capacidad 5 camiones más por día utilizando horas extras en algún caso excepcional.

5.1.6. Tiempos de entrega

El tiempo de entrega pactado entre el negocio Siderúrgico y el negocio Trefilados es de un mes, o sea, el día 20 de un determinado mes se realiza el pedido en firme para el mes siguiente y el mismo debe ser entregado íntegramente durante el mes en cuestión. En este caso no se establece un día determinado de entrega ya que el proceso productivo no permite tanta flexibilidad, y por ello hay que manejarse con stock para garantizar la entrega a lo largo del mes. La estrategia de fabricación se comparte con el negocio Trefilados, para que ellos tengan en cuenta los diámetros que ingresan en fabricación cada mes y realicen los pedidos en función de este calendario de laminación.

5.1.7. Control de inventarios

La empresa trabaja con un cronograma de control de inventario anual que permite asegurar que el stock que figura en el sistema SAP sea un fiel reflejo del stock real que se encuentra en los depósitos. Todas las semanas se realizan los recuentos cíclicos de los distintos materiales que fabrica la empresa, incluyendo el alambrón que se le entrega al Negocio Trefilados, para poder identificar si existen incongruencias entre el sistema y el stock real. En el caso de que no se encuentre físicamente un material, se procede a realizar un ajuste en el sistema con la consecuencia de enviar a pérdida el stock valorizado que se ha dado de baja. Por el contrario, si existiese un material que se encuentre en la planta pero figura en el sistema SAP, el mismo es dado de alta en el sistema, generando una ganancia de dicho stock valorizado.

Los recuentos cíclicos realizados a lo largo del mes luego son neteados y se elabora un informe mensual donde se expone si los recuentos del mes arrojaron un resultado positivo o negativo, dependiendo si se ajustó más material del que se dio de alta. Además, al momento de realizar los conteos de material también se releva el estado de los materiales, ya que en el case que se detecte un material en mal estado (oxidado, con golpes, ataduras flojas, etc.) se informa al área de calidad para que le den un destino al material, ya que es un producto que no está apto para la entrega en dichas condiciones.

Estos conteos nos aseguran que no tenemos que agregar otra variable más a la ecuación del stock de seguridad, ya que conocemos con certeza el stock que disponemos diariamente con lo cual redunda en poder lograr una planificación de la producción precisa y determinar un modelo de stock óptimo para atender la demanda que solicita el cliente interno Trefilados.

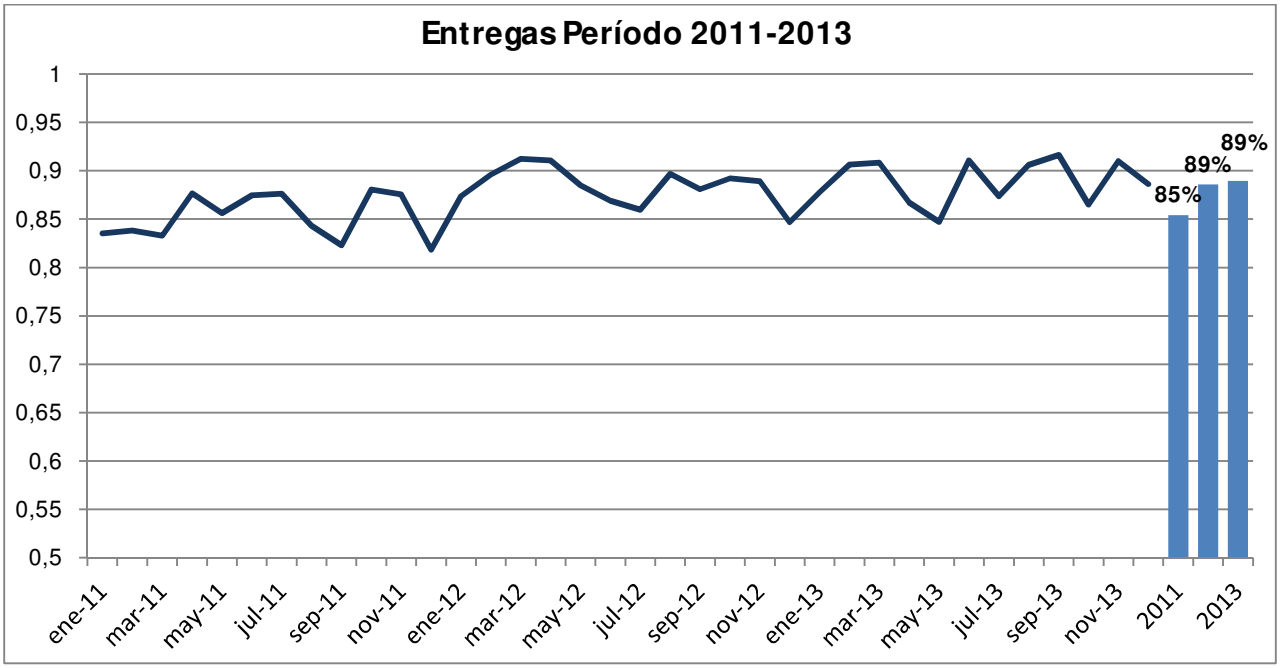
5.2. Cumplimiento de entrega

El cumplimiento de entrega se calcula de forma consensuada entre ambas direcciones, trabajando en conjunto los analistas de planeamiento de ventas y

producción de ambos Negocio y conciliando el cumplimiento de entrega. El cálculo se realiza teniendo en cuenta la comparación entre lo pedido y lo entregado en un determinado mes. Cabe aclarar que en el caso de que por cuestiones logísticas o de infraestructura del Negocio Trefilado no pudieran recibir el material laminado para ellos y quedase disponible dentro de los almacenes del Negocio Siderúrgico, para el cálculo del cumplimiento el mismo se considerará entregado. Algunos casos donde puedo ocurrir este inconveniente se deben a falta de espacio en sus almacenes para la recepción de nuevos materiales, imposibilidad de recibir camiones por algún desperfecto en la grúa de descarga, o por algún otro motivo operativo.

También puede existir el caso de que durante el trascurso del mes se realicen algunos cambios al pedido, como ser agregados y bajas de materiales. En este caso, se realiza un tratamiento especial y se trata de cumplir con lo solicitado, y en el caso de que no pueda realizarse ninguna modificación, para el cálculo de la entrega prevalece el pedido original. En el grafico 5.4 se detalla la entrega que hubo mes a mes durante el período 2011-2013 entre ambas Unidades de Negocio.

Grafico 5.4. Entregas totales del Negocio Siderúrgico al de Trefilados entre 2011 y 2013



El objetivo de entrega para los períodos analizado fue del 90% y en ninguno de los 3 años se logró cumplir con dicha meta, y por tal motivo se decidió realizar este análisis para poder determinar las acciones a tomar para lograr con la meta establecida. A pesar de que se ha mejorado un poco cada año, no fue por una política clara de stock sino por otros factores como la mejora de los cumplimientos de fabricación de los trenes laminadores que fabrican el alambrón, menores rechazos de calidad, etc.

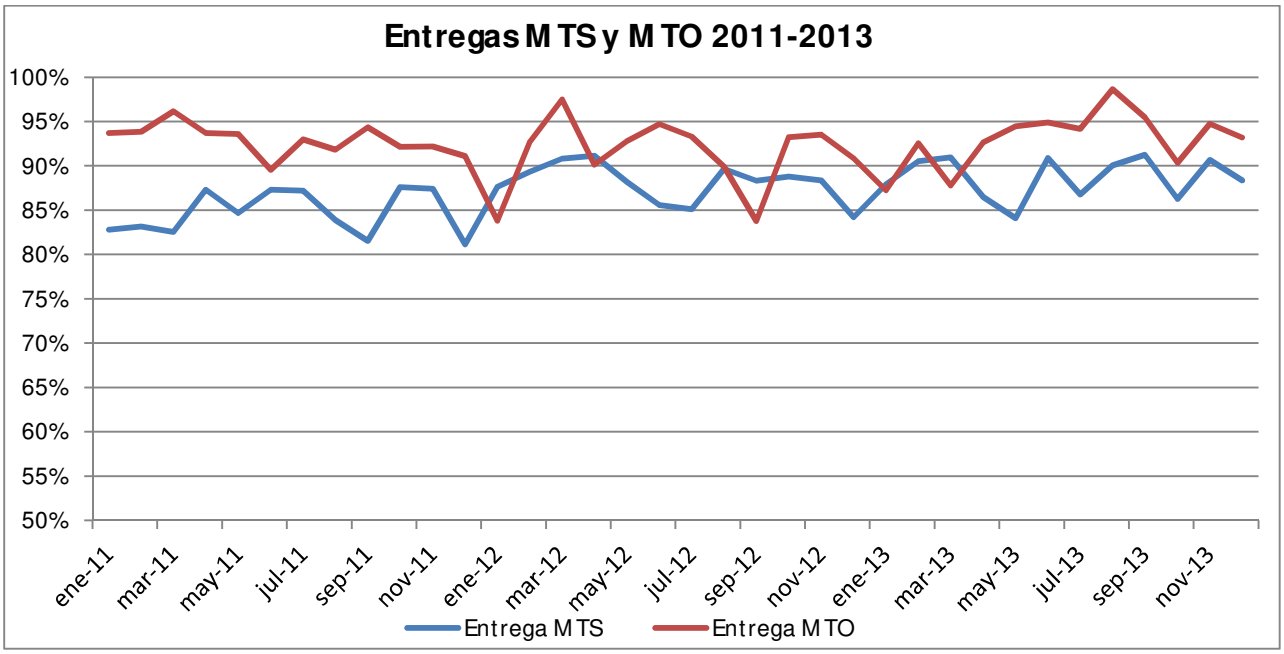
Además de realizar el seguimiento de a nivel total y por ítem individual, se realizan análisis de la entrega por tipo de material, ya sea por la clasificación ABC o por la clasificación MTS/MTO. El análisis de la entrega teniendo en cuenta ambas clasificaciones de los materiales es una información clave para definir y apuntar al sistema de gestión óptimo para mejorar las entregas.

En la tabla 5.4 se aprecia la apertura de la entrega para los materiales MTS y para los MTO. Con esta información, y teniendo en cuenta que el objetivo de entrega es 90%, podemos inferir que el problema del incumplimiento total se centra en los artículos MTS, ya que no sólo no cumplen con el objetivo de cumplimiento (lejos están), sino que además tienen un peso relativamente alto en el cumplimiento total de la entrega (en promedio, el 92% del volumen entregado es de materiales MTS).

Tabla 5.4

	Entrega promedio			
Tipo de material	2011	2012	2013	2011-2013
MTS	84,9%	88,3%	88,7%	87,3%
MTO	92,8%	92,1%	92,6%	92,5%
Total	**85,4%**	**88,6%**	**89,0%**	**87,4%**

Grafico 5.5



En el grafico 5.5 se puede apreciar la entrega mensual entre ambos clasificaciones. Se ve claramente en la gráfica que la entrega MTS en promedio es sustancialmente menor que la entrega de los productos MTO. Esto se debe principalmente a que los pedidos SPOT de los materiales MTO son de bajo volumen y la gran mayoría son del Tren laminador SBQ que posee un mejor cumplimiento en sus programas de producción[37]. En la tabla 5.5 se puede observar qué cantidad de material corresponde a cada tren de laminación.

Tabla 5.5

Tipo de material	Tren 2	Tren SBQ	**TOTAL**
MTS	84,8%	15,2%	**100%**
MTO	19,1%	80,9%	**100%**

[37] Ver Anexo VI con el cumplimiento de los programas de laminación de ambos trenes laminadores de alambrón.

5.2.1. Impacto del incumplimiento de entrega

La falta de entrega del alambrón al Negocio Trefilados trae aparejado varios perjuicios a dicho negocio. Debido que el alambrón es la principal material prima de alambres, la producción de alambres es 100% dependiente de la disponibilidad de alambrón para realizar la trefilación. Por tal motivo, el principal impacto que puede generar un incumplimiento de entrega es la parada no prevista de la planta de trefilación. Cuando se genera una parada imprevista, tiene un impacto en los costos ya que se dispone de recursos que se deben pagar igual pero no se está agregando valor, como ser los gastos de mano de obra, alquiler de equipos, etc. Además de los costos incurridos por la parada, hay que evaluar que la producción perdida durante el período de la parada de planta no es factible recuperar ya que la planta de trefilados trabaja en 4 turnos y no hay manera de aumentar la producción ya que en este régimen no se pueden agregar horas extras (la planta está trabajando las 24 horas). Otro costo menor que se incurre al parar la planta es que cuando se retoma la producción es necesario volver a realizar las puestas a punto de las máquinas.

Otra cuestión clave a tener en cuenta cuando se incumple con la entrega comprometida es el desabastecimiento del producto final al mercado, con el consecuente impacto en la confianza y relación con el cliente. En algunos casos la falta de entrega del alambre al mercado puede provocar parada de plantas del cliente final, ocasionando costos que luego son reclamados a Acindar para que se los reintegre. Han existidos casos donde los clientes[38] han denunciado desabastecimiento en las cámaras de comercio del sector correspondiente con la consecuente repercusión política que esto significa. Desabastecer a la industria nacional es una cuestión crítica para el Gobierno y en estos casos interviene labrando multas o con amenazas de la apertura de la importación para asegurar el abastecimiento.

[38] En este caso estamos hablando de “cliente” como el cliente final (el mercado) que le compra el alambre al Negocio Trefilados, no nos referimos al cliente interno Trefilados.

5.3. Quiebres de stock

Además del cumplimiento de entrega, otro indicador que se mide todos los meses son los quiebres de stock de los materiales con estrategia MTS. En los materiales con estrategia MTO no se mide el quiebre de stock ya que al ser pedidos de forma esporádica no se trabaja con un stock mínimo para atender el pedido, solamente se fabrica bajo pedido el mes que se necesita de dicho material.

Este indicador se mide para contrarrestar las falencias que posee una medición de entrega mensual, ya que para Trefilados no es lo mismo si se lo entrego el día 1ero del mes que el día 31. Por ese motivo, el objetivo es trabajar con un cierto nivel de stock que te permita el abastecimiento continuo durante el mes, para no dejar de entregar con la consecuencia de una pérdida de producción en Trefilados. Midiendo la cantidad de quiebres que hubo en los materiales MTS durante el mes permite completar la visión de entregas con un indicador que te muestra si te quedaste sin stock para entregar durante dicho mes, aunque luego de este quiebre le hayas entregado todo el volumen solicitado y el cumplimiento te haya dado un buen resultado. Recordemos que la falta de entrega de forma constante perjudica a logística ya que no puede entregar todo el material solicitado por Alambres sobre fin de mes porque no posee capacidad de carga ni camiones. Además estos quiebres de stock son perjudiciales para la entrega de Alambres con sus clientes, ya que se puede ver afectada la fabricación de materiales que deban entregar dicho mes. Y por último otro motivo que afecta la falta de entrega es a las reprogramaciones de fabricación que sufre el Negocio de Trefilados al no disponer del material en tiempo y forma, con la consecuente pérdida de productividad que esto genera.

Cabe aclarar que Trefilados tiene su propia política de stock tanto para materias primas (el alambrón que le entrega el Negocio Siderúrgico) como para el producto final (el alambre que entrega al mercado). Con esta política de stock le permite amortiguar muchas veces los quiebres de stock del Negocio Siderúrgico pero en este proyecto no vamos a realizar ningún análisis respecto a sus políticas de stock ya que no es tema del presente trabajo.

En el gráfico 5.6 se observa el número de stock-out que hubo durante el período 2011, 2012 y 2013 sobre los materiales MTS solicitados por Alambres, mientras que en el gráfico 5.7 se observa el porcentaje de artículos que no sufrieron stock-out durante el período analizado.

Grafico 5.6

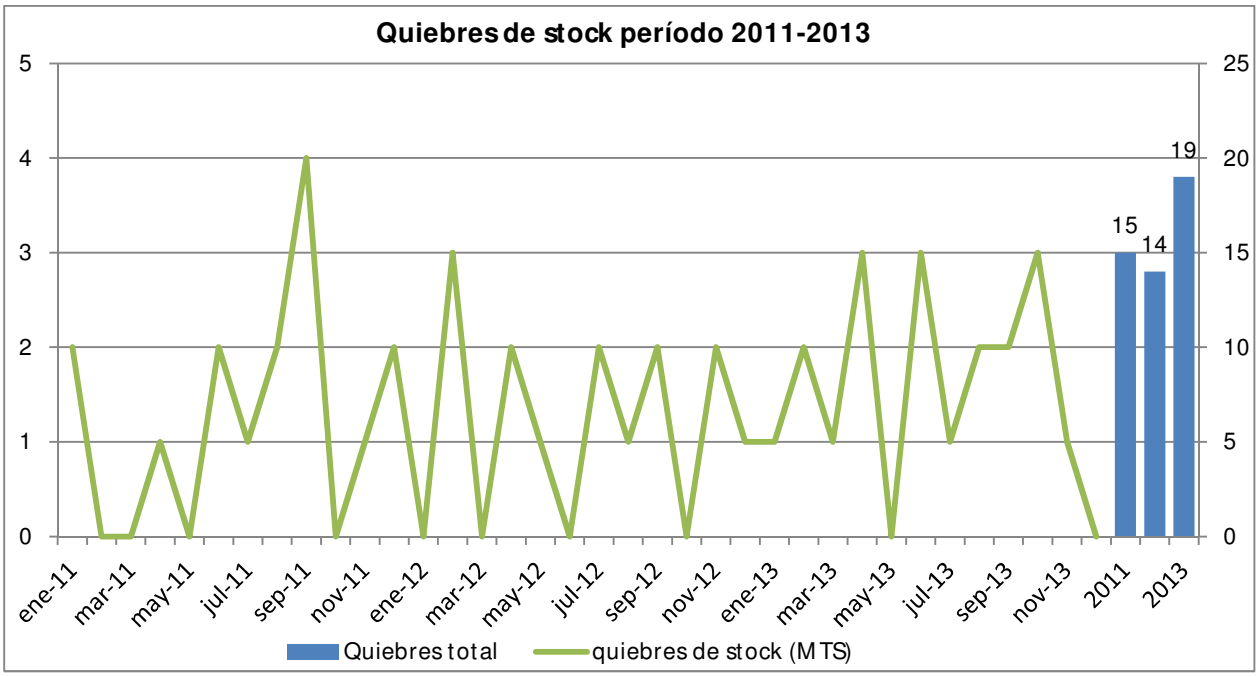
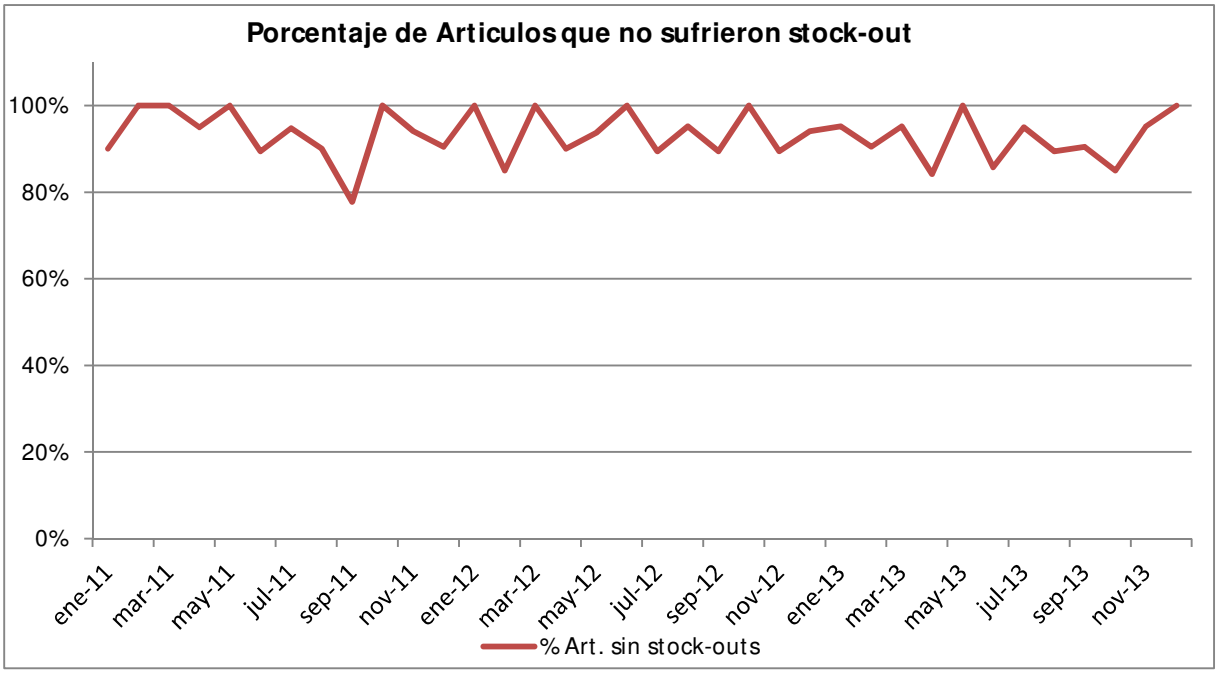


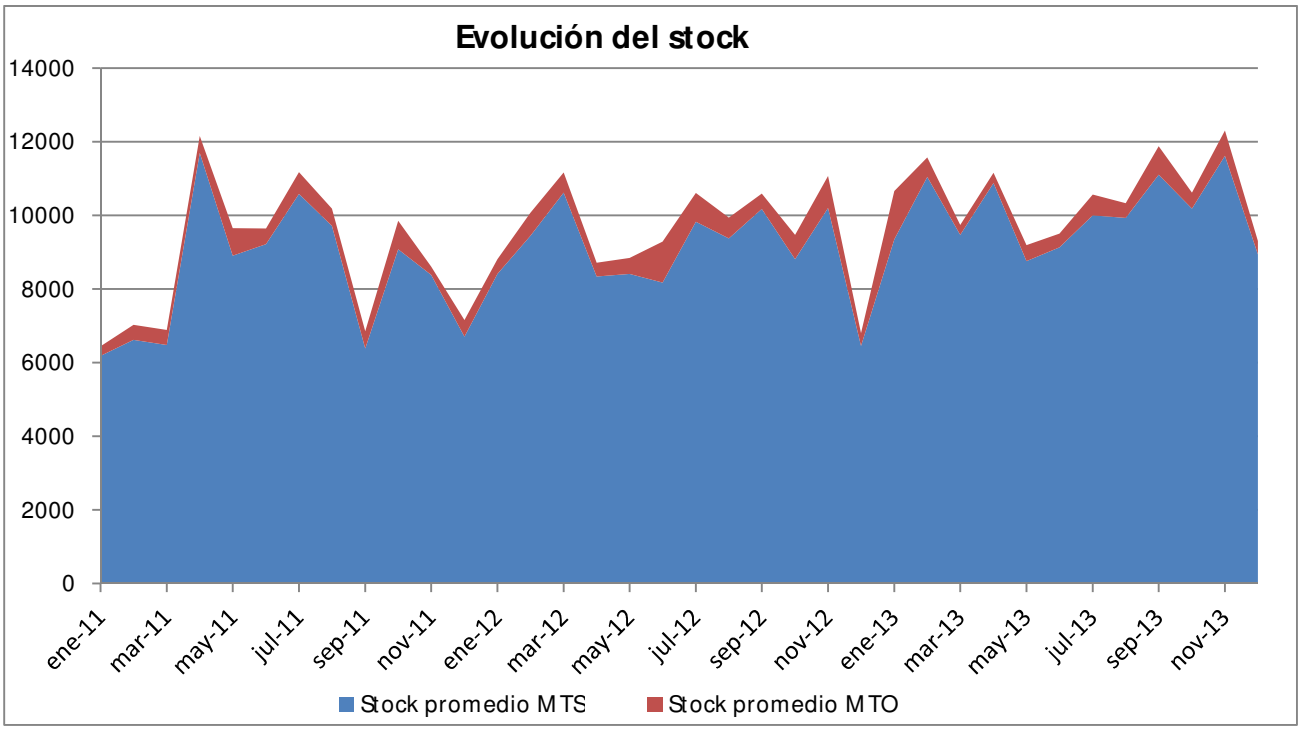
Grafico 5.7



5.4. Evolución del stock

El análisis de la evolución del stock nos permite identificar si existe algún tipo de relación entre el cumplimiento y el volumen de stock. Por cuestiones normativas de la empresa, y por cumplimientos de objetivos a nivel global de toneladas de stock al cierre de año, la evolución del stock tiene una importante baja sobre fin de mes y luego entre marzo y abril se vuelve a recuperar. En el gráfico 5.8 se puede observar la evolución del stock durante el período analizado.

Grafico 5.8



Existe una marcada diferencia entre el comportamiento del stock de los materiales MTS frente a los MTO en relación al volumen pedido. En la tabla 5.6 se detalla el stock promedio mensual de cada año analizado frente a la demanda promedio mensual.

Tabla 5.6

	2011		2012		2013	
Tipo de material	Pedido prom.	Stock Prom.	Pedido prom.	Stock Prom.	Pedido prom.	Stock Prom.
MTS	14013	8334	13496	9025	14643	10039
MTO	1007	476	1214	595	1149	536
Total	**15020**	**8809**	**14710**	**9621**	**15793**	**10575**

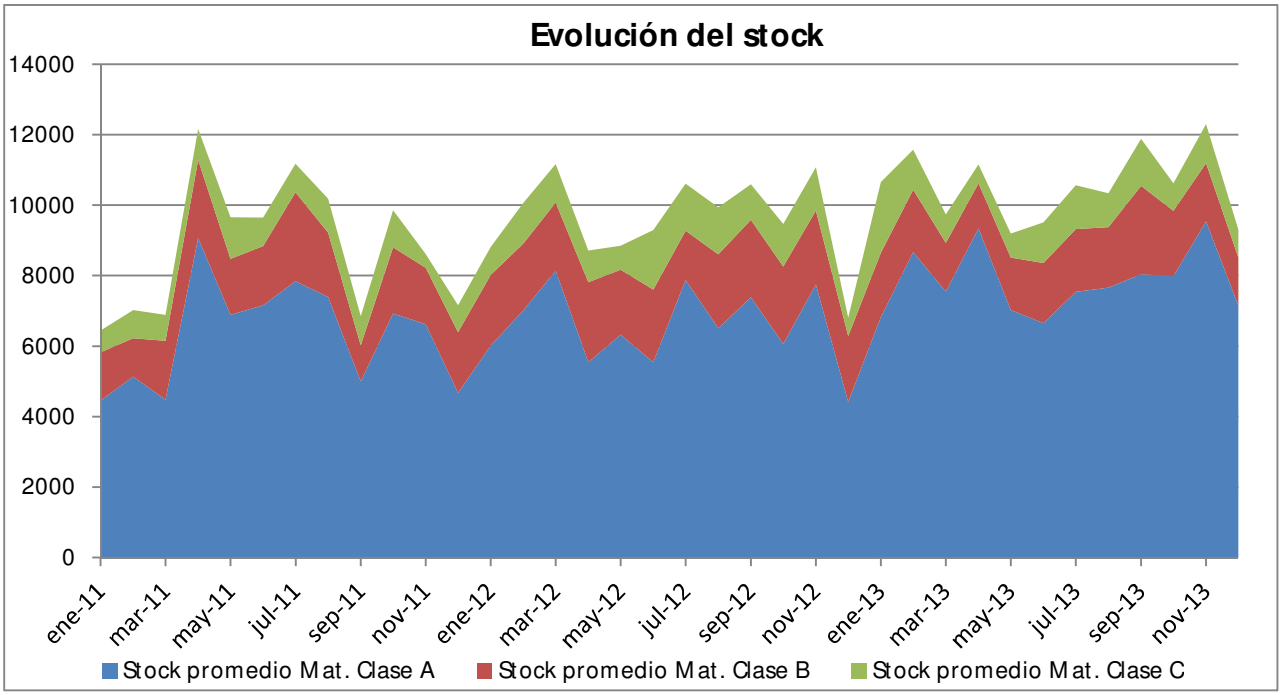
Unidades en toneladas

Se desprende del análisis de dicha tabla que el stock promedio de los materiales MTO ronda en un 65% del pedido promedio, mientras que el stock promedio de los MTS es de un 50% frente al pedido promedio. A pesar de que los materiales MTO se corresponden con medidas que tienen una frecuencia bimestral o trimestral, generando un mayor stock promedio para poder cumplir con los pedidos, el stock de los MTS es mayor ya que por política está previsto pedir un 30% adicional de stock de seguridad para asegurar la entrega.

Para poder confirmar el impacto del nivel del stock en relación al cumplimiento de entrega, para los materiales MTS, se utiliza la correlación entre ambas variables para determinar si existe algún tipo de relación. El índice de correlación entre dichas variables es de 0,67, lo cual podemos inferir a partir de dicho número que existe una relación significativa y de carácter positiva entre ambas variables. Es decir, a mayor volumen de stock, mayor es el cumplimiento. Por supuesto que esta afirmación es válida pero hay que tener en cuenta que el aumento de stock trae aparejado costos que se deben tener en cuenta a la hora aumentar la política de stock. El objetivo es poder determinar una política de stock que sea eficiente e inteligente permitiendo la mejora en el cumplimiento de entrega sin un aumento excesivo de los stocks.

También se analizó la evolución del stock en base a la clasificación ABC, donde se puede observar en el grafico 5.9 que debido a que la mayoría de los materiales de tipo C son de frecuencia bimensual o trimestral, varían ampliamente su stock dependiendo del mes que se laminen

Grafico 5.9



5.5. Modelo de inventario propuesto

Como primera medida, teniendo en cuenta el proceso de planificación y programación de los trenes laminadores en Acindar, podemos afirmar que el Modelo de gestión de stock a aplicar es el modelo de Revisión Periódica. Como se detallo anteriormente dentro de este capítulo, entre los días 16 y 18 de cada mes el área de Planeamiento de Ventas de Trefilados envía los pedidos en firme para el mes siguiente y el tentativo para los 2 meses siguientes. Con esta información, y junto con los pedidos del resto de los clientes internos y externos, el día 22 de cada mes se le envía a Programación de la producción los pedidos necesarios a laminar durante el mes siguiente. A pesar de que se realizan informes semanales de seguimiento de cumplimiento a Alambres y para realizar dicho cumplimiento se realiza una bajada de SAP de la posición del stock al momento del informe, no se realiza un monitoreo permanente del stock como lo requiere el modelo de revisión continua.

Para continuar con el análisis del modelo propuesto, en necesario realizar la distinción del tratamiento que se le dará a los materiales teniendo en cuenta si son Make to Stock o Make to Order. En el caso de los materiales MTO, debido a que por lo general son pedidos spot de baja demanda y con una frecuencia baja durante el año, sólo se fabricará en el mes que se solicita y no se fabricará nada de stock de seguridad en estos materiales. Además en el análisis realizado se constató que estos materiales cumplen con el objetivo de entrega del 90%, y en este caso no haría falta poner foco sobre estos materiales. En relación a los materiales MTS, ahí cambia la cuestión, ya que en este grupo de materiales es donde no se está alcanzando la meta de entrega y donde existe una oportunidad de mejora.

Con respecto a los materiales MTO, para realizar el pedido de laminación q se tendrá en cuenta solamente el stock que exista al momento de hacer el pedido:

$$q = Pedido\ mes - stock\ disponible$$

En este caso no estamos realizando ninguna modificación sobre la forma de planificar los materiales MTO, y se mantiene la actual forma de trabajo ya que cumple con el objetivo de cumplimiento.

Para los materiales MTS cambia sustancialmente la forma de pedido, ya que no sólo se tiene en cuenta el stock disponible, sino que dentro de la ecuación se tiene en cuenta el stock de seguridad y el promedio de pedidos mensuales. En contraste con el modelo de revisión continua, el cual fija un determinado volumen de pedido, en el modelo de revisión periódica no es una cantidad fija a solicitar producir sino que puede ir variando mes a mes. En el capítulo 2, se especificó cuál es el volumen a solicitar producir (q) en base al modelo seleccionado:

Cantidad de pedido	=	Demanda promedio durante el periodo vulnerable	+	Inventarios de seguridad	−	Existencias disponibles (más el pedido, en caso de haber alguno)
q	=	$\bar{d}(T+L)$	+	$z\sigma_{T+L}$	−	I

En nuestro caso, definiremos las variables de la siguiente forma:

đ = en este caso se tendrá en cuenta la demanda promedio de cada material durante el período de aprovisionamiento, que en nuestro caso es un mes o 15 días en los materiales con frecuencia quincenal. Para el cálculo de la misma se tomará el promedio de los 3 meses disponibles del pronóstico, realizando un promedio móvil a medida que avanzamos al cálculo del mes siguiente.

zσ = el stock necesario para cumplir con el servicio de atención al cliente solicitado, para garantizar una entrega de al menos 90%. Se analizará en profundidad el cálculo más adelante dentro de este capítulo.

I = stock disponible al momento de hacer el pedido. Hay que tener en cuenta que cuando hablamos de stock disponible estamos teniendo en cuenta los pedidos pendientes de entrega, y sólo estaría disponible el stock que sobra luego de atender los pedidos vencidos.

5.5.1. Stock de seguridad

El stock de seguridad se aplicará solamente a los materiales MTS ya que son los que se fabrican bajo pronóstico y se utilizará la fórmula expuesta en el capítulo 3:

$$IS = z\sigma_{T+L}$$

De acuerdo al objetivo de alcanzar el 90% de cumplimiento de entrega, se tienen en cuenta un valor de z de 1,29 que se selecciona de la tabla del Anexo 2, el cual asegura que si asumimos una distribución normal de los pedidos, la probabilidad que no alcancemos a cubrir la variación de demanda con el stock de seguridad calculado es de 9,85%. Para llevar adelante el cálculo del stock de seguridad se tomó en cuenta los datos obtenidos de los años 2011, 2012 y 2013 y se calculó el desvío estándar de cada material MTS y se multiplicó por el factor z de 1,29. En la tabla 5.7 se observa el detalle del cálculo.

Tabla 5.7

Cod	Descripción	Clasif. ABC	Demanda promedio	Desvío Estándar	z	IS
129562	ALN PTAALE 1005A1-6,40MM P/DEC MEC	B	679	153	1,29	198
129565	ALN PTAALE 1005A1-8,00MM	C	137	47	1,29	61
129568	ALN PTAALE 1005A1-10,00MM	C	132	64	1,29	82
129596	ALN PTAALE 1008A1-6,40MM P/DEC MEC	B	551	134	1,29	173
129613	ALN PTAALE 1005TF-5,50MM P/DEC MEC	A	3.296	801	1,29	1.034
129681	ALN PTAALE 1016A1-6,40MM P/DEC MEC	A	713	161	1,29	208
129692	ALN PTAALE 1018B1-5,50MM P/DEC MEC	B	310	115	1,29	148
129764	ALN PTAALE 1060E1B-5,50MM P/DEC MEC	B	296	64	1,29	83
129787	ALN PTAALE 1060A1-5,50MM	A	2.128	631	1,29	814
129801	ALN PTAALE 1069A1-5,50MM P/DEC MEC	A	699	147	1,29	190
129822	ALN PTAALE 1080B3-6,40MM P/DEC MEC	A	1.260	294	1,29	380
137416	ALN PTAALE 1072A4-5,50MM P/DEC MEC	B	287	101	1,29	130
148903	ALN PTAALE 1052E1A-5,50MM P/DEC MEC	B	301	76	1,29	98
180692	ALN PTAALE 1004FW2-5,50MM P/DEC MEC	A	890	287	1,29	370
201421	ALN PTAALE 1080B3-7,00MM 2,5T P/DEC MEC	B	435	134	1,29	173
201737	ALN PTAALE 1005A1-12,70MM 2,5T	C	64	37	1,29	48
208352	ALN PTAALE 1082B6-12,70MM 2,5T	A	671	177	1,29	228
208353	ALN PTAALE 1082B6-11,11MM 2,5T	A	831	128	1,29	165
216979	ALN PTAALE PA03L BUL-6,40MM P/DEC MEC	C	63	33	1,29	43
205594	ALN PTAALE 1072A4-10,00MM 2,5T	C	131	62	1,29	80
241084	ALN PTAALE 1075E1C-8,00MM P/ENF	C	177	77	1,29	100
				TOTAL		**4.804**

5.5.2. Stock promedio

DE acuerdo al desarrollo del stock promedio del capítulo 3, recordemos que el stock promedio para el modelo de revisión periódica para los materiales MTS es el siguiente:

$$\bar{Q} = \frac{Q}{2} + IS$$

Donde Q para nuestro caso es la demanda promedio durante el plazo de provisión L. Habiendo ya calculado en el apartado anterior el stock de seguridad, y teniendo

como dato la demanda promedio, podemos calcular cual sería el stock promedio proyectado si se implementa el modelo sugerido. En la tabla 5.8 se muestran los cálculos.

Tabla 5.8

Cod	Descripción	Frec. De Fabr. en días (L)	Dem. Prom. mensual	Dem. durante L	Stock operativo	IS	Stock promedio Total
129562	ALN PTAALE 1005A1-6,40MM P/DEC MEC	30	679	679	339	198	537
129565	ALN PTAALE 1005A1-8,00MM	30	137	137	68	61	129
129568	ALN PTAALE 1005A1-10,00MM	30	132	132	66	82	148
129596	ALN PTAALE 1008A1-6,40MM P/DEC MEC	30	551	551	275	173	448
129613	ALN PTAALE 1005TF-5,50MM P/DEC MEC	15	3.296	1.648	824	1.034	1.858
129681	ALN PTAALE 1016A1-6,40MM P/DEC MEC	30	713	713	356	208	564
129692	ALN PTAALE 1018B1-5,50MM P/DEC MEC	15	310	155	78	148	225
129764	ALN PTAALE 1060E1B-5,50MM P/DEC MEC	15	296	148	74	83	157
129787	ALN PTAALE 1060A1-5,50MM	15	2.128	1.064	532	814	1.346
129801	ALN PTAALE 1069A1-5,50MM P/DEC MEC	15	699	349	175	190	364
129822	ALN PTAALE 1080B3-6,40MM P/DEC MEC	30	1.260	1.260	630	380	1.010
137416	ALN PTAALE 1072A4-5,50MM P/DEC MEC	15	287	143	72	130	202
148903	ALN PTAALE 1052E1A-5,50MM P/DEC MEC	15	301	151	75	98	173
180692	ALN PTAALE 1004FW2-5,50MM P/DEC MEC	15	890	445	222	370	593
201421	ALN PTAALE 1080B3-7,00MM 2,5T P/DEC MEC	30	435	435	217	173	390
201737	ALN PTAALE 1005A1-12,70MM 2,5T	30	64	64	32	48	80
208352	ALN PTAALE 1082B6-12,70MM 2,5T	30	671	671	335	228	563
208353	ALN PTAALE 1082B6-11,11MM 2,5T	30	831	831	416	165	581
216979	ALN PTAALE PA03L BUL-6,40MM P/DEC MEC	30	63	63	32	43	75
205594	ALN PTAALE 1072A4-10,00MM 2,5T	30	131	131	65	80	145
241084	ALN PTAALE 1075E1C-8,00MM P/ENF	30	177	177	89	100	188
		TOTAL	**14.051**	**9.947**	**4.974**	**4.804**	**9.778**

Los diámetros que tienen una frecuencia de laminación quincenal tienen un stock operativo menor que si tuvieran una frecuencia de fabricación mensual, ya que el stock operativo promedio es $D_L/2$ (demanda durante L dividido 2), lo que implica que a medida que disminuyo la frecuencia de fabricación se achica el stock operativo.

Para el grupo de materiales analizado (MTS), podemos inferir que el stock promedio durante el mes estará compuesto un 50% de stock operativo y un 50% de stock de seguridad.

5.5.3. Comparación Stock real Vs Planeado

Para poder comprender si el modelo propuesto trae aparejado un costo adicional en su aplicación, es necesario comparar los stocks promedio entre la propuesta y el modelo actual, ya que en el caso de un aumento de stock estaríamos impactando negativamente en el índice de rotación de inventarios y aumentaríamos el capital inmovilizado, aunque se estaría ganando en confianza de entrega.

En la tabla 5.9 se observa la diferencia entre ambos modelos, el actual y el propuesto, en el stock de seguridad. Recordar que el cálculo del stock de seguridad en el modelo actual es un 30% de la demanda del mes, mientras que la propuesta se basa en el desvío estándar de la demanda. Esta es una consideración no menor, ya que hace al concepto del stock de seguridad, al establecerlo en base a la desviación estándar de la demanda y no en relación directo con la demanda. En el modelo actual, se asigna el stock de seguridad de forma proporcional a cada material, mientras que en el nuevo cálculo, se pretende asignar más stock de seguridad a aquel material que tenga una mayor variabilidad en su demanda, y menos stock a aquel que demuestre una cierta estabilidad en sus pedidos. De esta forma se reparte el stock de forma "más inteligente", tratando de reasignar los stocks de los materiales con mayor previsibilidad a los de menor previsibilidad.

Tabla 5.9

Cod	Descripción	IS modelo actual	IS modelo propuesto	Diferencia
129562	ALN PTAALE 1005A1-6,40MM P/DEC MEC	204	198	-6
129565	ALN PTAALE 1005A1-8,00MM	41	61	20
129568	ALN PTAALE 1005A1-10,00MM	40	82	43
129596	ALN PTAALE 1008A1-6,40MM P/DEC MEC	165	173	8
129613	ALN PTAALE 1005TF-5,50MM P/DEC MEC	989	1.034	45
129681	ALN PTAALE 1016A1-6,40MM P/DEC MEC	214	208	-6
129692	ALN PTAALE 1018B1-5,50MM P/DEC MEC	93	148	55
129764	ALN PTAALE 1060E1B-5,50MM P/DEC MEC	89	83	-6
129787	ALN PTAALE 1060A1-5,50MM	638	814	175
129801	ALN PTAALE 1069A1-5,50MM P/DEC MEC	210	190	-20
129822	ALN PTAALE 1080B3-6,40MM P/DEC MEC	378	380	2
137416	ALN PTAALE 1072A4-5,50MM P/DEC MEC	86	130	44
148903	ALN PTAALE 1052E1A-5,50MM P/DEC MEC	90	98	8
180692	ALN PTAALE 1004FW2-5,50MM P/DEC MEC	267	370	104
201421	ALN PTAALE 1080B3-7,00MM 2,5T P/DEC MEC	130	173	42
201737	ALN PTAALE 1005A1-12,70MM 2,5T	19	48	28
208352	ALN PTAALE 1082B6-12,70MM 2,5T	201	228	27
208353	ALN PTAALE 1082B6-11,11MM 2,5T	249	165	-84

216979	ALN PTAALE PA03L BUL-6,40MM P/DEC MEC	19	43	24
205594	ALN PTAALE 1072A4-10,00MM 2,5T	39	80	40
241084	ALN PTAALE 1075E1C-8,00MM P/ENF	53	100	47
		4.215	**4.804**	**589**

El modelo propone una suba del stock de seguridad de 589tn en relación al modelo anterior, pero este volumen en relación al stock total promedio es del orden del 6% y se justifica ese aumento para lograr un cumplimiento de entrega alineado al objetivo que tiene el Negocio Siderúrgico de atención al cliente interno Trefilados.

En la tabla 5.10 se aprecia la diferencia entre los stock promedio de ambos modelos, teniendo en cuenta que del modelo actual se tomó el stock real promedio de los 3 años analizado.

Tabla 5.10

		Modelo anterior			**Modelo propuesto**		
Cod	**Descripción**	**Stock operativo**	**IS**	**Stock promedio Total**	**Stock operativo**	**IS**	**Stock promedio Total**
129562	ALN PTAALE 1005A1-6,40MM P/DEC MEC	191	204	395	339	198	537
129565	ALN PTAALE 1005A1-8,00MM	43	41	84	68	61	129
129568	ALN PTAALE 1005A1-10,00MM	43	40	83	66	82	148
129596	ALN PTAALE 1008A1-6,40MM P/DEC MEC	174	165	339	275	173	448
129613	ALN PTAALE 1005TF-5,50MM P/DEC MEC	1.210	989	2.199	824	1.034	1.858
129681	ALN PTAALE 1016A1-6,40MM P/DEC MEC	258	214	472	356	208	564
129692	ALN PTAALE 1018B1-5,50MM P/DEC MEC	107	93	200	78	148	225
129764	ALN PTAALE 1060E1B-5,50MM P/DEC MEC	95	89	184	74	83	157
129787	ALN PTAALE 1060A1-5,50MM	753	638	1.391	532	814	1.346
129801	ALN PTAALE 1069A1-5,50MM P/DEC MEC	276	210	486	175	190	364
129822	ALN PTAALE 1080B3-6,40MM P/DEC MEC	458	378	836	630	380	1.010
137416	ALN PTAALE 1072A4-5,50MM P/DEC MEC	98	86	184	72	130	202
148903	ALN PTAALE 1052E1A-5,50MM P/DEC MEC	105	90	195	75	98	173
180692	ALN PTAALE 1004FW2-5,50MM P/DEC MEC	310	267	577	222	370	593
201421	ALN PTAALE 1080B3-7,00MM 2,5T P/DEC MEC	162	130	292	217	173	390
201737	ALN PTAALE 1005A1-12,70MM 2,5T	25	19	44	32	48	80
208352	ALN PTAALE 1082B6-12,70MM 2,5T	215	201	416	335	228	563
208353	ALN PTAALE 1082B6-11,11MM 2,5T	271	249	520	416	165	581
216979	ALN PTAALE PA03L BUL-6,40MM P/DEC MEC	22	19	41	32	43	75
205594	ALN PTAALE 1072A4-10,00MM 2,5T	36	39	75	65	80	145
241084	ALN PTAALE 1075E1C-8,00MM P/ENF	67	53	120	89	100	188
	TOTAL	**4.917**	**4.215**	**9.133**	**4.974**	**4.804**	**9.778**

El nuevo modelo propone un aumento en el stock de seguridad del orden de las 600tn pero cambia radicalmente la composición de dicho stock, como se comentó anteriormente. El nuevo modelo estaría garantizando la entrega de al menos un 90% de los materiales MTS con un pequeño sacrificio de aumento de stock, que no es considerable teniendo en cuenta los perjuicios que se evitan por lograr una buena entrega al Negocio de trefilados.

6. CAPITULO V: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este capítulo se presentarán los resultados y conclusiones a partir del estudio realizado, teniendo en cuenta cuales son las mejoras que trae aparejado el modelo elegido, cuales son las consideraciones para su implementación y si existen costos asociados al nuevo modelo.

6.1. Presentación de los resultados

El análisis de la demanda del Negocio Trefilados al Negocio Siderúrgico arrojó varios resultados que mejoran la forma de gestionar la entrega entre ambas Unidades. Por empezar, el análisis de la clasificación ABC, tanto como la clasificación MTS/MTO, permitió darle un orden de importancia a los productos y poner foco en los materiales que eran responsables por el mayor volumen de la entrega. Este análisis nos llevó a identificar los alambrones que se debían manejar contra stock y aquellos que se fabricarán sólo contra pedido para darle un tratamiento diferenciado a cada uno. La entrega de los materiales fabricados contra pedido durante el período analizado cumplía con creces el objetivo de 90%, ya que en promedio durante los 3 años analizados la entrega fue del 93%. El mayor inconveniente se relevó que fue con los materiales que se trabajaban contra stock, ya que la entrega promedio durante el período evaluado fue de 87%, y debido a que este grupo de materiales incide el 92% de la entrega, es el grupo al cual se le debía poner foco para mejorar el cumplimiento.

Cuando entramos en la cuestión productiva, y teniendo en cuenta el método de programación de la producción de Acindar, se llegó a la conclusión que el modelo de gestión de la demanda debería ser por un modelo de revisión periódica, ya que la empresa tiene un día determinado del mes donde realiza los cálculos de los materiales necesarios a fabricar. A partir de la selección del modelo de gestión de stock, se llevó adelante un análisis para determinar cuál era el stock de seguridad necesario de los materiales MTS para asegurar el objetivo de entrega del 90%. En este punto se realizó un cálculo que dio soporte al análisis del stock objetivo, ya que la correlación entre la entrega y el volumen de stock estaban positivamente

correlacionadas (0,67), poniendo en evidencia que cuando baja el stock y se "perfora" el stock de seguridad, la entrega empeora sustancialmente. En este punto es donde se trabajó fuertemente, ya que a través del estudio se detectó que el stock de seguridad con el cual se venía operando no atendía a las variaciones de la demanda en dichos productos. El modelo de gestión de stock de los materiales MTS contemplaba un 30% de stock de seguridad pero era *flat* para todos los materiales por igual, sin hacer distinción si algún material tenía mayor variabilidad en la demanda. Para poder disponer un stock de seguridad más *inteligente*, se asignó a cada alambrón MTS un determinado stock de seguridad dependiendo de su desvío estándar de la variable demanda. Mediante este análisis se pudo asignar un stock de seguridad específico a cada material para asegurar la entrega del 90%.

El nuevo modelo establece que para asegurar la entrega es necesario trabajar con 645tn más de stock de seguridad, que por supuesto trae aparejado un costo de mantenimiento de este adicional de stock pero *garantizaría* la entrega de materia prima al Negocio Trefilados, redundando en una mejora de entrega de productos trefilados al mercado, y asegurando un hilo productivo continuo evitando paradas de planta por quiebre de stock. Para reflejar esta ventaja en números, podemos cuantificar el costo del aumento del stock propuesto versus el costo aparejado a la parada de planta o pérdida del hilo continuo. Para la realización de este análisis hay que considerar varias variables que están involucradas en el cálculo. Los costos asociados al aumento del stock son varios, a saber:

- *Costo de almacenaje*: Este costo no es considerado debido a que Acindar posee grandes almacenes al intemperie donde se almacena el alambrón, y no es un costo diferencial por el aumento del stock, debido a que este espacio no se puede alquilar ni se está utilizando para almacenar otro material. Por ende, debido a que existe espacio ocioso en la planta para aumentar el almacenaje, no se considera este costo.
- *Costo logístico de movimiento interno*: Este costo también se desprecia ya que se contrata por turnos una pala mecánica de movimiento de alambrones con 2 ayudantes y no se modifica este plantel fijo por el aumento de las 645tn. Por lo tanto, tampoco representa un costo diferencial.

- *Costo financiero:* Acindar al pertenecer a un grupo económico global tiene estandarizada la tasa de descuento para el análisis del aumento de capital inmovilizado. Esta tasa es del 15% anual, por lo tanto si tenemos en cuenta el costo variable del alambrón promedio de $4.250/tn[39], podemos concluir que el costo anual del aumento del stock es de:

  645tn x $4.250/tn x 15% = $411.188 anuales

Considerando todos los puntos anteriores, podemos concluir que el costo de mantenimiento del stock es de $411.188 anual.

Para calcular el costo de parada de planta y la pérdida del hilo continuo, se tendrá en cuenta la pérdida de venta de un alambre estándar que hubiera sido producido durante la parada, ya que la planta de Trefilados opera en 3 turnos y toda su producción está comprometida para la venta. No se tendrán en cuenta el costo fijo de mano de obra ya que si se para la planta o se produce el costo de la mano de obra se tiene igual, por lo tanto no es un costo diferencial.

De acuerdo al informe de producción de trefilados del último año 2013[40], se contabilizaron 2 paradas de planta por incumplimiento (atraso) de entrega, una de 5 horas y otra de 12 horas. Esto se debe a que algunas máquinas trefiladoras sólo consumen un tipo de alambrón, que si no está disponible, no existe otra alternativa de material para alimentar la máquina, obligando esta falta de entrega a parar la planta. Por lo tanto, si consideramos que la productividad promedio es de 4,5tn por hora, en estas dos paradas de planta se perdieron de producir 76,5tn (17hs x 4,5tn/hr), y si consideramos el margen de ganancia que posee 1tn de alambre que es de $3570/tn, entonces podríamos afirmar que las paradas de planta generaron una pérdida de ganancia por $273.105 en el año.

[39] Obtenido del informe de Rentabilidad del mes de Abril 2014

[40] Información relevada mediante entrevistas con el Gerente de Producción de Trefilados, que ha facilitado las planillas de producción donde se detallan las paradas de planta y las horas de cambio.

Además de la parada de planta, existe otra pérdida de producción debido al atraso o falta de entrega. Esta se debe a la pérdida del hilo continuo del programa productivo de Trefilados, ya que en algunos casos se cambia el programa original del mes para darle continuidad a las máquinas trefiladoras y no parar la planta, pero para realizar un cambio de medida se debe volver a poner a punto la máquina trefiladora. De acuerdo al último informe de producción de Trefilados, durante el 2013 se perdió en promedio 1,3hs por mes debido a cambios de programa causados por incumplimiento de entrega. Esta pérdida se puede valuar teniendo en cuenta nuevamente el margen que se obtendría por la venta del alambre que no se ha podido producir durante dicho período. Considerante el margen de $3570/tn, y que en el año se pierden 15,6hs (1,3hs/mes x 12 meses) por cambios de programa no programados, podemos concluir que en el año se deja de ganar por pérdida del hilo continuo de los programas productivos de Trefilados lo siguiente:

$3570/tn x 15,6hs x 4,5tn/hs = $250.614 annual

Realizando la suma de las 2 pérdidas correspondiente a las paradas no previstas y a los cambios de secuencia de programa, el total de pérdida por el incumplimiento de entrega es de:

$273.105 + $250.614 = $523.719 en el año.

Como conclusión, comparando el costo de aumentar el stock con el costo de oportunidad de la pérdida de venta del alambre trefilado, se tiene una ganancia neta por la mejora esperada en la entrega de alambrón a Trefilados de:

- Ganancia por mejora del hilo continuo y evitar paradas de planta: $523.719/año
- Costo asociado al aumento del stock: $411.188/año
- Ganancia neta esperada: $523.719 – $411.188 = **$112.531 al año.**

6.2. Respuestas a las preguntas de investigación

Se analizaran una a una las preguntas de investigación para identificar si se ha podido resolver las inquietudes iniciales de la tesis y a través de ellas exponer así los resultados obtenidos.

¿Disponer de stock excesivos permite asegurar el cumplimiento de entrega entre Unidades de Negocio?

La correlación positiva entre el nivel de stock y el cumplimiento de entrega indica de alguna manera que trabajar con mayor stock permite mejorar la entrega, pero esto no siempre se puede afirmar que es cierto, ya que nuestro test de correlación se realizó teniendo en cuenta el modelo de gestión anterior, donde se asignaba un porcentaje fijo de stock de seguridad para cada material. Trabajar con stock excesivos podría ayudar a mejorar la entrega, siempre y cuando haya un balance entre el stock de los distintos materiales y no se concentre sólo en algunos. Por supuesto que trabajar con sobre-stock implica incurrir en mayores costos, como ser el de mantenimiento, costos financieros, de obsolescencia, etc., y las empresas del siglo XXI están enfocadas en trabajar con el menor stock posible.

Aunque la afirmación de trabajar con stock más altos mejora la entrega es validada por el índice de correlación, es importante mencionar que se puede trabajar con un stock “inteligente”, amoldando el nivel de stock de cada material teniendo en cuenta su variabilidad, para asegurar el cumplimiento de entrega objetivo. En este caso se puede llegar a trabajar con el mismo stock o a lo mejor bajar el stock, pero asegurando la entrega comprometida con el Negocio de Trefilados.

¿Realizar la gestión de inventarios de forma efectiva asegura el cumplimiento de entrega? ¿Cuánto stock es necesario para asegurar un 90% de cumplimiento?

El haber seleccionado el mejor modelo de gestión de stock que se adapta para el manejo de la entrega al Negocio Trefilados no necesariamente puede asegurar el

cumplimiento de entrega debido a que existen variables exógenas que no se tienen en cuenta en el modelo y no siempre son controlables por la empresa. Por ejemplo roturas de máquinas, problemas de calidad con el material, falta de entrega de insumo por parte de los proveedores externos, inconvenientes en la importación de insumos, etc. Debido a que estas variables no se presentan con un patrón dado no es viables modelizarlas para incorporarlas a la ecuación de la fórmula de stock. Tampoco sería viable aumentar el stock de todos los materiales a valores muy altos ya que no se dispone el espacio necesario para hacerlo y el costo financiero sería enorme. Ahora bien, teniendo en cuenta la variabilidad de la demanda y considerando los stocks promedio que se evaluó en el capítulo anterior, podemos afirmar que si se mantiene el escenario de pedidos similar a los últimos 36 meses podríamos asegurar la entrega de un 90%. Según el estudio realizado, el stock promedio necesario para cumplir con el 90% de la entrega mensual es de 9.800tn, aproximadamente unas 650tn más en promedio que los que se utilizaba en el modelo anterior, pero con dicho volumen se aseguraría, al menos en teoría, el nivel de entrega deseado.

¿La implementación de un modelo de gestión de stock determinístico con un cierto nivel de stock de seguridad permitía disminuir los costos logísticos?

A pesar de que el nuevo modelo sugiere un aumento de stock en relación al modelo anterior, lo cual generaría costos logísticos adicionales para el manipuleo de dicho stock adicional, hay que destacar que el análisis de clasificación ABC de los materiales aporta información valiosa a logística ya que permite acopiar los mismos de forma inteligente y optimizar así los movimientos y darle prioridad al FIFO. Actualmente el área de logística incurre por mes aproximadamente unas 20 horas[41] a un palero y 2 ayudantes[42] para “destapar” productos que necesitan despachar a la unidad de alambres, y si el stock estaría acopiado el material de forma de tener en cuenta la clasificación ABC, no se incurriría en dichos costos.

[41] De a cuerdo a la información brindada por el área de Logística

[42] Se habla de un palero y 2 ayudantes cuando se contrata a una empresa tercearizada un equipo de trabajo para el movimiento logístico de los materiales, que involucra a una persona que opera un autoelevador y 2 ayudantes que realizan la operación de acomodamiento del stock en playa.

¿Diseñar un stock adecuado permite evitar tanto los quiebres de stock como los cambios de los programas productivos?

Definitivamente sí. Se ha demostrado en el estudio que está estrechamente relacionado la calidad de la entrega de materiales con el nivel de stock, por lo tanto si se dispone de un stock adecuado y diseñado de forma correcta, se podría cumplir con la meta de entrega del 90%, y con dicho nivel de entrega se aseguraría la continuidad de la producción de alambres evitando los cambios en sus planes productivos. También se ha destacado en el estudio que si se logra conformar el stock objetivo, se evitarían los quiebres de stock para darle continuidad a la entrega al Negocio Trefilados. Por último, otro de los aspectos que preocupaba a los directores, era el cambio de los programas productivos del Negocio Siderúrgico, ya que para no desabastecer al mercado de productos trefilados, se cambiaban los planes de los trenes laminadores para entregar la materia prima solicitada por Alambres. Disponiendo el stock adecuado, se evitaría dichos cambios productivos, ya que el stock de seguridad permitiría cubrir los cambios de demanda o atrasos de producción, sin tener que recurrir a los cambios de programa que generan costos adicionales y posibles incumplimientos a otros clientes.

6.3. Conclusiones y recomendaciones

Como corolario del estudio podríamos indicar que el diseño del stock es una pieza fundamental para alcanzar el nivel de cumplimiento de entrega deseado al cliente. En el caso en estudio el cliente era interno pero la metodología y análisis sirven para estudiar tanto a la entrega de clientes internos como externos. Lo más interesante que se desprende del estudio es que la calidad de la composición del stock es lo que hace la diferencia para lograr un alto nivel de entrega al cliente; ya que con un pequeño aumento del stock, se mejoran de forma sustantiva los índices de entrega. Por supuesto que el desafío esta en lograr el nivel de entrega deseado pero sin recurrir a nivel de stock elevados, ya que el aumento de stock impacta directamente sobre los indicadores financieros ya que se aumenta el capital inmovilizado.

Para plasmar estos resultados con números, en base al estudio realizado, si se logra componer el stock objetivo, se estaría aumentando unas 645tn (un 6,5% del stock promedio) pero se estaría asegurando una entrega de al menos un 90% que es la meta prevista. Con este aumento del nivel de entrega, se estaría asegurando el abastecimiento al Negocio de Trefilados, para poder darle continuidad a sus plantas productoras y en última instancia, cumplir con el cliente final. Si comparamos el costo del aumento del stock versus la mejora de la entrega, hemos concluido en el punto 6.1 del presente capítulo que se obtiene una ganancia neta de $112.531 al año.

La recomendación más importante para la implementación de este modelos es la convicción de la robustez del modelo por parte de los gerentes de planificación, para que se le de prioridad en la conformación del stock objetivo. Luego de que se haya conformado el stock, el seguimiento del mismo es crucial para mantener los niveles de entrega de acuerdo al plan, ya que si no se cumple con los niveles de stock de seguridad establecidos, se puede correr el riesgo de quiebres de stock con todas las consecuencias que esto implica. El modelo no es estático, ya que debe ser actualizado los valores de stock de seguridad y stock operativo medio cada una frecuencia de 6 meses a un año, para poder mantener la vigencia del modelo.

Glosario de términos

Unidad Estratégica de Negocio (UEN): una Unidad Estratégica de Negocios (UEN) es una unidad operativa, que agrupa productos o servicios diferenciados, vendidos a un conjunto definido de clientes y que al mismo tiempo enfrenta un grupo determinado de competidores. Una UEN es una unidad de la empresa que tiene misión y objetivos aparte y que se puede planear con independencia de los demás negocios de la empresa. La misma puede ser una división de la empresa, una línea de productos dentro de una división o incluso un producto o marca individual. Cada UEN posee su propio segmento de mercado y el responsable de la misma, cuenta con todos los recursos necesarios para definir y llevar a cabo una estrategia con plena autonomía, por supuesto dentro del marco de la estrategia corporativa. Se puede entender la empresa, por tanto, como un conjunto de varias unidades estratégicas (UEN), cada una ofreciendo oportunidades de rentabilidad y crecimiento distintas, y/o requiriendo un planteamiento competitivo diferente.

Trefilación: El proceso de trefilación consiste en la reducción progresiva por el método de estiramiento en frio. El trefilado de alambre o barras de sección circular, cuadrada, hexagonal y medidas especiales entre otras, consiste en reducir de forma simétrica la sección del mismo al hacerlo pasar, mediante una fuerza de tiro, a través un mecanismo compuesto por series de hileras (también denominadas matrices o dados). Esta deformación es realizada con los metales en frío que permite reducir el diámetro o medida, resultando un ordenamiento cristalino longitudinal, que mejora la resistencia a la tracción entre 20 y 40%.
La principal característica de la trefilación por medio del estiramiento en frio es que no genera pérdida de material como las virutas.

Declasar: verbo utilizado en la jerga de las empresas metalúrgicas haciendo referencia a cambiar de clasificación un producto y rebajarlo a subproducto o producto de segunda.

ATP: Es la cantidad de stock disponible para la venta/entrega al cliente. Las siglas significan “Available to promise”, lo que es lo mismo a “disponible para

comprometer". Es necesario entender la diferencia entre el ATP y el stock, ya que puede existir que haya stock almacenado en almacenes pero que no haya ATP, ya que el stock ya se encuentra comprometido para la entrega y en el caso de que se ingrese un nuevo pedido no se va a poder abastecer desde el stock hasta la próxima fabricación/compra del material en cuestión.

Stockouts**:** El stockout o quiebre de stock se produce cuando no existe más ATP y no es posible atender de forma inmediata a los nuevos pedidos de los clientes. En este caso, puede suceder que el cliente acepte la espera de la entrega del material o que opte por conseguir el material en otro lado. En este último caso es el perjuicio es la pérdida de venta sino también la posibilidad de perder futuras ventas por un cliente insatisfecho.

Overstock: El overstock, conocido también como sobrestock, es aquel que excede la demanda prevista de venta y/o consumo. Puede haber sido provocado por una baja en los pronósticos de ventas, una baja en los programas de producción, o por fabricación en exceso. Estos materiales generan un costo adicional al habitual al tener que destinar recursos al mantenimiento de dicho stock, además de generar una pérdida financiera por el capital inmovilizado.

Query: Este término es utilizado para hacer referencia a una interacción con una base de datos, en particular a una consulta por parte de un usuario a la base de datos, queriendo obtener algún dato determinado.

SCM: La gestión de cadena de suministro (SCM) consiste en mejorar y desarrollar las relaciones entre las organizaciones involucradas en una cadena de suministro con el fin de integrar los flujos de materiales e información y realizar el trabajo de manera óptima reduciendo los costos. La gestión de la cadena de suministros incluye todas las actividades de gestión y logística y se encuentra presente en cada fase del proceso.

MRP: El MRP es un sistema para planear y programar los requerimientos de los materiales en el tiempo para las operaciones de producción finales que aparecen en el programa maestro de producción. También proporciona resultados, tales como las fechas límite para los componentes, las que posteriormente se utilizan para el

control de taller. El MRP normalmente es asociado con un software que plantea la producción y un sistema de control de inventarios (en el caso de Acindar, se utiliza SAP).

Heurística: Se denomina heurística a la capacidad de un sistema para realizar de forma inmediata innovaciones positivas para sus fines. La capacidad heurística es un rasgo característico de los humanos, desde cuyo punto de vista puede describirse como el arte y la ciencia del descubrimiento y de la invención o de resolver problemas mediante la creatividad y el pensamiento lateral o pensamiento divergente

Palanquilla: Productos semiterminados de acero, de sección rectangular entre 100 y 200mm, obtenidos por procesos de colada continua destinadas a la laminación en caliente en trenes de laminación. Son fabricadas a partir de chatarra y hierro esponja, y se le incorporan distintas ferroaleaciones según su uso final. Diversos productos pueden ser laminados con palanquillas: barras redondas, cuadradas, hexagonales, planchuelas, perfiles estructurales, especiales, alambrones, barras para hormigón armado, chapa, entre otros.

FIFO: First in, First Out. Es una metodología utilizada en la gestión de inventarios donde el primer artículo que ingresa al stock es el primero que se despacha, para garantizar que siempre haya una rotación del stock y evitar deterioros del mismo.

Bibliografía

(1) CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. (2000). *Administración de producción y operaciones*. (8ª Ed.) Bogotá: McGraw-Hill

(2) MENTZER, J., DEWITT, W., KEEBLER, J., MIN, S., NIX, N., ZACHARIA, C. (2001). Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, Vol. 22, Núm. 2.

(3) BALLOU, R. (2004). *Administracion de la cadena de suministro*. (5ª Ed.) México D.F.: Prentice Hall

(4) CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. (2009). *Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministro*. (12ª Ed.) México D.F.: McGraw-Hill

(5) MORA GARCIA, L. (2010). *Gestión logística integral*. (1ª Ed.) Bogotá: Ecoe Ediciones

(6) HILLIER, F., LIEBERMAN, G. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. (9ª Ed.) México D.F.: McGraw-Hill

(7) CHAPMAN, S. (2006). *Planificación y control de la producción*. (1ª Ed.) Naucalpan de Juárez: Prentice Hall

(8) WELSCH, G., HILTON, R., GORDON, P., NOVEROLA, C. (2005). *Presupuestos, Planificación y Control*. (6ª Ed.) Naucalpan de Juárez: Prentice Hall

(9) TAHA, H. (2012). *Investigación de operaciones*. (9ª Ed.) Naucalpan de Juárez: Pearson

(10) GOMEZ APARICIO, J.M. (2013). *Gestión logística y comercial*. (1ª Ed.) Madrid: McGraw-Hill

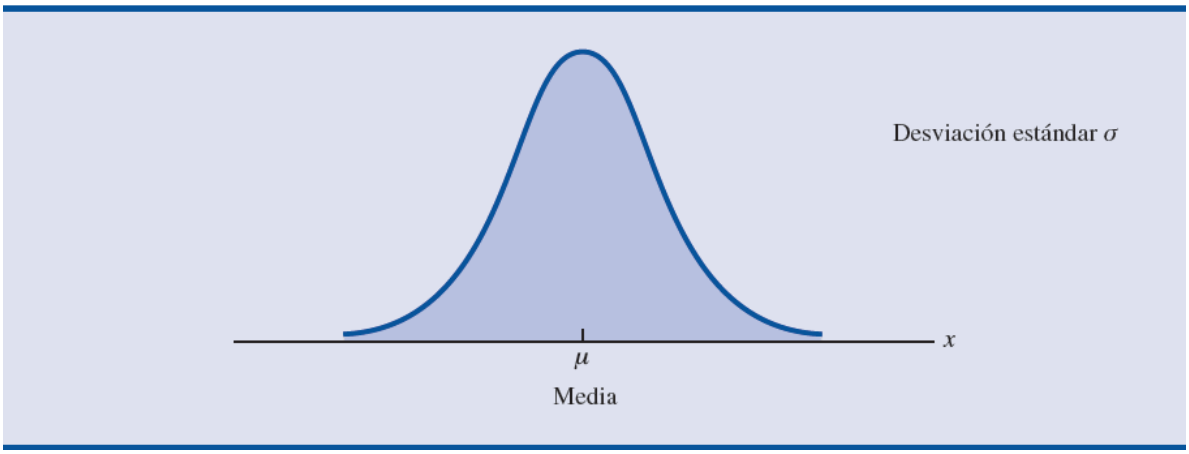
(11) HEIZER, J., RENDER, B. (2008). *Dirección de la producción y de operaciones.* (8ª Ed.) Madrid: Pearson

ANEXOS

I. ANEXOS I: Distribución Normal

En estadística y probabilidad se llama distribución normal, distribución de Gauss o distribución gaussiana, a una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece aproximada en fenómenos reales. La importancia de esta distribución radica en que permite modelar numerosos fenómenos naturales, sociales y psicológicos. Mientras que los mecanismos que subyacen a gran parte de este tipo de fenómenos son desconocidos, por la enorme cantidad de variables incontrolables que en ellos intervienen, el uso del modelo normal puede justificarse asumiendo que cada observación se obtiene como la suma de unas pocas causas independientes. Pueden existir miles de aplicaciones prácticas, en las cuales la variable aleatoria puede ser el peso o la estatura de las personas, puntuaciones de exámenes, resultados de mediciones científicas, precipitación pluvial u otras cantidades similares. La distribución normal también tiene una importante aplicación en inferencia estadística. En estas aplicaciones, la distribución normal describe qué tan probables son los resultados obtenidos de un muestreo.

Los resultados de las experiencias aleatorias cuyos histogramas presentan la forma de una campana (ver figura) pueden ser descritos con la distribución normal. La gráfica de su función de densidad tiene una forma acampanada y es simétrica respecto de un determinado parámetro estadístico. Esta curva se conoce como campana de Gauss y es el gráfico de una función gaussiana.



Se dice que la variable X sigue una distribución normal con parámetros μ y σ y se escribe X ~ N(μ, σ2) si su función de densidad es:

FUNCIÓN DE DENSIDAD DE PROBABILIDAD NORMAL

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2}$$

donde

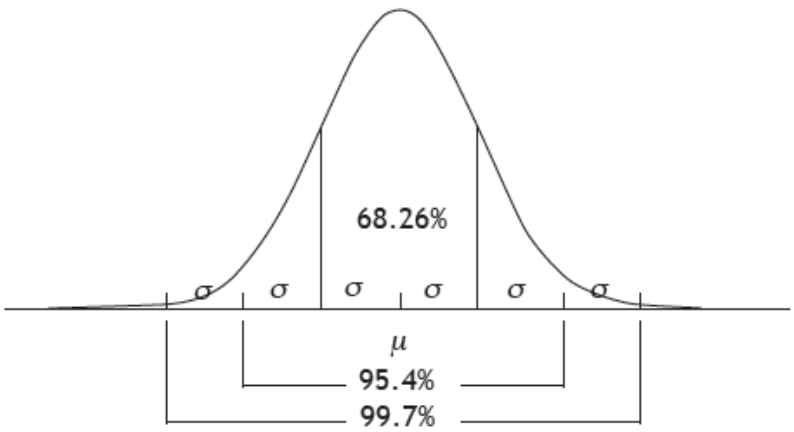
$$\mu = \text{media}$$
$$\sigma = \text{desviación estándar}$$
$$\pi = 3.14159$$
$$e = 2.71828$$

Las siguientes son observaciones importantes acerca de las características de las distribuciones normales.

- Toda la familia de distribuciones normales se diferencia por medio de dos parámetros: la media μ y la desviación estándar σ.
- El punto más alto de una curva normal se encuentra sobre la media, la cual coincide con la mediana y la moda.
- La media de una distribución normal puede tener cualquier valor: negativo, positivo o cero.
- La distribución normal es simétrica, siendo la forma de la curva normal al lado izquierdo de la media, la imagen especular de la forma al lado derecho de la media. Las colas de la curva normal se extienden al infinito en ambas direcciones y en teoría jamás tocan el eje horizontal. Dado que es simétrica, la distribución normal no es sesgada; su sesgo es cero.
- La desviación estándar determina qué tan plana y ancha es la curva normal. Desviaciones estándar grandes corresponden a curvas más planas y más anchas, lo cual indica mayor variabilidad en los datos. A continuación se muestran dos curvas normales que tienen la misma media pero distintas desviaciones estándar.
- Las probabilidades correspondientes a la variable aleatoria normal se dan mediante áreas bajo la curva normal. Toda el área bajo la curva de una distribución normal es 1. Como esta distribución es simétrica, el área bajo la

curva y a la izquierda de la media es 0.50 y el área bajo la curva y a la derecha de la media es 0.50.

- Los porcentajes de los valores que se encuentran en algunos intervalos comúnmente usados son:
    - 68.26% de los valores de una variable aleatoria normal se encuentran más o menos una desviación estándar de la media.
    - 95.4% de los valores de una variable aleatoria normal se encuentran más o menos dos desviaciones estándar de la media.
    - 99.7% de los valores de una variable aleatoria normal se encuentran más o menos tres desviaciones estándar de la media.



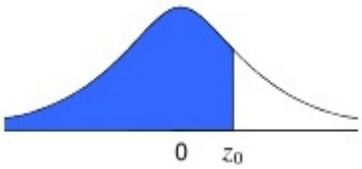
II. ANEXOS II: Valores de la marca estadística z en base a la probabilidad acumulada

Tabla de la distribución normal N(0,1) para probabilidad acumulada inferior

μ = Media

σ = Desviación típica

$$P(z \le z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{\frac{-z^2}{2}} dz$$



Tipificación: $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

z_0	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	z_0
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852	0,7
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133	0,8
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389	0,9
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621	1,0
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830	1,1
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015	1,2
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177	1,3
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319	1,4
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441	1,5
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545	1,6
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633	1,7
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706	1,8
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767	1,9
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817	2,0
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857	2,1
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890	2,2
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916	2,3
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936	2,4
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952	2,5
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964	2,6
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	2,7
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	2,8
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986	2,9
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900	3,0
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929	3,1
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950	3,2
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965	3,3
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976	3,4
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983	3,5
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989	3,6
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992	3,7
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995	3,8
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	3,9

III. ANEXO III: Calendario de Laminación anual

CALENDARIO LAMINACIÓN 2013

Línea	Medida	Frecuencia	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13
ALN	5,50	mensual	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ALN	6,00	mensual	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ALN	6,40	mensual	x	X	x	x	X	x	x	x	x	x	x	x
ALN	7,00	mensual	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ALN	8,00	mensual	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ALN	9,00	trimestral		x			x			x			x	
ALN	10,00	mensual	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ALN	11,11	mensual	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ALN	12,00	bimensual		x		x		x		x		x		x
ALN	12,70	mensual	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ALN	14,29	bimensual	x		x		x		x		x		x	
ALN	15,88	bimensual	x		x		x		x		x		x	
ALN	17,50	trimestral		x			x			x			x	
ALN	19,05	trimestral		x			x			x			x	
ALN	20,60	trimestral		x			x			x			x	
ALN	22,20	cuatrimestral			x				x				x	
ALN	23,80	cuatrimestral			x				x				x	

IV. ANEXO IV: Detalle de la clasificación por material

Cod	Descripción	Stock Prom. Mensual	Stock prom. Acum	% Stock prom. Acum.	Clasif	Cant. de Art. Acum.	% de Art. Acum.	Frec. de pedido en 36 meses	Tipo
129613	ALN PTAALE 1005TF-5,50MM P/DEC MEC	2199	2199	23%	A	1	1%	36	MTS
129787	ALN PTAALE 1060A1-5,50MM	1391	3590	37%	A	2	2%	36	MTS
129822	ALN PTAALE 1080B3-6,40MM P/DEC MEC	836	4426	46%	A	3	2%	36	MTS
180692	ALN PTAALE 1004FW2-5,50MM P/DEC MEC	577	5003	52%	A	4	3%	36	MTS
208353	ALN PTAALE 1082B6-11,11MM 2,5T	520	5523	57%	A	5	4%	36	MTS
129801	ALN PTAALE 1069A1-5,50MM P/DEC MEC	486	6009	62%	A	6	5%	36	MTS
129681	ALN PTAALE 1016A1-6,40MM P/DEC MEC	472	6481	67%	A	7	6%	36	MTS
208352	ALN PTAALE 1082B6-12,70MM 2,5T	416	6897	71%	A	8	6%	36	MTS
129562	ALN PTAALE 1005A1-6,40MM P/DEC MEC	395	7292	75%	B	9	7%	36	MTS
129596	ALN PTAALE 1008A1-6,40MM P/DEC MEC	339	7631	79%	B	10	8%	36	MTS
201421	ALN PTAALE 1080B3-7,00MM 2,5T P/DEC MEC	292	7923	82%	B	11	9%	36	MTS
129692	ALN PTAALE 1018B1-5,50MM P/DEC MEC	200	8124	84%	B	12	10%	34	MTS
148903	ALN PTAALE 1052E1A-5,50MM P/DEC MEC	195	8319	86%	B	13	10%	36	MTS
137416	ALN PTAALE 1072A4-5,50MM P/DEC MEC	184	8503	88%	B	14	11%	36	MTS
129764	ALN PTAALE 1060E1B-5,50MM P/DEC MEC	184	8686	90%	B	15	12%	36	MTS
241084	ALN PTAALE 1075E1C-8,00MM P/ENF	120	8806	91%	C	16	13%	29	MTS
129565	ALN PTAALE 1005A1-8,00MM	84	8890	92%	C	17	14%	29	MTS
129568	ALN PTAALE 1005A1-10,00MM	83	8973	93%	C	18	15%	28	MTS
205594	ALN PTAALE 1072A4-10,00MM 2,5T	75	9048	94%	C	19	15%	28	MTS
225257	ALN PTAALE 1080B3-9,00MM 2,5T P/DEC MEC	51	9099	94%	C	20	16%	16	MTO
201737	ALN PTAALE 1005A1-12,70MM 2,5T	44	9143	95%	C	21	17%	25	MTS
216979	ALN PTAALE PA03L BUL-6,40MM P/DEC MEC	41	9184	95%	C	22	18%	27	MTS
201748	ALN PTAALE 10B22X BUL-12,70MM 2,5T	30	9214	95%	C	23	19%	21	MTO
148890	ALN PTAALE 1060E1B-6,40MM P/DEC MEC	28	9241	96%	C	24	19%	21	MTO
201815	ALN PTAALE 10B22X BUL-15,88MM 2,5T	26	9268	96%	C	25	20%	17	MTO
205542	ALN PTAALE 10B22X BUL-8,00MM 2,5T	19	9286	96%	C	26	21%	20	MTO
148904	ALN PTAALE 1052E1A-6,40MM P/DEC MEC	18	9304	96%	C	27	22%	18	MTO
205590	ALN PTAALE 10B22X BUL-10,00MM 2,5T	16	9321	96%	C	28	23%	16	MTO
205538	ALN PTAALE 1060E1B-8,00MM 2,5T	15	9336	97%	C	29	23%	24	MTO
129710	ALN PTAALE 10B22X BUL-6,40MM P/DEC MEC	14	9350	97%	C	30	24%	18	MTO
201814	ALN PTAALE 1005A1-15,88MM 2,5T	14	9364	97%	C	31	25%	19	MTO
152688	ALN PTAALE 1075E1C-6,40MM P/DEC MEC	14	9378	97%	C	32	26%	18	MTO
129668	ALN PTAALE 1018CHQA BUL-6,40MM P/DEC MEC	13	9391	97%	C	33	27%	17	MTO
205539	ALN PTAALE 1072A4-8,00MM 2,5T	12	9403	97%	C	34	27%	23	MTO
230983	ALN PTAALE 1005A1 - 7,00MM 2,5T P/DEC MEC	12	9415	97%	C	35	28%	11	MTO
202041	ALN PTAALE 1052E1A -12,70MM 2,5T	11	9427	97%	C	36	29%	18	MTO
225730	ALN PTAALE 10B22X BUL-20,60MM 2,5T	10	9436	98%	C	37	30%	7	MTO
137417	ALN PTAALE 1072A4-6,40MM P/DEC MEC	9	9445	98%	C	38	31%	21	MTO
202040	ALN PTAALE 1075E1C -12,70MM 2,5T	9	9454	98%	C	39	31%	15	MTO
229272	ALN PTAALE 10B22X BUL- 9,00MM 2,5T	9	9463	98%	C	40	32%	8	MTO
129726	ALN PTAALE 1042A2-5,50MM P/DEC MEC	9	9472	98%	C	41	33%	14	MTO
201929	ALN PTAALE 1005A1-19,10MM 2,5T	8	9480	98%	C	42	34%	10	MTO
129684	ALN PTAALE 1016A1-8,00MM	8	9489	98%	C	43	35%	4	MTO
205541	ALN PTAALE 1080B3-8,00MM 2,5T P/DEC MEC	8	9496	98%	C	44	35%	18	MTO
216986	ALN PTAALE PA03L BUL-15,88MM 2,5T	8	9504	98%	C	45	36%	12	MTO
201394	ALN PTAALE 1005A1-9,00MM 2,5T	7	9511	98%	C	46	37%	9	MTO
233268	ALN PTAALE PA03L BUL-10,00MM 2,5T	7	9518	98%	C	47	38%	16	MTO
201685	ALN PTAALE 1072A4-12,70MM 2,5T	6	9524	99%	C	48	39%	11	MTO
237271	ALN PTAALE 10B22X BUL-17,50MM 2,5T	6	9530	99%	C	49	40%	7	MTO
205537	ALN PTAALE 1052E1A -8,00MM 2,5T	6	9536	99%	C	50	40%	13	MTO
224392	ALN 1082A3 PTAALE - 8,00MM 2,5T	6	9542	99%	C	51	41%	10	MTO
201273	ALN PTAALE 1075E1C-14,29MM 2,5T	5	9548	99%	C	52	42%	10	MTO
205677	ALN PTAALE 10B22X BUL-14,29MM 2,5T	5	9553	99%	C	53	43%	6	MTO

ANEXO IV (cont.)

Cod	Descripción	Stock Prom. Mensual	Stock prom. Acum	% Stock prom. Acum.	Clasif	Cant. de Art. Acum.	% de Art. Acum.	Frec. De pedido en 36 meses	Tipo
129594	ALN PTAALE 1008A1-5,50MM P/DEC MEC	5	9558	99%	C	54	44%	10	MTO
201935	ALN PTAALE 10B22X BUL-19,10MM 2,5T	5	9562	99%	C	55	44%	9	MTO
204233	ALN PTAALE 10B22X BUL-11,11MM 2,5T	4	9567	99%	C	56	45%	10	MTO
216985	ALN PTAALE PA03L BUL-12,70MM 2,5T	4	9571	99%	C	57	46%	10	MTO
216981	ALN PTAALE PA03L BUL-8,00MM	4	9575	99%	C	58	47%	10	MTO
201684	ALN PTAALE 1060E1B-12,70MM 2,5T	4	9580	99%	C	59	48%	11	MTO
216984	ALN PTAALE PA03L BUL-11,11MM 2,5T	4	9584	99%	C	60	48%	8	MTO
129820	ALN PTAALE 1080B3-5,50MM P/DEC MEC	4	9587	99%	C	61	49%	7	MTO
205593	ALN PTAALE 1052E1A -10,00MM 2,5T	4	9591	99%	C	62	50%	11	MTO
201722	ALN PTAALE 1060E1B-11,11MM 2,5T	4	9595	99%	C	63	51%	9	MTO
216980	ALN PTAALE PA03L BUL-7,00MM 2,5T	4	9598	99%	C	64	52%	7	MTO
206856	ALN PTAALE 1082A3-11,11MM 2,5T	3	9602	99%	C	65	52%	9	MTO
216982	ALN PTAALE PA03L BUL-9,00MM 2,5T	3	9605	99%	C	66	53%	8	MTO
237272	ALN PTAALE 10B22X BUL-6,00MM P/DEC MEC	3	9608	99%	C	67	54%	5	MTO
204664	ALN PTAALE1052E1A-11,11MM 2,5T	3	9611	99%	C	68	55%	8	MTO
223282	ALN PTAALE 1018CHQA BUL -15,88MM 2,5T	3	9613	99%	C	69	56%	6	MTO
216987	ALN PTAALE PA03L BUL-19,10MM 2,5T	3	9616	99%	C	70	56%	7	MTO
204549	ALN PTAALE 1005A1-14,29MM 2,5T	2	9618	99%	C	71	57%	4	MTO
216988	ALN PTAALE PA03L BUL-20,60MM 2,5T	2	9621	100%	C	72	58%	5	MTO
201515	ALN PTAALE 1005A1-11,11MM 2,5T	2	9623	100%	C	73	59%	6	MTO
221434	ALN PTAALE-1082A3 -9,00MM 2,5T	2	9625	100%	C	74	60%	1	MTO
221520	ALN PTAALE 1038CRX BUL -12,70MM 2,5T	2	9628	100%	C	75	60%	8	MTO
205573	ALN PTAALE 1016A1 -8,00MM 2,5T	2	9630	100%	C	76	61%	1	MTO
201479	ALN PTAALE 1082A3B-9,00MM 2,5T	2	9632	100%	C	77	62%	3	MTO
217672	ALN PTAALE PA03L BUL-14,29MM 2,5T	2	9634	100%	C	78	63%	4	MTO
201346	ALN PTAALE 1075E1C-10,00MM 2,5T	2	9636	100%	C	79	64%	5	MTO
202084	ALN PTAALE 1005A1-17,50MM 2,5T	2	9637	100%	C	80	65%	4	MTO
231036	ALN PTAALE 1060E1B-10,00MM 2,5T	2	9639	100%	C	81	65%	4	MTO
201687	ALN PTAALE 9254X-12,70MM 2,5T	2	9640	100%	C	82	66%	3	MTO
207159	ALN PTAALE 1082A3-6,40MM	2	9642	100%	C	83	67%	4	MTO
201952	ALN PTAALE 1005A1-20,60MM 2,5T	1	9643	100%	C	84	68%	3	MTO
207263	ALN PTAALE 1082A3-5,50MM	1	9645	100%	C	85	69%	4	MTO
129727	ALN PTAALE 1042A2-6,40MM P/DEC MEC	1	9646	100%	C	86	69%	3	MTO
237090	ALN PTAALE 1082SKD- 9,00MM 2,5T	1	9647	100%	C	87	70%	2	MTO
229796	ALN PTAALE 10B22X BUL-7,0 P/DEC MEC 2,5T	1	9649	100%	C	88	71%	5	MTO
245463	ALN PTAALE 1010L BUL- 6,40MM 2,5t	1	9650	100%	C	89	72%	3	MTO
206913	ALN PTAALE 1082A3CR -12,70MM 2,5T	1	9651	100%	C	90	73%	3	MTO
217607	ALN PTAALE 1038CRX BUL-14,29MM 2,5T	1	9652	100%	C	91	73%	4	MTO
223727	ALN PTAALE 1018CHQA BUL-12,00MM 2,5T	1	9653	100%	C	92	74%	2	MTO
245002	ALN PTAALE 1010L BUL-12,70MM 2,5T	1	9654	100%	C	93	75%	1	MTO
201514	ALN PTAALE 1075E1C -11,11MM 2,5T	1	9655	100%	C	94	76%	3	MTO
218709	ALN PTAALE 1019B1 BUL-5,50MM P/DEC MEC	1	9656	100%	C	95	77%	2	MTO
220500	ALN PTAALE 1010L BUL- 5,50MM	1	9657	100%	C	96	77%	5	MTO
238987	ALN PTAALE 1082A3 -12,70MM 2,5T	1	9658	100%	C	97	78%	2	MTO
208579	ALN 1010L BUL VTAS-10,00MM	1	9659	100%	C	98	79%	5	MTO
245766	ALN PTAALE 1010L BUL-11,11MM 2,5T	1	9659	100%	C	99	80%	1	MTO
129709	ALN PTAALE 10B22X BUL-5,50MM P/DEC MEC	1	9660	100%	C	100	81%	4	MTO
233690	ALN PTAALE 1018CHQA BUL-10,00MM 2,5T	1	9661	100%	C	101	81%	2	MTO
234809	ALN PTAALE 1082A3-10,00MM 2,5T	1	9661	100%	C	102	82%	2	MTO
201962	ALN PTAALE 10B38X BUL-20,60MM 2,5T	1	9662	100%	C	103	83%	1	MTO
208138	ALN 1010L BUL VTAS-8,00MM	1	9663	100%	C	104	84%	1	MTO
208775	ALN PTAALE 1018CHQA BUL-7,00MM 2,5T	1	9663	100%	C	105	85%	1	MTO
210954	ALN PTAALE 1018CHQA BUL-9,00MM 2,5T	0,5	9664	100%	C	106	85%	2	MTO

ANEXO IV (cont.)

Cod	Descripción	Stock Prom. Mensual	Stock prom. Acum	% Stock prom. Acum.	Clasif	Cant. de Art. Acum.	% de Art. Acum.	Frec. De pedido en 36 meses	Tipo
216978	ALN PTAALE PA03L BUL-6,00MM	0,47	9664	100%	C	107	86%	4	MTO
205055	ALN PTAALE 9254X-15,88MM 2,5T	0,46	9664	100%	C	108	87%	3	MTO
129561	ALN PTAALE 1005A1-6,00MM P/DEC MEC	0,44	9665	100%	C	109	88%	1	MTO
221963	ALN PTAALE 1038CRX BUL -15,88MM 2,5T	0,43	9665	100%	C	110	89%	2	MTO
223405	ALN PTAALE 1060E1B -14,29MM 2,5T	0,38	9666	100%	C	111	90%	1	MTO
205109	ALN PTAALE 9254X-11,11MM 2,5T	0,36	9666	100%	C	112	90%	1	MTO
234988	ALN PTAALE 1018CHQA BUL -19,10MM 2,5T	0,32	9666	100%	C	113	91%	3	MTO
210956	ALN PTAALE 1018CHQA BUL-14,29MM 2,5T	0,31	9667	100%	C	114	92%	1	MTO
206078	ALN 1010L BUL VTAS-12,70MM 2,5T	0,28	9667	100%	C	115	93%	1	MTO
205591	ALN PTAALE 9254X-10,00MM 2,5T	0,27	9667	100%	C	116	94%	2	MTO
217610	ALN PTAALE 1038CRX BUL-19,10MM 2,5T	0,27	9668	100%	C	117	94%	1	MTO
217626	ALN PTAALE 1038CRX BUL-17,50MM 2,5T	0,19	9668	100%	C	118	95%	1	MTO
217613	ALN PTAALE 1038CRX BUL-20,60MM 2,5T	0,16	9668	100%	C	119	96%	1	MTO
205054	ALN PTAALE 9254X-14,29MM 2,5T	0,15	9668	100%	C	120	97%	1	MTO
205146	ALN PTAALE 9254X-9,00MM 2,5T	0,14	9668	100%	C	121	98%	1	MTO
129667	ALN PTAALE 1018CHQA BUL-5,50MM	0,09	9668	100%	C	122	98%	1	MTO
216967	ALN PTAALE PA03L BUL-5,50MM P/DEC MEC	0,09	9668	100%	C	123	99%	1	MTO
137342	ALN PTAALE 9254X-8,00MM	0,07	9668	100%	C	124	100%	1	MTO

V. Anexo V: Pedidos de materia prima abierta por clasificación MTS/MTO

Tipo de material	ene 11	feb 11	mar 11	abr 11	may 11	jun 11	jul 11	ago 11	sep 11	oct 11	nov 11	dic 11
Pedido material MTS	8.320	12.280	14.810	15.850	13.370	15.350	15.450	17.560	13.450	14.920	13.570	13.230
Pedido Material MTO	585	800	860	920	1.560	1.120	1.210	1.020	890	1.700	450	970
TOTAL	**8.905**	**13.080**	**15.670**	**16.770**	**14.930**	**16.470**	**16.660**	**18.580**	**14.340**	**16.620**	**14.020**	**14.200**

Tipo de material	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12
Pedido material MTS	11.500	14.230	15.910	13.310	12.530	12.750	14.540	15.080	14.920	13.490	14.370	9.320
Pedido Material MTO	840	1.350	1.070	780	890	2.135	1.690	1.170	790	1.420	1.742	690
TOTAL	**12.340**	**15.580**	**16.980**	**14.090**	**13.420**	**14.885**	**16.230**	**16.250**	**15.710**	**14.910**	**16.112**	**10.010**

Tipo de material	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13
Pedido material MTS	13.250	15.650	13.650	15.840	13.950	14.340	15.290	13.010	15.940	15.890	15.570	13.340
Pedido Material MTO	2.665	1.155	590	615	910	720	1.345	915	1.680	970	1.380	845
TOTAL	**15.915**	**16.805**	**14.240**	**16.455**	**14.860**	**15.060**	**16.635**	**13.925**	**17.620**	**16.860**	**16.950**	**14.185**

VI. Anexo VI: Cumplimientos de Programas de Producción

Cumplimiento de Programa 2013

Tren laminador	Unidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.	Status
Tren 2	%	R	94,3	91,0	92,9	93,7	84,7	90,1	93,5	95,7	92,9	91,4	93,0	91,7	92,1	
		M	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	
Tren SBQ	%	R	89,2	96,8	90,8	98,8	97,1	93,7	94,5	87,9	99,1	99,3	94,1	97,0	94,9	
		M	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	

Cumplimiento de Programa 2012

Tren laminador	Unidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.	Status
Tren 2	%	R	86,3	92,6	88,4	89,5	86,2	93,7	90,9	91,9	91,8	94,7	93,1	92,7	91,0	
		M	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	
Tren SBQ	%	R	88,1	89,7	96,8	92,6	94,9	91,9	92,8	94,4	93,3	97,4	95,7	91,8	93,3	
		M	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	93,5	

Cumplimiento de Programa 2011

Tren laminador	Unidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom.	Status
Tren 2	%	R	91,8	90,4	92,6	93,1	92,2	91,2	91,5	92,3	89,9	87,4	94,4	93,7	91,7	
		M	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	
Tren SBQ	%	R	95,3	91,2	98,6	90,7	91,6	93,1	90,5	97,0	94,8	95,8	89,2	93,4	93,5	
		M	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	

VII. Anexo VII: Modelos básico del Lote Óptimo Económico (EOQ)

Conocido como *EOQ*, modelo del *lote óptimo económico* o *economic order quantity*, es el más simple de los modelos de inventario donde su aplicación implica una demanda de tasa constante (demanda estática, constante) con reposición de pedidos instantánea y sin escasez.

Las hipótesis de este modelo son las siguientes[43]:

i. La tasa de demanda (demanda por unidad de tiempo) es conocida y constante.
ii. El plazo de entrega es conocido y constante
iii. El ingreso del lote de reaprovisionamiento es instantáneo
iv. El tamaño del lote es constante
v. El costo variable unitario de compra o producción es conocido y constante
vi. El costo de preparación de la orden de pedido o producción es fijo
vii. El costo de mantenimiento de las existencias es proporcional a la inmovilización del capital
viii. No se producen faltantes y por ende, no hay stock de seguridad
ix. No hay restricciones de espacio de almacenamiento, ni de capacidad de producción, ni financieras
x. La gestión es para un solo producto (no hay órdenes de compra o producción conjuntas con otros artículos)

Parte del concepto de cubrir la demanda esperada por la compañía, los costos de gestión de las órdenes de compra y los costos del inventario. El modelo intenta encontrar un equilibrio entre los costos de tener inventario y los costos de no tenerlo, ya que su objetivo general es minimizar el costo TOTAL.

Como aspecto relevante cabe destacar que el EOQ no es un modelo que pueda cubrir las fluctuaciones presentes en las variables de la demanda y de los tiempos de entrega. Esto hace que su aplicación sea adecuada para aquellos productos que

[43] HEIZER, J., RENDER, B., Dirección de la producción y de operaciones. 8ª Ed. Madrid, España, Pearson, 2008, pág. 65

presentan demanda estacional, con diferencias muy bajas entre los niveles reales de ventas y los pronosticados. No obstante, debido a la poca flexibilidad para manejar las variables en tiempos de entrega, se obliga a disponer de inventarios de seguridad muy alejados de los realmente requeridos; provocando inexactitud y riesgos de desabastecimiento o un sobre stock. Cualquiera de las dos situaciones representa sobrecostos e ineficiencia en la operación comercial y logística de la compañía.

El modelo EOQ intenta equilibrar los dos costos fundamentales asociados con el inventario: el costo de pedido y el costo de mantenimiento de inventario[44]. El costo de pedido casi siempre se presenta en forma de costo de procesamiento si el material es fabricado, pero también puede referirse al costo de realizar una orden de compra si el material en cuestión se adquiere de un proveedor externo. El costo de mantener inventario es una combinación de todos los costos enumerados anteriormente, incluyendo el costo de capital, el cual suele constituir el elemento más grande del total. El costo de mantener inventario casi siempre se expresa como un porcentaje anual sobre el costo real del artículo. La ecuación que se debe plantear para determinar la cantidad óptima a pedir tratando de minimizar el costo total es[45]:

Costo total anual	=	Costo de compra anual	+	Costo de pedido anual	+	Costo de mantenimiento anual

O lo que es lo mismo:

$$TC = DC + \frac{D}{Q} S + \frac{Q}{2} H$$

Donde:

TC = Costo anual total

[44] CHAPMAN, S. *Planificación y control de la producción*. 1ª Ed. Naucalpan de Juárez, México, Prentice Hall, 2006, pág. 105

[45] CHASE, R., AQUILANO, N. y JACOBS, R. Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministro. 12ª Ed. México D.F., McGraw-Hill, 2009. Pag. 556

D = Demanda (anual)

C = Costo por unidad

Q = Cantidad a pedir (la cantidad óptima se conoce como cantidad económica de pedido, EOQ o Qopt)

S = es el costo de pedido (el costo de realizar una orden de compra si el material se adquiere, o el costo de procesamiento por lote si se le fabrica)

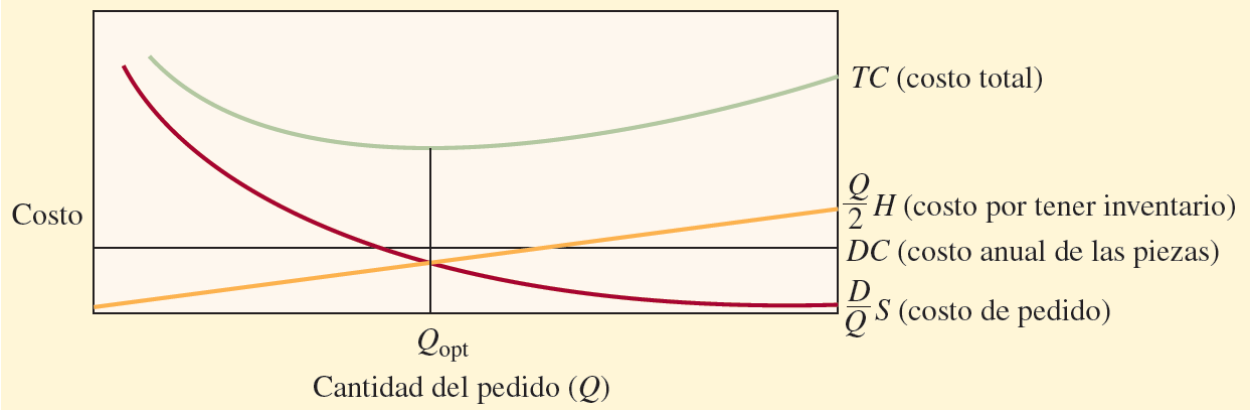
R = Punto de volver a pedir

L = Tiempo de entrega

H = Costo anual de mantenimiento y almacenamiento por unidad de inventario promedio (a menudo, el costo de mantenimiento se toma como un porcentaje del costo de la pieza, como H = iC, donde i es un porcentaje del costo de manejo)

Del lado derecho de la ecuación, D_xC es el costo de compra anual para las unidades, $(D/Q)_xS$ es el costo de pedido anual (el número real de pedidos hechos, D/Q, por el costo de cada pedido, S) y $(Q/2)_xH$ es el costo de mantenimiento anual (el inventario promedio, Q/2, por el costo de mantenimiento y almacenamiento de cada unidad, H). Estas relaciones entre los costos se muestran en el gráfico 2.2.

Grafico 2.2



El segundo paso en el desarrollo de modelos consiste en encontrar la cantidad de pedidos Q_{opt} en la que el costo total es el mínimo. En la ilustración 2.2, el costo total es mínimo en el punto en el que la pendiente de la curva es cero. La fórmula para determinar la cantidad económica de pedido se obtiene utilizando cálculo diferencial. Dado que la línea de costo total es una curva convexa, podemos decir que cuenta con un mínimo relativo. Tomando la primera derivada de la fórmula para calcular el

costo total respecto de Q, igualándola a cero y resolviendo para Q, obtenemos la fórmula para determinar el cálculo del Q_{opt}:

$$Q_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

Como este modelo sencillo supone una demanda y un tiempo de entrega constantes, no es necesario tener inventario de seguridad y el punto de volver a pedir, R, simplemente se calcula como:

$$R = đ.L$$

Donde
đ = Demanda diaria promedio (constante)
L = Tiempo de entrega en días (constante)

Si los supuestos mencionados al principio del capítulo para utilizar este modelo rara vez se cumplen (y ése es el caso), podríamos preguntarnos ¿por qué este modelo se utiliza (o al menos se menciona) tanto? Hay dos motivos importantes para ello. El primero es que casi todos los modelos de administración de inventarios se basan —por lo menos en parte— en los conceptos de la EOQ. Cuando uno o varios de los supuestos básicos que simplifican el modelo se relajan, de hecho se desarrollan muchos de los modelos más complejos. El segundo motivo es que, al encontrarse relativamente cerca de la EOQ, la curva de costo total resulta bastante "plana", lo que significa que es posible sustituir la cantidad económica "verdadera" por otra que sea razonable, antes de incurrir en costos significativamente más altos.

Otro modo de decir esto es que tanto la fórmula como el concepto de EOQ son bastantes sólidos.