

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



Propuesta de un Modelo de Administración de Inventario
en empresa ASMAR (V).

Por:

José Hernán Arraño Contreras.
Ana Paula Ibarra Anabalón.

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniería Civil Industrial.

Profesor Guía: Giglia Gómez.

Julio, 2016.

Quiero agradecer a todas aquellas personas que estuvieron junto a nosotros en este largo proceso, en especial a mis padres Nelson y Pilar y a mi hermano Jorge, por la motivación y el apoyo incondicional que me brindaron siempre, a mi princesa Sofía dedicarle este gran logro.

A mi compañero José agradecer la paciencia que me tuvo, entrega y dedicación que puso para que todo esto pudiera llevarse a cabo.

Gracias por permitirme compartir momentos tan bellos como este, juntos.

A nuestra profesora por toda la ayuda y enseñanzas que nos dio durante todo este tiempo.

Por último, agradecer a Dios por darme la posibilidad de ir cumpliendo paso a paso mis sueños.

Gracias infinitas a todos!

Amy.

En primer lugar quiero agradecer a nuestras familias por ser nuestro principal apoyo para poder concluir con este proceso, quienes han tenido paciencia y sabiduría para poder aportar con este trabajo.

Agradecer a mi compañera Ana Paula, la cómplice de este trabajo, quien fue capaz de ser perseverante ante las dificultades de este proceso. Gracias por ser mi compañera, mi apoyo, una mujer paciente y alegre.

No puede quedar de lado nuestra profesora Gliglia quien con sus consejos nos guió para concluir de buena manera este trabajo.

Por último, agradecer a todas las personas que de una u otra forma estuvieron presentes durante todo este proceso, amigos familiares, profesores.

Gracias totales. ^^

J.H.A.C

Carpe Diem.

Índice.

Resumen.....	9
Introducción.....	10
Capítulo 1: Descripción de la empresa.....	11
1.1 Identificación de la empresa.....	11
1.2 Reseña Histórica de la empresa.....	11
1.3 Visión y misión ASMAR (V).....	12
1.4 Estructura organizacional de ASMAR (V).....	12
1.5 Clientes.....	13
Capítulo 2: Planteamiento del problema.....	14
2.1 Proceso actual de la gestión de inventario.....	14
2.2 Presentación del problema.....	15
2.3 Identificación del problema.....	17
2.4 Propuesta de trabajo de titulación.....	17
Capítulo 3: Objetivos.....	19
3.1 Objetivo general.....	19
3.2 Objetivos específicos.....	19
Capítulo 4: Marco Teórico.....	20
4.1 Herramientas de clasificación.....	20
4.2 Análisis de datos.....	23
4.3 Pronóstico de la demanda.....	25
4.4 <i>Lead time</i>	32
4.5 Clasificación de los inventarios.....	32
4.6 Modelos de inventario.....	35
Capítulo 5: Metodología.....	44
5.1 Descripción de la metodología.....	44
5.2 Situación actual e identificación de datos relevantes.....	45
5.3 Aplicación metodología ABC Multi-criterio.....	46
5.4 Análisis de datos.....	49
5.5 Pronósticos.....	52
5.6 Modelo de gestión de inventario.....	54
Capítulo 6: Validación y Evaluación Económica de la Propuesta.....	59

6.1 Validación de la propuesta.	59
6.2 Evaluación económica de la propuesta.	63
Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones.....	71
Anexos.	73
Bibliografía.	91
Referencias.....	91

Lista de abreviaturas.

Art.= Artículo.

ASMAR (V)= Astillero y maestranza de la Armada de Valparaíso.

Cód.= Código.

Ej. = Ejemplo.

GL= Galón.

JG= Juego.

KG= Kilógramo.

LT= Litro.

Mt2= Metro cuadrado.

MT= Metro.

NR= Número.

PR= Par.

Ref.= Referencia.

Sr= Señor.

U.M= Unidad de medida.

s = Stock mínimo.

Pp= Punto de pedido.

S= Stock máximo.

f= Frecuencia.

F= frecuencia acumulada.

Lista de Figuras.

Figura 1.1- Estructura organizacional ASMAR (V).....	12
Figura 4.1- Comparación de los sistemas de inventario. Fuente: Libro Administración de Operaciones, [Chase09], página 555.	36
Figura 4.2 - Modelo Q. Fuente: elaboración propia.	38
Figura 4.3 - Costos anuales del producto. Fuente: Chase Aquilano, Administración de operaciones, 2009	39
Figura 4.4 - Modelo de cantidad de pedido fijo. Fuente: elaboración propia.	40
Figura 4.5 - Modelo de inventario período fijo. Fuente: Elaboración propia.	42
Figura 5.1 - Diagrama de flujo: metodología, fuente elaboración propia.	44
Figura 5.2 – Gráfico comparativo productos a trabajar versus productos a depurar.	46
Figura 5.3 – Gráfica de tendencia Cód. 40947.....	49
Figura 5.4 – Gráfica media móvil Cód. 40947.....	50
Figura5.5 - Gráfica de prueba de normalidad Minitab.	51
Figura 5.6 – Comparación entre consumo real versus pronóstico consumo mensual Cód. 11220.....	54
Figura 6.1– Gráfica de simulación propuesta versus situación actual ASMAR (Cód. 752).	60
Figura 6.2 – Gráfica de simulación, contraste propuesta versus situación actual ASMAR (Cód. 40947).	61
Figura 6.3 - Gráfica simulación, contraste entre propuesta versus situación actual (Cód. 3285).	63
Figura 6.4.- Carta Gantt de implementación de la propuesta.	70

Lista de Tablas.

Tabla 4.1- Niveles de confianza más utilizados con sus respectivos valores críticos.	25
Tabla 4.2 – Tabla comparativa de los modelos cantidad de pedidos fijos y períodos fijos.....	37
Tabla 5.1 – Tabla comparativa entre productos que presentan un consumo constante y consumo irregular.	46
Tabla 5.2 – Familias de productos ASMAR (V).	47
Tabla 5.3 – Tabla multi-criterio (Clasificación ABC).....	48
Tabla 5.4 – Productos seleccionados.	48
Tabla.5.5 - Análisis del error de pronóstico.	52
Tabla 6.1 – Tabla comparativa de niveles de <i>stock</i> Cód. 752.....	59
Tabla 6.2 – Tabla comparativa niveles de <i>stock</i> , Cód. 40947.	61
Tabla 6.3 – Tabla comparativa niveles de <i>stock</i> , Cód. 3285.	62
Tabla 6.4 – Tabla disminución de costos de adquirir un producto, familia Pumar.	64
Tabla 6.5 - Tabla disminución por costos de mantenimiento de productos en bodega, familia Pumar.....	66
Tabla 6.6 - Tabla de disminución por costo de adquirir un producto por familia.	67
Tabla 6.7 – Tabla de disminución por costo de mantener productos en bodega por familias.	67
Tabla 6.8 - Tabla de medición de periodo de recuperación de la inversión.	69

Resumen.

Hoy en día la administración de inventario o almacenaje de productos es esencial para toda empresa debido a que representa un alto costo para ésta, pues están en juego todas las variables que conlleva tener inventarios, como los son el costo de capital inmovilizado, el mantenimiento de los materiales, la administración del inventario, costos por quiebres de *stock*, entre otros. Una mala planificación y un escaso control de inventario conlleva a que los costos de una empresa aumenten considerablemente y además que exista una insatisfacción por parte de los clientes debido a los retrasos en la entrega de los servicios.

En el presente trabajo de título se presenta la problemática detectada en la empresa ASMAR (V) que se suscita en el área de logística y hace referencia a la no existencia de un modelo de inventario.

La principal actividad de esta empresa es la reparación y carena de las unidades de combate y apoyo de la Armada, contando con bodegas propias de la empresa donde se almacenan los productos necesarios para la realización de dichas tareas.

En la actualidad ASMAR (V) no cuenta con un modelo de administración de inventario cuantitativo que planifique y controle los niveles de *stock*, ocasionando esto que existan variados problemas como lo son por ejemplo el tener productos inmovilizados, los cuales aumentan los costos de almacenes. Por otro lado están existiendo quiebres de *stock* o sobre *stock*, lo que trae como consecuencia un retraso en las tareas a realizar y un aumento de los costos totales de la empresa. Es por este motivo que se analizarán las falencias que nacen de esta gran problemática para la empresa, para así generar un modelo que satisfaga en gran medida las necesidades de la empresa y permita mejorar el desempeño del área actual de logística.

Introducción.

El presente Trabajo de título tiene como objetivo principal el diseño de un modelo de administración de inventario para la empresa ASMAR (V), generando a su vez una estimación de la demanda futura. Para esto, se realizará un diagnóstico del sistema de gestión que poseen actualmente en el área de logística, analizando los procesos internos y externos de la cadena de suministros, las variables, parámetros y restricciones que la empresa posee para la administración del inventario, de tal forma de identificar las oportunidades de mejora y lograr definir por completo el modelo propuesto.

Cabe mencionar que el principal motivo que llevó a la realización de este estudio, fue la gran cantidad de falencias encontradas en la planificación y en el control de las existencias en los almacenes de ASMAR (V). En la actualidad la empresa en estudio no cuenta con un modelo de administración de inventario cuantitativo, sin embargo ASMAR (V) genera sus niveles de stock mediante un software propio de la empresa denominado Omega. Dicho software entrega los niveles de stock de cada producto en el inventario, en base a la información recopilada por el personal encargado de los almacenes de la empresa. Es en este punto donde surge la problemática, ya que los niveles de stock no son calculados por medio de variables o parámetros que afecten al movimiento de los productos. Dicha falencia genera que en el inventario de ASMAR (V) el 30% de los productos correspondan a productos inmovilizados, los cuales están valuados aproximadamente en 60 millones de pesos. Además se producen los llamados quiebres de stock, los cuales generan retrasos en las tareas a realizar por la empresa.

Es por este motivo que se espera que la propuesta beneficie el crecimiento de esta área en particular y permita una gestión confiable de inventarios con variables, parámetros fijos y establecidos, para así lograr una mejora en la toma de decisiones, aumentando de esta manera la rentabilidad de la organización y la confiabilidad de sus clientes.

Los primeros capítulos de este trabajo de título permitirán conocer de manera detallada a qué se dedica la empresa en estudio y cuál es la problemática que llevó a la realización de este trabajo. Luego se continuará con el marco teórico que permitirá conocer las herramientas y metodologías a utilizar para el diseño del modelo propuesto. Finalmente se validará y realizará una evaluación de la propuesta en estudio, para lograr dimensionar cuáles son los beneficios que obtendría la empresa en el caso de que la propuesta planteada fuese implementada posteriormente.

Capítulo 1: Descripción de la empresa.

Este punto se centrará en describir las funciones de la empresa y la información que es relevante para desarrollar este trabajo.

1.1 Identificación de la empresa.

Astilleros y Maestranzas de la Armada (ASMAR), constituyen una persona jurídica de derecho público, de administración autónoma y patrimonio propio. Su actividad principal es la reparación y carena de las unidades de combate y apoyo de la Armada. También puede atender la reparación y carena de naves y artefactos navales no militares, tanto nacionales como extranjeros, fabricar y reparar artículos industriales para fines de seguridad nacional y construir naves y artefactos navales para la Armada y Terceros.

1.2 Reseña Histórica de la empresa.

El día 12 de mayo de 1817, se estableció en Valparaíso el primer arsenal de la Armada de Chile. Se estableció allí por ser el puerto base de la escuadra nacional. Poco a poco la necesidad de efectuar reparaciones y mantención de las nuevas unidades de la Armada de Chile en el país, motiva la construcción de un dique de carenas de mayores capacidades a los que existían en Chile en ese momento.

Así, luego de diversos estudios que avalaban su conveniencia no sólo para la Armada sino que también para el país, el 20 de febrero de 1896, se inaugura el Dique Seco de Carenas N°1 en Talcahuano. Se construyen además talleres y laboratorios para el apoyo de éste, constituyéndose el complejo industrial más importante de la época en Chile.

Posteriormente el 1 de febrero de 1953 inicia sus actividades en Punta el Sub departamento de Ingeniería Naval, dependiente del Comandante del Arsenal Naval. Actualmente este astillero es conocido como: “ El astillero más Austral del Mundo”.

El 6 de abril de 1960, se crea ASMAR; como una empresa autónoma del Estado, orientada a satisfacer los requerimientos de mantención, reparación, recuperación, conversión, modernización y construcción de naves de la Armada de Chile y de la comunidad naviera nacional e internacional.

A lo largo de los años, su incesante actividad le ha permitido mantener la operatividad de las unidades de la Armada y le ha valido el reconocimiento de armadores nacionales y extranjeros, siendo la empresa premiada en dos ocasiones. El Colegio de Ingenieros de Chile, otorgó a ASMAR el "Premio Nacional" en el año 1999, por su aporte al desarrollo del país y de la ingeniería nacional; y la Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas, ASIMET, entregó la distinción de "Presencia Internacional", en categoría de Gran Empresa en el años 2007, destacando las virtudes de ASMAR como una empresa que busca constantemente nuevos mercados, innovando en soluciones tecnológicas y líneas de productos

con el fin de asegurar la satisfacción de sus clientes, logrando obtener el nivel de empresa competitiva en el ámbito mundial.

1.3 Visión y misión ASMAR (V).

1.3.1 Visión.

“Astilleros y Maestranzas de la Armada, ASMAR, es una Empresa del Estado, de administración autónoma, del área de la industria naval y de defensa, cuya actividad principal es satisfacer eficientemente las necesidades de reparaciones, carenas y construcciones de la Armada de Chile y efectuar reparaciones, carenas y construcciones de naves y artefactos navales para terceros”.

1.3.2 Misión.

“Tener una administración, infraestructura, procesos y personal capacitado, para mantener en los niveles que le compete a las unidades de la Marina, poniendo a disposición de la Armada de Chile y de las empresas navieras del mundo sus capacidades de reparación y construcción naval, con el objeto de lograr su pleno empleo, alcanzando costos que la transformen en una empresa más competitiva y rentable”.

1.4 Estructura organizacional de ASMAR (V).

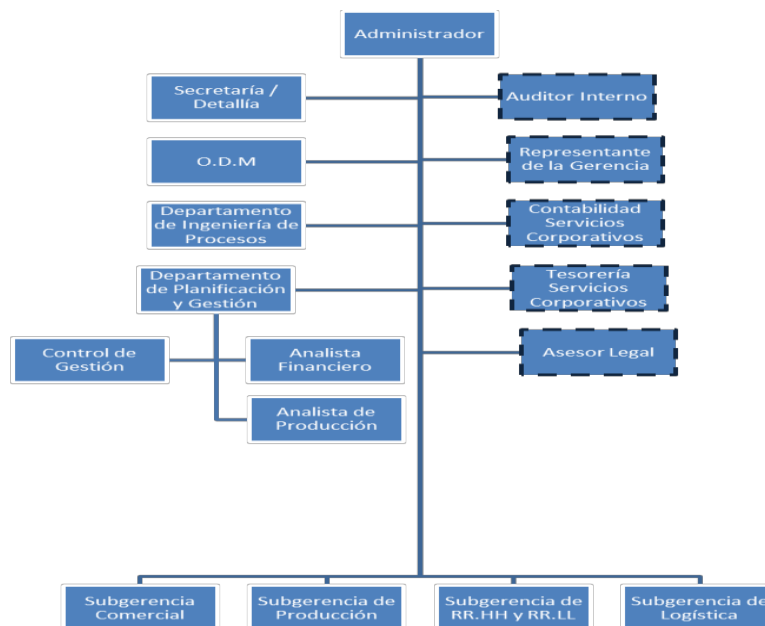


Figura 1.1- Estructura organizacional ASMAR (V).

1.5 Clientes.

1.5.1 Clientes.

ASMAR tiene clientes clasificados como Armada y Terceros. Además, los botes PUMAR® son preferidos por las Fuerzas Armadas, Carabineros y también por clientes civiles y militares en Chile, Argentina, Ecuador y Paraguay.

Capítulo 2: Planteamiento del problema.

Este capítulo describe de manera general el funcionamiento del área logística de la empresa, la situación actual existente en la organización y la propuesta de trabajo de título.

2.1 Proceso actual de la gestión de inventario.

La principal actividad que realiza ASMAR (V) es la reparación y carena de las unidades de combate y apoyo de la Armada de Chile. También puede atender la reparación y carena de naves y artefactos navales no militares. Para esto, ASMAR (V) cuenta con diversos talleres y laboratorios apropiados para entregar a sus clientes los servicios específicos de reparación integral a flote y fabricación de embarcaciones inflables y semirígidas PUMAR, marca propia de la empresa, para el ámbito militar y civil. ASMAR (V) cuenta con una bodega denominada por la empresa “almacén central” ubicado en la planta, en el cual se almacenan físicamente todos los productos necesarios para realizar las actividades de la empresa. Este almacén cuenta con aproximadamente 950 ítems en *stock*, asociada a éstos una gran inversión de aproximadamente \$750 millones de pesos.

La empresa administra sus materiales en los respectivos almacenes, hasta que son requeridos por algún centro solicitante de la planta para su utilización en tareas específicas requeridas por los clientes. Dichas solicitudes y cualquier movimiento que se les realiza a los productos deben ser registrados en el software propio de la empresa llamado “OMEGA”, el cual es un sistema de información que permite manejar toda la información logística de la empresa. Esta información administrada por el software corresponde a productos en inventario y sus respectivos códigos, niveles de stock, generación de compras, proveedores, clientes, entre otros.

Cuando existe una alta demanda del material, el área de adquisiciones junto al jefe de abastecimiento se encarga de realizar las respectivas compras. Una vez efectuada y culminada la compra, este material llega al almacén, y es ingresado por el personal de la sección de almacenes, los cuales son los encargados de verificar que el producto y la cantidad entregada correspondan a lo indicado en la guía de despacho o factura del correspondiente proveedor. Este material debe ser ingresado al sistema con su correspondiente código de barra, de tal manera que así las cantidades de existencias físicas sean similares a las virtuales registradas en el software. Si las existencias son productos nuevos, nunca antes comprados, se genera un código de barra que de esta manera pueda ingresarse al software Omega con su correspondiente compra. Finalmente los materiales registrados en el Omega se rigen por las políticas de stock establecidas de acuerdo a la experiencia que se tenga de cada material.

El software Omega no cuenta con un modelo cuantitativo de administración de inventario que planifique y controle los niveles de *stock* en la empresa. Sin embargo el software utilizado sí arroja los niveles de *stock*, como lo son los niveles máximos, de seguridad y mínimos. Estos datos que arroja el actual software son estimaciones en base a la experiencia que tienen los analistas de los almacenes de ASMAR con cada material en *stock*.

A partir de lo anterior, el departamento de logística tiene ciertas políticas de *stock* establecidas para la generación de los niveles de inventario, las cuales serán descritas a continuación.

- Si un producto en *stock* no ha tenido movimientos durante un año, éste pasa a ser considerado por la empresa como “producto inmovilizado”. Sin embargo este criterio no corre para los productos que son designados para proyectos, los cuales pueden estar más de 1 año en los almacenes sin ser considerados como productos inmovilizados.
- Todo material que se adquiere tanto para tareas designadas, proyectos, compra directa o *stock* debe estar codificado.
- Uno de los factores fundamentales a la hora de generar los niveles de stock es la demanda de los productos. Esta información es recopilada por el personal a cargo, el cual se encarga de generar e ingresar la información de los niveles de stock al software permitiendo de esta manera contar con un registro de esta información en el software Omega.
- Otro factor es el *lead time*, tiempo que transcurre desde que se pide un producto al proveedor hasta que éste es ingresado al inventario. Este es un factor a tomar en cuenta debido a que al momento de hacer un pedido a un proveedor se debe tener presente “cuánto pedir”, debido al tiempo en que tardan en llegar los productos y a la necesidad que se tiene de éstos.

2.2 Presentación del problema.

En el siguiente punto se describirá el problema de forma detallada detectado en la empresa.

El inventario está incorporado en un software únicamente utilizado por ASMAR (V) denominado Omega, el cual mantiene un registro de los niveles de *stock* de cada material presentes en el almacén. Este registro corresponde a los niveles de stock máximo, punto de pedido, stock de seguridad, cuya información permite administrar la compra de materiales. Sin embargo esta información solo está registrada en el software y no tiene ningún tipo de relación con la variabilidad que presenta la demanda en cada producto presente en bodega. Por otro lado la demanda de cada producto no ha presentado actualizaciones en el software desde hace aproximadamente 3 años, lo que impide saber con exactitud cómo se comporta ésta actualmente, pues lo que se consumió hace 3 años de un producto en particular no necesariamente es lo que se consume hoy en día.

Debido a lo anterior, existen puntos de pedidos de materiales (registrados en el software hace aproximadamente 3 años), menores o iguales a 6 meses, es decir productos que presentan un consumo y un pedido constante, sin embargo la demanda de estos hoy en día es nula, lo que trae como consecuencia que en la actualidad, por no actualizar la información del software existan productos inmovilizados o un sobre *stock* de éstos. En situación contraria existen materiales con una alta demanda en la actualidad, sin embargo el software arroja

puntos de pedidos iguales o superiores a un año, lo que trae como consecuencia un quiebre de *stock* de productos y un retraso en las tareas a realizar por ASMAR.

Las situaciones descritas anteriormente traen como consecuencia las problemáticas que se describirán a continuación.

2.2.1 Exceso de inventario injustificado.

El exceso de inventario injustificado hace referencia a los productos que han permanecido en *stock* por un tiempo prolongado debido a su frecuente compra y a un bajo consumo denominándolos por la empresa “productos inmovilizados”. Estos productos tienen puntos de pedidos¹ menores a 6 meses, el cual es otorgado por el software actual de la empresa. Todo esto se debe a las constantes compras que se realizan por motivo del punto de pedido otorgado por el actual sistema de gestión que arroja el software Omega, versus la baja rotación que poseen estos mismos productos. El 30 % del total de productos en *stock* corresponde a productos inmovilizados. Dentro de éstos, existen a su vez productos inmovilizados con consumos constantes y otros que presentan consumos irregulares en un período de tiempo establecido. Cada uno de ellos se encuentra almacenado en bodega, denominada por la empresa “almacén central”. Como podemos apreciar en el **Anexo A** - Identificación de productos inmovilizados.

A causa de los errados cálculos de pronóstico de la demanda en ciertos productos y a la inexistencia de un modelo de inventario, el exceso de existencias en los almacenes ha sido un problema recurrente dentro de ASMAR (V), teniendo también como problemática el sobre *stock* de productos debido a las constantes compras de éstos a pesar de tener una baja demanda.

2.2.2 Baja disponibilidad de inventario y quiebres de *stock*.

El concepto de baja disponibilidad de inventario hace referencia a la situación que ocurre cuando los clientes requieren un producto del inventario y éste no se encuentra para su venta o disposición, debido a no encontrarse en *stock*. Además de que el cliente tenga que esperar largos períodos de tiempo para que este sea solicitado al proveedor.

El hecho de que en la actualidad en la empresa existan materiales con una alta demanda y con puntos de pedidos superiores a 1 año, produce una baja disponibilidad de inventario o también un quiebre de *stock*².

2.2.3 Bajo nivel de servicio al cliente.

¹ Punto de pedido: nivel de inventario de un artículo que señala la necesidad de realizar una orden de reabastecimiento.

² Quiebre de *stock*: nivel de inventario de un artículo que señala escases o ausencia de éste por falta de reabastecimiento.

La confiabilidad es el atributo que mide el desempeño de la cadena de suministro [Ballou04].

En base a lo anterior el índice de confiabilidad o nivel de servicio es la probabilidad de que un sistema en la cadena de suministros de una empresa no fallará.

En la actualidad, ASMAR con su baja disponibilidad de algunos productos en bodega, tiene como consecuencia que no se puedan realizar por completo las tareas designadas a la empresa, y por ende no se permite que la entrega de dichas tareas requeridas por el cliente sea seria y oportuna. En el año 2014, el 45% de las tareas realizadas por ASMAR tuvieron un incumplimiento en su entrega. Es por este motivo que existe un nivel de servicio al cliente de tan sólo un 55%, pues el servicio solicitado por el cliente no está siendo entregado en el momento requerido.

2.3 Identificación del problema.

Ya identificados los efectos existentes en el área de logística, se puede determinar que el problema se centra principalmente en el manejo y administración del inventario, el cual no se adecua a las necesidades de la empresa ni de sus clientes. Esto se ve reflejado en los retrasos de las tareas producto de los quiebres de stock, llegando a retrasar las labores que realiza la empresa en un periodo de 3 semanas a 2 meses aproximadamente y generando como promedio 3 veces al mes retrasos en las actividades, lo que trae como consecuencia para la empresa una disminución del nivel de servicio. Otro punto a tener en consideración es el sobre stock de productos, lo que trae como consecuencia que existan productos inmovilizados los cuales están avaluados en \$60.990.142.

Las problemáticas ya descritas surgen debido a que se cuenta con un software (Omega) que contiene información que no ha sido actualizada en aproximadamente 3 años, en contraste con un importante crecimiento productivo dentro de la empresa. Esto permite ver que lo que hoy se utiliza en ASMAR (V) está obsoleto, dado que en la actualidad su funcionamiento no es acorde a los requerimientos que hoy se necesitan en la organización. Las personas encargadas del funcionamiento del software OMEGA trabajan en base a la experiencia que se tiene del producto, lo cual se demuestra en que dichos trabajadores ingresan los niveles de *stock* al programa en base a la información registrada anteriormente sin tener en cuenta parámetros que son fundamentales en un inventario, como lo son la demanda, tiempos de entrega, etc. Esta situación viene ocurriendo aproximadamente hace tres años y hoy en día no existe algún plan para eliminar dicha práctica.

2.4 Propuesta de trabajo de titulación.

La presente propuesta de trabajo de título hace referencia a un diseño de modelo de inventario para la empresa ASMAR (V), realizando previamente una estimación de la demanda futura de las existencias.

Mediante el diseño de un modelo de inventario, se quiere lograr la total planificación y control de *stock* de los almacenes de ASMAR (V), permitiendo obtener los niveles críticos de los materiales, como lo son el *stock* de seguridad, *stock* máximo, punto de pedido. Es aquí donde entra en juego la previa estimación de demanda futura, la cual permitirá que los niveles de *stock* de cada producto varíen al momento en que la demanda también lo haga.

De esta manera si se aplica el modelo de inventario de esta propuesta se podrá solucionar el problema planteado, pues éste permitirá planificar mejor las compras de acuerdo a la demanda de cada producto en *stock*, permitiendo así reducir los quiebres o sobre *stock* de productos, impidiendo que sigan existiendo retrasos en las actividades realizadas por ASMAR. Finalmente con este diseño de modelo se podrá también reducir los productos inmovilizados, los cuales representan un porcentaje del capital de trabajo dentro de la empresa y también aumentar el nivel de servicio al momento de realizar entregas de trabajos o proyectos a los diferentes clientes.

Capítulo 3: Objetivos.

3.1 Objetivo general.

Generar un modelo de administración de inventario para los productos presentes en la bodega de ASMAR (V).

3.2 Objetivos específicos.

Los objetivos específicos que determinan los lineamientos de este trabajo de Título son:

- Realizar una recopilación de información acorde y relevante a la investigación.
- Clasificar los productos en familias en base a criterios a definir, para de esta forma generar una selección.
- Analizar el comportamiento de los datos de cada producto seleccionado.
- Realizar una estimación de la demanda por medio de un método cuantitativo de pronóstico.
- Analizar y seleccionar un modelo de inventario que se adecue al comportamiento de los productos, para definir los valores óptimos de *stock*.
- Validar los resultados de la propuesta versus el sistema actual existente en empresa ASMAR (V).

Capítulo 4: Marco Teórico.

4.1 Herramientas de clasificación.

4.1.1 Metodología ABC.

El hecho de clasificar los materiales que forman parte de los inventarios es una práctica usual que tiene por objetivo limitar las actividades de planificación y control a un cierto número de referencias, las más importantes [Machuca&Valenzuela05]. Una metodología para la realización de esto dentro del área de logística es la llamada metodología ABC.

El análisis o metodología ABC tiene como objetivo principal categorizar por grado de importancia los artículos o existencias mediante diversos criterios, donde alguno de los parámetros más importantes son el valor monetario, el consumo, precio unitario, *lead time*, entre otros. Esto tiene sentido debido a que no todos los productos son de igual significancia para una empresa, existiendo de esta manera diferentes criterios para su categorización.

La clasificación ABC se basa en la conocida ley de Pareto [Machuca&Valenzuela05], relacionando directamente el principio de 80-20, donde el 20% de los artículos de una línea de productos representa el 80% de las ventas. Algo similar ocurre con las existencias presentes en un inventario pero con distintos porcentajes y en relación no a las ventas, si no que a uno o varios criterios que generen un impacto positivo.

Para lograr la clasificación ABC se siguen los siguientes pasos:

- Los artículos se clasifican en orden creciente o decreciente, tomando como base algún criterio que se tiene de los productos en el almacén.
- Se suman los valores del criterio a utilizar de todos los artículos del almacén. El resultado representa el valor total.
- El valor de cada existencia se convierte en un cierto porcentaje del valor total.
- Se debe elaborar una tabla de datos que contenga: lista de existencia, totales individuales, totales acumulados, composición porcentual y porcentajes acumulados.
- Finalmente los artículos se categorizan en tres grupos: A, B y C.

Grupo A: en este grupo se encuentran por lo general muy pocos productos, cuyo valor representan entre un 70 y un 80% de la inversión total anual de inventario, los cuales representan sólo entre un 15 % a un 20% del total de productos en *stock*.

Grupo B: a este grupo por lo general se adhieren una mediana cantidad de artículos, cuyo valor representa un 15% de la inversión total anual de existencias, los cuales representan un 30 % del total de los productos en *stock*.

Grupo C: a este grupo se adhieren la mayoría de los artículos, entre un 60% a 70%, cuyo valor es casi despreciable, representando entre un 5% a un 10% de la inversión total anual de existencias.

4.1.1.1 Criterios de clasificación.

- Por precio unitario: Muchas veces el precio de cada producto es el criterio más utilizado por las empresas. En este casos los productos se deben ordenar de mayor a menor con respecto a su precio unitario.
- Por valor total: En este caso es fundamental el precio con la cantidad. Se multiplican estas dos variables, para luego generar un listado ordenado de mayor a menor.
- Por utilización y valor: Aquí se mezclan dos criterios; el valor total y la rotación de los productos. Esta clasificación permite tomar decisiones interesantes, debido a que se pueden presentar diferentes circunstancias como por ejemplo; puede existir un producto con un alto valor pero nula rotación, lo que puede indicar que existe un producto inmovilizado [Machuca&Valenzuela05].
- Por aportación a las utilidades de ventas: Esta categoría se refiere a que el administrador del inventario tenga un conocimiento de la rentabilidad que puede producir cada producto a la empresa.
- Por rotación: Aquí los productos se clasifican según el cómo se mueven en el día a día, es decir si tienen altas entradas y altas salidas o altas entradas y pocas salidas. Se pueden clasificar en elementos de alta rotación, rotación normal, baja rotación y artículos obsoletos.
- Por lead time: en esta categoría los productos se clasifican según el tiempo en que se demoran en ser pedidos al proveedor hasta que el material es ingresado físicamente a la empresa [Machuca&Valenzuela05].

Es evidente que cualquiera de los criterios nombrados anteriormente condiciona la significancia del producto y cuando se habla de administración de inventarios, no se puede focalizar el problema en un solo criterio, pues esto sería estar quitándoles relevancia a otros que también lo son. Por ejemplo, existen productos en inventario que a pesar de no representar en términos de valor monetario un producto importante para la organización, una gestión no adecuada de los mismos podría traer graves consecuencias en relación a su tiempo de reposición debido a que el *lead time* de éste representa un valor alto, y de esta manera viceversa.

4.1.1.2 El Método ABC Multi-Criterio.

Este método permite relacionar diferentes criterios en función del grado de importancia que los mismos representen, y así realizar una clasificación ABC multi-criterio.

Para lograr la clasificación ABC multi-criterio se siguen los siguientes pasos:

1. Determinar los criterios que medirán el grado de significancia de cada producto.
2. Realizar una clasificación ABC a los productos del inventario en relación a cada criterio seleccionado.
3. Valorizar las respectivas clasificaciones según el impacto que producen

Para ello se utilizará una escala de 1 – 3 de la siguiente forma:

- Alto Impacto: **3**; letra **A**.
 - Impacto Medio: **2**; letra **B**.
 - Bajo impacto: **1**; letra **C**.
4. Realizar una matriz multi-criterio para de esta forma categorizar los productos en 9 familias distintas.

4.1.2 Ley de Pareto.

Un diagrama o ley de Pareto es utilizado para separar gráficamente los aspectos significativos de un problema de los que no lo son tanto, de tal manera de reconocer hacia dónde deben estar dirigidos los esfuerzos para su mejora, siendo útiles para analizar las causas, permitiendo realizar una mejora continua. Pareto dice: "El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan".

Para lograr la aplicación del diagrama Pareto se siguen los siguientes pasos:

- Recolectar datos y clasificarlos por categorías.
- Ordenar las categorías de mayor a menor.
- Calcular los porcentajes individuales y acumulados de cada categoría. El acumulado se calcula sumando los porcentajes anteriores a la categoría seleccionada.
- Construcción del diagrama en función de los datos obtenidos anteriormente.

4.2 Análisis de datos.

[Encinas93] dice que los datos en sí mismos tienen limitada importancia, es necesario "hacerlos hablar", en ello consiste, en esencia, el análisis e interpretación de los datos.

[Selltiz70] argumenta que el análisis puede estar orientado a:

- Determinar lo que es típico en el grupo estudiado. (Se utilizan algunas de las medidas de tendencia central, según el caso).
- Indicar si existen variaciones entre los sujetos del grupo, señalando de qué tipo y magnitud son. (Se utiliza alguna de las medidas de variabilidad; cada una proporciona datos sobre un aspecto diferente).
- Mostrar la forma cómo están distribuidos los individuos con respecto a la variable que se mide. (Se utiliza el desarrollo de una curva de distribución).
- Mostrar la relación existente entre dos o más variables. (Se aplica el coeficiente de variabilidad).
- Describir las diferencias existentes comparando dos grupos de individuos.

4.2.1 Conceptos y herramientas claves para el análisis de datos.

Tendencia.

Según [Hanke2006] tendencia corresponde a la componente de largo plazo que representa el crecimiento o decremento en las series de tiempo durante un amplio período.

Series estacionarias.

Según [Hanke2006] una serie estacionaria es aquella cuyas particulares estadísticas fundamentales, como la media y la varianza, permanecen constantes a lo largo del tiempo.

Media aritmética(\bar{X}).

Es el resultado de la suma de todos los valores de la distribución dividida por el número total de datos. Su expresión matemática es:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_n}{n} \quad (4.1)$$

Desviación estándar y varianza(S, S^2).

La desviación estándar y la varianza son medidas estadísticas de dispersión las cuales permiten saber qué tan lejos están los puntos de datos individuales de la media aritmética. La desviación estándar puede denotarse con S si se utiliza para datos de una muestra o con σ si es

para datos de una población. La varianza está relacionada con la desviación estándar, sin embargo la primera, está expresada en unidades de la variable elevada al cuadrado. Su fórmula matemática es:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1} \quad (4.2)$$

Donde:

S^2 = Varianza.

X_i = Cada uno de los valores individuales de la variable.


X = Promedio de la variable en los datos considerados.

 Coeficiente de correlación (R).

Según [Hanke&Wichern06] el coeficiente de correlación también llamado coeficiente de *Pearson*, es una medida de la relación lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas.

Los valores que puede tomar el coeficiente de correlación "r" son: $-1 < r < 1$

- Si "r" > 0, la correlación lineal es positiva (si sube el valor de una variable sube el de la otra). La correlación es tanto más fuerte cuanto más se aproxime a 1.
- Si "r" < 0, la correlación lineal es negativa (si sube el valor de una variable disminuye el de la otra). La correlación negativa es tanto más fuerte cuanto más se aproxime a -1.
- Si "r" = 0, no existe correlación lineal entre las variables. Aunque podría existir otro tipo de correlación (parabólica, exponencial, media móvil.)

 Factor de seguridad (Z).

Corresponde a aquel valor que limita o separa la zona de aceptación (nivel de confianza) de la zona de rechazo (nivel de significancia) en una distribución normal [Freund92].

En la **tabla 4.1** se pueden observar los niveles de confianza más utilizados con sus respectivos factores de seguridad o también denominados valores críticos para la curva normal estandarizada.

Tabla 4.1- Niveles de confianza más utilizados con sus respectivos valores críticos.

Nivel de confianza	Factor de seguridad
90%	1,645
95%	1,96
98%	2,32
99%	2,57

Fuente: Fuente: Freund, John y Gary Simón, Estadística elemental, México, D.F., Ed. Prentice may, 1992.

4.3 Pronóstico de la demanda.

El termino pronóstico de la demanda hace referencia a la estimación de la demanda de un producto, la cual se genera de un estudio particular que realizan analistas o especialistas de la empresa, de cada producto y de la cantidad que se requiere de cada uno de ellos para lograr la satisfacción del cliente a la hora de requerir alguna existencia. El objetivo básico de un pronóstico consiste en reducir el rango de incertidumbre dentro del cual se toman las decisiones que afectan el futuro del negocio.

4.3.1 Tipos de demanda.

[Hanke06] Para un adecuado estudio y determinación de los sistemas de inventario para una determinada empresa, es necesario conocer el comportamiento de las existencias o artículos, pues de este comportamiento se definirá el tipo de modelo a aplicar para estimar los niveles óptimos de inventario. Los sistemas de administración de inventarios se pueden clasificar en relación a la demanda de los productos. Estas demandas pueden ser de carácter dependiente o independiente.

4.3.1.1 Demanda dependiente.

Hace referencia a la dependencia que existe entre la demanda de un producto y otro. Está compuesta por la materia prima y otros componentes que son utilizados para producir artículos, los cuales a su vez serán utilizados en un futuro para la producción de productos finales. Por lo general no es necesario predecir este tipo de demanda debido a que se puede calcular a partir de la demanda que poseen los productos finales.

4.3.1.2 Demanda independiente.

En este tipo de demanda no existe dependencia alguna con la demanda de otro producto o existencia. La demanda independiente por lo general requiere de alguna clase de pronóstico, pues puede aumentar o disminuir en relación al incierto ambiente del mercado viéndose influenciada directamente por éste. Existen 2 tipos de demanda independiente:

Demanda Determinística: Es la demanda de un producto que se conoce con real precisión. 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 varía de un periodo a otro.

Demanda Probabilística: Es cuando la demanda de un producto está sujeta a variados cambios, lo que ocasiona variabilidad en ella. Se describe en términos de una función de probabilidad. Esta a su vez puede ser:

- **Estacionaria:** en este tipo de demanda la función de probabilidad de la demanda se mantiene sin cambios en el transcurso del tiempo.
- **No estacionaria:** en este tipo de demanda la función de probabilidad de la demanda sufre variados cambios en el transcurso del tiempo.

4.3.2 Proceso para pronosticar.

Un pronóstico se genera por medio de los pasos que se describirán a continuación:

Formulación del problema y recolección de datos: estos dos pasos se describen juntos porque dependen el uno del otro. Una vez que se define el problema se podrán establecer los datos que se utilizarán para poder pronosticar. Si al definir el problema no se emplean todos los datos relevantes que llevarán a cabo la predicción futura, el problema tendría que redefinirse para luego recopilar nuevamente con exactitud los datos más relevantes.

Manipulación y limpieza de datos. Al momento en que se recopilen los datos pueden existir muchos o pocos, algunos sin importancia y otros que simplemente no se han actualizado al pasar el tiempo. Es por este motivo que se debe realizar una limpieza de datos para quedar con los datos más adecuados y necesarios para realizar pronósticos.

Construcción y evaluación del modelo: Implica la selección de un modelo de pronósticos adecuado donde se empleen los datos ya depurados. Este modelo debe ser eficiente en términos de minimización del error de pronóstico.

Aplicación del modelo (el pronóstico real): Consiste en los pronósticos reales que se generan a partir de la aplicación del modelo elegido.

Evaluación del pronóstico: en este paso se deben comparar los valores del pronóstico con los valores históricos reales, y establecer el error de pronóstico que se generó al aplicar el modelo.

4.3.3 Métodos de pronósticos.

Los métodos de pronóstico se pueden clasificar en dos grandes grupos: cualitativos y cuantitativos. Hoy en día las empresas emplean variadas metodologías o modelos de pronósticos; esto dependerá del horizonte temporal en el cual se realizará el pronóstico, la importancia de las decisiones que se tengan que tomar y de la información con la que se cuente.

Cuando la situación a mejorar no es clara y hay pocos datos se recurre a la utilización de modelos cualitativos, donde el objeto principal en ellos es la intuición. Por el contrario, cuando la situación es más estable y existen datos históricos, se utilizan los modelos cuantitativos.

4.3.3.1 Métodos cuantitativos.

Los métodos cuantitativos de pronósticos son modelos matemáticos que se basan en datos históricos relevantes. Por lo general estos tipos de modelos suponen que las fuerzas que generaron la demanda en el pasado, generaran la demanda futura, utilizando este parámetro como un patrón fundamental al momento de pronosticar. Existen 2 tipos de métodos cuantitativos: las serie de tiempo y el pronóstico casual. A continuación se describirán algunos de ellos.

Series de Tiempo.

Para la realización de pronósticos a corto plazo se utilizan mucho este tipo de modelos. Una serie de tiempo consiste en datos que se recopilan, registran u observan a lo largo de incrementos sucesivos de tiempo [Hanke06]. Existen varios modelos de series de tiempo entre los cuales elegir, y que incluyen el modelo constante, de tendencia, estacional y cíclico.

En este tipo de modelos podemos encontrar:

- Enfoque simple

Corresponde a uno de los métodos más sencillos de usar para la realización de pronósticos. Se basa en usar el último dato como pronóstico para el siguiente periodo. Es decir el pronóstico de la demanda para el siguiente periodo es igual a la demanda observada en el periodo actual. Este método es óptimo para patrones de demanda sin elementos estacionales o de tendencia.

- Promedio móvil simple

Se usa para estimar el promedio de una serie de tiempo de demanda y para eliminar las fluctuaciones al azar. Este método resulta más útil cuando la demanda no tiene tendencias

pronunciadas ni fluctuaciones estacionales, es decir posee patrones de demandas aleatorias. Para llevar a cabo este método se debe calcular la demanda promedio para los n períodos más recientes y así utilizar esta demanda como pronóstico del período siguiente. Para el pronóstico siguiente una vez conocida la demanda, la demanda más antigua incluida en el promedio anterior se sustituye por la demanda más reciente y luego se vuelve a calcular el promedio.

Para esto se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_{t+1} = \frac{\text{demanda de } n \text{ períodos previos}}{n}$$

Donde:

n = número de períodos incluidos en el promedio.

F_{t+1} = Pronóstico para el período $t+1$

- Promedio móvil ponderado

A diferencia del método anterior que da la misma importancia a cada dato del promedio móvil, el promedio móvil ponderado permite asignar cualquier relevancia a cada uno de los elementos, estableciendo que la suma de todas las ponderaciones sea igual a 1. Este método de pronósticos posee una gran ventaja sobre el promedio móvil simple en relación a que pueden variar los efectos de los datos anteriores o pasados. Este método de pronósticos se utiliza cuando los datos poseen patrones de demanda aleatoria.

La fórmula para un promedio móvil ponderado es:

$$F_t = w_1 A_{t-1} + w_2 A_{t-2} + \dots + w_n A_{t-n} \quad (4.3)$$

Donde:

w_1 = Ponderación dada a la ocurrencia real para el período $t-1$.

w_2 = Ponderación dada a la ocurrencia real para el período $t-2$.

w_n = Ponderación dada a la ocurrencia real para el período $t-n$.

n = Número total de períodos en el pronóstico.

- Suavizamiento exponencial simple.

Es un método de pronóstico que permite calcular el promedio de una serie de tiempo, asignando a las demandas presentes mayor ponderación que a las demandas pasadas. Se llama método de suavizamiento exponencial debido a que cada incremento que existió en el pasado se traduce a $(1-\alpha)$. Es una de las técnicas de pronósticos más utilizadas, fáciles de usar y

asertiva. En el método de suavización exponencial sólo se necesita el pronóstico más reciente, la demanda real que ocurrió durante el período de pronóstico y una constante de uniformidad alfa (α) para lograr pronosticar la demanda futura. La constante puede determinarse en relación a la naturaleza del producto o del índice de respuesta generado por el gerente de la empresa u organización. Este tipo de pronósticos se utilizan para patrones de demanda aleatoria.

La fórmula para un modelo de suavizamiento exponencial es:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha * (A_{t-1} - F_{t-1}) \quad (4.4)$$

Donde:

F_t = El pronóstico suavizado exponencialmente para el período t.

F_{t-1} = El pronóstico suavizado exponencialmente para el período anterior.

A_{t-n} = La demanda real para el período anterior.

α = Índice de respuesta deseado o constante de suavizamiento.

¿Qué es la constante de suavizamiento?

La constante de suavizamiento es un índice que determina el grado de suavización y la velocidad de la reacción ante las diferencias entre las proyecciones y las demandas reales.

¿Cómo establecer la constante de suavizamiento?

Para establecer la constante de suavizamiento es necesario saber cómo se comporta la demanda. Para esto se describen las siguientes situaciones.

En condiciones en que exista estabilidad en la demanda, es decir, demandas sin tendencia o estacionalidad y con una gran cantidad de variación aleatoria, el coeficiente de suavizamiento deberá ser entre el valor 0,1 y 0,3.

En casos en que la demanda se comporte de manera ligeramente inestable el coeficiente de suavizamiento se encontrará entre los valores 0,4 y 0,6.

Finalmente cuando la demanda tenga un comportamiento completamente inestable o no se sepa nada sobre su estabilidad, la constante de suavizamiento estará entre los valores 0,7 y 0,9 [Chaves, 97].

Métodos Causales de Pronóstico.

- Regresión Lineal

El análisis de regresión lineal establece una relación entre una variable dependiente y una independiente. En este modelo la relación entre las variables forma una recta, siendo esta

una de las principales restricciones al momento de utilizar este método. Este tipo de modelo es muy útil para realizar pronósticos a largo plazo. El modelo de regresión lineal tiene la forma:

$$y = a + bx \quad (4.5)$$

Donde:

y = Demanda estimada.

x = Variable independiente.

a = Intersección con y .

b = Pendiente.

Este tipo de modelo es ocupado cuando existen patrones de demanda con tendencia lineal, es decir donde exista una relación entre la demanda y el tiempo.

- Modelo econométrico

Es un sistema de ecuaciones de regresión interdependientes de regresión que describe las ventas de cierto sector económico [Ballou05]. Los parámetros utilizados para este tipo de modelo se designan simultáneamente.

4.3.4 Errores de Pronóstico.

Existen varios métodos para la medición del error: error estándar, error cuadrático medio (MSE: *Mean squared error*), desviación absoluta media (MAD: *Mean Absolute Deviation*) y error porcentual media absoluta (MAPE: *Mean absolute percentage error*) Estos cálculos de error pueden utilizarse para los siguientes fines:

1. Supervisar observaciones erróneas detectando datos no representativos por fuera de límites, los cuales deben evaluarse cuidadosamente para posteriormente rechazarse.
2. Para determinar los parámetros (por ejemplo, S y σ) que permiten el pronóstico con el mínimo de error.
3. Para fijar inventarios y con ello garantizar un nivel deseado de existencias para que no existan quiebres de stock.

Existen cuatro formas distintas de medir el error acumulativo del pronóstico a largo plazo durante varios períodos.

- Suma acumulada de errores de pronóstico

$$CFE = \sum_{t=1}^n et \quad (4.6)$$

CFE, se define como el sesgo del pronóstico, y lo ideal es que este sea igual a cero, así los errores positivos se compensan con los negativos.

- Error cuadrático medio

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n et^2}{n} \quad (4.7)$$

Esta fórmula mide la varianza en el pronóstico. La raíz cuadrada de MSE es la conocida desviación estándar (σ). Se calcula utilizando el cuadrado de cada término de error para que los errores positivos y negativos no lleguen a cancelarse. Si se desea comparar dos o más tipos de pronósticos es recomendable esta medida de error.

- Desviación media absoluta en errores de pronóstico

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |et|}{n} \quad (4.8)$$

Es otra forma de medir la varianza, sin embargo esta no se calcula a partir de los errores de los períodos al cuadrado como en la fórmula anterior, si no que se calcula a partir de los valores absolutos del error en cada período. En palabras simples esta medida de error mide la exactitud de los valores pronosticados en la serie de tiempo, expresando la exactitud en la misma unidad que los datos. En la práctica este método de error de pronóstico es muy utilizado debido a que es fácil de entender y aplicar.

- Errores porcentuales de la media absoluta

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{et}{Dt} \right| * 100}{n} \quad (4.9)$$

Donde:

et = Error de pronóstico para el período t .

Esta última medida del error acumulado de pronóstico realiza cálculos de error porcentual para normalizar los cálculos, permitiendo comparar los errores de pronóstico para distintos datos de series de tiempo. Según [Hanke&Wichern06] este método es útil cuando el tamaño o magnitud de la variable del pronóstico es representativa para evaluar la precisión del pronóstico. El MAPE proporciona una indicación de cuan grandes son los errores de pronósticos en comparación con los valores reales de la serie.

4.4 *Lead time.*

Lead time o tiempo de reposición es el tiempo existente entre la detección de la necesidad de comprar una cierta cantidad de material y el momento en que este llega físicamente al almacén. Puede descomponerse en dos partes:

1. El tiempo que transcurre desde la detección de la necesidad de realizar la compra hasta que se emite la orden de compra del pedido.
2. El tiempo que transcurre desde la emisión de la orden de compra del pedido hasta la recepción física del material.

4.5 Clasificación de los inventarios.

Los inventarios se pueden clasificar en dos según su forma y según su función. Éstos se describen a continuación:

4.5.1 Clasificación por su forma.

- Inventario de materias primas: Este comprende todos los elementos básicos que ingresan a producción para poder ser transformados y así generar un producto final.
- Inventario de productos en procesos: A este tipo de inventario pertenecen los artículos o elementos que se encuentran en cierto grado transformados, sin llegar a ser un producto terminado.
- Inventario de productos terminados: Aquí se encuentran los artículos que son enviados por producción, debido a que su proceso de acabado ya ha concluido.
- Inventario de materiales y suministros: Aquí se pueden encontrar materias primas secundarias, artículos de consumo, que son utilizados en las operaciones de una industria, artículos de mantenimiento y reparación para las maquinarias de la industria.

4.5.2 Clasificación según su función.

Una de las principales funciones que tienen los inventarios es poder proteger a las empresas en los casos de incertidumbre [Machuca&Valenzuela05]. De esta forma aparecen las siguientes clasificaciones:

- Inventario de seguridad: Es el inventario que se mantiene en el caso de que ocurra un acontecimiento ajeno al normal funcionamiento de la empresa. Un ejemplo es cuando aumenta la demanda drásticamente.
- Inventarios en tránsito: Este tipo de inventario hace referencia a los productos que una empresa ha solicitado a sus proveedores, pero éstos no han llegado a los lugares donde se van a almacenar.
- Inventario de productos en proceso: Son los elementos que se encuentran en proceso de sufrir nuevas transformaciones para poder obtener un producto final o terminado.
- Inventario de previsión o estacional: Es aquel que se suma cuando una empresa produce más de lo que requiere durante el periodo en que la demanda decrece, para luego satisfacer una gran demanda.

Para saber cuál es el modelo de inventario adecuado, se debe saber identificar lo que es un inventario de seguridad, dado que es clave para así poder atacar la incertidumbre que existe con respecto a la demanda de los productos y de esta forma poder integrar esto en dicho modelo. También se debe tener en cuenta el inventario en tránsito ya que permite visualizar los tiempos de entrega, permitiendo saber lo que demoran en llegar los productos a los almacenes de la empresa. Esto permite integrar más variables al modelo para que así funcione acorde a los requerimientos actuales de la empresa.

4.5.3. Costos que se asocian a un inventario.

Son los costos que conllevan el mantener un inventario, para así permitir su buena administración. Existen 3 clases de costos que se describen a continuación [Machuca05]:

4.5.3.1 Costos de adquisición.

Estos costos permiten determinar las cantidades de re-orden de productos para un período determinado. Aquí se incluyen los costos de manufactura, de productos para varios pedidos, el costo por el establecimiento del proceso de producción, el costo de procesar los pedidos a través de los departamentos de contabilidad y compras, el costo de transmitir el pedido al punto de suministro.

4.5.3.2 Costos de mantener inventario.

Estos costos surgen de la acción de mantener los productos durante un período de tiempo determinado. Se clasifican en 4:

- Costos de espacio: estos costos surgen de la utilización de un volumen dentro de un lugar de almacenamiento. Se debe tener en cuenta dos posibilidades; cuando el lugar de almacenamiento es arrendado, por lo cual se debe cancelar un monto por almacenar productos en un período de tiempo establecido. La otra posibilidad es que el lugar de almacenamiento sea propio. Aquí el propietario debe asumir costos de operación, calefacción, luz, agua, entre otros.
- Costos de servicio de inventario: Estos costos corresponden a seguros y a impuestos que se deben pagar por tener inventario, los cuales por lo general son calculados sobre la base del nivel de inventario existente. Los seguros se pueden adquirir como una medida de protección en caso de alguna emergencia o catástrofe.
- Costos de riesgo de inventario: Estos costos se asumen por deterioros, pérdidas de productos, robos u obsolescencias. Se debe tener en cuenta que éste puede estimarse como pérdida directa del valor del producto, o como el costo de suministrarlo desde una ubicación secundaria.
- Costos de capital: este costo es uno de los más altos y hace referencia a todos los costos del dinero en conexión con los inventarios.

4.5.3.3 Costos por falta de existencia.

Este costo se asume cuando existe un pedido o la necesidad de un cliente de obtener cierto producto y no es posible satisfacer dicha necesidad desde el inventario por falta de éste. Este costo se puede dividir en dos; costos por pérdidas de ventas y costo por pedido pendiente.

- Costo por pedido pendiente: Ocurre cuando un cliente se encuentra esperando por su pedido, lo cual retrasa las tareas. Esto puede generar nuevos costos como lo son: nuevo personal, transporte y manipulación.
- Costo por pérdida de ventas: Ocurre cuando un cliente frente a la falta de existencias decide cancelar el pedido realizado. En este caso se asume un costo adicional, además del costo del beneficio que conlleva dicha venta, que es un efecto negativo de no tener existencias y no tener ventas futuras.

Se deben elegir los costos pertinentes para diseñar el modelo de inventario acorde a las necesidades. Dentro de los que interesan para el desarrollo del modelo son; los costos de mantener un inventario. Otro costo a considerar es por falta de existencias; pero sólo el que respecta al pedido pendiente, debido a que se generan quiebres de *stock*, se retrasan las operaciones de mantenimiento de los buques que realiza ASMAR V. Por último, los costos de

adquisición son esenciales para la empresa, para así tener las consideraciones de cada costo al momento de elegir el modelo de inventario.

4.6 Modelos de inventario.

4.6.1 Sistemas de inventario de varios períodos.

Existen 2 tipos de sistemas de inventarios de varios períodos; [Chase09] los modelos de cantidad de pedido fija (cantidad de pedido económico EOQ y modelo Q) y modelos de período fijo (sistemas periódicos, sistemas de revisión periódica, sistemas de intervalo fijo y modelo P). Estos sistemas permiten garantizar que un artículo o producto esté disponible durante todo el año.

Se pueden encontrar varias diferencias entre los modelos de cantidad de pedido fija y los modelos de período fijo. El primero se basa en los eventos o acontecimientos, es decir esto puede ocurrir en cualquier momento, pero dependiendo de la demanda del producto o existencia. Para utilizar este modelo es necesario revisar continuamente el inventario, dado esto, es que este tipo de modelo requiere siempre de la actualización de la información o dato de lo que se ingresa o sale al inventario. Mientras que el segundo modelo (modelo de período fijo) se restringe por generar pedidos sólo al término de un período de tiempo. En este caso la revisión del inventario, solo se lleva a cabo en los períodos determinados.

A continuación se muestran los dos modelos antes mencionados, al momento en que se ponen en uso y se convierten en sistemas operativos:

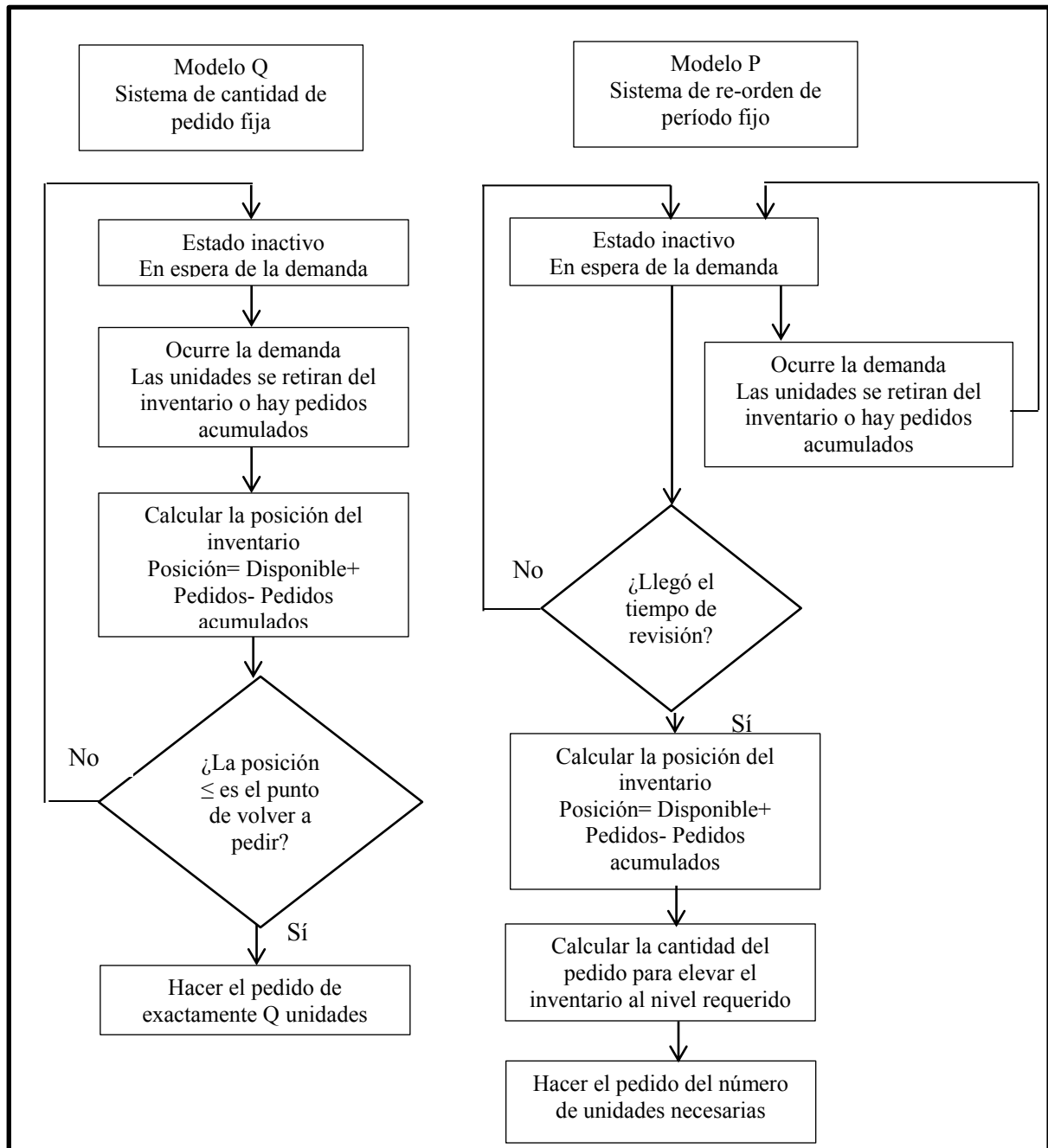


Figura 4.1 - Comparación de los sistemas de inventario. Fuente: Libro; Administración de Operaciones, [Chase09], página 555.

- Modelos de cantidad de pedido fija: Estos modelos permiten definir el punto específico R, punto que indica cuándo se debe hacer un pedido, así como también el tamaño de este pedido indicado con la letra Q. Para este modelo, R es un punto con una cantidad determinada de productos. Cuando el nivel de inventario llega a dicho punto, se debe hacer un pedido de tamaño Q.
- Modelos de períodos fijos: En este caso el inventario solo se revisa en algunos momentos, puede ser por semana, por mes. En este modelo es importante el contabilizar el inventario, para así poder generar los pedidos rutinariamente. Estos pedidos podrán variar de un período a otro, dependiendo de los índices de consumo.

Estos tipos de modelos de inventario se explican en detalle más adelante.

4.6.2 Diferencias entre modelos de cantidad de pedidos fijos y períodos fijos.

Tabla 4.2 – Tabla comparativa de los modelos cantidad de pedidos fijos y períodos fijos.

Característica	Modelo Q Modelo de cantidad de pedido fija	Modelo P Modelo de pedido fijo
Cantidad del pedido	Q, constante (siempre se pide la misma cantidad).	Q variable (varia cada vez que se hace un pedido).
Dónde hacerlo	R, cuando la posición del inventario baja al nivel de volver a pedir.	T, cuando llega el período de revisión.
Registros	Cada vez que se realiza un retiro o una adición.	Sólo se cuenta en el período de revisión.
Tamaño del inventario	Menos que el modelo de período fijo.	Más grande que el modelo de cantidad de pedido fija.
Tiempo para mantenerlo	Más alto debido a los registros perpetuos.	-
Tipo de pieza	Piezas de precio más alto, críticos o importantes.	-

Fuente: Chase Aquilano, Administración de Operaciones, sección 4, planeación y control de la cadena de suministros, página 554.

4.6.3 Modelo de cantidad de pedido fija.

Este modelo permite determinar un punto específico, el cual se identifica con la letra R, punto donde se debe generar un pedido. Dicho pedido debe ser de cierto tamaño o cantidad Q. El punto de pedido R, está determinado por una cantidad específica de elementos, unidades o artículos. El pedido que se realiza es de un tamaño Q, el cual se debe generar cuando el inventario actual desciende hasta el punto R.

Este modelo se basa en ciertas suposiciones las cuales son irreales, sin embargo permiten su implementación. A continuación se presentan:

- La demanda del producto debe ser constante y uniforme durante todo el período.
- Los tiempos de entrega son constantes.
- El costo de mantener el inventario se basa en el inventario promedio.
- Los costos de pedido son constantes.
- Se deben cubrir todas las demandas del producto.

En la **figura 4.2** se puede identificar un efecto de sierra, donde se puede ver que el inventario baja hasta el punto R, instante donde se genera un nuevo pedido. Dicho pedido es recibido al final del período L. Se debe tener en cuenta que este período no varía.

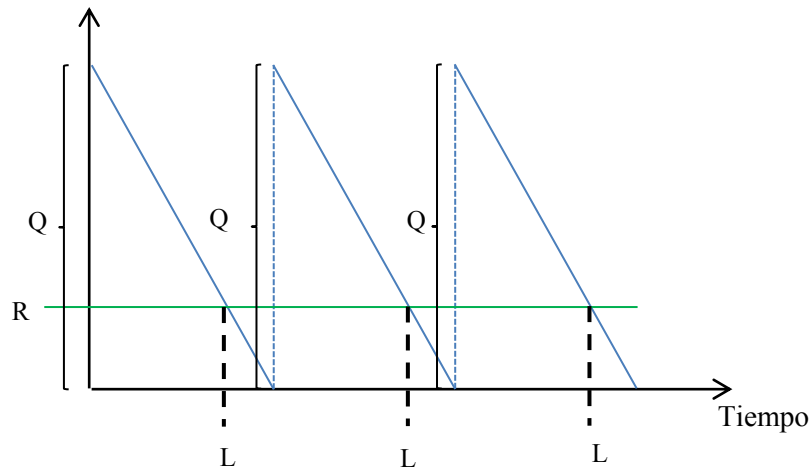


Figura 4.2 - Modelo Q. Fuente: elaboración propia.

Al construir cualquier modelo de inventario, el primer paso consiste en desarrollar una relación funcional entre variables de interés y la medida de efectividad. En este caso, como preocupa el costo, la ecuación siguiente es apropiada [Chase09]:

Costo anual total= Costos de compra anual+ Costo de pedidos anual+ Costo de mantenimiento anual.

O

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad (4.10)$$

Donde

TC= Costos anual total.

D= Demanda (anual).

C= Costo por unidad.

Q = Cantidad a pedir (la cantidad óptima se conoce como cantidad económica de pedido o lote económico EOQ).

S= Costo de preparación o costo de hacer un pedido.

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) [Chase09]

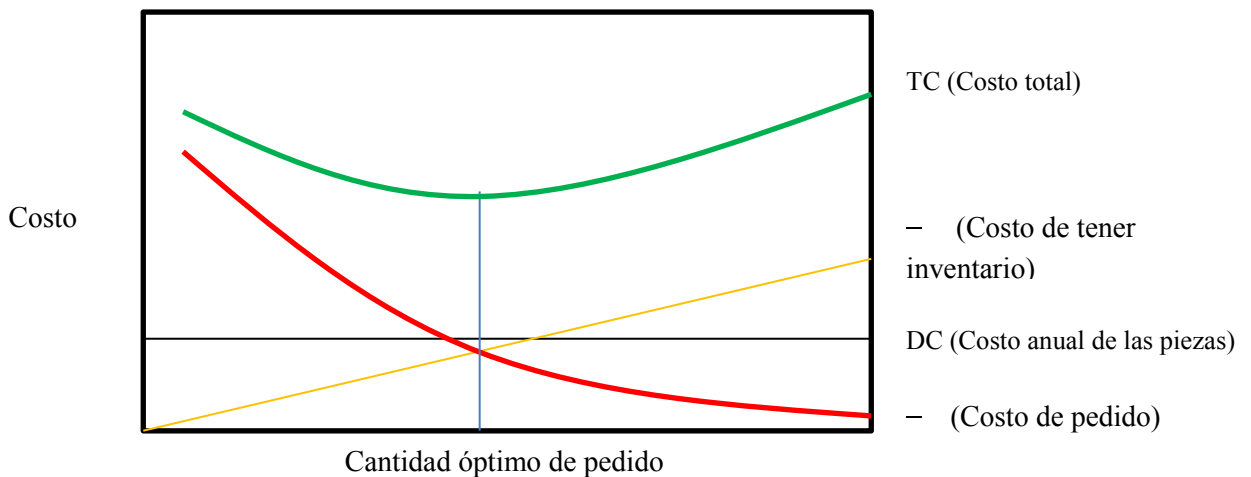


Figura 4.3 - Costos anuales del producto. Fuente: Chase Aquilano, Administración de operaciones, 2009

El siguiente paso en la construcción de un modelo de inventario es el encontrar la cantidad de pedidos óptimos donde el costo total sea el mínimo. En la **figura 4.3** se puede encontrar el mínimo costo total en el punto en el que la pendiente de la curva es cero. Para realizar el cálculo matemático se debe tomar la derivada del costo total con respecto a Q y se debe igualar a cero. Para este modelo se utilizan las siguientes fórmulas:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad (4.11)$$

$$\frac{dTC}{dQ} = 0 + \frac{DS}{Q^2} + \frac{H}{2} = 0 \quad (4.12)$$

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (4.13)$$

Este es un modelo sencillo, el cual supone una demanda y el tiempo de entrega constante, donde no es necesario tener un inventario de seguridad. En relación a lo mencionado anteriormente, el punto de volver a pedir se define como:

$$R = dL \quad (4.14)$$

Donde:

d = Demanda diaria promedio (constante).

L = Tiempo de entrega en días (constante).

4.6.4 Modelo de cantidad de pedido fija con inventario de seguridad.

Este modelo se centra en hacer un pedido cuando los niveles del inventario llegan a un punto R . Pero este sistema presenta una complicación, la cual ocurre durante el tiempo de entrega y que es la existencia de productos faltantes. Como se hace un pedido en el momento en que los niveles disminuyen hasta R , lo que puede ocurrir es que durante el período de entrega L , puede que aumente la demanda debido a la incertidumbre que existe [Chase09]. Es aquí donde podemos comprender por qué aparece el inventario de seguridad, el cual permite proteger la actividad normal de una empresa, cuando la demanda aumente sorpresivamente.

Para este modelo el punto de volver a pedir es:

$$R = dL + z\sigma_L \quad (4.15)$$

Donde:

R = Punto de volver a pedir en unidades.

d = Demanda diaria promedio.

L = Tiempo de entrega en días (tiempo transcurrido entre que se hace y se recibe el pedido).

z = Número de desviación estándar para una probabilidad de servicio específica.

σ_L = Desviación estándar durante el tiempo de entrega.

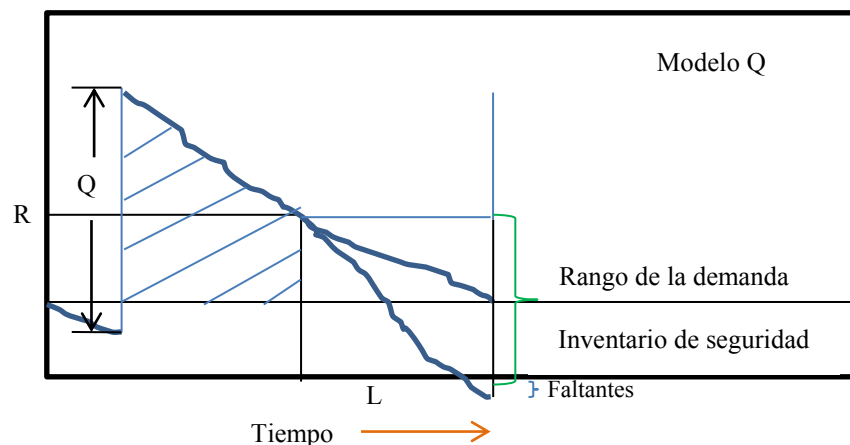


Figura 4.4 - Modelo de cantidad de pedido fijo. Fuente: elaboración propia.

Lo que se identifica como $z\sigma_L$, se refiere al inventario de seguridad. Al ver la ecuación de pedido se puede identificar que si el inventario de seguridad es positivo se vuelve a pedir en períodos más cortos.

Para este caso es necesario realizar el cálculo de d, σ_L y z . En primer lugar la demanda durante el período de remplazo es una estimación o un pronóstico del uso esperado del inventario desde el momento de hacer un pedido hasta el momento en que se recibe [Chase09]. Para calcular d , se puede utilizar cualquier método de pronóstico que se ajuste a los datos con los que se está trabajando. A modo de demostración se presenta a continuación un promedio simple.

Demanda promedio diaria en un período de n días

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (4.16)$$

Donde n representa el número de días.

Para el cálculo de la desviación estándar de la demanda de un período de n días.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - d)^2}{n}} \quad (4.17)$$

Desviación estándar de una serie de demandas independientes:

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_L^2} \quad (4.18)$$

Cálculo del inventario de seguridad

$$SS = z\sigma_L \quad (4.19)$$

4.6.5 Modelos de período fijo.

En este modelo el inventario se cuenta sólo en algunos períodos, que pueden ser cada semana o mes. En estos casos se debe contar el inventario y luego hacer el pedido en forma periódica, como cuando se quieren combinar pedidos para ahorrar en costos de transporte.

En los modelos de período fijo las cantidades que se deben pedir varían de un período a otro, dependiendo de los índices de uso. Es por esto que se deben tener niveles más altos de inventarios de seguridad que en el sistema de cantidad de pedido fija [Chase09]. Este modelo tiene un supuesto el cual se refiere a que al inventario disponible se le debe hacer un seguimiento y que se debe generar un pedido en el punto correspondiente. Este tipo de modelos en general supone que el inventario se debe contabilizar en el punto específico de revisión. En estos sistemas pueden existir situaciones de conflicto que se pueden dar debido a que la demanda aumente bruscamente y el inventario llegue a cero después de hacer un pedido, ocasionando que esto no se dé a conocer hasta el próximo período de revisión. Lo anterior puede generar que el inventario se agote completamente en el período de revisión T , y en el tiempo de entrega L . En la **figura 4.5** se puede ver que el inventario de seguridad cumple un rol importante para evitar que se agoten los productos antes de que llegue el período de revisión.

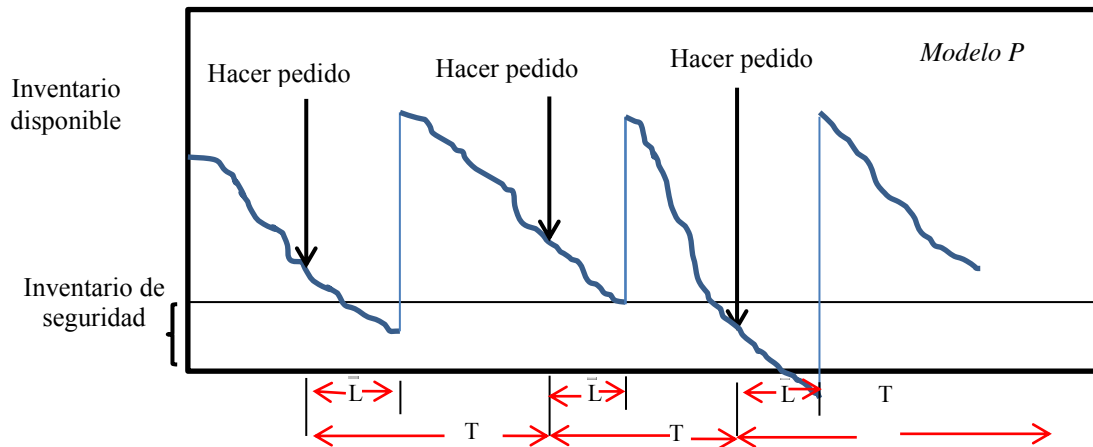


Figura 4.5 - Modelo de inventario período fijo. Fuente: Elaboración propia.

En un modelo de inventario de período fijo, un pedido se puede volver a realizar en el momento que se efectúa la revisión T . Para este caso el inventario de seguridad que es necesario volver a pedir se define de la siguiente manera:

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

En la **figura 4.5** se puede ver un modelo de período fijo con una revisión T , y un tiempo de entrega L . Para este caso la demanda tiene una distribución aleatoria alrededor de una media d . Los productos o artículos a pedir q , es:

Cantidad de pedido= Demanda promedio durante el período vulnerable + Inventario de seguridad – Existencias disponibles (más el pedido, en caso de haber alguno).

$$q = d T + L + z\sigma_{T+L} - I \quad (4.20)$$

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).

d = 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 período de revisión y entrega.

I = nivel de inventario actual (incluye piezas pedidas).

En este modelo la d puede ser pronosticada y ser revisada en los períodos de revisión. Se supone que la demanda tiene una distribución normal. En tanto, el valor de z depende de la

probabilidad de tener faltantes el cual se puede calcular por medio de áreas de la distribución normal estándar acumulada.

Finalmente para este tipo de modelos se debe calcular la desviación estándar de una serie de demandas independientes en un período de revisión T y un tiempo de entrega L. La siguiente expresión matemática define lo anterior:

$$\sigma_{T+L} = \sqrt{\sum_{i=1}^{T+L} \sigma_{d_i}^2} \quad (4.21)$$

Capítulo 5: Metodología.

5.1 Descripción de la metodología.

En primer lugar, se tuvo que asistir a reuniones con los encargados del departamento de logística, quienes brindaron la información necesaria para poder desarrollar este trabajo de título. En dichas reuniones se dieron a conocer las funciones de la empresa y el papel que cumple el área de logística dentro de ésta. De esta manera se logró conocer el funcionamiento actual que posee ASMAR, permitiendo conocer los almacenes y personal encargado de éstos. Conocida la situación actual, como lo es el funcionamiento de la empresa dentro del área de logística, quiebres de stock, generación de productos inmovilizados, sobre stock de productos, se procedió a la recopilación de datos, los cuales fueron facilitados por la empresa; éstos son el consumo mensual de materiales en *stock* de los años 2012, 2013, 2014, además de precios unitarios, lead time. Una vez conocido el problema y obtenidos los datos, se prosiguió con la utilización de una herramienta que permitiera la clasificación de los productos en base a criterios que fuesen pertinentes para trabajar la información obtenida. A partir de esta categorización se realizaron pronósticos de la demanda a las existencias seleccionadas.

A continuación se identificaron las variables, parámetros y restricciones, que permitieron diseñar un modelo de administración de inventario para la empresa ASMAR (V). El identificar dichas variables es fundamental dado que permiten controlar y administrar los niveles de stock que posee en la actualidad la empresa en análisis.

5.1.1 Diagrama de metodología.

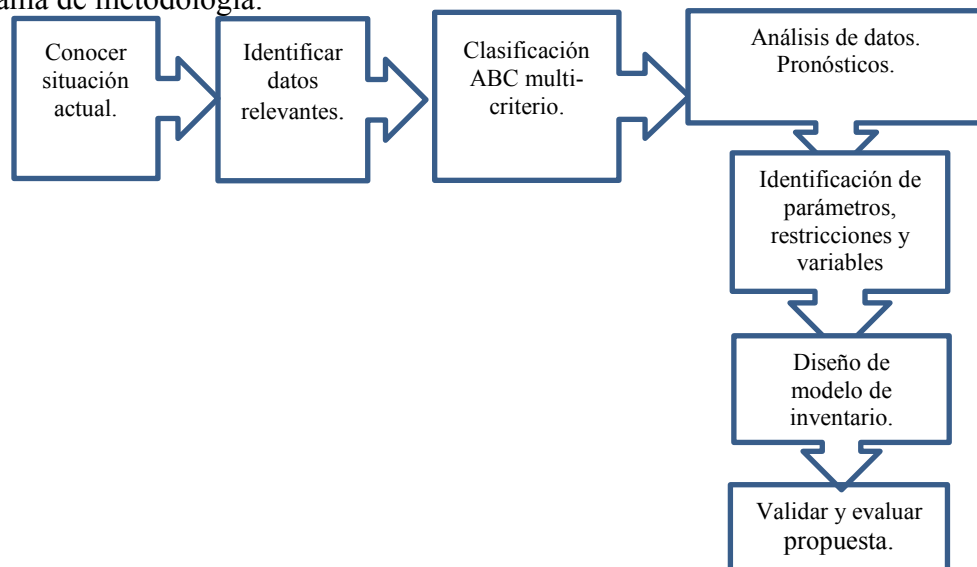


Figura 5.1 - Diagrama de flujo: metodología, fuente elaboración propia.

5.2 Situación actual e identificación de datos relevantes.

5.2.1 Conocimiento de la situación actual.

Para llevar a cabo esto, en primer lugar se deben conocer en detalle las actividades que se realizan en la planta ASMAR (V), reconociendo específicamente el lugar donde se genera la problemática que se quiere solucionar a partir de la realización de este trabajo de titulación.

El área donde está inserto el problema corresponde al de logística, específicamente en los almacenes de ASMAR (V). La recolección de información se hizo mediante entrevistas realizadas a trabajadores de esta área, específicamente al jefe de sección de abastecimiento, analistas y encargados de los almacenes. Una vez realizado todo este proceso, se realizó una pequeña depuración de datos, descartando información irrelevante y dejando la necesaria para el desarrollo posterior del modelo propuesto. La información otorgada por la empresa fue la siguiente:

- ✓ Consumos de materiales años 2012, 2013, 2014 donde se encuentran registrados los movimientos por códigos de materiales en el almacén.
- ✓ Detalle de compra de los productos en inventario del año 2014, donde por medio de esta información y mediante el uso de tablas dinámicas en el software *Excel* logramos obtener el *lead time* de cada producto y el precio unitario.

5.2.2 Análisis del comportamiento de la demanda interna.

Al analizar la información anterior; consumos o demanda interna de los materiales en stock de ASMAR (V), se logra identificar que existen productos con consumo constante, donde todos los meses existe una demanda de ellos. Sin embargo, de forma contraria existen productos sin un consumo constante y muy difíciles de trabajar al momento de realizar análisis de datos, pues la mayoría de los meses el consumo de éstos es nulo. De la misma manera, estos productos son difíciles de trabajar a la hora de realizar pronósticos, pues no existe una estabilidad en el comportamiento de la demanda que pudiera proyectarse hacia un futuro (ver **Anexo B**). Es por este motivo que se seleccionaron productos que presentaran un consumo todos los meses durante el año, a pesar de que existieran variaciones aleatorias en ellos, pues de esta forma se podría llegar a utilizar un método de pronóstico para datos con comportamiento aleatorio y así generar los respectivos pronósticos de la demanda. Hoy en día para la empresa es muy importante saber de qué manera se comporta la demanda, y poder generar pronósticos de ésta, pues así se podrían solucionar en gran parte las problemáticas que presenta, específicamente en el área de logística. Es por este motivo que al seleccionar los productos a trabajar, se descartan por completo aquellos que no posean un consumo todos los meses, pues no se logra tener una estabilidad en la demanda que pudiera proyectarse. De esta forma los productos a utilizar en este trabajo de título representan el 14% del total de productos en *stock*. Esto lo podemos apreciar en la **tabla 5.1** y **fig. 5.2**.

Tabla 5.1 – Tabla comparativa entre productos que presentan un consumo constante y consumo irregular.

Tipo de productos	N° de artículos	f	F
Productos consumo cte.	368	14,02%	14,02%
Productos consumo irregular	2257	85,98%	100,00%
Total	2625		

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por ASMAR (V).

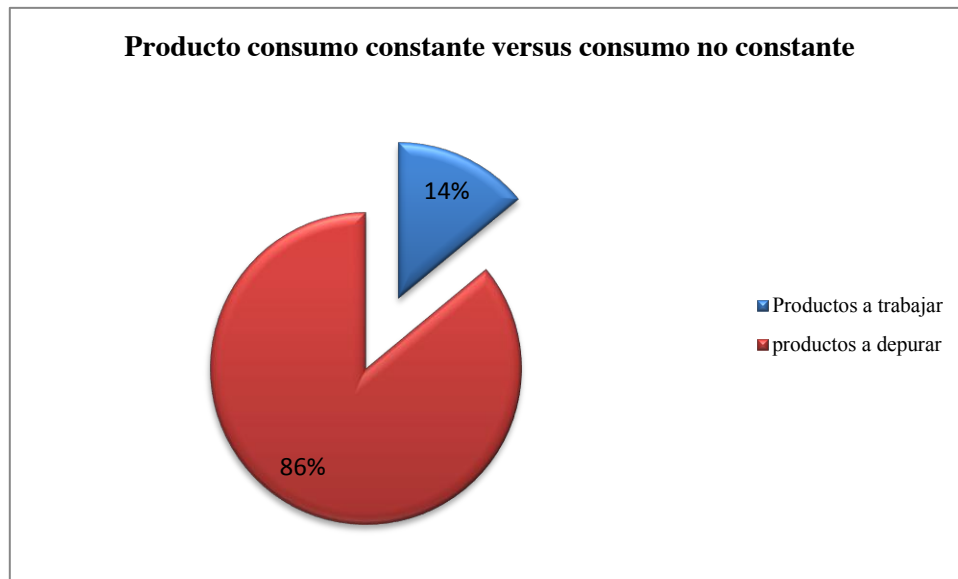


Figura 5.2 – Gráfico comparativo productos a trabajar versus productos a depurar.

Finalmente queda establecido que los productos a tener en consideración para la realización de este trabajo de titulación son 368 productos de un total de 2625, los cuales poseen un consumo todos los meses del año, información que permitirá la realización de los pronósticos respectivos. Dentro de estos productos a trabajar se determina que el 8% de ellos generan productos inmovilizados.

5.3 Aplicación metodología ABC Multi-criterio.

Al ya estar definidos los dos tipos de herramientas para la clasificación de productos, es que se ha decidido utilizar como técnica más apropiada para la categorización de productos la metodología ABC Multi-Criterio. Esta metodología nace de la Ley de Pareto, sin embargo la elección de esta herramienta se basa en que es ideal al momento de utilizar más de un criterio a la vez para la categorización de los productos, además de ser una herramienta clave cuando hablamos de logística o de inventarios. Esta herramienta es muy necesaria para ir solucionando las problemáticas presentes en la empresa, pues con ella se pueden categorizar los productos y darles mayor énfasis a aquellos que tengan más significancia para la empresa en relación a criterios seleccionados.

Teniendo en cuenta que los productos en stock seleccionados para la aplicación del modelo de inventario son 368, se decidió agruparlos en 15 familias ya establecidas por la empresa las cuales son:

Tabla 5.2 – Familias de productos ASMAR (V).

Familia
Art. de seguridad.
Productos químicos.
Pumar.
Fibras, cerámicas y pumar.
Abrasivos.
Cañerías de metal y maderas.
Art. Librería.
Art. buceo, herramientas menores y repuestos.
Planchas de maderas, gomas pumar y sacos.
Elementos de sujeción.
Soldaduras.
Art. Eléctricos.
Perfil aluminio.
Paños y toallas de limpieza.
Flanges.

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por ASMAR (V).

Los criterios ABC a utilizar en esta etapa serán por precio unitario, lo que significa identificar el capital utilizado por la empresa para adquirir todos los productos existentes por familia, el lead time como segundo criterio, lo que permitirá saber el promedio que demora un producto de cada familia en ser recibido por la empresa para su pronta utilización.

A partir de lo anterior se realiza en primera instancia una clasificación ABC para cada criterio establecido y a partir de la letra, la que puede ser; A, B, C, se obtiene el impacto que cada familia genera en relación a su criterio. En el **Anexo C** se observa la clasificación a partir de los dos criterios seleccionados y el impacto que cada familia genera.

Finalmente mediante la realización de la matriz multi-criterio ABC se seleccionan las 8 familias más significativas, representando éstas el 78,95% del total de ellas, como lo refleja la **tabla 5.3**.

Tabla 5.3 – Tabla multi-criterio (Clasificación ABC).

Familia	impacto costo unitario (i1)	impacto L.T (i2)	Impacto total (i1*i2)	f	F	clasificación
Art. de seguridad.	3	3	9	11,84%	11,84%	A
Productos químicos.	3	3	9	11,84%	23,68%	A
Pumar.	3	3	9	11,84%	35,53%	A
Fibras, cerámicas y pumar.	3	3	9	11,84%	47,37%	A
Abrasivos.	3	2	6	7,89%	55,26%	A
Cañerías de metal y maderas.	2	3	6	7,89%	63,16%	A
Art. Librería.	2	3	6	7,89%	71,05%	A
Planchas de maderas, gomas pumar y sacos.	2	3	6	7,89%	78,95%	A
Art. buceo, herramientas menores y repuestos.	2	2	4	5,26%	84,21%	B
Perfil aluminio.	1	3	3	3,95%	88,16%	B
Paños y toallas de limpieza.	1	3	3	3,95%	92,11%	B
Elemento de sujeción.	1	2	2	2,63%	94,74%	B
Flanges.	1	2	2	2,63%	97,37%	C
Soldaduras.	1	1	1	1,32%	98,68%	C
Art. Eléctricos.	1	1	1	1,32%	100,00%	C

Fuente: elaboración propia

Debido a la gran cantidad de productos que están presentes en cada familia se decide trabajar con uno por cada categorización, de esta forma cada existencia seleccionada representa las características que cada familia posee. Dicha selección se realiza escogiendo el producto de cada familia que tenga el costo unitario y el lead time más alto. En la **tabla 5.4** se muestran los productos a trabajar por cada familia seleccionada anteriormente en la matriz multi-criterio.

Tabla 5.4 – Productos seleccionados.

Código Material	Descripción Material	Valor Unitario Recepción. (\$)	Promedio de lead time (Días)	Familia
40947	MASCARA RESPIRADOR ROSTRO COMPLETO 3M 6800.	67.989,00	13,191	Art de seguridad.
23671	CEMENTO SC 2000 NEGRO ENVASE 1 KG C/ENDURECEDOR UTR20 40 GRS.	24.668,06	69,119	Productos químicos.
17652	BOLSO DE ALMACENAJE Y TRANSPORTE DE BOTE PUMAR 585.	139.200,00	63,50975694	Pumar.
3285	CAJA CARTON REFOR 220 X 1,10 X 0,70 C/LOGO PUMAR.	43.160,00	43,207	Fibras, cerámicas y pumar.

29320	GRATA LATON ONDULADO T/COPA HELA 1090205-4 (P/ESM ANG 4.1/2") HILO M14.	13.530,15	25,839	Abrasivos.
58437	TERCIADO NATIVO NACIONAL INFODEMA 12 MM ESPESOR BB (ROBLE -ULMO Y/O TINEO).	16.433,00	83,297	Cañerías de metal y maderas.
752	CINTA DE TELA MULTIUSO YR-3939 2' X 60 MT 3M 1270682.	6.413,00	11,672	Art librería.
11220	COBERTURA HYPALON TRABAJO PESADO ORCA 828.627 (NEGRA) 1100 DTEX 1200 GR/M2.	40.595,29	67,980	Planchas de maderas, gomas pumar y sacos.

Fuente: elaboración propia.

5.4 Análisis de datos.

Luego de conocer los 8 productos a trabajar, se procede a realizar un análisis del comportamiento de los datos registrados por cada material seleccionado en cada familia. Todo esto por medio de gráficos realizados en el programa *Excel*. Se puede apreciar por medio del gráfico que los datos no presentan tendencia lineal alguna. Esto se puede ver en detalle para cada producto en el **Anexo D**. En la **fig. 5.3** se puede apreciar el error de esta gráfica o también llamado coeficiente de correlación, el cual arroja un valor muy cercano a 0 lo cual indica que no existe un buen ajuste a la línea de tendencia arrojada por el programa.

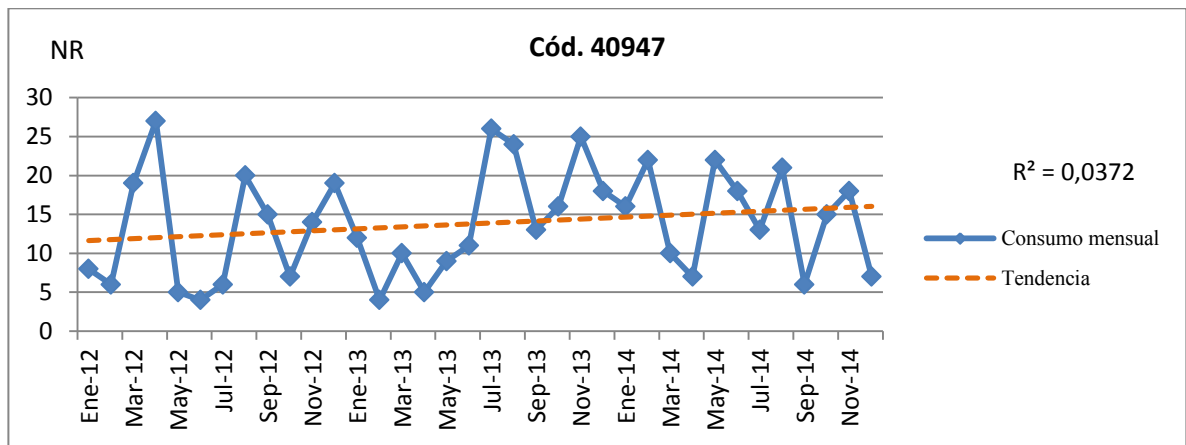


Figura 5.3 – Gráfica de tendencia Cód. 40947.

Por otro lado, observando el irregular comportamiento de los datos se puede entender que el consumo de los materiales se comporta de manera aleatoria, por lo cual se realiza un análisis de tendencia por medio de medias móviles el cual se muestra en la **fig. 5.4**.

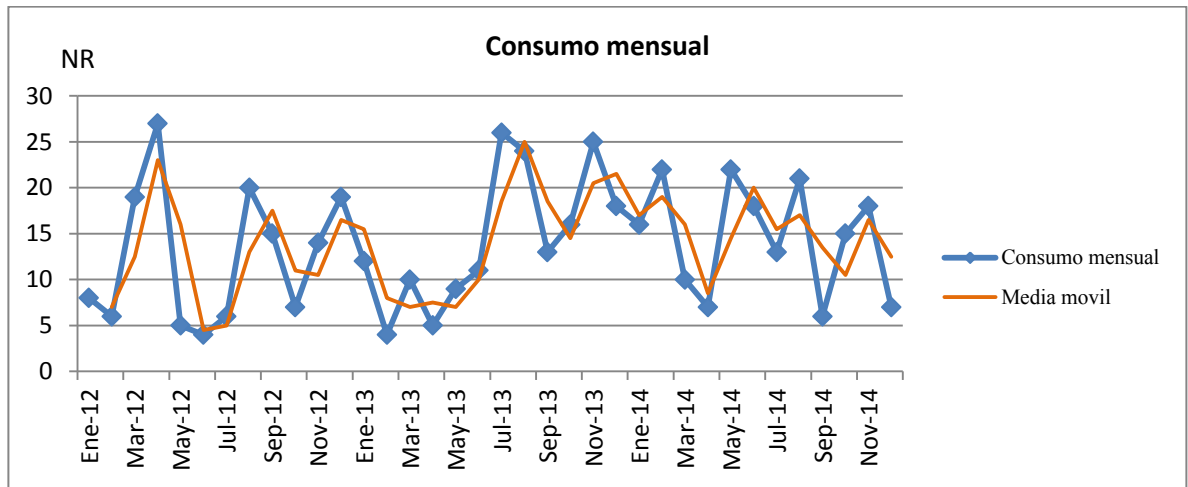


Figura 5.4 – Gráfica media móvil Cód. 40947.

Se puede apreciar en la **fig. 5.4** que los datos poseen una tendencia similar al comportamiento de un promedio móvil, pues se comportan de forma aleatoria, es decir no presentan una correlación ni un orden establecido en los períodos de estudio. Esto se realiza para cada producto seleccionado en esta propuesta de trabajo. En el **Anexo E** se puede ver este análisis para cada uno de ellos.

Lo descrito anteriormente se puede afirmar mediante un análisis de residuos, el cual se realiza mediante el software Minitab. Dicho análisis utiliza el valor estadístico de Durbin Watson para determinar que no existen datos correlacionados entre sí, permitiendo esto una independencia entre ellos. Además de este valor estadístico, se utiliza también el test de Anderson-Darling, el cual consiste en una prueba de normalidad para los residuos obtenidos.

Para el código 40947 el método de Durbin Watson arroja un valor de 1,97705. Obtenido dicho valor, se deben tener presentes los puntos críticos D_l y D_u (límite inferior y superior) del valor estadístico de Durbin Watson, para de esta forma darle un significado al valor entregado por Minitab. Para encontrar dicho significado se debe aclarar que si el valor arrojado en el test de D. Watson es menor al límite inferior de los puntos críticos, los residuos presenten una auto-correlación positiva, si el valor se encuentra entre los valor críticos no se tiene una respuesta concluyente, y finalmente si dicho valor es mayor al límite superior quiere decir que los residuos no presentan una auto-correlación. Estos puntos críticos se pueden encontrar en el **Anexo I** para un n (tamaño de la muestra) y un k (número de regresores) establecidos. Para este caso los puntos críticos son D_l : 1.393; D_u : 1.514, donde se aprecia que el valor arrojado para el Cód. 40947 es mayor a su límite superior ($1.977705 > D_u$: 1.514), lo cual indica que no existe correlación alguna entre los datos. Esto se realiza para cada uno de los productos seleccionados, siendo el resultado para cada uno de ellos la nula existencia de correlación. El resultado de este análisis para cada producto se puede visualizar en el **Anexo E**.

Para continuar con este análisis de residuos se realiza la prueba de normalidad de Anderson-Darling, para de esta manera demostrar que los residuos presentan un

comportamiento normal. En la **Fig. 5.5** se puede observar en detalle esta prueba de normalidad realizada en el software Minitab para el código 40947 en particular.

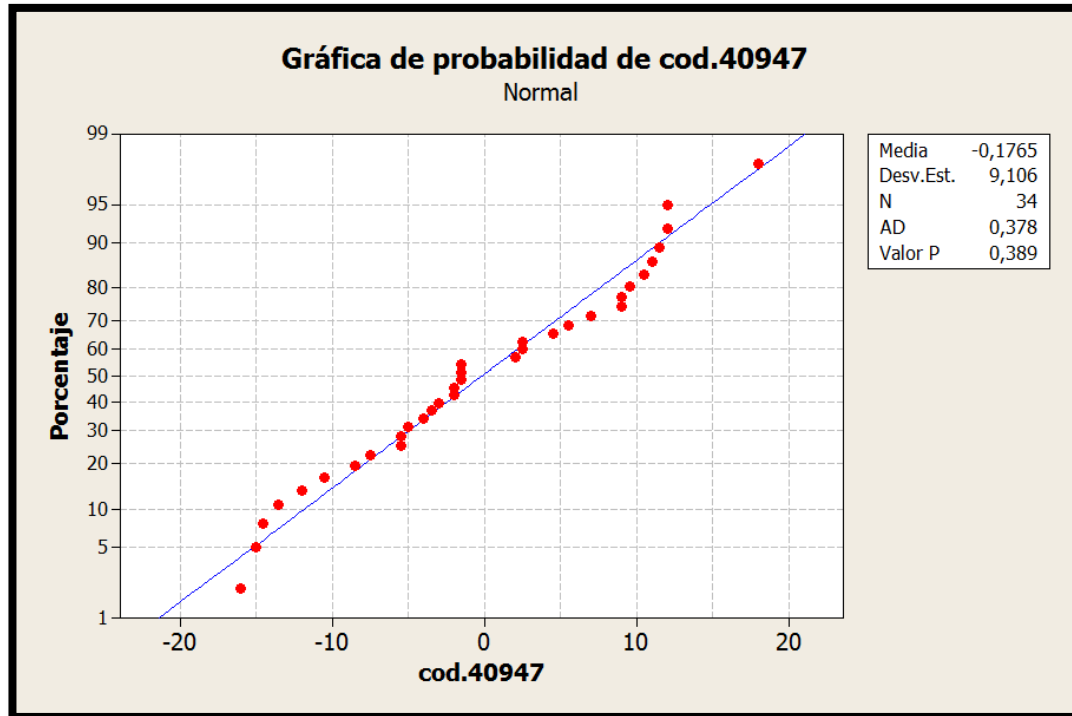


Figura5.5 Gráfica de prueba de normalidad Minitab.

Al observar el gráfico anterior se puede apreciar que la mayoría de los puntos siguen una línea recta, el valor p está por encima del valor de significancia alfa otorgado en este trabajo, el cual es 0,05 y la estadística de AD es baja. Dicho esto se puede concluir que los datos pertenecen a una población distribuida normalmente.

Cabe destacar que esta prueba se realiza para cada uno de los productos seleccionados en este trabajo de título. En el **Anexo E** se puede observar esta prueba para cada uno de ellos.

Se puede determinar y aseverar con argumentos que los consumos de cada código en estudio no presentan una tendencia, pues se comportan de manera independiente entre sí, además presentan un comportamiento de distribución normal. Esto corrobora la afirmación donde se plantea que los datos presentan una aleatoriedad.

Por otro lado se debe tener en cuenta que ASMAR (V) posee inventarios de materias primas, materiales y suministros, donde los artículos en inventario son necesarios debido a que son utilizados en sus operaciones diarias.

5.5 Pronósticos.

Al analizar los tipos de demanda y al realizar el análisis de datos, se observa que los productos que se mantienen en el inventario de ASMAR (V), tienen una demanda probabilística. Esto se puede identificar debido a que los productos almacenados en el inventario de la empresa están sujetos a varios cambios. Por ejemplo un aumento en la demanda de manera sorpresiva, o una disminución de ésta. Esto ocasiona que se produzca una variabilidad en la demanda de los productos, lo que la hace que sea una demanda probabilística, no estacionaria.

Los datos históricos de las demandas presentan una aleatoriedad en todo el período de estudio. Es por esto que se seleccionaron los modelos de pronósticos que realicen predicciones con datos aleatorios, ajustándose de esta manera al comportamiento de los datos. Dentro de los modelos de pronósticos seleccionados están los promedios móviles y suaviza-miento exponencial simple.

Ya acotada la selección del tipo de pronósticos a utilizar, se procede a generar las predicciones de cada uno de ellos por medio del programa *Excel*, donde se realiza a su vez la medición de sus respectivos errores de pronósticos, los cuales son fundamentales para la selección final del pronóstico a utilizar.

Para pronosticar se utiliza la información de demanda histórica mensual de los productos en estudio de los años 2012, 2013 y 2014. Algunos datos históricos son trabajados de manera mensual, mientras que otros se analizan de forma semanal. Esta diferencia se hace debido a que los datos mensuales presentan un *lead time* superior a 1 mes, mientras que los datos utilizados semanalmente presentan tiempos de entrega menores a un mes (días). Se hace hincapié en esto, debido a que tanto el *lead time* como el error de pronóstico son parámetros necesarios para la generación de los nuevos niveles de *stock*.

En la **tabla 5.5** se comparan los errores calculados con los diferentes tipos de pronósticos utilizados para el Cód.11220, producto seleccionado a modo de ejemplo.

Tabla.5.5 - Análisis del error de pronóstico.

	MAD	MSE
Promedio móvil	9,25	130,194853
Suavizamiento exponencial (0,1)	7,85501444	100,417832
Suavizamiento exponencial (0,6)	9,14478576	126,23973
Suavizamiento exponencial (0,9)	10,597088	162,90406

Fuente: elaboración propia.

Debido a que no se sabe con certeza el comportamiento estable o inestable de la demanda, se ha decidido trabajar con las constantes de suavizamiento 0,1 para el caso en que la demanda tuviese un comportamiento estable, 0,6 cuando la demanda se comportara ligeramente inestable y 0,9 cuando la demanda fuese muy inestable o no se tuviera conocimientos sobre sus condiciones de inestabilidad. La elección de estas constantes se pueden observar con mayor explicación en el capítulo 4, sin embargo cabe destacar que se decide trabajar con una constante de suavizamiento por cada situación planteada en dicho capítulo; demanda estable, demanda ligeramente inestable, demanda completamente inestable. La constante de suavizamiento finalmente será seleccionada al momento en que se realicen los pronósticos y con la que se genere el menor error de pronóstico MSE, pues mientras menos sea este error menor será la diferencia entre los valores reales y los pronosticados, de esta forma la estimación de la demanda podría ser casi perfecta.

A modo de explicación se muestra el análisis del Cód. 11220, donde se puede apreciar que el mejor método de pronóstico según el mínimo error entregado, es el método de suavizamiento exponencial simple con alfa 0,1. El menor error arrojado por el MAD es de 7,855, siendo este valor el error promedio existente en el pronóstico realizado, expresado en la misma unidad de medida que los datos; y el menor error arrojado por el MSE es de 100,417. Este último es recomendable para comparar dos o más tipos de pronósticos. Es por esto que se ha decidido trabajar con estas dos medidas de error. Dicho proceso se realiza para todos los productos seleccionados, obteniendo diferentes resultados los cuales se encuentran en el **Anexo F**.

En la **fig. 5.6** se muestra el comportamiento del consumo mensual del Cód. 11220, en contraste con el pronóstico realizado en este trabajo. En la figura se puede apreciar que los datos de la predicción muestran una concordancia con respecto a los consumos reales de dicho producto.

Obtenidos los pronósticos se procede a generar los intervalos de confianza respectivos para cada código, para de esta manera acotar la predicción realizada. Se sabe que los pronósticos no son plenamente ciertos, de esta manera con dichos intervalos se disminuye el nivel de incertidumbre del pronóstico. Para obtener dichos intervalos de confianza se escoge un nivel de confianza del 95%. Para ello se toma en cuenta el análisis realizado que afirma que los errores de pronóstico se distribuyen normalmente. Es por esto que observando la **tabla 4.1**, para un nivel de confianza de un 95% se utiliza un factor de seguridad de 1,96. La fórmula para obtener dichos intervalos es la siguiente:

$$IC\ 95\% = Valor\ pronosticado \pm 1,96 * \overline{MSE}$$

Para el cálculo de los intervalos de confianza para el Cód. 11220 se utilizan los valores pronosticados correspondientes a los períodos de enero y febrero de 2015, los cuales corresponden ambos a 17,45. El valor MSE de este pronóstico es de 100,4178 y su desviación estándar (\overline{MSE}) es de 10,02086. Utilizando la fórmula y los valores ya asignados el resultado se expresa de la siguiente forma:

$$IC\ 95\% = 17,45 \pm 1,96 * 10,02086$$

Finalmente el intervalo de confianza para el Cód. 11220 corresponde a:

$$[-2,1909; 37,0909]$$

El intervalo de confianza obtenido, permite establecer que el valor esperado para el período pronosticado tiene un 95% de probabilidad de encontrarse entre ambos valores.

Este análisis se repite para todos los códigos o productos seleccionados. Dichas figuras se encuentran en el **Anexo F**.

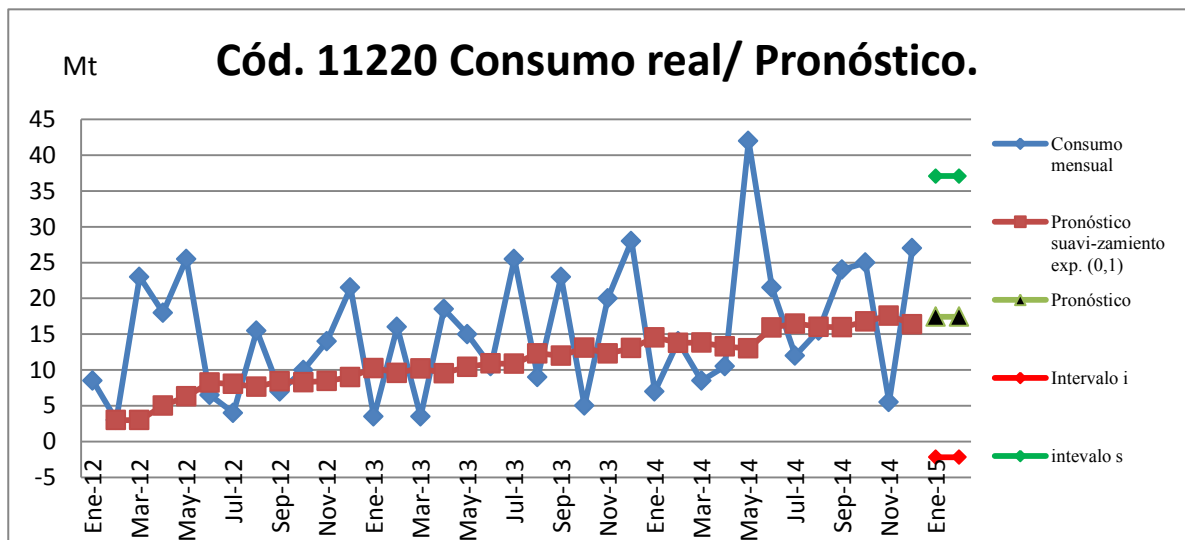


Figura 5.6 – Comparación entre consumo real versus pronóstico consumo mensual Cód. 11220.

5.6 Modelo de gestión de inventario.

Realizados los pronósticos se procede a seleccionar un modelo de inventario, el cual permita mantener niveles de *stock* acordes a las necesidades de los procesos de la empresa. Este modelo debe permitir contar con los niveles de inventario necesarios para satisfacer los futuros comportamientos de la demanda interna de la empresa.

Sabiendo que los datos presentan un comportamiento aleatorio, es que se debe escoger un modelo que se ajuste a las variaciones y a la naturaleza cambiante que presentan las demandas de los artículos seleccionados. El modelo más adecuado para trabajar este tipo de datos es uno probabilístico, ya que tanto la demanda como el tiempo de reposición presentan este comportamiento. Sin embargo para facilitar los cálculos se asume que los tiempos de reposición o *lead time* reales son contantes e iguales al promedio durante un transcurso de tiempo.

De esta forma se permite incorporar la variabilidad de la demanda, para así generar niveles de *stock* acordes a los requerimientos de la empresa, teniendo en cuenta variables como *lead time*, demandas y el análisis estadístico de esta (media, desviación). Para este caso se elige un modelo de inventario probabilístico con revisión periódica (R, s, S), donde **R** representa el período de revisión, **s** representa el inventario de seguridad, y **S** representa el *stock* máximo.

Seleccionado el modelo de inventario, se procede a generar la propuesta con los niveles de *stock*. Para obtener dichos resultados se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

1. En primer lugar se obtienen las demandas de los productos seleccionados y los *lead time* promedios respectivos. Estos datos son obtenidos por medio del software OMEGA, donde a partir de una planilla en el programa *Excel* en la cual se encuentran los datos de fecha de recepción del producto y las fechas de emisión de la compra, se obtiene el *lead time* mediante la sustracción de ambos valores.
2. En segundo lugar se generan los pronósticos de cada producto. Posterior a esto, se selecciona el modelo de pronóstico que mejor se ajusta al comportamiento de los datos. Esta selección se realiza mediante la comparación de los errores MAD y MSE, lo cual arroja que los datos se ajustan de mejor forma mediante un modelo de suavizamiento exponencial simple. En este punto se debe tener presente el valor del error MSE, dado que la desviación estándar (σ) de este valor será utilizado para obtener los niveles de *stock*.
3. En esta etapa se deben calcular los parámetros que permitan generar los niveles de *stock*. Para esto se debe seleccionar un período de revisión. Es aquí donde adquiere gran relevancia el *lead time*, ya que los períodos escogidos están ligados a éste, pues a los productos que tienen un *lead time* inferior a un mes se les atribuye un período de revisión de 1 semana y a los productos que tienen un período de recepción superior a un mes se les atribuye un período de revisión de un mes o más. Esta elección del período de revisión se debe a que los productos con *lead time* inferior a un mes poseen un promedio general de tiempo de reposición de una semana, mientras que los productos con *lead time* superior a un mes poseen un tiempo promedio general de reposición de aproximadamente 30 días hábiles.
4. Aquí se debe contar con la desviación estándar de los errores del pronóstico (σ). La desviación estándar para un período básico del pronóstico se transforma a una desviación estándar sobre el tiempo de reposición más el intervalo de revisión del inventario R, mediante la aplicación de ecuaciones empíricas [Vidal, 09]. La desviación de los errores de pronóstico se puede estimar con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sqrt{\overline{\text{MSE}}}$$

Este cálculo se realiza para todos los productos seleccionados, obteniendo de esta forma la desviación del error de pronóstico MSE, variable que será utilizada para obtener el inventario de seguridad.

A modo de ejemplo se muestra el cálculo de la desviación del error realizado al Cód. 11220 para obtener los niveles de *stock*.

$$\sigma = \overline{MSE} = \overline{100,417831} = 10,0208698$$

Luego se prosigue con la obtención del inventario de seguridad. Para un modelo probabilístico se debe seleccionar un nivel de servicio, el cual permite ajustar un inventario de seguridad que arroje una buena respuesta a la variabilidad de la demanda. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{Inventario de seguridad} = Z * \overline{MSE} * \overline{(R + LT)}$$

Donde:

Z: Factor de seguridad para un nivel de servicio deseado. Para la obtención de los niveles de stock se utilizará un nivel de servicio del 90%, siendo este un supuesto que indicaría que la empresa desea satisfacer en un 90% los requerimientos de existencias.

R: Tiempo de revisión.

LT: lead time:

σ : desviación del error cuadrático medio de pronóstico (\overline{MSE}).

Dicho lo anterior, para el código 11220 el inventario de seguridad se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$s = 1,645 * \overline{100,417832} * \overline{(1 + 2,3)} = 30$$

Cabe destacar que al momento de trabajar los productos seleccionados, las demandas de algunos de ellos se trabajaron semanalmente y otros mensualmente. Es por este motivo que al aplicar cualquiera de las fórmulas de este modelo de inventario se debe tener en cuenta que las variables deben estar en la misma unidad de tiempo que la demanda. Por ejemplo si la demanda se trabajó semanalmente, el *lead time*, y la desviación del error de pronóstico se deben trabajar de la misma forma; semanalmente.

Posterior a esto se prosigue a realizar el cálculo del punto de pedido. Como ya se sabe el modelo utilizado es el modelo de revisión periódica. Sin embargo para tener en cuenta la variabilidad de la demanda se decidió integrar un punto de pedido, el cual tiene como finalidad dar respuesta al comportamiento de la demanda durante el período de reposición. Esto quiere decir, que este punto se generará teniendo en cuenta el *lead time*, un factor de seguridad dado por un nivel de servicio deseado, y la demanda, para de esta forma disminuir los productos faltantes. Para poder obtener el punto de pedido se utiliza la siguiente fórmula:

$$Pp = s + d$$

Donde:

Pp: Punto de pedido o punto de ordenar.

s: Inventario de seguridad.

d: Media de la demanda en cierto período.

Siguiendo con el ejemplo del Cód. 11220, el punto de ordenar se obtiene de la siguiente forma:

$$Pp = 30 + 15,18 = 45,18$$

Donde la media de la demanda es obtenida por medio de la función promedio existente en el Software *Excel*. El resultado del punto de pedido es de 45,18. Sin embargo, este valor se debe aproximar al entero más cercano, el cual es 45. Esto quiere decir que cuando el inventario disminuya hasta 45 unidades de producto se debe generar un nuevo pedido. Dicho pedido que se debe realizar corresponde al valor máximo de unidades que deben permanecer en stock para que exista la menor cantidad de puntos de quiebres o de sobre *stock*. Este nivel máximo se calcula con la siguiente fórmula:

$$S = d * R + LT + s$$

Donde

S: *Stock* máximo.

s: Inventario de seguridad.

d: Media de la demanda en cierto período.

R: Período de revisión.

LT: *Lead time* utilizado en las unidades correspondientes (semanas, meses).

Para el Cód. 11220, el *stock* máximo arroja el siguiente valor:

$$S = 15,18 * 1 + 2,26 + 30 = 79$$

El valor arrojado por dicha fórmula representa el valor máximo de existencias a pedir en un período establecido por el punto de pedido.

Finalmente, según el modelo de inventario aplicado para el código Cód. 11220, se debe realizar un pedido máximo de 79 Mt de Cobertura, cuando el inventario disminuya hasta 45 Mt, teniendo en consideración que se cuenta con un inventario de seguridad de 30 Mt de Cobertura Hypalon 110 DTEX 1200 gr/M2. Dicho proceso se genera para todos los productos seleccionados, arrojando los valores ya mencionados cuyos resultados se encuentran en el **Anexo G**.

Cabe destacar que para la obtención de los niveles de stock de cada producto seleccionado se utilizan los siguientes parámetros; lead time, media de la demanda o demanda promedio, período de revisión, y desviación del error cuadrático medio de pronóstico.

Capítulo 6: Validación y Evaluación Económica de la Propuesta.

6.1 Validación de la propuesta.

Realizados los cálculos de los niveles de *stock*, se procede a la validación de la propuesta ya desarrollada, para de esta forma dar una respuesta concreta a la problemática existente en ASMAR. Esto se realiza mediante la comparación entre los niveles de *stock* de los productos seleccionados que presenta actualmente la empresa, en contraste a los resultados obtenidos mediante el modelo de gestión de inventario propuesto en este trabajo.

Para poder realizar una comparación entre los resultados obtenidos y los niveles de *stock* que presenta actualmente ASMAR, se realiza una simulación donde en ambas alternativas se parte en el año 2012 con un inventario máximo por producto, arrojado por la propuesta (stock máximo) y por la de ASMAR respectivamente. A partir de lo anterior y teniendo en consideración el *lead time* de los productos, la demanda mensual o semanal de cada uno de ellos, además de cada uno de los parámetros ya insertos en el modelo de inventario, y teniendo en cuenta que sólo se trabajará hasta el año 2014, es decir 3 años, se comienzan a simular los niveles de *stock* de ambas propuestas, contrastándolas mediante la gráfica de cada una de ellas realizada en el software *Excel*.

Bajo esta comparación existen tres situaciones a considerar:

✚ Situación 1:

En primer lugar, bajo la premisa de la simulación se logran disminuir los niveles de *stock* de algunos productos, en comparación con la propuesta actual de ASMAR. En la **tabla 6.1** se muestra la comparación entre los resultados obtenidos y los niveles actuales de ASMAR del Cód.752 “Cinta de tela multiuso YR-3939 2' X 60 MT 3M 12706822”.

Tabla 6.1 – Tabla comparativa de niveles de *stock* Cód. 752.

Niveles de Propuesta		Niveles de ASMAR	
s	11	s	10
Pp	16	Pp	25
S	29	S	40
Demanda total	640	Demanda total	640
Demanda insatisfecha	0	Demanda insatisfecha	0
Demanda satisfecha	640	Demanda satisfecha	640
Nivel de servicio	100%	Nivel de servicio	100%

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que el nivel de *stock* máximo (S) de este producto disminuyó considerablemente de 40 unidades de producto a solamente 29 unidades de producto al aplicar el modelo de inventario propuesto. Al llevar esta información al proceso de simulación se puede determinar que éste no presenta quiebres de *stock* en ninguna de las situaciones planteadas, pero lo que sí se puede visualizar es la existencia de muchos productos que no poseen un movimiento dentro del inventario, generando así productos inmovilizados. En esta simulación los productos inmovilizados correspondientes a ASMAR fluctúan entre los 10 a 15 RL, mientras que con la propuesta se disminuye a menos de 5 RL de productos inmovilizados. Por el contrario, al reducir el nivel de *stock* máximo se genera un mayor movimiento de productos, lo cual se puede apreciar en la **fig. 6.1**. Esto permite eliminar en gran parte las existencias que presentan poca rotación en el inventario.

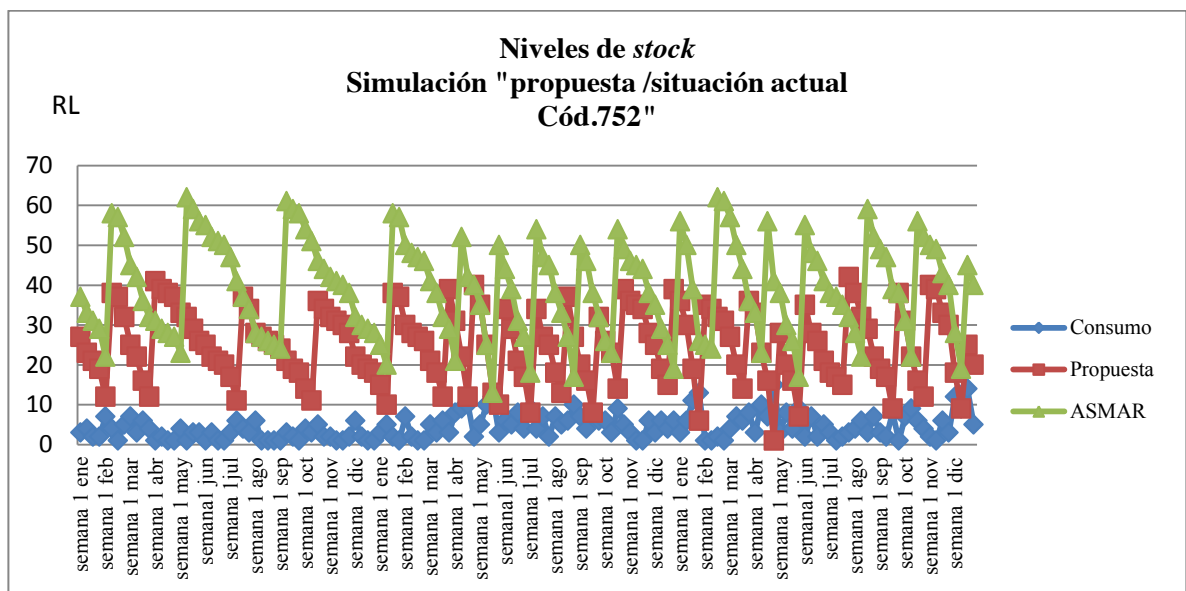


Figura 6.1 – Gráfica de simulación propuesta versus situación actual ASMAR (Cód. 752).

🚦 Situación 2:

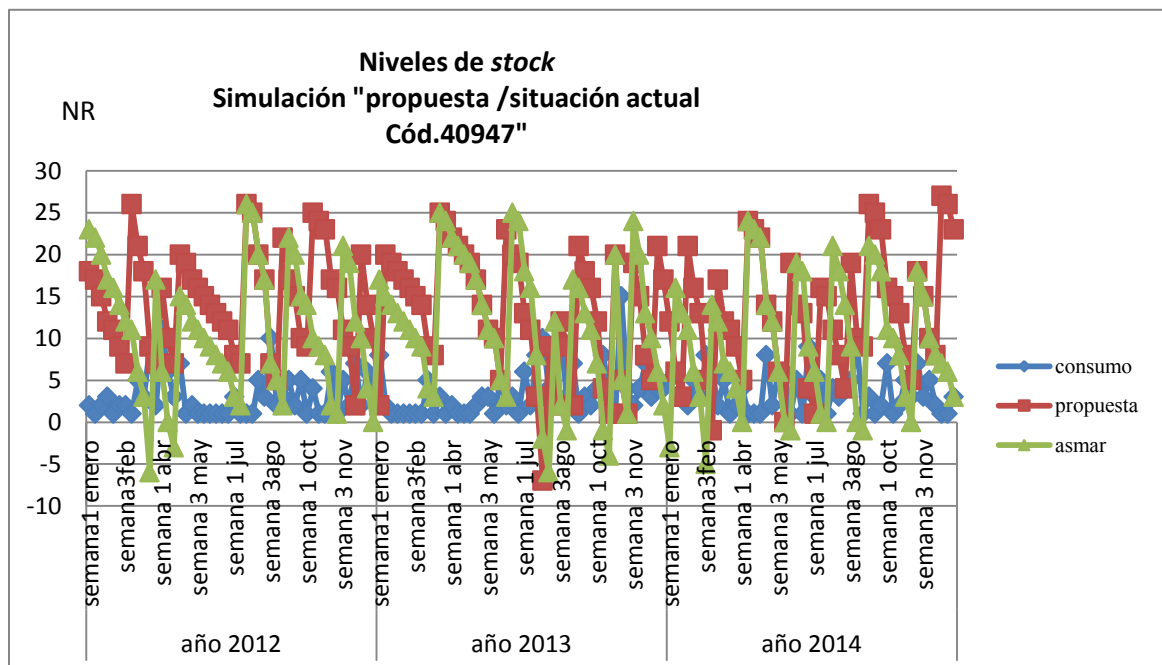
Por otro lado existen también productos donde se logra disminuir el nivel de *stock* máximo (S) y a su vez se aumenta el nivel de servicio. El Cód.40947 presenta este comportamiento, disminuyendo por medio de la propuesta planteada el inventario máximo en 5 unidades de producto y aumentando el nivel de servicio de un 93% a un 98%. En la **tabla 6.2** se observa lo anterior.

Tabla 6.2 – Tabla comparativa niveles de *stock*, Cód. 40947.

Niveles de Propuesta		Niveles de ASMAR	
s	7	s	4
Pp	10	Pp	5
S	20	S	25
Demanda total	497	Demanda total	497
Demanda insatisfecha	8	Demanda insatisfecha	33
Demanda satisfecha	489	Demanda satisfecha	464
Nivel de servicio	98%	Nivel de servicio	93%

Fuente: Elaboración propia.

En el mismo caso, el número de quiebres de stock disminuye de once quiebres que presenta actualmente ASMAR, a dos quiebres de *stock* que se generan con la propuesta planteada. Esto quiere decir, que se dejan de tener en inventario para su consumo solamente 8 unidades de producto con la propuesta planteada, versus 33 unidades de producto con la situación actual, ocasionando esto gran cantidad de quiebres de stock debido a la alta demanda del producto. En la **fig. 6.2** se observa lo descrito.

**Figura 6.2** – Gráfica de simulación, contraste propuesta versus situación actual ASMAR (Cód. 40947).

🚧 Situación 3:

La última situación observada en la simulación realizada, es que existen productos donde si bien no se logra disminuir los niveles de inventario con la propuesta establecida, se disminuye considerablemente la cantidad de productos faltantes de 18 a 7 unidades de

producto, aumentando de esta manera el nivel de servicio. En la **tabla 6.3** se muestra lo descrito para el Cód. 3285 “caja de cartón refor 220 X 1,10 X 0,70 c/ logo PUMAR”.

Tabla 6.3 – Tabla comparativa niveles de *stock*, Cód. 3285.

Niveles de Propuesta		Niveles de ASMAR	
s	17	s	4
Pp	27	Pp	20
S	41	S	40
Demanda total	361	Demanda total	361
Demanda insatisfecha	7	Demanda insatisfecha	18
Demanda satisfecha	354	Demanda satisfecha	343
Nivel de servicio	98%	Nivel de servicio	95%

Fuente: Elaboración propia.

Visualizando la **tabla 6.3** se puede observar que el nivel máximo de *stock* de la propuesta establecida aumenta en una unidad de producto para el código 3285, en comparación con los niveles actuales de ASMAR. Sin embargo la disminución de la demanda insatisfecha es considerable, observando que por medio de la propuesta la demanda insatisfecha disminuye a un total de 7 mientras que en ASMAR ésta llega a un total de 18 unidades de producto. Es por este motivo que mediante el análisis anterior se puede decir que el nivel de servicio para este producto en particular según la propuesta, estaría aumentando de un 95%, el cual corresponde al nivel de servicio actual, a un 98% el cual corresponde al nivel de servicio arrojado por la propuesta.

En la **fig. 6.3** se puede observar la comparación entre ambas situaciones para el código 3285.

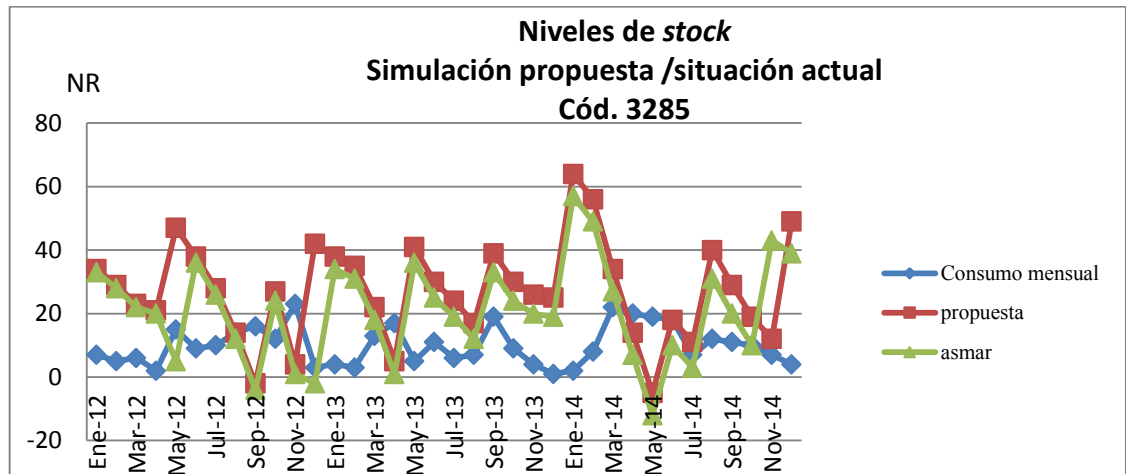


Figura 6.3 - Gráfica simulación, contraste entre propuesta versus situación actual (Cód. 3285).

En el **Anexo H** se aprecian los productos que pertenecen a las diferentes situaciones.

Al concluir con la simulación y evaluación, se pueden observar resultados positivos para el trabajo propuesto. Con esta propuesta se permite gestionar el *stock* de la empresa por medio de un modelo cuantitativo de inventario, solucionando de esta manera las problemáticas presentes hoy en día en la empresa, reduciendo en algunos casos los niveles de *stock*, aumentando el nivel de servicio y disminuyendo los quiebres de *stock*. De las tres situaciones planteadas, las dos primeras generarían a largo plazo un beneficio para la empresa, debido a que existiría una disminución en los niveles de stock y un aumento del nivel de servicio. La tercera situación si bien permite que exista un aumento del nivel de servicio, es necesario aumentar considerablemente los niveles de stock para ello, lo que conlleva a un aumento en los costos de adquirir productos y en los costos de almacenamiento en bodega de cada uno de ellos. Dicho lo anterior y para finalizar con este capítulo, este trabajo de título abordará solamente las 2 primeras situaciones planteadas, las que permitirán que la empresa obtenga beneficios al momento en que éstas sean implementadas.

6.2 Evaluación económica de la propuesta.

En este punto se lleva a cabo la evaluación económica de los resultados, para de esta forma dimensionar cuál será el beneficio que se puede generar al implementar la propuesta.

6.2.1 Disminución de costos mediante la propuesta.

Considerando los resultados obtenidos, se realiza la evaluación económica bajo un supuesto en el que se deben tener en cuenta las consideraciones que se describen a continuación. Debido a que de los 8 productos seleccionados en esta propuesta, solo 3 de ellos tiene una disminución entre un 20% y un 27% en sus niveles de stock máximo y en algunos un aumento del nivel de servicio al cliente, es aquí donde nace el supuesto para evaluar económicamente la propuesta. Dado que los 3 productos ya mencionados corresponden al 38% del total de productos analizados en la propuesta, se toma como supuesto por familia, el

cual considera que del total de productos de una familia en particular, el 38% de ellos tendrían también este mismo comportamiento; disminución de un 20% (se toma este porcentaje para no llevar a un exceso esta disminución de stock máximo) en sus niveles de stock máximos y/o un aumento en el nivel de servicio. Debido a que esta evaluación se realiza por familias, se trabaja con las 8 familias más importantes, seleccionadas bajo la metodología ABC; Art. De seguridad, Productos químicos, Pumar, Fibras, Cerámicas y Pumar, Abrasivos, Cañerías de metal y madera, Art. De librería, Planchas de madera gomas pumar y sacos. De todos los productos existentes en una familia en particular, se calcula y se selecciona un 38% de ellos por medio de *Excel* y su función que permite hacer una elección al azar ($f=aleatorio.entre$), a los cuales se les realiza una disminución de un 20% a sus niveles de stock máximos actuales, permitiendo esto trabajar bajo el supuesto designado.

Al trabajar con la familia Pumar, la cual tiene 27 productos en total, utilizando el supuesto se selecciona el 38% de ellos, el cual corresponde a 11 productos los cuales se pueden apreciar en la **tabla 6.4**. A cada uno de ellos se le realiza una disminución en sus niveles máximos de stock actuales de un 20%, obteniendo de esta forma una disminución en los costos de \$5.530.142.

Tabla 6.4 – Tabla disminución de costos de adquirir un producto, familia Pumar.

Código Material	Descripción Material	PRECIO Unitario (\$)	stock máximo(S)	inventario de seguridad(s)	punto de pedido(Pp)	stock máximo(S) reducido 20 %	stock *precio unitario (\$)	stock reducido *precio unitario (\$)
1 3604	HILO POLIPROPILENO TRENZADO 6 MM DIAMETRO	150.00	607	101	303	121.4	91050	18210
2 5593	CONO ACRILO NITRILO MCP	6.540.00	59	10	29	11.8	385860	77172
3 5598	TIRADOR AC AISI-316 FORMA U 3/8' C/DOBLE PLATINA Y TCAS (SEACHOICE 33601)	4.200.00	100	18	50	100	420000	420000
4 6058	PERFIL PVC TRIANGULAR FLEXICO PI913	2.243.00	300	49	100	300	672900	672900
5 6139	KIT GOMA VALVULA INFLADO DE 3/4"	1.020.00	324	54	162	324	330480	330480
6 6187	JARCIA POLIPROPILENO 16 MM DIAM COLOR NEGRO (3 LINEAS TORCIDAS) TORAMAR	2.200.00	483	80	241	96.6	1062600	212520
7 10219	CAJA PORTA HERRAMIENTA RIMAX MOD.4215-SD	2.868.00	60	7	20	60	172080	172080
8 10445	CINTA NYLON P/FABRICAR CINTURON SEGURIDAD 50 MM NEGRA	595.00	217	36	108	217	129115	129115
9 10473	REMO MADERA COIGUE BARNIZADO 1,5 MTS LARGO	15.700.00	76	13	38	76	1193200	1193200
10 10478	INFLADOR DE PIE BRAVO 10 (WORK)	20.077,55	36	6	24	36	722792	722792
11 10486	OJETILLO AC INOXIDABLE 5 MM	71.00	330	55	165	66	23430	4686
12 10501	TAPA DE GOMA DERECHA PERFIL LARGUERO	1.020.00	120	60	30	120	122400	122400
13 10502	TAPA DE GOMA DERECHA PERFIL CIERRE	1.020.00	132	22	66	132	134640	134640
14 10503	TAPA DE GOMA IZQUIERDA PERFIL CIERRE	1.020.00	128	21	64	128	130560	130560

1		INSIGNIA VALVULA INFLADO BOTE								
5	10511	PUMAR EN PVC	800.00	100	50	50	100	80000	80000	
1		TAPON DE GOMA CON BUJE DE								
6	10512	TECHNYL 40 MM X 43 MM LARGO	4.950.00	57	9	28	57	282150	282150	
1		VALVULA DE QUILLA P/BOTE (CROQUIS								
7	10532	210/03/104)	18.582.00	50	7	30	10	929100	185820	
1		MANILLA DE GOMA NEGRA 'C' ZEBEC								
8	10594	LHD03	7.569.41	120	30	60	120	908329	908329	
1		RDR06 ANILLAS EN "D" DE 50 MM								
9	10599		3.500.00	300	30	100	60	1050000	210000	
2		ADAPTADOR PARA								
0	10616	MANOMETRO/VALVULA ZODIAC	3.468.00	21	4	15	4.2	72828	14566	
2		HILO POLIPROPILENO TRENZADO 2 MM								
1	12822	COLOR NEGRO	80.00	192	32	96	192	15360	15360	
2		REFUERZO NEOPREN 65SH P/ESPEJO								
2	15602	PUMAR 40 X 28 MM X 1MT	8.820.00	70	35	20	14	617400	123480	
2		MANOMETRO 0-1 BAR/15PSI								
3	17355	50MMDIAM/CONEXPOST18NPT	4.370.00	33	6	17	6.6	144210	28842	
2		BOLSO DE ALMACENAJE Y TRANSPORTE								
4	17652	DE BOTE PUMAR 585	139.200.00	18	4	10	3.6	2505600	501120	
2		TAPA DE GOMA IZQUIERDA PERFIL								
5	43417	CIERRE DE POPA	1.020.00	30	15	10	6	30600	6120	
2		TAPA DE GOMA DERECHA PERFIL								
6	43418	CIERRE DE PROA	1.020.00	30	18	10	30	30600	30600	
2		TAPA DE GOMA IZQUIERDA PERFIL								
7	43419	CIERRE DE PROA	1.020.00	30	18	10	30	30600	30600	
								TOTAL (\$)	12.287.884	6.757.742
								Beneficio (\$)	5.530.142	

La disminución por costos de mantenimiento de productos en bodega se puede apreciar en la **tabla 6.5**. Este costo de mantenimiento en bodega hace referencia a los gastos de luz, limpieza de productos y espacio a ocupar por cada uno de ellos y según la información otorgada por ASMAR (V) corresponde a un 15% del precio unitario por producto. Dicho esto y multiplicando el costo de mantenimiento unitario por bodega, por el stock máximo se obtiene el costo de mantenimiento en bodega total. Debido a que el supuesto contempla en la propuesta una reducción de un 20% en el stock máximo actual, se tiene los costos de mantenimiento en bodega que ASMAR (V) tendría en la actualidad versus los costos de la propuesta, los cuales también disminuyen debido a la reducción de los niveles de stock máximos. La diferencia entre ambos costos totales arroja un beneficio de \$829.521, el cual se aprecia en la **tabla 6.5**. Esto se realiza para el 38% de los productos de cada familia seleccionada y el resultado final se puede apreciar en la **tabla 6.6**.

Tabla 6.5 - Tabla disminución por costos de mantenimiento de productos en bodega, familia Pumar.

Código Material	Precio unitario	stock máximo(S)	stock máximo(S) reducido 20 %	costo unitario de mantener en bodega (\$)	costo total mantener bodega ASMAR (\$)	costo total mantener bodega propuesta (\$)
3604	150,00	607	121,4	22,5	13657,5	2731,5
5593	6.540,00	59	11,8	981	57879	11575,8
5598	4.200,00	100	100	630	63000	63000
6058	2.243,00	300	300	336,45	100935	100935
6139	1.020,00	324	324	153	49572	49572
6187	2.200,00	483	96,6	330	159390	31878
10219	2.868,00	60	60	430,2	25812	25812
10445	595,00	217	217	89,25	19367,25	19367,25
10473	15.700,00	76	76	2355	178980	178980
10478	20.077,55	36	36	3011,6325	108418,77	108418,77
10486	71,00	330	66	10,65	3514,5	702,9
10501	1.020,00	120	120	153	18360	18360
10502	1.020,00	132	132	153	20196	20196
10503	1.020,00	128	128	153	19584	19584
10511	800,00	100	100	120	12000	12000
10512	4.950,00	57	57	742,5	42322,5	42322,5
10532	18.582,00	50	10	2787,3	139365	27873
10594	7.569,41	120	120	1135,4115	136249,38	136249,38
10599	3.500,00	300	60	525	157500	31500
10616	3.468,00	21	4,2	520,2	10924,2	2184,84
12822	80,00	192	192	12	2304	2304
15602	8.820,00	70	14	1323	92610	18522
17355	4.370,00	33	6,6	655,5	21631,5	4326,3
17652	139.200	18	3,6	20880	375840	75168
43417	1.020,00	30	6	153	4590	918
43418	1.020,00	30	30	153	4590	4590
43419	1.020,00	30	30	153	4590	4590
Total (\$)					1.843.182,6	1.013.661,24
Beneficio (\$)					829.521,36	

A continuación se muestran los beneficios obtenido bajo el supuesto utilizado. En las **tablas 6.6** y **6.7** encontramos los ahorros por concepto de costos de adquirir un producto (disminución de niveles de stock máximo) y de costos por mantener productos en bodega.

Tabla 6.6 - Tabla de disminución por costo de adquirir un producto por familia.

Grupos	Beneficio por disminución de niveles de stock máximo.
Cañerías de metal y madera	689.968
Art. librería	1.076.926
Pumar	5.530.142
Fibras	1.106.237
Planchas	2.330.944
Abrasivos	447.703
Art. De seguridad	1.450.949
Productos químicos	763.581
Total (\$)	13.396.450

Tabla 6.7 – Tabla de disminución por costo de mantener productos en bodega por familias.

Grupo	Ahorro por mantenimiento de productos en bodega.
Cañerías de metal y madera	103.495
Art. librería	171.158
Pumar	829.521
Fibra	165.936
Planchas	349.642
Abrasivos	67.155
Art. Seguridad	217.642
Productos químicos	114.537
Total (\$)	2.019.087

Se debe tener en consideración el supuesto planteado y a la vez suponer que la compra o adquisición de productos se realiza para todas las existencias de las distintas familias presentes en ASMAR (V) en un mismo período de tiempo, para de esta manera traer al presente la disminución de costos que se generará a largo plazo. Finalmente el beneficio total generado por ambos conceptos corresponde a \$15.415.537.

6.2.2 Costos de puesta en marcha de la propuesta.

En este punto se determinarán los costos necesarios para dar comienzo a la puesta en marcha de la propuesta planteada, de manera de establecer el tiempo que conllevará la realización del proyecto en estudio, además de los costos asociados a las remuneraciones de aquellos profesionales que se encarguen de llevar a cabo el proyecto. De la misma forma se contemplarán aquellos costos fijos por concepto de software y licencias necesarias para los estudios a realizar.

El horizonte de tiempo en que se llevará a cabo el proyecto es de aproximadamente 3 meses. Éste será desarrollado por dos Ingenieros Civiles Industriales, donde cada uno de ellos trabajará 9 horas diarias de lunes a viernes, permitiendo esto cumplir con las 45 horas semanales legalmente establecidas por la Dirección del Trabajo, por un período de 3 meses. En la **fig. 6.4** se observa la carta Gantt de este proyecto, donde se muestran a diario las actividades a realizar en dicho período.

Los ingenieros que llevarán a cabo el proyecto tendrán una remuneración de \$840.000 bruto mensual cada uno de ellos, por 3 meses. Este monto corresponde a un costo total por remuneración de \$5.040.000 el cual debe ser incorporado a la empresa como gasto de puesta en marcha.

Por otro lado será necesaria la utilización del software Minitab para la puesta en marcha del proyecto, el cual permitirá la realización de los análisis estadísticos y pronósticos de las demandas. La licencia de este software tiene un costo anual de \$1.095.791, el cual será el valor de la inversión inicial para poner en marcha el proyecto.

Finalmente el costo que la empresa tendrá que pagar para la implementación de la propuesta será de un monto de \$6.135.791.

Sabiendo entonces que al disminuir los niveles de stock máximos se puede obtener una disminución de costos por adquirir y mantener productos en bodega de \$15.415.537 y sabiendo también que la empresa debe incurrir en gastos de puesta en marcha e inversión inicial de \$6.135.791, el beneficio que ésta obtendría si decidiera implementar la propuesta sería de \$9.280.466.

Para dimensionar el tiempo en que se absorberá la inversión inicial se debe tener en cuenta que no todos los productos se piden a la misma vez, ni tampoco una vez al año, por lo que se asigna como horizonte de tiempo un año desde que se realiza la puesta en marcha del proyecto. Tomando en cuenta el beneficio anteriormente calculado y sabiendo que de cada producto se realizan en promedio 4 pedidos al año, el beneficio que la empresa podría obtener anualmente, luego de recuperar la inversión inicial, sería de \$55.000.000 aproximadamente. Dicho lo anterior se piensa que la empresa podría absorber la inversión inicial en aproximadamente 6 meses, sin contar los 3 meses en que se llevará a cabo el proyecto, para luego de esto sólo obtener beneficios. Al noveno mes desde que se pone en marcha el proyecto la empresa podría recuperar la inversión inicial y los costos por concepto de remuneración y a su vez obtener un beneficio de \$9.000.000 aproximadamente.

Tabla 6.8 - Tabla de medición de periodo de recuperación de la inversión.

MESES	mes 0	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9
INVERSION INICIAL (LICENCIA)	-1.095.071	-	-	-	-	-	-	-	-	-
REMUNERACIÓN	-	-1.680.000	-1.680.000	-1.680.000	-	-	-	-	-	-
DISMINUCIÓN X COSTO DE ADQUIRIR PRODUCTOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.396.450
DISMINUCIÓN X COSTOS DE MANTENER PRODUCTOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.019.087
TOTAL	-1.095.071	-1.680.000	-1.680.000	-1.680.000	-	-	-	-	-	15.415.537
BENEFICIO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 9.280.466

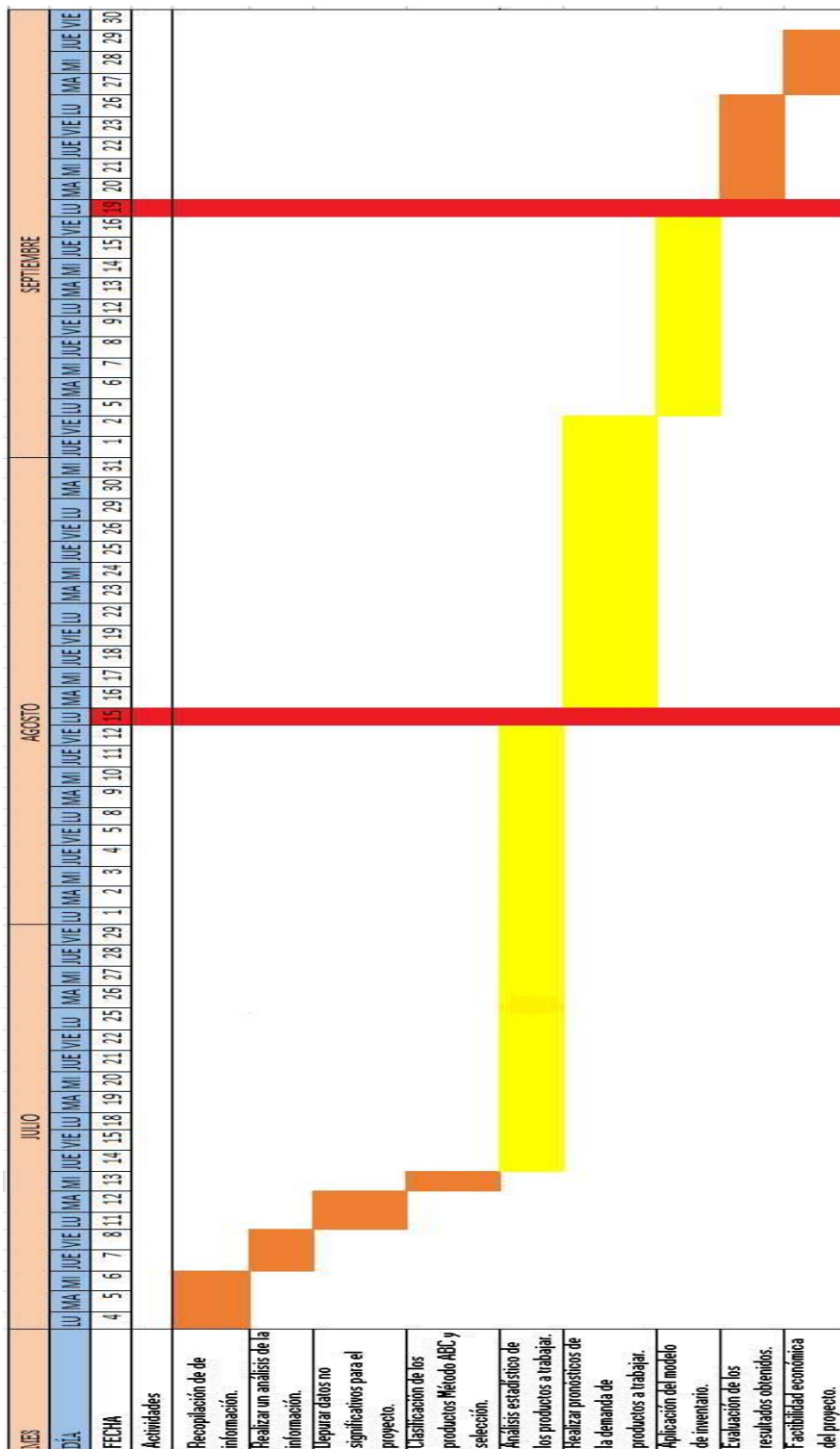


Figura 6.4.- Carta Gantt de implementación de la propuesta.

Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones.

Por medio de este trabajo de título se puede ver que existe la posibilidad de dar respuesta a la problemática existente en ASMAR (V), el cual permitiría un manejo más eficiente del inventario, dando hincapié en que se debe hacer un análisis detenido al comportamiento de los consumos de cada producto, integrando las variables que le afectan, para de esta forma darle una lógica matemática a la generación de los niveles de *stock*, y tener un modelo de gestión de inventario cuantitativo con parámetros establecidos. Dicha lógica utilizada se centra en la existencia de parámetros y variables claramente definidos mediante la propuesta, como lo son el *lead time*, demanda promedio, período de revisión y desviación cuadrática del error medio de pronóstico, los cuales tienen una estrecha relación con los comportamientos de los datos a la hora de generar los niveles de stock.

Mediante el trabajo de análisis se logra obtener diferentes resultados que permiten visualizar que ASMAR (V) debe gestionar sus inventarios con modelos cuantitativos previamente establecidos, para de esta forma tener una respuesta lógica a los comportamientos que presentan las demandas aleatorias de sus productos. Dentro de los resultados obtenidos se encuentra en primera instancia la disminución de los niveles de *stock*, lo cual trae como consecuencia un ahorro económico en sus costos de adquirir los productos, permitiendo esto que ASMAR (V) cuente sólo con existencias netamente necesarias para sus labores. Por otro lado se logra también disminuir los quiebres de *stock* en ciertos productos, lo que conlleva a que exista un aumento del nivel de servicio, permitiendo esto que exista también una disminución en la cantidad de retrasos de tareas que ejecuta la empresa. Sin embargo para que ocurra esta situación los niveles de stock deben aumentar, por ende es difícil que la empresa acepte esto debido a que aumentarían los costos de adquirir un producto y los de mantener en bodega. Los niveles de stock de un producto están completamente asociados entre sí, es por esto que si se logra disminuir sus niveles, se logra por consecuencia disminuir el sobre-*stock* de productos, permitiendo así eliminar gran cantidad de productos inmovilizados dentro de la empresa.

Al darle un fundamento lógico a la propuesta planteada, se puede observar que la forma que hoy en día tiene ASMAR (V) para gestionar sus inventarios, se basa solamente en la práctica constante de realizar análisis de los consumos de cada producto, para de esta forma generar sus propios niveles de stock en base al historial que se tiene de éste. Esta forma de trabajo implica no tener en cuenta las diferentes variables que forman parte del comportamiento de los consumos, además de ingresar los niveles de stock al software de la empresa, el cual no recibe ninguna actualización una vez ingresados éstos. De esta forma surge la siguiente interrogante: ¿Los niveles de *stock* de la propuesta son acordes a los requerimientos internos de la empresa? ¿Cuál es la ventaja del modelo propuesto? Para dar respuesta a esto, se debe hacer hincapié en la problemática, la cual indica que la empresa no cuenta con un respaldo lógico o un análisis matemático para la obtención de los niveles óptimos. Es por esto que los resultados obtenidos en esta investigación se respaldan por medio de un estudio, análisis y comprensión del comportamiento de las diferentes variables que interactúan en el manejo del inventario, además de generar un impacto positivo en la

disminución de inventarios, satisfacción al cliente y disminución de costos. En este último caso se pudo determinar bajo un supuesto, diversas disminuciones de costos que puede obtener la empresa si logra disminuir los stock máximos de al menos un 20%. Sabiendo esto, se obtiene que el monto total a obtener por medio de esta disminución de costos llegaría a ser de \$15.415.537 y por conceptos de remuneraciones y licencias de software la empresa debe incurrir en gastos de puesta en marcha de un monto total de \$ 6.135.791, permitiendo esto que la empresa obtenga un beneficio de \$9.000.000 aproximadamente. Con estos resultados se puede afirmar que la empresa podría obtener un beneficio anual de aproximadamente \$37.000.000, recuperando la inversión inicial en aproximadamente 9 meses desde que se pone en marcha el proyecto. Finalmente se afirma que es necesaria la implementación de un modelo de inventario que planifique y controle los niveles de stock, permitiendo dimensionar el comportamiento de los productos y a su vez obtener niveles óptimos de stock que permitan obtener algún beneficio dentro de la empresa.

A modo de recomendación ASMAR debería actualizar sus niveles de stock anualmente. En esta etapa de actualización, se debe aplicar nuevamente el modelo propuesto a los productos seleccionados, pues se tiene conocimientos que la demanda posee un comportamiento variable que podría afectar directamente los niveles óptimos de inventario. Es por este motivo que a su vez se recomienda tomar 2 años de datos históricos de la demanda para llevar a cabo este proceso.

Anexos.

Anexo A – Extracto identificación productos inmovilizados en almacenes de ASMAR (V).

Código	Descripción Material	U.M.	Última Salida	Cantidad	Valor Unitario	Total
52	ACE SAE 1045 RED 279,40 MM (11')	KG	02-08-13	488	\$ 700	\$ 341.600
53	ACE SAE 1045 RED 304,80 MM (12')	KG	06-02-14	291,2	\$ 638	\$ 185.786
58	ACE COM CUAD 50,80 MM (2')	KG	23-05-13	230,6	\$ 769	\$ 177.331
100	ACE ASTM A36 PLCH 25,00 MM ESP	KG	25-07-13	50	\$ 791	\$ 39.550
146	ACE A37-24ES ANG 5 X 50 X 50 MM	MT	01-02-12	12	\$ 24600	\$ 295.200
391	AMARRA CABLE 300 MM (COLOR BLANCA)	NR	27-11-12	500	\$ 10	\$ 5.000
450	DUROCOTON PLANCHA 1,00 MM ESP	KG	21-03-11	2,595	\$ 8.551	\$ 22.189
453	DUROCOTON PLANCHA 4,00 MM ESP. (5/32')	KG	09-11-12	8	\$ 5.055	\$ 40.443
485	PAPEL PRESHPAN PLCH 1,00 MM	NR	09-09-11	2	\$ 8.191	\$ 16.382
487	PERTINAX PLANCHA 1/16' ESP	KG	08-06-12	2	\$ 3.923	\$ 7.847
518	TRIFLEXIL 1 MT ANCHO 0,23 MM ESP	M2	23-05-13	22,7	\$ 4.231	\$ 96.033
541	TUBO TERYLENE BARNIZADO C/ACRILICO 1,5 MM	MT	22-10-13	9,2	\$ 212	\$ 1.950
543	TUBO TERYLENE BARNIZADO C/ACRILICO 3,0 MM	MT	22-10-13	22,34	\$ 260	\$ 5.808
752	CINTA DE TELA MULTIUSO YR-3939 2' X 60 MT 3M 1270682	RL	06-07-11	12	\$ 6.413	\$ 76.956
913	TAPA MAGIC NUVA TICINO 503NU/98ARN (CIEGA)	NR	03-02-03	16	\$ 765	\$ 12.240
1021	ENCHUFE HEMBRA 3P+T+N 32 AMP	NR	23-01-13	1	\$ 11.735	\$ 11.735
1351	ALAMBRE 2LTT 2,59 MM 10 AWG	KG	23-05-13	38,4	\$ 5.800	\$ 222.720
1353	ALAMBRE 2LTT 1,63 MM 14 AWG	KG	01-07-11	22,2	\$ 6.900	\$ 153.180
1387	CABLE OLFLEX-110 12 X 1,5 MM2	MT	15-06-12	25	\$ 1.502	\$ 37.550
1573	LUZ DE NAVEGACION ESTELA POPA 12-24 V 25 W DHR 70	NR	10-05-10	2	\$ 7.500	\$ 15.000
1601	PLAFONIER RECTANGULAR 12 V (65 X 95 MM)	NR	29-11-07	1	\$ 39.800	\$ 39.800
1645	SENSOR DE TEMPERATURA PT-100 C/ CABEZAL	NR	15-12-11	7	\$ 23.000	\$ 161.000
1791	CAPACITOR PORCELANA 12PF 500V 5% (N/P) 28753-047-01	NR	19-03-14	19	\$ 11.766	\$ 223.561
1794	CAPACITOR PORCELANA 3,9PF 500V 0,25%(N/P) 28753-035-04	NR	20-03-13	15	\$ 12.772	\$ 191.580
1795	CAPACITOR PORCELANA 22PF 500V 2% (N/P) 28753-053-02	NR	19-03-14	9	\$ 18.907	\$ 170.160
1798	CAPACITOR PORCELANA 5,6PF 500V 0,25%(N/P) 28753-039-04	NR	20-03-13	20	\$ 11.062	\$ 221.248
1800	CAPACITOR PORCELANA 2,2PF 500V 0,25%(N/P) 28753-029-04	NR	20-03-13	13	\$ 13.476	\$ 175.188
1801	CAPACITOR PORCELANA 6,8PF 500V 0,25%(N/P) 28753-041-04	NR	18-03-14	7	\$ 14.582	\$ 102.076
1802	CAPACITOR PORCELANA 3,3PF 500V 0,25%(N/P) 28753-033-04	NR	19-03-14	9	\$ 16.594	\$ 149.342
1844	RESISTENCIA 100 OHMS 2,5W 5% (N/P) 28161-073-01	NR	23-09-13	14	\$ 2.078	\$ 29.097
1877	DIODO MBRD360 SCHOTTKY (N/P 294-800752-001)	NR	23-09-13	16	\$ 4.131	\$ 66.098
2298	INDICADOR T° ACEITE 60-200	NR	09-03-11	4	\$ 35.920	\$ 143.681
2300	INDICADOR PRESION DE ACEITE VDO CON EMISOR 0-5 BAR	NR	28-09-10	1	\$ 120.970	\$ 120.970
2339	PILA 1,5 V TAM GRANDE ALCALINAS (D)	NR	18-03-14	8	\$ 814	\$ 6.512
2464	INDICADOR DE COMBUSTIBLE 24 V 52 MM DIAM PRIME US-027	NR	12-07-11	2	\$ 59.800	\$ 119.600
3021	SOBRE OFICIO MATTE 80 MIC/07 P/MAQ LAMINADORA	NR	07-01-14	35	\$ 226	\$ 7.910
3061	PLUMONES P/PIZARRA PLASTICA (PILOT) AZUL	NR	08-03-13	22	\$ 662	\$ 14.564

Anexo B – Extracto productos con consumo constante e irregulares.

Extracto productos con consumo "constante"												
Cód. Productos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic
146	24	54	80,53		30	111	126	12	42	189	24	24
391	700	200	580	300	200	220	1484	400		850	1150	230
737	27	10	14	20	16	37	14	19	21	39	19	9
752	12	22	14	36	16	16	31	17	17	24	33	20
2322	25	5	18	4	10	12	12	18	4	19	20	9
2335	138	24	44	117	68	56	56	105	32	53	61	88
2339	28	6	17	12	17	4	15	11	12	18	30	18
3040		11	170	149	100	240	160	20	275	405	620	20
3102	3	16	81	21	56	24	22	35	12	7	20	6
3121	14	20	25	12	16	27	17	11	24	14	26	17
3148	30	15	28	31	40	48	14	50	42	39	81	39
3329	300	31	200	290	450	350	150	670	20	300	100	500
5312	258	33	88	168	85	123	36	136	112,5	90,7	119	96
6793	11	3	20	12	18	15	4	12	7	20	11	14
7012	56	38	22	38	34	16	18	18	46	47	32	22
8187	264	167	398	591	312	498	502	195	354	140	65	108
9734	3156	1771	1914	5258	8805,5	5777	8518	6775	8624	4903	3370,92	2588
15602	24	24	25	12	18	16	34	12	16	18	25	4
22774	336	280	463	415	360	335	380	265	255	286	315	210
42843	10	9	42	15	18	17	30	17	39	9	25	5
69827	8	14	23	28	40	16	47	24	20	38	23	33

Anexo B- Extracto productos con consumos constantes e irregulares.

Extracto productos con consumo "aleatorio"												
Cód. Productos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
735	5			7	1	5	1			8		1
2994	1	2	2	1		1	2		3			
3044			1	10		1	4	1	14		10	
3057	6	2	1	1	1	3		1	6	8	1	10
3141	13	1	5		1			1	1	1		1
3373		2	2	2					2	3	1	
3509	4	2	2	1	2		2		1		3	4
5099			3	1	6	5		4	2	6		
5370	8,97	1	1			1	1	3,5			1,4	
6491			9		7		4					
6881	2		1	2	2	1	2	1	4	1	2	
7131				1	3	1	3		4	2	7	
7337	6		30	100			30	90				
8417		20	10					20	36			
10466	4	2	4	2	2	2			1	4	1	
10527		4	8	12	14				6			36
10968	5	3	1	4	1	2	3	8			1	3
14252	1	1	2	5	1	1	4	2	4	3	3	9
15272	21	12	28			2	11					
17823	6	2	2	3		1	1	2	1		3	4
21242		8	10				20		21			10

Anexo C – Clasificación ABC por familias.

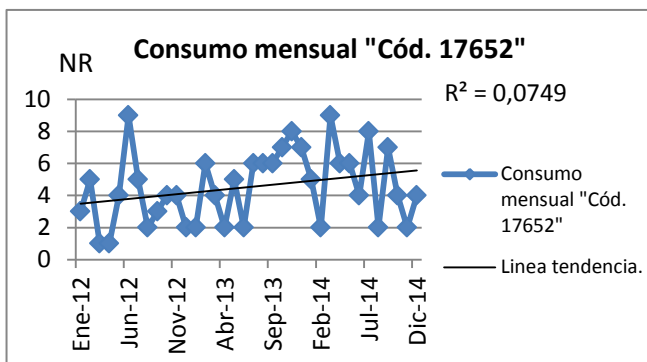
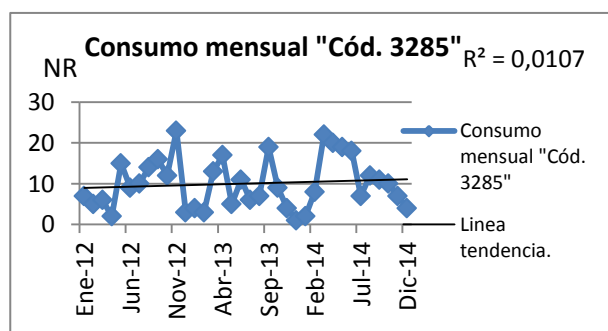
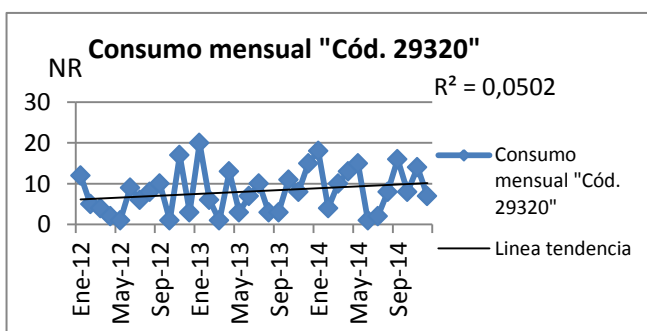
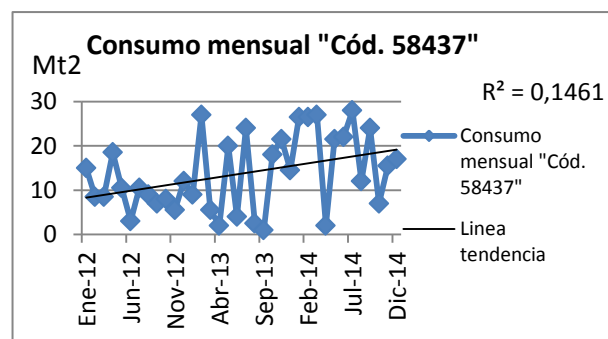
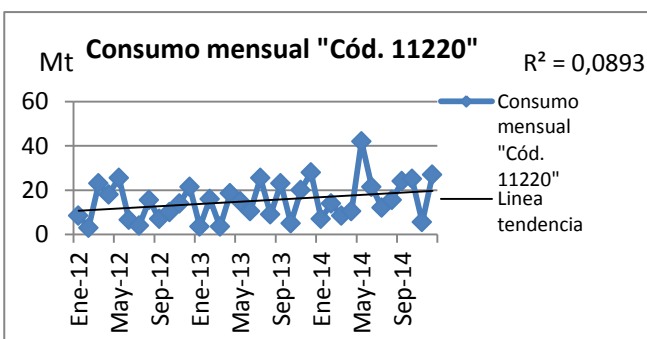
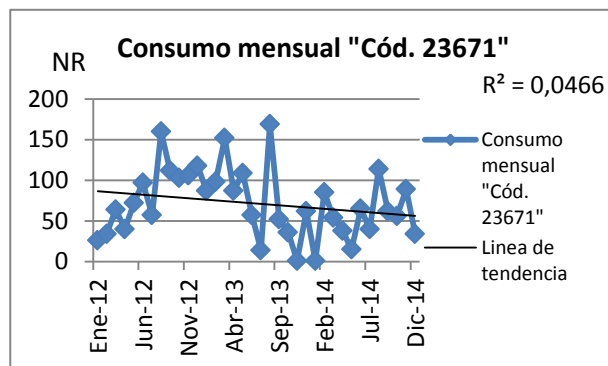
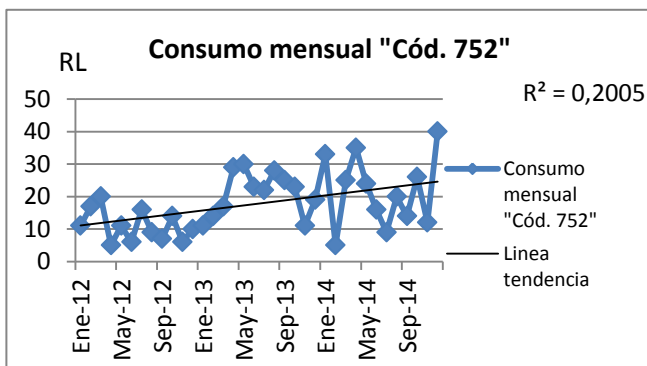
A- Clasificación según el promedio *lead time*

Familia	Promedio <i>lead time</i>	f	F	Clasificación	impacto
Perfil aluminio.	68,56382523	21,83%	21,83%	A	3
Fibras, cerámicas y pumar.	34,96544136	11,13%	32,97%	A	3
Planchas de maderas, gomas pumar y sacos.	27,89641905	8,88%	41,85%	A	3
Pumar.	23,91990052	7,62%	49,47%	A	3
Art de seguridad.	19,31420101	6,15%	55,62%	A	3
Productos químicos.	17,84063665	5,68%	61,30%	A	3
Paños y toallas de limpieza.	17,08042779	5,44%	66,74%	A	3
Art. Librería.	16,79277175	5,35%	72,08%	A	3
Cañerías de metal y maderas.	16,42988241	5,23%	77,32%	A	3
Abrasivos.	12,99160646	4,14%	81,45%	B	2
Flanges.	12,71255594	4,05%	85,50%	B	2
Elementos de sujeción.	12,59667819	4,01%	89,51%	B	2
Art. buceo, herramientas menores y repuestos.	11,60796165	3,70%	93,21%	B	2
Art. Eléctricos.	10,74391239	3,42%	96,63%	C	1
Soldaduras.	10,58327125	3,37%	100,00%	C	1

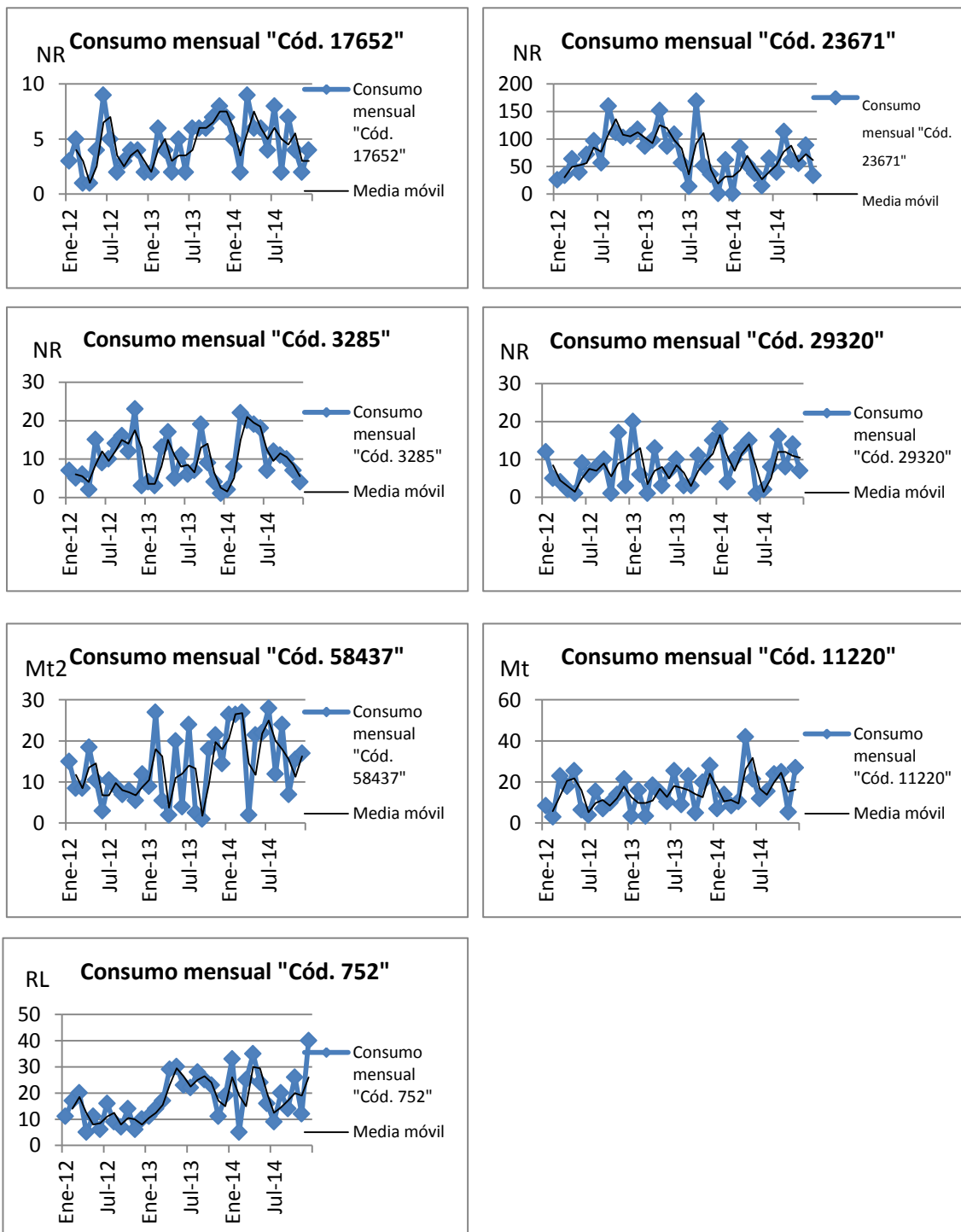
B- Clasificación según costo

Familia	Costo de la familia	f	F	Clasificación	Impacto costo unitario.
Art. de seguridad.	344.503,60	23,43%	23,4%	A	3
Productos químicos.	342.970,12	23,32%	46,8%	A	3
Pumar.	256006,96	17,41%	64,2%	A	3
Fibras, cerámicas y pumar.	90344,42	6,14%	70,3%	A	3
Abrasivos.	89.403,06	6,08%	76,4%	A	3
Cañerías de metal y maderas.	76024,6	5,17%	81,6%	B	2
Art librería.	74003,37	5,03%	86,6%	B	2
Art. buceo, herramientas menores y repuestos.	70.680,86	4,81%	91,4%	B	2
Planchas de maderas, gomas pumar y sacos.	42.251,29	2,87%	94,3%	B	2
Elementos de sujeción.	27575,66	1,88%	96,1%	C	1
Soldaduras.	17387,58	1,18%	97,3%	C	1
Art. Eléctricos.	14.731,00	1,00%	98,3%	C	1
Perfil aluminio.	10619,16	0,72%	99,0%	C	1
Paños y toallas de limpieza.	7291	0,50%	99,5%	C	1
Flanges.	6719,38	0,46%	100,0%	C	1

Anexo D- Análisis de tendencia de las demandas, productos seleccionados.



Anexo E — Análisis de media móvil para la demanda de los productos seleccionados.

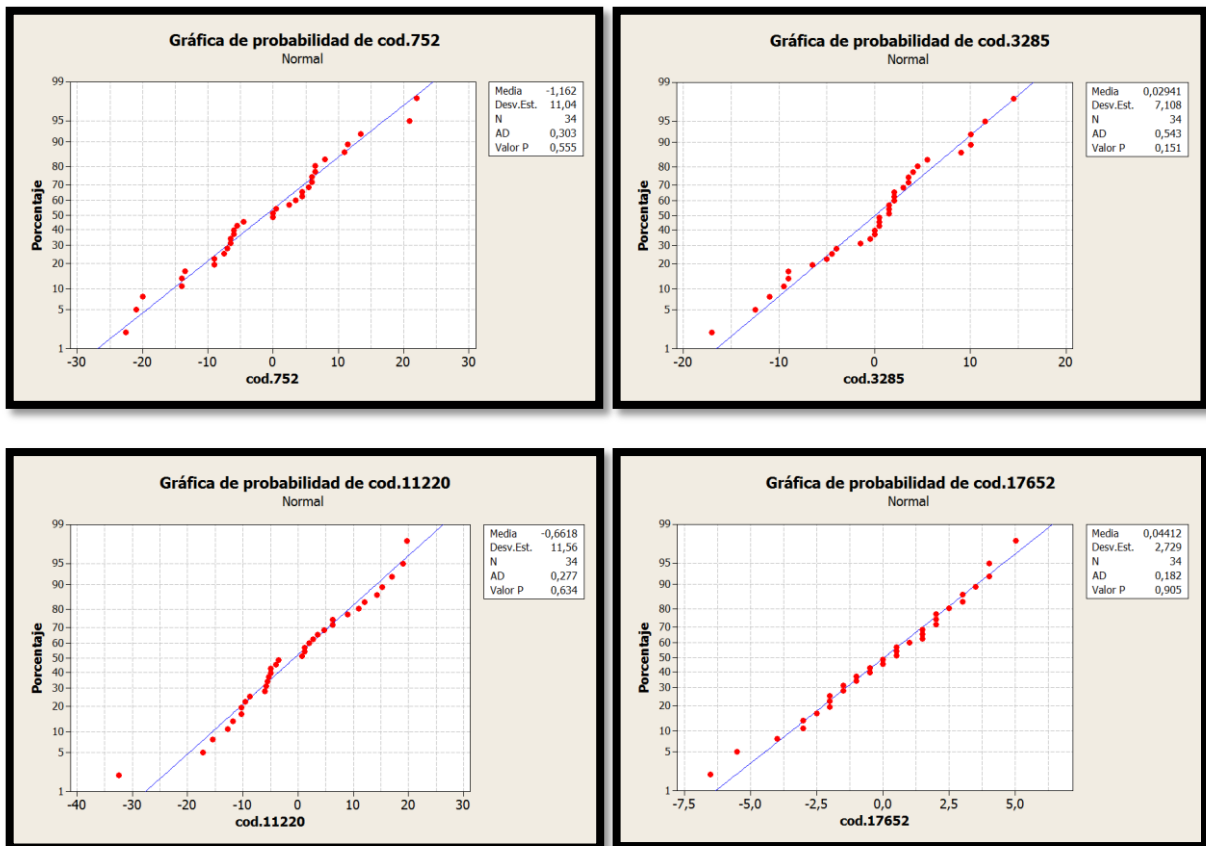


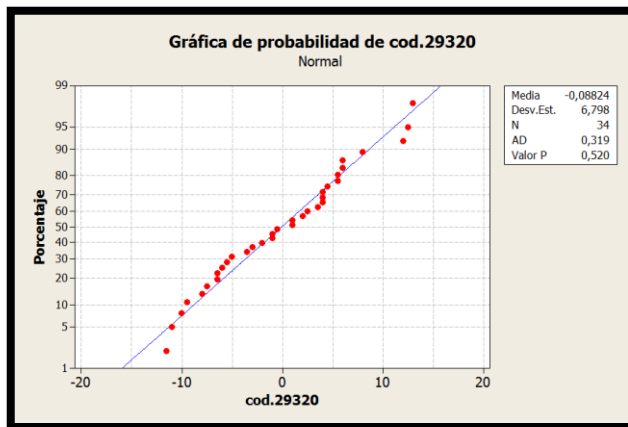
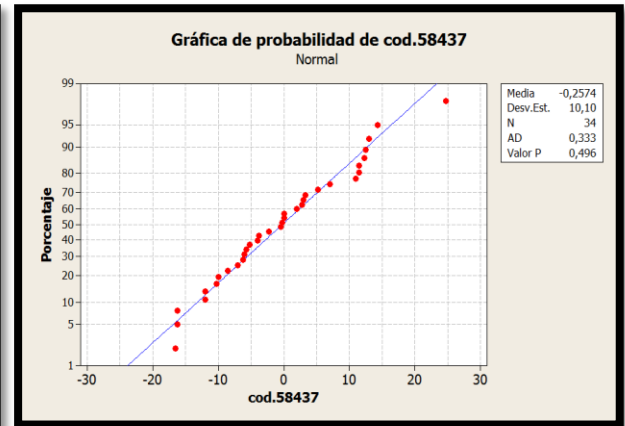
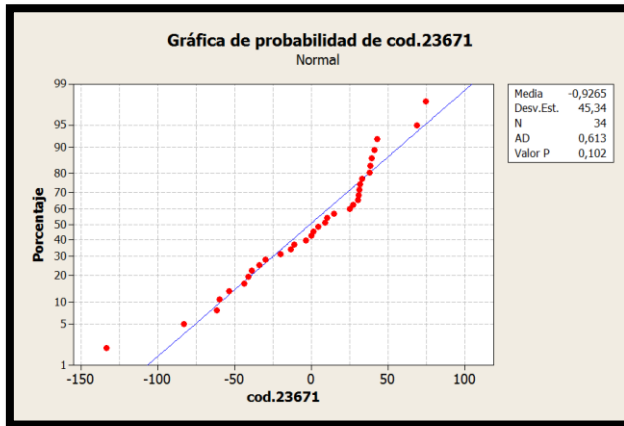
Anexo E. Resultados de test de Durbin Watson.

Tabla resumen: resultados de test de Durbin Watson realizado en Minitab.

Código	DL	Du	Test estadístico	Resultado	Observación
752	1,393	1,514	2,16217	Du < 2,16217	Nula correlación
3285	1,393	1,514	1,78123	Du < 1,78123	Nula correlación
11220	1,393	1,514	2,34518	Du < 3,34518	Nula correlación
17652	1,393	1,514	2,16565	Du < 2,16565	Nula correlación
23671	1,393	1,514	2,51124	Du < 2,51124	Nula correlación
29320	1,393	1,514	2,5169	Du < 2,5169	Nula correlación
58437	1,393	1,514	2,47136	Du < 2,47136	Nula correlación

Anexo F: Resultado de análisis de normalidad de los residuos: Donde se identifican los valores p, que demuestran la que los residuos presentan una distribución normal.

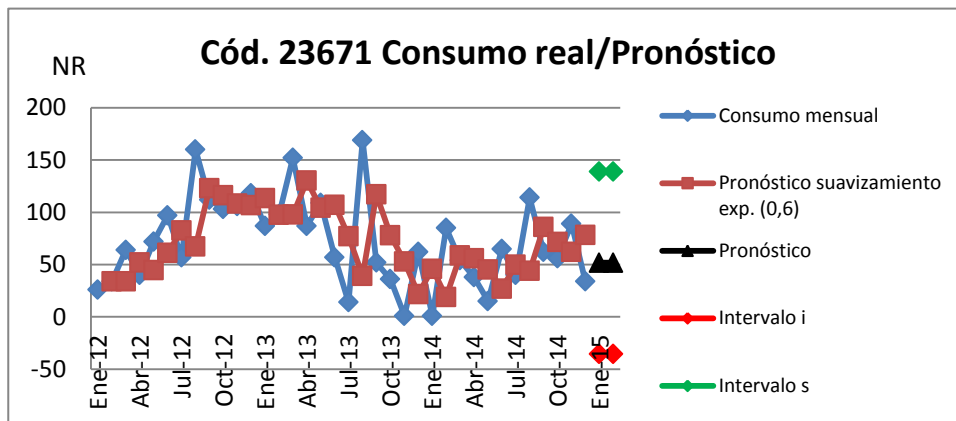




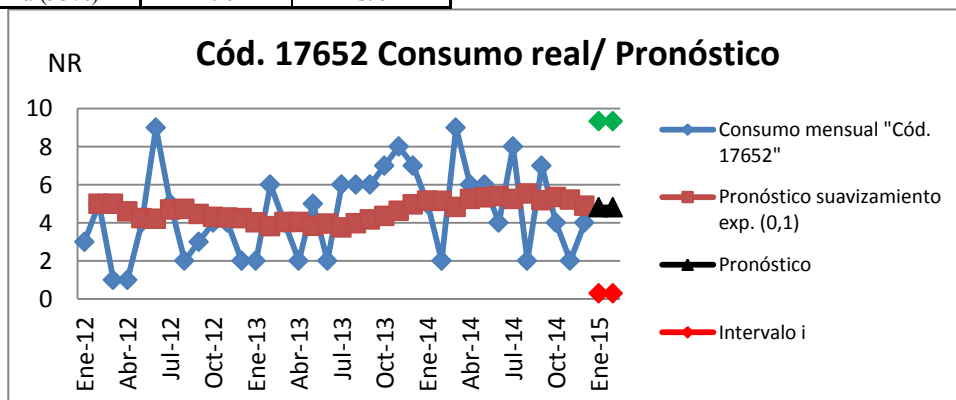
Fuente: Elaborado en software Minitab.

Anexo F – Análisis de selección de pronóstico.

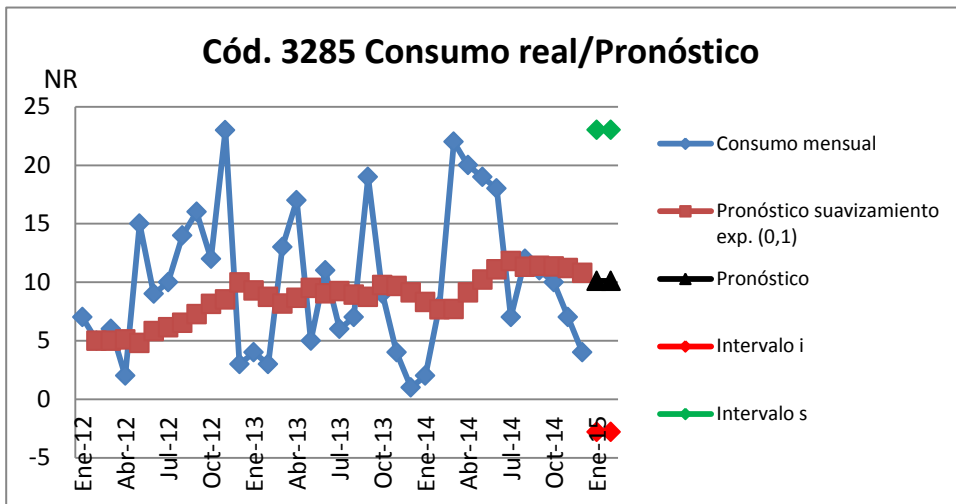
	Código 23671	
	MAD	MSE
Promedio Móvil	35,8970588	1996,09559
Suavizamiento Exponencial (0,1)	35,3980285	2005,71555
Suavizamiento Exponencial (0,6)	34,981675	1985,77147
Suavizamiento exponencial (0,9)	40,82316	2609,5393
Intervalos de confianza (95%)	Ii: -36	Is: 139



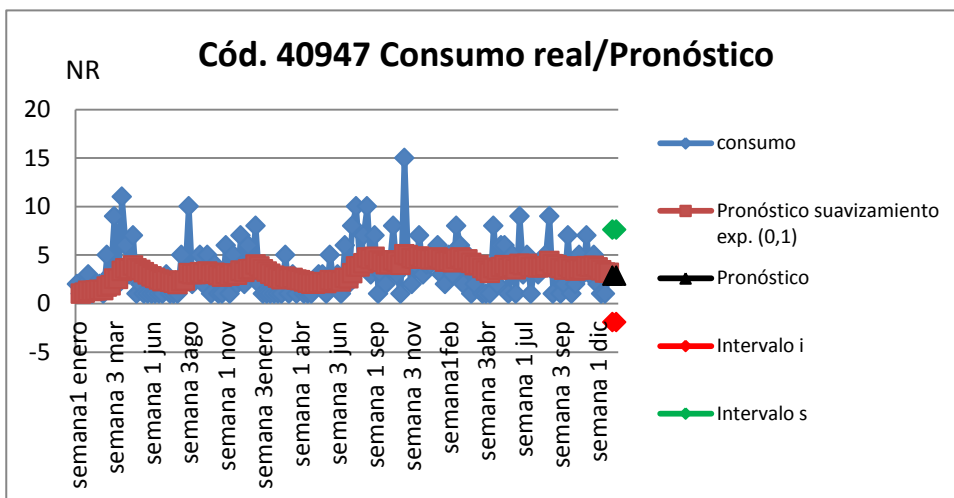
	Código 17652	
	MAD	MSE
Promedio Móvil	2,19117647	7,22794118
Suaviza-miento Exponencial (0,1)	1,92417466	5,32715857
Suaviza-miento Exponencial (0,6)	2,09173087	6,62365884
Suavizamiento exponencial (0,9)	2,31107	8,18334
Intervalos de confianza (95%)	Ii: 0	Is: 9



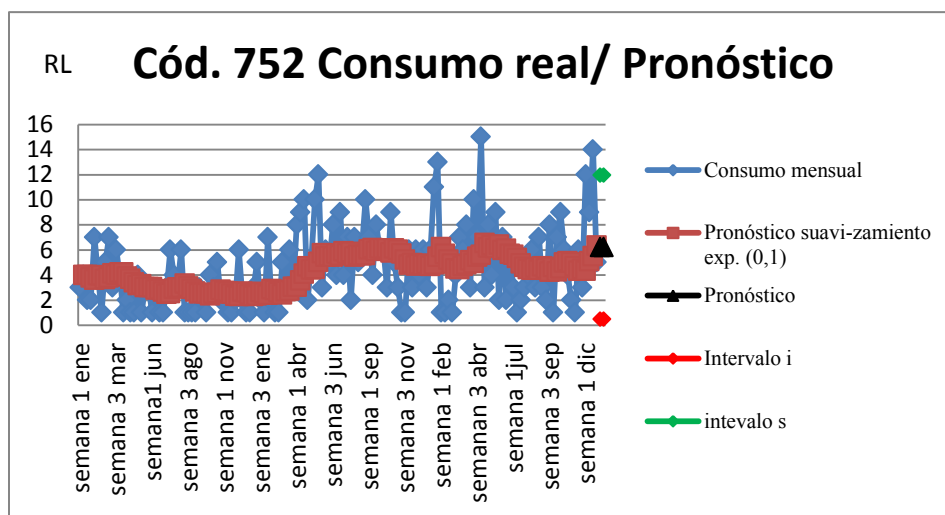
Código 3285		
	MAD	MSE
Promedio Móvil	5,32352941	49,0441176
Suavizamiento Exponencial (0,1)	5,40483836	43,3613218
Suavizamiento Exponencial (0,6)	5,0285127	44,1598677
Suavizamiento exponencial (0,9)	5,09278	48,31229
Intervalos de confianza (95%)	Ii: -3	Is: 23



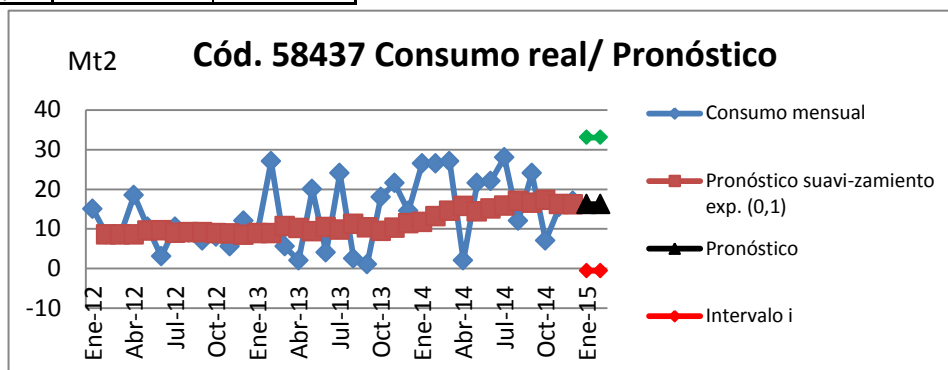
Código 40947		
	MAD	MSE
Promedio Móvil	2,18661972	8,78697183
Suavizamiento Exponencial (0,1)	1,8910338	5,93057052
Suavizamiento Exponencial (0,6)	2,32065782	9,27230618
Suavizamiento exponencial (0,9)	2,670980	12,4668
Intervalos de confianza (95%)	Ii: -2	Is: 8



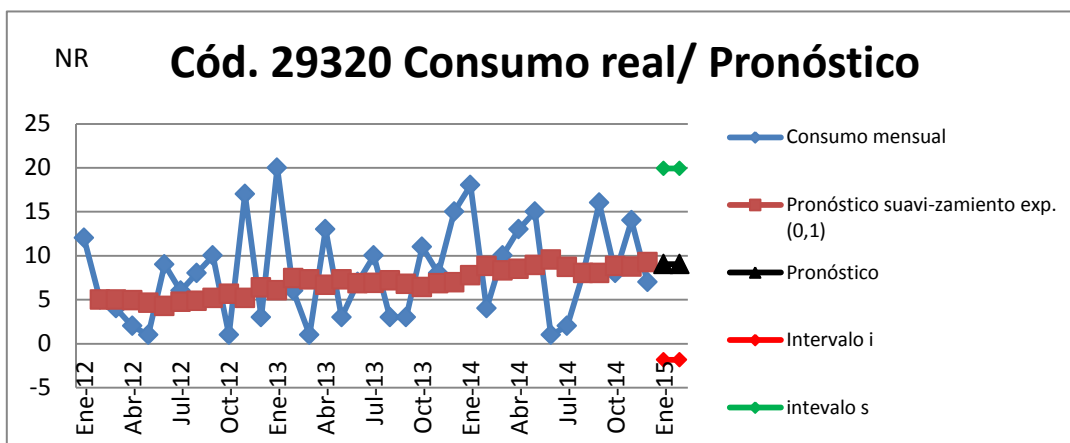
	Código 752	
	MAD	MSE
Promedio Móvil	2,48943662	10,0897887
Suavizamiento Exponencial (0,1)	2,30442392	8,57147706
Suavizamiento Exponencial (0,6)	2,57399722	10,203862
Suavizamiento exponencial (0,9)	2,8664	12,7938
Intervalos de confianza (95%)	Ii: 0	Is: 12



	Código 58437	
	MAD	MSE
Promedio Móvil	8,13970588	222,439338
Suavizamiento Exponencial (0,1)	7,00016824	73,7516725
Suavizamiento Exponencial (0,6)	8,16709129	97,8334464
Suavizamiento exponencial (0,9)	8,9895	129,0146
Intervalos de confianza (95%)	Ii: -0,60	Is: 33,07



	Código 29320	
	MAD	MSE
Promedio Móvil	5,67647059	44,8676471
Suavizamiento Exponencial (0,1)	4,50104214	30,8279967
Suavizamiento Exponencial (0,6)	5,42634245	43,5094335
Suavizamiento exponencial (0,9)	6,1554	58,01374
Intervalos de confianza (95%)	Ii: -2	Is: 20



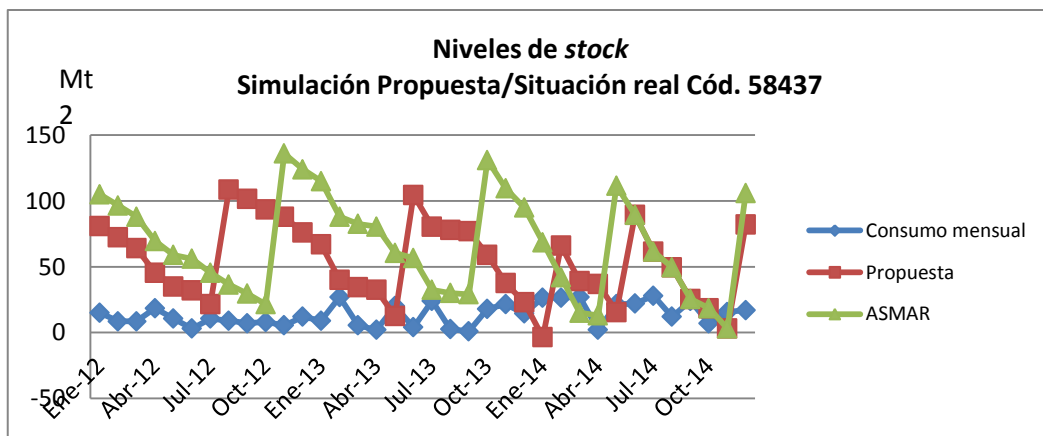
Anexo G – Resultado de los niveles de stock de la propuesta para los productos seleccionado.

Cód. 752	
s	11
Pp	16
S	29
Cód. 3285	
s	17
Pp	27
S	41
Cód. 17652	
s	7
Pp	11
S	21
Cód. 23671	
s	134
Pp	205
S	369
Cód. 29320	
s	12
Pp	21
S	28
Cód. 40947	
s	7
Pp	10
S	20
Cód. 58437	
s	31
Pp	45
S	96

Anexo H – Resultados del proceso de simulación y evaluación.

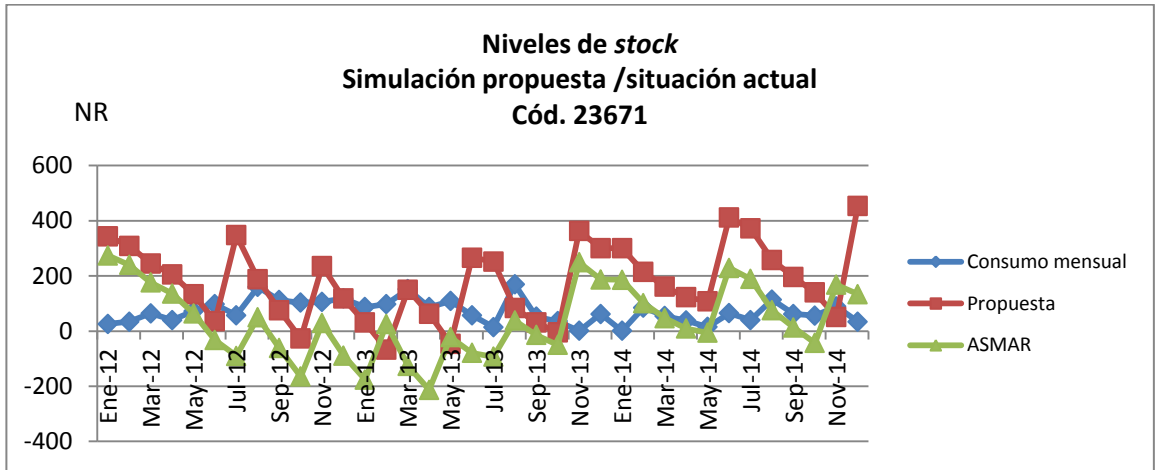
🚩 Código 58437 situación N° 1

Niveles de propuesta		Niveles de ASMAR	
s	31	s	15
Pp	45	Pp	45
S	96	S	120
N° quiebres <i>stock</i>	1	N° quiebres <i>stock</i>	0



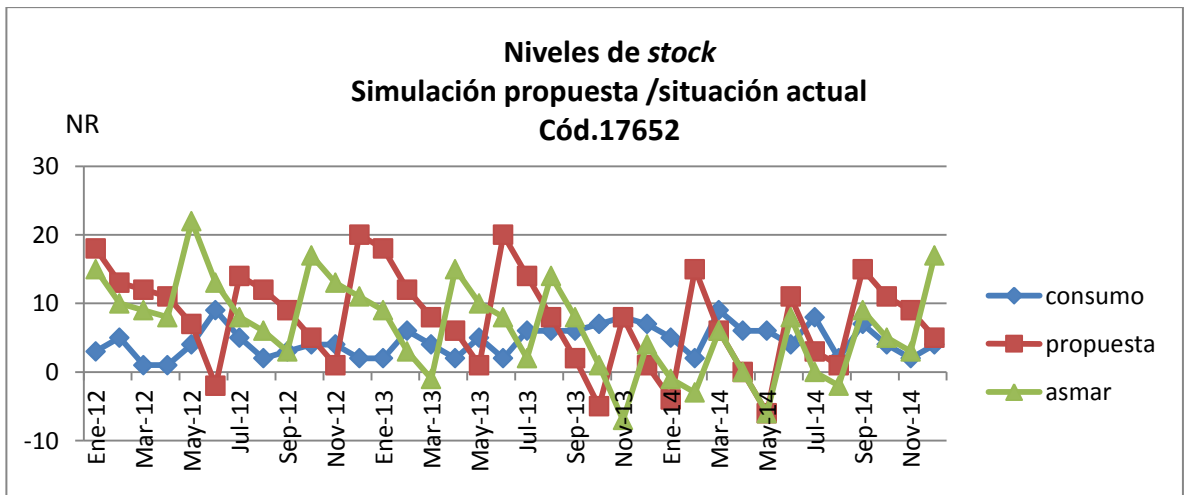
🚩 Código 23671- Situación N° 3

Niveles de Propuesta		Niveles de ASMAR	
s	134	s	60
Pp	205	Pp	90
S	369	S	300
Demanda total	2566	Demanda total	2566
Demanda insatisfecha	145	Demanda insatisfecha	1261
Demanda satisfecha	2421	Demanda satisfecha	1305
Nivel de servicio	94%	Nivel de servicio	51%



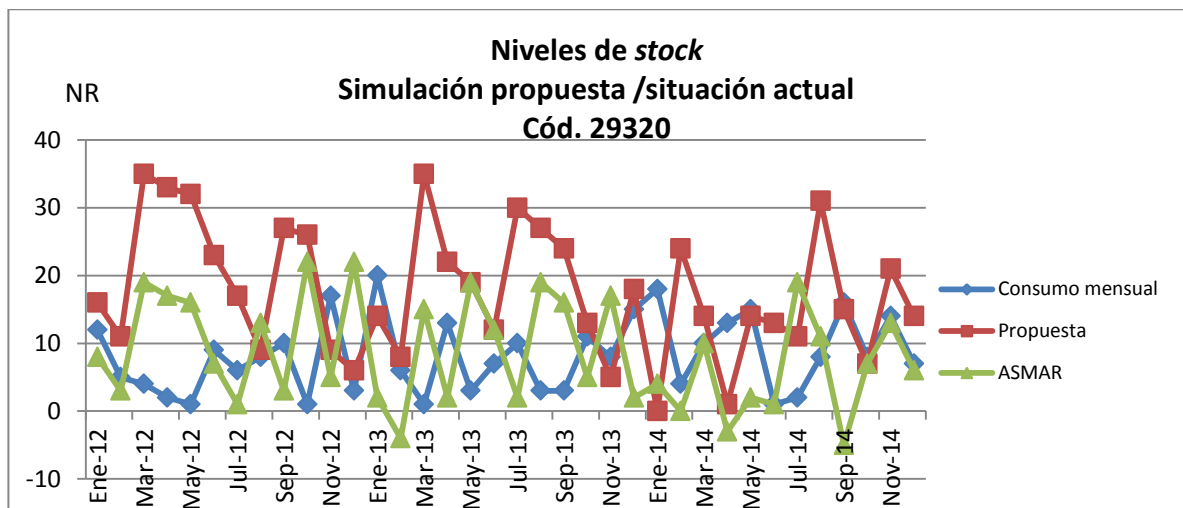
🚦 Código 17652 – Situación N° 3

Niveles de Propuesta		Niveles de ASMAR	
s	7	s	4
Pp	11	Pp	10
S	21	S	18
Demanda total	36	Demanda total	36
Demanda insatisfecha	17	Demanda insatisfecha	20
Demanda satisfecha	19	Demanda satisfecha	16
Nivel de servicio	53%	Nivel de servicio	44%



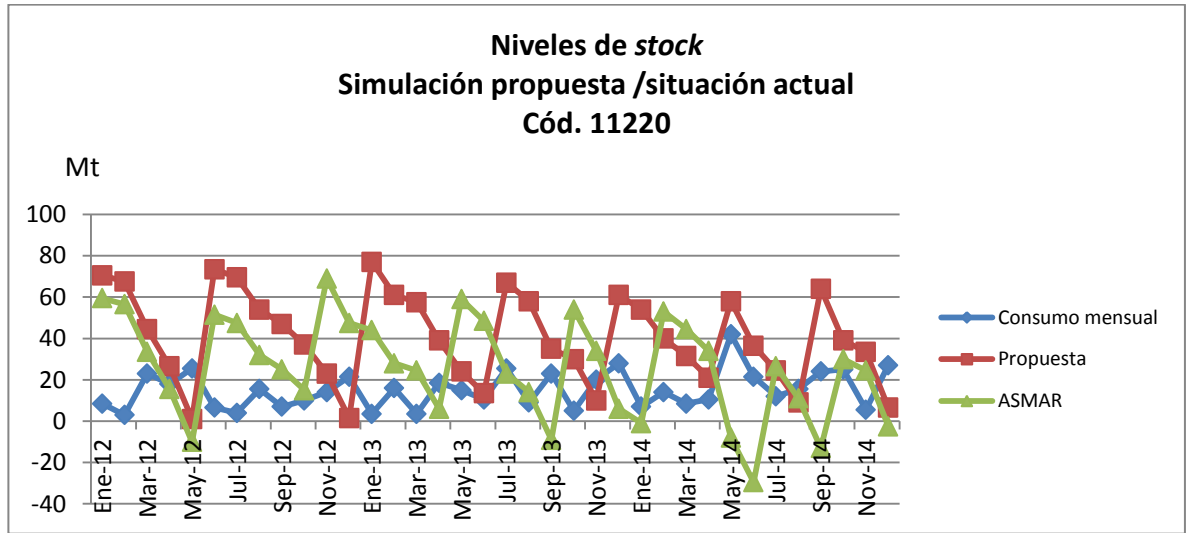
🚩 Código 29320 – Situación N° 3

Niveles de Propuesta		Niveles de ASMAR	
s	12	s	9
Pp	21	Pp	15
S	28	S	20
Demanda total	294	Demanda total	294
Demanda insatisfecha	0	Demanda insatisfecha	12
Demanda satisfecha	294	Demanda satisfecha	282
Nivel de servicio	100%	Nivel de servicio	96%



🚩 Código 11220 – Situación N° 3

Niveles de Propuesta		Niveles de ASMAR	
s	30	s	11
Pp	45	Pp	34
S	79	S	68
Demanda total	546,5	Demanda total	546,5
Demanda insatisfecha	0	Demanda insatisfecha	73
Demanda satisfecha	546,5	Demanda satisfecha	474
Nivel de servicio	100%	Nivel de servicio	87%



Anexo I. Tabla de Durbin Watson, puntos críticos Du, Dl.

Estadístico de Durbin-Watson - Puntos críticos de d_L y d_u al nivel de significación del 5%
 k^* corresponde al número de regresores del modelo excluido el término independiente (es decir, $k^* = k - 1$)

n	$k^* = 1$		$k^* = 2$		$k^* = 3$		$k^* = 4$		$k^* = 5$		$k^* = 6$	
	d_L	d_u	d_L	d_u	d_L	d_u	d_L	d_u	d_L	d_u	d_L	d_u
6	0.610	1.400										
7	0.700	1.356	0.467	1.896								
8	0.763	1.332	0.559	1.777	0.368	2.287						
9	0.824	1.320	0.629	1.699	0.455	2.128	0.296	2.588				
10	0.879	1.320	0.697	1.641	0.525	2.016	0.376	2.414	0.243	2.822		
11	0.927	1.324	0.658	1.604	0.595	1.928	0.444	2.283	0.316	2.645	0.203	3.005
12	0.971	1.331	0.812	1.579	0.658	1.864	0.512	2.177	0.379	2.506	0.268	2.832
13	1.010	1.340	0.861	1.562	0.715	1.816	0.574	2.094	0.445	2.390	0.328	2.692
14	1.045	1.350	0.905	1.551	0.767	1.779	0.632	2.030	0.505	2.296	0.389	2.572
15	1.077	1.361	0.946	1.543	0.814	1.750	0.685	1.977	0.562	2.220	0.447	2.472
16	1.106	1.371	0.982	1.539	0.857	1.728	0.734	1.935	0.615	2.157	0.502	2.388
17	1.133	1.381	1.015	1.536	0.897	1.710	0.779	1.900	0.664	2.104	0.554	2.318
18	1.158	1.391	1.046	1.535	0.933	1.696	0.820	1.872	0.710	2.060	0.603	2.257
19	1.180	1.401	1.074	1.536	0.967	1.685	0.859	1.848	0.752	2.023	0.649	2.206
20	1.201	1.411	1.100	1.537	0.998	1.676	0.894	1.828	0.792	1.991	0.692	2.162
21	1.221	1.420	1.125	1.538	1.026	1.669	0.927	1.812	0.829	1.964	0.732	2.124
22	1.239	1.429	1.147	1.541	1.053	1.664	0.958	1.797	0.863	1.940	0.769	2.090
23	1.257	1.437	1.168	1.543	1.078	1.660	0.986	1.785	0.895	1.920	0.804	2.061
24	1.273	1.446	1.188	1.546	1.101	1.656	1.013	1.775	0.925	1.902	0.837	2.035
25	1.288	1.454	1.206	1.550	1.123	1.654	1.038	1.767	0.953	1.886	0.868	2.012
26	1.302	1.461	1.224	1.553	1.143	1.652	1.062	1.759	0.979	1.873	0.897	1.992
27	1.316	1.469	1.240	1.556	1.162	1.651	1.084	1.753	1.004	1.861	0.925	1.974
28	1.328	1.476	1.255	1.560	1.181	1.650	1.104	1.747	1.028	1.850	0.951	1.958
29	1.341	1.483	1.270	1.563	1.198	1.650	1.124	1.743	1.050	1.841	0.975	1.944
30	1.352	1.489	1.284	1.567	1.214	1.650	1.143	1.739	1.071	1.833	0.998	1.931
31	1.363	1.496	1.297	1.570	1.229	1.650	1.160	1.735	1.090	1.825	1.020	1.920
32	1.373	1.502	1.309	1.574	1.244	1.650	1.177	1.732	1.109	1.819	1.041	1.909
33	1.383	1.508	1.321	1.577	1.258	1.651	1.193	1.730	1.127	1.813	1.061	1.900
34	1.393	1.514	1.333	1.580	1.271	1.652	1.208	1.728	1.144	1.808	1.080	1.891
35	1.402	1.519	1.343	1.584	1.283	1.653	1.222	1.726	1.160	1.803	1.097	1.884
36	1.411	1.525	1.354	1.587	1.295	1.654	1.236	1.724	1.175	1.799	1.114	1.877
37	1.419	1.530	1.364	1.590	1.307	1.655	1.249	1.723	1.190	1.795	1.131	1.870
38	1.427	1.535	1.373	1.594	1.318	1.656	1.261	1.722	1.204	1.792	1.146	1.864
39	1.435	1.540	1.382	1.597	1.328	1.658	1.273	1.722	1.218	1.789	1.161	1.859
40	1.442	1.544	1.391	1.600	1.338	1.659	1.285	1.721	1.230	1.786	1.175	1.854
45	1.475	1.566	1.430	1.615	1.383	1.666	1.336	1.720	1.287	1.776	1.238	1.835
50	1.503	1.585	1.462	1.628	1.421	1.674	1.378	1.721	1.335	1.771	1.291	1.822
55	1.528	1.601	1.490	1.641	1.452	1.681	1.414	1.724	1.374	1.768	1.334	1.814
60	1.549	1.616	1.514	1.652	1.480	1.689	1.444	1.727	1.408	1.767	1.372	1.808
65	1.567	1.629	1.536	1.662	1.503	1.696	1.471	1.731	1.438	1.767	1.404	1.805
70	1.583	1.641	1.554	1.672	1.525	1.703	1.494	1.735	1.464	1.768	1.433	1.802
75	1.598	1.652	1.571	1.680	1.543	1.709	1.515	1.739	1.487	1.770	1.458	1.801
80	1.611	1.662	1.586	1.688	1.560	1.715	1.534	1.743	1.507	1.772	1.480	1.801
85	1.624	1.671	1.600	1.696	1.575	1.721	1.550	1.747	1.525	1.774	1.500	1.801
90	1.635	1.679	1.612	1.703	1.589	1.726	1.566	1.751	1.542	1.776	1.518	1.801
95	1.645	1.687	1.623	1.709	1.602	1.732	1.579	1.755	1.557	1.778	1.535	1.802
100	1.654	1.694	1.634	1.715	1.613	1.736	1.592	1.758	1.571	1.780	1.550	1.803
150	1.720	1.746	1.706	1.760	1.693	1.774	1.679	1.788	1.665	1.802	1.651	1.817
200	1.758	1.778	1.748	1.789	1.738	1.799	1.728	1.810	1.718	1.820	1.707	1.831

Bibliografía.

- ✚ [Ballou04]: Ronald H. Ballou (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro. 5ª ed. Prentice_Hall Inc.
- ✚ [Narasimhan96]: Sim Narasimhan, Dennis W. Mcleavey, Peter Billington (1996). Planeación de la Producción y Control de Inventarios. 2ª ed. Prentice_Hall Hispanoamericana S.A.
- ✚ [Hanke&Wichern06]: John E. Hanke, Dean W. Wichern (2006). Pronósticos en los Negocios. 8ª ed. Prentice_Hall Inc.
- ✚ [Machuca&Valenzuela05]: Irene Machuca Lorca, Rodolfo Valenzuela Sepúlveda (2005). Logística de Almacenamiento, Gestión y Control de Stock. 1ª ed. Editorial LEXISNEXIS Chile.
- ✚ [Chase09]: Richard B Chase, F Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano (2009). Administración de operaciones; Producción y Cadena de Suministros (2009). Editorial Mc, Graw Hill.
- ✚ [Vidal09]: Carlos Julio Vidal Holguín (2009). Fundamentos de gestión de inventarios. Editorial Universidad del Valle- Facultad de Ingeniería.
- ✚ [Freund92]: Irwin Miller, John H. Freund (1992). Probabilidad y estadística para ingenieros. Editorial Reverté S.A.
- ✚ Astilleros y Maestranzas de la Armada, obtenido de ASMAR:
<http://www.asmar.cl/>
- ✚ Gestión Stocks. Estrategias en la gestión de inventarios. Escrito por ITESCAM (2010).
<http://www.lrmconsultorialogistica.es/blog/feed/9-articulos/50-gestion-aprovisionamiento-inventario.html>.
- ✚ http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/oajm/calculo_tamano_de_la_muestra.html
- ✚ <http://www.bdigital.unal.edu.co/9000/1/822065.2012.pdf>
- ✚ Software estadístico Minitab 15.
- ✚ [Hildebrand98]: David K. Hildebrand y R. Lyman Ott (1998). Estadística aplicada a la administración y a la economía.

Referencias.

[Ballou04]: Ronald H. Ballou (2004). Logística: Administración de la cadena de suministro. 5ª ed. Prentice_Hall Inc. (Capítulo 8, página 291 a 295).

[Encimas93]: http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/comunicacion/seminarionuevastecnologias/wp-content/uploads/2015/06/04_analisdatosinterpretac-1.pdf. (Página 1).

[Selltiz70]: http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/comunicacion/seminarionuevastecnologias/wp-content/uploads/2015/06/04_analisdatosinterpretac-1.pdf. (Página 1).

[Chase09]: Richard B Chase, F Robert Jacobs, Nicholas J. Aquilano (2009). Administración de operaciones; Producción y Cadena de Suministros (2009). Editorial Mc, Graw Hill. (Capítulo 4, páginas 544 a 586).

[Casanova08]: Ximena Casanova Arévalo (2008). Tesis: “Diseño de un sistema de gestión de inventario para una empresa distribuidora de recursos agrícola.”, PUCV. (Páginas 34-38-57).

http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/comunicacion/seminarionuevastechnologias/wp-content/uploads/2015/06/04_analisdatosinterpretac-1.pdf.