

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN  
Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Civil Industrial



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE MATERIALES PARA  
ORGANISMOS DEPENDIENTES DE LA CORPORACIÓN ADMINISTRATIVA  
DEL PODER JUDICIAL DE LA JURISDICCIÓN DE CONCEPCIÓN**

**CARLA SOLEDAD CÁCERES ORELLANA**

**INFORME DE PROYECTO DE TÍTULO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**Profesores**

Guía: Cristian Oliva S.

Informante: Claudia Carrasco

Concepción, 3 de Agosto 2016

## **Agradecimientos**

*A mis padres y familia, por la confianza depositada en mí, por el apoyo incondicional en mis elecciones de vida y las muestras de amor durante todo el camino recorrido para lograr mis metas.*

*A mi profesor guía, Don Cristian Oliva San Martín, por su paciencia, dedicación y confianza depositada en mí como alumna, para hacer de éste un gran trabajo de tesis, el que cierra este ciclo de estudio.*

*A don Ricardo Betanzo Lozano, Jefe de Sección Adquisiciones y Mantenimiento de la CAPJ, por brindarme la oportunidad de utilizar la presente problemática en mi trabajo de tesis, por su tiempo y dedicación invertidos en brindar entendimiento de las dinámicas de trabajo de la CAPJ; y por poner a mi disposición los datos requeridos para la ejecución del trabajo.*

## Resumen

Actualmente la gestión de abastecimiento dentro de las empresas juega un rol muy importante, ya que en esta etapa se establecen una serie de parámetros y especificaciones de dimensión, tiempo y requerimientos tanto de cantidad como de calidad; Y todo inconveniente puede repercutir significativamente en los costos del producto o servicio, se puede incurrir en reproceso o pérdida de insumos, causar tiempos improductivos y afectar significativamente en el servicio entregado al cliente. Dentro de la gestión de abastecimiento existen cuatro etapas primordiales que se enuncian a continuación: Compras, Recepción, Almacenamiento e Inventario.

En particular para el caso del presente proyecto, cabe mencionar que tanto la compra como la recepción son reguladas por la Corporación Administrativa del Poder Judicial (CAPJ), ésta, es un Organismo público dependiente de la Corte Suprema y es quien se encarga de la administración de los recursos Humanos, Financieros, Económicos, compra y abastecimiento de materiales para el funcionamiento operacional de los departamentos de Corte de Apelaciones y Tribunales de Justicia de la Jurisdicción de Concepción. La CAPJ utiliza la Dirección de Chile Compra que funciona como una plataforma informática donde todo organismo público debe llamar a licitación, para cotizar, adjudicar, contratar y solicitar el despacho de los insumos y materiales que se adquirirán. El sistema de inventarios que actualmente rige en la CAPJ es el punto de inflexión en el cual se centra el presente proyecto, teniendo como fin último lo siguiente:

Objetivo General:

1. Diseñar un sistema de abastecimiento de materiales que permitan asegurar el funcionamiento de oficinas dependientes de la CAPJ de la Jurisdicción de Concepción

Objetivos Específicos.

1. Determinar los materiales que tengan mayor impacto en el presupuesto y a su vez sean altamente requeridos por las oficinas de dependientes de la CAPJ.
2. Determinar un modelo de predicción de consumo para artículos críticos.

3. Definir una política de reposición de stock de materiales necesarios.
4. Establecer un nivel de servicio que optimice el costo y disponibilidad de artículos.

La metodología que se utilizó para determinar los materiales requeridos, incluyó la revisión de los datos históricos de la CAPJ. Donde se realizó un análisis ABC conjunto para los 241 artículos registrados con solicitudes dentro de un periodo de 4 años, se analizaron de acuerdo al impacto económico que tuvo cada artículo y se excluyó del estudio aquellas compras eventuales. Este análisis arrojó como resultado 3 familias de artículos, centrado el estudio en la clase A, la cual corresponde a 14 artículos (5,8% del total) los que son responsables del 65% el presupuesto utilizado.

Luego se procedió a establecer el método de pronóstico más adecuado para cada artículo, mediante estudio del comportamiento de la demanda histórica, aplicación de métodos causales y series de tiempo, de esta forma se estableció un adecuado modelo de pronósticos para cada artículo, dando como resultado que el método de suavizamiento exponencial doble es el que mejor representa la demanda real de los artículos analizados. Además, se estudió los registros históricos de demanda de cada artículo, a la cual se le ajustó a una distribución de probabilidad mediante las herramientas de Minitab 16 y Stat:Fit.

Para la definición de la política de inventarios, se determinó el costo real asociado de pedir como de mantener un pedido, se definió un sistema de inventario de revisión continua, el cual se monitorea de forma independiente para cada artículo, se definió un nivel óptimo de servicio de un 95%.

Finalmente, resultó muy alentador pasar de una gestión de compra sin estrategia ni política de inventario, donde el costo promedio de mantención del inventario disponible era de \$4.282.567 por semestre, a una política basada en el modelo EOQ donde el costo promedio de mantención del inventario se redujo a \$926.301 por semestre, lo que se traduce en una disminución monetaria del 78%. Quedó claramente definida la cantidad de artículos a pedir en cada ocasión, como también el nivel de inventario que genera la colocación del pedido, respondiendo así con las principales interrogantes de la gestión de inventario

## **Abstract**

Nowadays the management of supply within enterprises plays a very important role, because at that stage are set a series of parameters and dimension specifications, time and requirements of both quantity and quality; and any problem can have a significant impact on the costs of the product or service, it may incur reprocessing or loss of inputs, cause downtime and significantly affect in the service delivered to the customer. Within the management of supply there are four main stages set out below: Purchase, Reception, Storage and Inventory.

Particularly, in the case of this project, it is worth mentioning that both the purchase and the receipt, are regulated by the Judiciary Administration (CAPJ), this one is a public Organization dependent on the Supreme Court and is the one that is in charge of the administration of the Human, Financial, Economic Resources, purchase and supply of materials for the operational functioning of the departments of Appeals Court and Justice Court of the Jurisdiction of Concepción. CAPJ uses the address of “Chile Compra” that works as a computing platform where any public organization must call to bidding, to quote, to award, to contract and to request the office of the inputs and materials that will be acquired. The inventory system that nowadays applies in the CAPJ is the point of inflexion on which this project is centered, having as a main objective the following:

General Objective:

1. To design a material supply system that ensure the functioning of dependent offices CAPJ Jurisdiction of Concepción.

Specific Objectives:

1. To determine the materials that have the greatest impact in the budget and that, at the same time, are highly required by the offices of dependent on the CAPJ.
2. To determine a prediction model of consumption for critical articles.
3. To define a politics of reinstatement of stock of necessary materials.

4. To establish a level of service that optimizes the cost and availability of articles.

The methodology that was used to determine the materials required, included the revision of the historical data of the CAPJ, where it was performed an ABC analysis set for the 241 registered items with requests within a period of 4 years, were analyzed according to the economic impact of each article and was excluded from the study those shopping cart possible. This analysis resulted in 3 families articles, focused the study in class A, which corresponds to 14 articles (5.8% of the total) which are responsible for the 65% the budget used.

Then it was proceeded to establish the most appropriate method of forecasting for each item, by studying the behavior of historical demand, application of causal methods and time series thus a suitable forecasting model for each item was established, resulting the double exponential smoothing method is the one that best represents the actual demand for the items analyzed.

Moreover, it was studied the historical records of demand for each article, which was adjusted to a probability distribution using the tools of Minitab 16 and Stat:Fit. For the definition of the policy of inventories, determined the actual cost associated to request and maintain an order, defined a system of continuous review inventory, which is monitored independently for each article, defined an optimal level of service of a 95%.

Finally, it was very encouraging to move from a purchase management without strategy or policy of inventory, where the average cost of maintenance of the available inventory was \$4.282.567 by half, to a policy based on the EOQ model where the average cost of maintenance of the inventory is reduced to \$926.301 per semester, which translates into a reduction of monetary 78%. Been clearly defined the quantity of articles to order on each occasion, as well as the level of inventory that generates the placement of the order, thus responding with the main questions of inventory management

## ÍNDICE

Capítulo 1 Introducción.....	11
1. Descripción del Sistema.....	11
1.2 Objetivo General .....	12
1.3 Objetivos Específicos.....	12
1.4 Justificación del problema.....	12
1.5 Delimitación del Problema.....	14
1.6 Metodología .....	14
Capítulo 2 Marco Teórico .....	16
2.1 Gestión de abastecimiento.....	16
2.2 Sistema de inventario .....	18
2.3 Sistema de Inventario en Sistemas Multiproducto.....	19
2.4 Pronóstico de la demanda .....	21
2.4.1 Método de promedio móvil.....	22
2.4.2 Métodos de Suavizamiento Exponencial Simple.....	23
2.4.3 Método de Suavizamiento Exponencial Doble .....	23
2.4.4 Método de Suavizamiento Exponencial con Tendencia y Estacionalidad (Holt-Winters).....	24
2.4.5 Método Regresión Lineal.....	25
2.4.6 Elección del Modelo más Adecuado.....	25
2.5 Determinación de un modelo de política de inventario. ....	27
2.5.1 Inventarios de seguridad .....	28
2.5.2 Lote Económico de Compra (EOQ).....	29
2.5.3 Sistema de Control de Revisión Continua .....	30

2.6 Compra y Recepción de Materiales .....	31
Capítulo 3 Desarrollo .....	33
3.1 Determinación de los materiales requeridos para el correcto funcionamiento de las oficinas de la CAPJ de la jurisdicción de Concepción.....	33
3.1.1 Análisis de Pareto Según participación Económica.....	33
3.1.2 Análisis de Pareto Según Solicitudes de los Centros de Costos .....	34
3.2 Definición de un modelo de predicción de consumo para cada Artículo. ....	36
3.3 Elección de un método de pronóstico .....	47
3.4 Determinación de costos de inventario .....	49
3.4.1 Costos de hacer Pedido .....	50
3.4.2 Costos de mantener .....	52
3.5 Propuesta de Política de Control de Inventario.....	52
Capitulo 4 Conclusiones generales .....	56
Referencias Bibliográficas .....	58
Anexos .....	59



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de análisis ABC bajo criterio económico.....	34
Tabla 2: Resumen de análisis ABC bajo criterio de solicitudes de centros de costos .....	35
Tabla 3: Cruce de información de análisis ABC.....	35
Tabla 4: Clasificación final de artículos a considerar en análisis .....	36
Tabla 5: Resumen de estadísticos del método de Regresión Lineal .....	37
Tabla 6: Aplicación del modelo de Regresión Lineal para artículo MOF02212 .....	38
Tabla 7: Aplicación del modelo de Media Móvil de 3 periodos para artículo MOF02212.....	40
Tabla 8: Aplicación del modelo Suavizamiento Exponencial Simple para artículo MOF02212 .....	42
Tabla 9: Aplicación del modelo Suavizamiento Exponencial Doble para artículo MOF02212 .....	44
Tabla 10: Aplicación del modelo de Holt-Winters para artículo MOF02212 .....	46
Tabla 11: Medidas de error de cada método revisado sobre artículo MOF02212 .....	47
Tabla 12: Aplicación del MAG de cada método sobre artículo MOF02212 .....	48
Tabla 13: Detalle de costo semestral en proceso de colocar un pedido .....	50
Tabla 14: Detalle de costo semestral del funcionamiento de oficinas para el proceso de hacer un pedido .....	51
Tabla 15: Horas utilizadas en realizar un pedido durante el 2015 .....	51
Tabla 16: Determinación del costo por hora de colocar un pedido.....	52
Tabla 17: Aplicación de estrategia de inventario EOQ para 3 artículos ejemplos.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de Abastecimiento Monterroso, E. (2002).....	17
Figura N° 2: Curva de Pareto, distribución de inventario por valor .....	20
Figura 3: Representación de índice de Estacionalidad Multiplicativo en Artículo MOF02212 .....	45
Figura 4: Señal de rastreo de métodos de pronósticos sobre artículo MOF02212.....	48
Figura 5: Aplicación de métodos de pronósticos sobre artículo MOF02212.....	49
Figura 6: Test de Normalidad de Anderson-Darling para artículo MOF02212.....	53

## **Capítulo 1**

### **Introducción**

#### **1. Descripción del Sistema**

Actualmente la gestión de abastecimiento dentro de las empresas tanto de manufactura como de servicios, juega un rol muy importante, ya que en esta etapa se establecen una serie de parámetros y especificaciones de los requerimientos, dimensión, tiempos, tanto de cantidad como de calidad; Y todo inconveniente puede repercutir significativamente en los costos del producto o servicio, se puede incurrir en reproceso o pérdida de insumos, causar tiempos improductivos y afectar significativamente en el servicio entregado al cliente.

En particular para el caso del presente proyecto, cabe mencionar que tanto la compra como la recepción de los insumos y materiales requeridos son regulados por la “Corporación Administrativa del Poder Judicial” (CAPJ), dicha Corporación es un Organismo público que se encarga de la administración de los recursos Humanos, Financieros, Económicos, compra y abastecimiento de materiales para el funcionamiento de 23 Tribunales no reformados, 3 unidades de apoyo y la propia Oficina Zonal, donde involucra un total aproximado de 500 funcionarios.

Para desarrollar su labor de control de la gestión presupuestaria y de abastecimiento se dispone de un sistema informático de Contabilidad Gubernamental Unificada (CGU) desde el cual se emiten las órdenes de compra de bienes y servicios, se registran los ingresos y salidas de bodega, además, se utiliza para contabilizar y pagan las facturas de proveedores.

Fue a través de este sistema informático que se obtuvo la información histórica que constituye la base del estudio de pronóstico realizado en esta investigación. Dentro de la información disponible podemos mencionar informes tales como: stock de cada artículo, consumos por centros de costos y cartolas de artículos. Mientras que en relación a las solicitudes de materiales por parte de las unidades clientes, la institución no posee un registro sistémico de éstas, sin embargo, la información fue generada a partir de la

revisión individual de las solicitudes del periodo (en forma manual por personal del área de abastecimiento), la cual fue cotejada con la información de despacho que entrega el sistema computacional CGU. De este proceso se obtuvo, para cada solicitud, la fecha de despacho y los materiales despachados en cada pedido.

La CAPJ se rige bajo la Ley 19.886, por lo que para toda adquisición o arrendamiento debe utilizar la “Dirección de Chile Compra”, que funciona como una plataforma informática donde todo organismo público debe llamar a licitación, para cotizar, adjudicar, contratar y solicitar el despacho de los insumos y materiales que se adquieran. El sistema de inventarios que actualmente rige en la CAPJ es el punto de inflexión en el cual se centrará el presente proyecto, teniendo como finalidad la mejora en el sistema de abastecimiento de dicho organismo.

## **1.2 Objetivo General**

Diseñar un sistema de abastecimiento de materiales que permita asegurar el funcionamiento de oficinas dependientes de la CAPJ de la Jurisdicción de Concepción.

## **1.3 Objetivos Específicos**

1. Determinar los materiales tengan mayor impacto en el presupuesto y a su vez sean altamente requeridos por las oficinas de dependientes de la CAPJ.
2. Determinar un modelo de predicción de consumo para artículos críticos.
3. Definir una política de reposición de stock de materiales necesarios.
4. Establecer un nivel de servicio que optimice el costo y disponibilidad de artículos.

## **1.4 Justificación del problema**

Uno de los problemas a los que se ve enfrentada la CAPJ es el abastecimiento o reposición de stock, el que generalmente alcanza un costo importante, pues, dicha gestión de abastecimiento es la encargada de suministrar los recursos, insumos y

materiales, los que son indispensables para la realización de las labores de los organismos que de ella dependen. Es decir, todo retraso o falta de suministro repercute directamente en el desempeño de la organización, afectando la capacidad de respuesta del servicio a los usuarios del sistema.

Dentro de las debilidades que se han detectado en los procesos de adquisiciones y bodega de la institución, se menciona lo siguiente:

- No existe un adecuado método de pronóstico de los artículos de uso y consumo corriente (materiales de oficina e insumos computacionales).
- El catálogo de artículos de uso y consumo corriente contiene más de 200 artículos y no existe una diferenciación entre ellos, otorgándose la misma importancia ponderada a cada uno.
- No existe información sistematizada orientada a controlar el nivel de servicio, como por ejemplo, períodos de desabastecimiento, nivel de cumplimiento de solicitud de materiales, número de pedidos preparados para atender una única solicitud, entre otros.

Como consecuencia de lo anterior, se advierten problemas en la gestión de abastecimiento, en la administración eficiente de recursos y la carga de trabajo de las unidades de adquisiciones y bodega, entre ellos:

- Presencia de artículos con sobre stock: Esta situación genera capital inmovilizado que puede cubrir otras necesidades del servicio, conlleva a riesgos de deterioro y obsolescencia, además de que utilizan volumen de bodega que impactan en costos de arriendo.
- Presencia de artículos con stock insuficientes: Esta situación genera riesgos para la continuidad operacional de los Tribunales e impacta en la calidad y oportunidad del servicio que entregan a la comunidad.

- Efecto negativo en la gestión de la Unidad de Adquisiciones por quiebre de stock: Esta situación obliga a generar procesos de compras de urgencia, lo que conlleva a una sobrecarga de trabajo de la unidad, no permite descuentos por volumen y afecta la relación con proveedores al estresar los plazos de entrega.
- Efecto negativo en la gestión de la Unidad de Bodega por excesos en la preparación de pedidos: Esta situación ocurre debido a quiebres de stock y lead time de reposición. Repercute en una sobrecarga de trabajo de la unidad e insatisfacción de las unidades requirentes.
- Bajo nivel de la calidad del servicio por despachos parciales: Esta situación ocurre cuando una solicitud no es atendida completa y oportunamente, afecta el normal desempeño de las unidades solicitantes y pone en riesgo el servicio que se brinda a la comunidad.

### **1.5 Delimitación del Problema**

Las condiciones bajo las cuales se desarrollará el siguiente estudio se rige dentro de los siguientes aspectos:

Cobertura Geográfica: Dicho estudio considerará el sistema de abastecimiento para las oficinas Corte de Apelaciones, Tribunales y oficina de la Corporación Administrativa de Poder Judicial de la jurisdicción de Concepción.

### **1.6 Metodología**

En primera instancia se procedió a determinar los materiales altamente requeridos y fundamentales para asegurar el correcto funcionamiento de los departamentos dependientes de la CAPJ, para ello se utilizaron datos históricos de la Corporación, los que fueron obtenidos a partir de hojas de cálculo solicitadas directamente a la CAPJ de Concepción ya que tanto en el portar (sección transparencias) como en plataforma de mercado público no fue posible obtener toda la información necesaria.

Posteriormente utilizando los datos obtenidos y aplicando un estudio del tipo ABC se definió una curva de Pareto y se identificó la distribución de los artículos, esto se efectuó en base a 2 criterios. En primera instancia se realizó una clasificación de acuerdo al impacto económico que cada producto tuvo sobre el presupuesto gastado, por otro lado se realizó una segunda clasificación según cantidad de unidades solicitantes para cada producto, es decir, identificar cuantos centros de costos requieren de cada producto. Finalmente se realizó un cruce de criterios con el objetivo de definir claramente los artículos a trabajar. La finalidad de realizar este cruce de información fue poder separar de la categoría “A” del criterio económico, aquellos artículos que fuesen compras eventuales o poco solicitados por los centros de costos.

Luego se procedió a establecer el método de pronóstico más adecuado para cada artículo, se realizó un análisis del comportamiento de la demanda histórica de cada producto seleccionado en el punto anterior, a cada artículo se le practicaron los métodos de regresión lineal, media móvil, los métodos de suavizamiento exponencial en su versión simple, doble y con Tendencia y estacionalidad (Holt-Winters).

Para la elección del modelo más adecuado se calcularon para cada método descrito las medidas de error como la desviación media absoluta (MAD), el error de pronóstico acumulado (CFE), el error porcentual absoluto medio (MAPE) y la señal de rastreo (Ts). Medidas de error que se relacionaron mediante el método normalizador MAG, siendo este un factor importante en la elección del método de pronóstico, además se analizó la señal de rastreo de cada método.

Posteriormente se desarrolló una propuesta de sistema de control de inventario, siendo el sistema de revisión continua el que más se adecua a la situación de múltiples artículos, con diferentes tasas de demanda y tiempos de ciclo, respondiendo claramente el cuánto y el cuándo realizar un pedido para cada artículo. Este sistema de inventario requiere monitorear continuamente la cantidad de stock disponible, para colocar un nuevo pedido en el momento indicado y así mantenerse el nivel de servicio propuesto. Situación que es factible de implementar ya que la empresa posee sistema informático de control de stock.

## **Capítulo 2**

### **Marco Teórico**

La idea de proyecto nace porque por una necesidad de la CAPJ de evaluar una nueva alternativa de sistema de abastecimiento que además de ser viable económicamente evite posibles desabastos de insumos y materiales y así poder asegurar funcionamiento de las oficinas y departamentos que de ella dependen.

#### **2.1 Gestión de abastecimiento**

Todos los sistemas ya sean productivos o de servicios requieren del exterior una serie de insumos y materiales para asegurar su funcionamiento. La función de abastecimiento es la encargada de suministrar estos recursos y adquiere una importancia fundamental en el desempeño de una organización, condicionando los costos productivos y la capacidad de respuesta hacia el consumidor.

Es éste uno de los motivos por los cuales la Administración de la cadena de abastecimiento se ha convertido en una importante arma competitiva para las empresas.

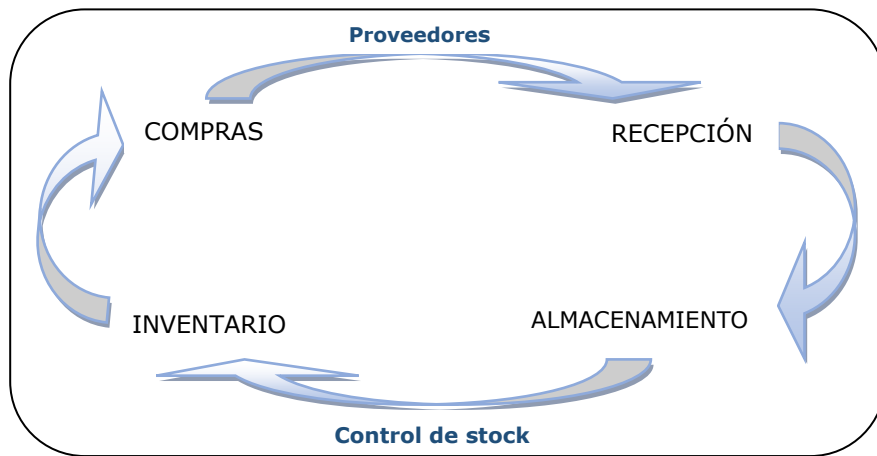
Monterroso, E. (2002), destaca la influencia que tiene la administración del flujo de entrada de materiales en las actividades a realizar.

De tal forma que, de no cumplir con los requerimientos de cantidades, dimensiones y/o calidad de las compras solicitadas, puede repercutir en el costo total del producto ya sea por la necesidad de devolución, por tiempos improductivos, reproceso o pérdida del insumo. Además, repercute directamente en el nivel de servicio al cliente. Por otro lado, se debe cuidar los niveles de inventarios, ya que implican la inversión de altos costos de mantenimiento.

Finalmente, afirma la importancia de comprender el valor estratégico del abastecimiento desde un punto de vista integrador de la cadena de abastecimiento, estableciendo relaciones colaborativas y definiendo roles entre las entidades que intervienen en el proceso de compra.



Además, Monterroso, E. (2002), señala que la gestión de abastecimiento está compuesta por cuatro etapas funcionales vinculadas con la adquisición de recursos para las actividades de una producción, éstas son Compras, Recepción, Almacenamiento y Gestión de inventarios; Dando pie al Ciclo de Abastecimiento, el cual se ilustra en la siguiente figura:



*Figura 1: Ciclo de Abastecimiento  
Monterroso, E. (2002)*

EL Ciclo de Abastecimiento comienza con la necesidad de un requerimiento ya sea de bienes o servicios, para ambos casos se realiza un control de abastecimiento de acuerdo a pronóstico de la demanda, al histórico y a una política de inventario. Donde los requerimientos son enviados a los proveedores escogidos, los que deben cumplir con los acuerdos y fechas de entrega pactadas.

Cuando en los almacenes se advierte la necesidad de reposición de insumos, el área de compras emite una orden de pedido hacia los proveedores. Esta necesidad se genera cuando llegan a un punto de reposición definido, el cual representa el stock mínimo requerido para todos los artículos. Una vez realizada la compra, la entrega es recepcionada, luego se trasladarán al almacén donde permanecerán de acuerdo al consumo que se vaya teniendo hasta llegar al punto de pedido. Este ciclo se realiza a cada momento y son controlados con diversas herramientas.

Sobre la Gestión de inventarios, Domínguez, J. (1995) Señala que la inversión de un stock o inventario se justifica por diversas razones entre las que destacan:

- Evitar interrupciones en el proceso: ya sea por falta de suministro externo por retraso de parte de proveedores; o bien internas por falla de algún equipo.
- Hacer frente a los cambios de demanda requerida para el caso de comportamiento incierto.
- Obtener ventajas económicas ya sea al realizar un pedido de mayor volumen se puede negociar un precio unitario inferior o bien comprar al precio actual al visualizar un alza del precio.

## **2.2 Sistema de inventario**

Para Chase, R. (2001), los inventarios son un grupo de existencias de cualquier artículo que se requiera dentro de una organización. Por otro lado expone que un Sistema de inventario es la serie de políticas que controlan y monitorean cuanto se debe almacenar y determinan los niveles que se debe mantener, además de determinar tanto el momento en que las existencias se deben reponer como el tamaño de los pedidos a realizar. Más en específico, un inventario para el sector servicio son los bienes tangibles que se van a vender dentro del servicio y los suministros necesarios para poder realizar dicha prestación.

Los inventarios son importantes para todo tipo de empresas y cualquier inconveniente puede impactar fuertemente dentro de su cadena de suministro, y esta importancia está dada por los siguientes objetivos:

- Mantienen independencia entre las operaciones.
- Cubren la variación en la demanda de productos.
- Permiten una mayor flexibilidad en la programación de la producción.
- Se protege contra la variación en el tiempo de entrega de la materia prima.
- Aprovechan los descuentos basados en el tamaño del pedido.

Krajewski (2010), señala que es importante tomar en cuenta que el manejo de inventarios requiere una inversión de dinero establecido para poder realizar las compras de insumos o productos, reservando dicha cantidad de forma exclusiva para ello, por lo que no puede ser utilizado para otros fines. Los montos estarán representados en los flujos de efectivo de cada empresa. Por lo tanto, los inventarios toman una alta importancia, y lo ideal es que la rotación que tengan sea alta, para así tener una mejor rentabilidad. Por otro lado, cabe señalar que los inventarios pueden afectar las operaciones del día a día de una organización, ya que necesitan ser contados, pagados, administrados y usados en los procesos y operaciones necesarias para satisfacer al cliente. A continuación se presentan diferentes tipos de inventarios pertinentes al tema:

- a) Inventario de Seguridad: son las unidades comúnmente llamadas “stock de previsión”, y corresponde al inventario reservado para satisfacer la demanda que excede de la cantidad que fue pronosticada para un período, retrasos en la recepción de pedidos, fallas o recepción de productos con deterioro o baja calidad.
- b) Inventario inmovilizado: Son aquellos artículos que se encuentran obsoletos o con deterioro por el paso del tiempo que ya no funcionan adecuadamente y deben ser desechados.
- c) Inventario de Productos Terminados: son las unidades de producto utilizado para la atención o prestación de servicio a los clientes, en particular de aquellos productos que son mayormente demandados.
- d) Inventario de Productos en Proceso: Son aquellas unidades o partes utilizadas en empresas relacionadas con producción o manufacturas, las cuales revisan su inventario cada cierto de tiempo para prevenir retrasos o interrupción de procesos siguientes, estos procesos son controlados por sistemas de ERP.

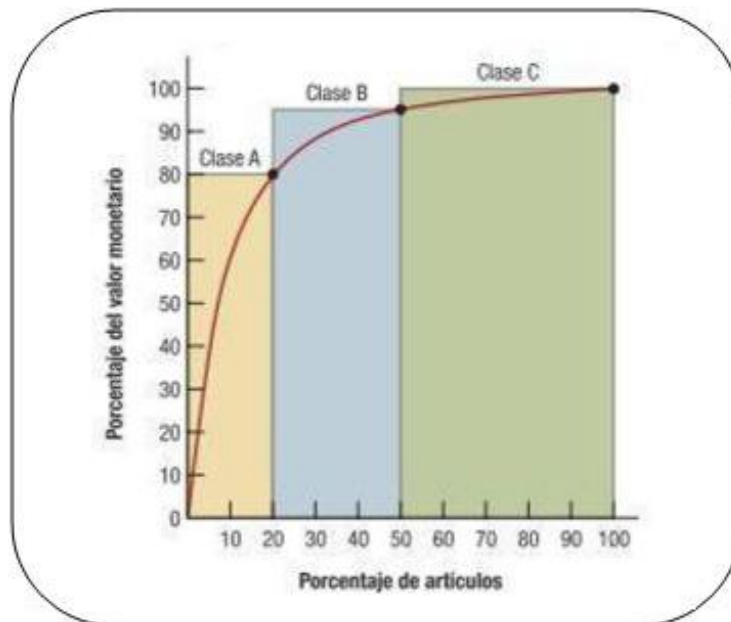
### **2.3 Sistema de Inventario en Sistemas Multiproducto**

Para Nahmias, S. (2007) la clasificación ABC es una herramienta muy útil para agrupar los inventarios de acuerdo a su importancia dentro de una organización, donde la

clasificación se enfoca en hacer mención a unos pocos artículos, en los que se concentra la mayor parte de los costos de inventarios, que en general son los de mayor consumo o movimiento y ocupan la mayor cantidad de espacio dentro del almacenamiento. El objetivo de clasificarlos es identificar los pertenecientes a cada clase. Los que pertenecen a la categoría A, representan el 80% de los productos con mayor venta, costo o espacio ocupado entre otras variables que se pueden evaluar en esta clasificación. Estos productos serán los que la empresa debe de tener en gran consideración al realizar compras, planificación, ventas, entre otros.

De forma más simple, expone que es muy típico que aproximadamente el 20% de los productos representen el 80% del volumen monetario anual de las ventas, el siguiente 30% de los productos explican un 15% de las ventas, mientras que el 50% restante de productos representa solo el 5% del valor monetario anual.

En la siguiente figura, Krajewski (2010), hace referencia a la curva de Pareto, la cual representa de forma gráfica lo recién expuesto.



*Figura N° 2: Curva de Pareto, distribución de inventario por valor  
Krajewski (2010).*

## **2.4 Pronóstico de la demanda**

Un pronóstico de la demanda consiste en analizar y estimar la demanda futura para un producto en particular utilizando como referencia los datos históricos de venta o estimaciones de marketing con el fin de planificar.

Para Chase, R. (2001) las proyecciones de la demanda son vitales a la hora de tomar decisiones en una organización empresarial, por ejemplo para departamentos como el de finanzas lo requiere para proyectar los flujos de efectivos y requerimientos del capital. Además, facilita la realización de planes de ventas y negocios, planes anuales y presupuestos futuros. Recursos Humanos, lo requiere para poder contratar empleados y personal de apoyo, para el Marketing es de vital importancia ya que es el que está más cercano a los clientes y debe de elaborar un plan adecuado para ello, la logística también lo requiere para poder saber qué cantidades importar o comprar, qué insumos son necesarios para poder fabricar los productos y evaluar la capacidad de producción adecuada. Además, es importante tener en cuenta que las proyecciones exactas son prácticamente imposibles, y mientras más lejano sea el horizonte de proyección pueden llegar a ser aún más diferentes a la realidad, por lo que toma gran valor el revisar continuamente las proyecciones, y así aprender a lidiar con proyecciones inexactas y los diferentes factores que influyen en ellas.

Krajewski (2010) también hace alcance sobre lo difícil que son las predicciones y define los cinco diferentes patrones de demanda que se observan, y que son comúnmente aplicables mediante series de tiempo, estos patrones son: Horizontal, Tendencial, Estacional, Cíclico y Aleatorio. Donde Horizontal, es cuando todos los datos se ubican en torno a una media constante asemejando una línea horizontal; Tendencial, cuando los datos aumentan o disminuyen sistemáticamente a lo largo del tiempo; Estacional, los datos muestran incrementos y disminuciones por periodos largos de tiempo; Cíclico, cuando los datos representan incrementos y decrementos graduales en periodos superiores a un año.

Ballou, R. (2004) menciona que los métodos de pronósticos pueden ser del tipo cualitativos y del tipo cuantitativo. Un método cualitativo es aquel que utiliza un juicio, una intuición, encuestas o técnicas comparativas para realizar las estimaciones de la demanda futura, los que es importante considerar ya que muchas veces los factores que afectan los métodos cuantitativos tradicionales son los factores intangibles y subjetivos

Además, Ballou, R. (2004) expone la gran cantidad de métodos cuantitativos que es posible aplicar para el pronóstico de la demanda futura y los distingue a partir del horizonte de tiempo de su pronóstico, a continuación se mencionan algunos de ellos:

Para horizonte de pronóstico a corto plazo (3 a 12 meses):

- Promedios móviles
- Ajuste o Suavizamiento exponencial, simple, doble y Holt-Winters

Para horizontes de pronóstico a mediano plazo (1 a 3 años)

- Descomposición en serie de tiempos
- Métodos de regresión

#### **2.4.1 Método de promedio móvil**

Según Chase (2009), este método es aplicable cuando la demanda de un producto no posee características estacionales y además no presenta crecidas ni bajas repentinas. Por otra parte, los promedios móviles se pueden utilizar para eliminar las variaciones aleatorias que llegara a presentar un pronóstico. Para ello se escogerá la cantidad de periodos “n” para promediar, esta cantidad de periodos se tomara en base al error de pronóstico que se presente. La fórmula para el presente método está dada por:

$$F_{t+1} = \frac{\sum_t^{t-n+1} D_i}{n}$$

Donde:

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

$D_i$  = Demanda real en el periodo “t”

n = Número de períodos para promediar.

#### **2.4.2 Métodos de Suavizamiento Exponencial Simple**

Según Gujarati, D. & Porter, D. (2009) es un método utilizado para ajustar datos históricos de una serie de tiempo a una curva que sea apropiada, este método toma el pronóstico del período anterior y le incorpora un ajuste, asignándole un peso a la demanda, de esta forma es que obtiene el siguiente pronóstico. Dicho ajuste es proporcional al error anterior y se calcula multiplicando el error de pronóstico por un coeficiente de suavización (constante).

Para su aplicación, se utiliza la siguiente notación:

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

Donde:

$F_t$  = Pronóstico del último período en el tiempo t

$F_{t+1}$  = Pronóstico del período siguiente en el tiempo t

$D_t$  = La demanda del último período en el tiempo t

$\alpha$  = Coeficiente de suavización (entre 0 y 1)

Si  $\alpha$  es cercano a cero tendrá mayor peso los valores más recientes en la serie de datos históricos, pero si el coeficiente de suavización  $\alpha$  es cercano a uno, entonces se le dará más peso a los datos más lejanos en la serie de tiempo.

#### **2.4.3 Método de Suavizamiento Exponencial Doble**

Según Krajewski (2010), Este método es utilizado en los casos en que la demanda presenta fluctuaciones debido a la presencia de tendencias. Para el desarrollo de este método, además de la demanda real y el pronóstico del período anterior, se requieren dos constantes de suavizamiento, una para el suavizamiento de los promedios  $\alpha$  y otra para el suavizamiento de la tendencia  $\beta$ .

Su aplicación está dada por las siguientes fórmulas:

$$F_{t+1} = A_t + T_t$$

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Donde:

$A_t$  = Promedio de la Serie suavizado exponencialmente en el periodo “t”

$T_t$  = Promedio de la Tendencia suavizado exponencialmente en el periodo “t”

$\alpha$  = Parámetro de suavizamiento para la serie (valor entre 0 y 1)

$\beta$  = Parámetro de suavizamiento para la tendencia (valor entre 0 y 1)

$F_{t+1}$  = Pronostico para el periodo “t+1”

#### **2.4.4 Método de Suavizamiento Exponencial con Tendencia y Estacionalidad (Holt-Winters).**

Para Krajewski (2010), Este método es adecuado cuando el componente sistemático de la demanda tiene un nivel, una tendencia y un factor estacional. Para el caso en estudio se utilizará el método estacional multiplicativo, que consiste en determinar los factores estacionales y multiplicarlos por la estimación de la demanda promedio, para así obtener un pronóstico.

A continuación se detallan los pasos para la aplicación del método:

- Determinación de un pronóstico inicial con tendencia.
- Obtención del índice estacional, dividiendo el dato real del período con el pronóstico.
- Obtención del índice estacional promedio de cada estación, utilizando medias móviles centradas.
- Determinación del pronóstico de cada estación para el año siguiente, multiplicando el pronóstico inicial con el índice estacional promedio de cada estación.



### 2.4.5 Método Regresión Lineal

Según Gujarati, D. & Porter, D. (2009), es un modelo que requiere de una relación de dependencia de una variable con una o más variables independientes. Este método es representado por una ecuación de regresión, la cual se muestra a continuación:

$$Y = a + bX_i$$

Donde:

Y = Variable dependiente

$X_i$  = Variable independiente (con  $i=1,2,3\dots$  )

$\alpha$  = Valor del intercepto de la línea del eje Y

b = La pendiente de la línea

### 2.4.6 Elección del Modelo más Adecuado

Según Krajewski (2010), todo pronóstico contiene una cuota de error, ya sea del tipo aleatorio, los que ocurren por factores inesperados causando desviación en el pronóstico, como de equivocaciones sistemáticas en la estimación de los patrones de la demanda, llamadas de sesgo. Pese a los esfuerzos del pronosticador de eliminar los errores de un estudio, se torna imposible suprimirlos por completo y en todas sus formas. Matemáticamente un error para un periodo determinado “t” se expresa de la siguiente forma.

$$E_t = D_t - F_t$$

Donde:

$E_t$ : Error en el pronóstico para el periodo t

$D_t$  : Demanda real del periodo t

$F_t$ : Pronostico para el periodo t

La elección del método de pronóstico más adecuado para un artículo se basa en la medición de los errores que genera el pronóstico, siendo mejor pronóstico aquel método que entregue el menor error. En este sentido y considerando que el análisis de pronóstico

generado en este estudio entrega mediciones de diferentes tipos de errores, para efecto de la selección del mejor pronóstico se ha considerado el error de pronóstico acumulado CFE (*del inglés cumulative sum of forecast*), la desviación media absoluta MAD (*del inglés mean absolute deviation*) y el error porcentual absoluto medio MAPE (*del inglés mean absolute percent error*).

A continuación se muestra la aplicación matemática de cada error mencionado en el apartado anterior:

- El error de pronóstico acumulado (CFE) corresponde a la medición sistemática de los errores de cada periodo anterior al que se está calculando, dando como resultado el error total de un pronóstico, en dicho error sucede que los errores positivos tienden a compensar los errores negativos. Sin embargo, la CFE se utiliza para evaluar el sesgo de un pronóstico, es decir, si la CFE es alta indica que el pronóstico tiende a estar por debajo de la demanda real. Este error de pronóstico se expresa matemáticamente de la siguiente forma

$$CFE = \sum E_t$$

- La desviación media absoluta MAD, mide la dispersión de los errores de pronóstico a través de una serie de periodos, sin considerar si dichos errores consistieron en estimaciones excesivas o en subestimaciones. Se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$MAD = \frac{\sum |A_t - F_t|}{n}$$

Donde un valor cercano a cero indica que el pronóstico se aproxima bastante a la demanda real, en caso contrario, un valor grande indica un error considerable en el pronóstico

- El error porcentual absoluto medio MAPE es el encargado de relacionar los errores de pronóstico con el nivel de la demanda. El MAPE es un muy buen elemento para realizar la comparación entre pronóstico de dos series de pronósticos diferentes. Donde un MAPE alto es más perjudicial para aquellos pronósticos donde la demanda es baja. Su fórmula matemática es:

$$MAPE = \frac{\left(\frac{\sum |E_t|}{D_t}\right)}{n} * 100$$

#### Normalizador MAG

El método de normalización MAG es utilizado para la selección de métodos de pronóstico, el que se basa en la normalización de los errores a partir de un modelo cualquiera seleccionado, el que se utiliza como pivote de normalización para los errores de la misma clase de los demás pronósticos, finalmente se escoge aquel método de pronóstico cuyo promedio normalizado sea menor.

#### Señal de rastreo

La señal de rastreo denominada TS (*del inglés Tracking Signal*) es otra medida de desempeño que utiliza medir la desviación del pronóstico con respecto a variaciones en la demanda. La TS se relaciona directamente con la MAD ya que la señal de rastreo se puede interpretar como el número de desviaciones medias absolutas (MAD) que el pronóstico esta sobre o bajo la demanda real donde se considera como límites aceptables una Señal de Rastreo que fluctúa en el rango de [-4,4] MAD

El cálculo matemático de la TS se expresa mediante la fórmula siguiente:

$$TS = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |A_t - F_t|} \rightarrow TS = \frac{CFE}{MAD}$$

## 2.5 Determinación de un modelo de política de inventario.

La determinación de una política óptima de inventario debe ser capaz de conciliar un adecuado nivel de disponibilidad de los artículos, con un costo mínimo asociado al stock

que se debe mantener para alcanzar esa disponibilidad. Los gerentes deben sopesar los beneficios de mantener un inventario de seguridad y el costo que implica mantenerlo. Para satisfacer esta relación óptima, es preciso entonces conocer los costos asociados a la gestión de inventarios (costos de pedir y mantener), definir el nivel de disponibilidad (entregado como política por la institución) y establecer la estrategia de adquisiciones que mayor aporta a esta relación. En este contexto, el presente estudio ha considerado la implementación el modelo de gestión de inventario basado en la cantidad económica de pedido EOQ (del inglés Economic Order Quantity), que minimiza el costo total asociado y una política de revisión continua, considerando el hecho que la institución cuenta con tecnología y sistemas de información para supervisar el nivel de inventario de cada artículo.

### **2.5.1 Inventarios de seguridad**

Según Nahmias, S. (2007) la utilización de un stock de seguridad como política de inventarios tiene gran relevancia, el cual cumple un rol importante en la planificación de insumos y productos, entre los cuales podemos destacar que define la cantidad necesaria de productos a ser guardada para tenerlo como previsión para hacer frente a un posible quiebre de stock. Para ello es necesario tener en cuenta:

- Coeficiente de seguridad ( $\mu$ ): El cuál es la estandarización normalizada del nivel de servicio al cliente que se desea alcanzar.
- Demanda Promedio ( $D_p$ ): Es el promedio mensual de demanda histórica o proyectada, ya sea de los últimos 6 o 12 meses dependiendo las especificaciones de la empresa.
- Desviación estándar de la demanda ( $\sigma_p$ ): Es la desviación estándar de la demanda mensual de los últimos 6 o 12 meses dependiendo las especificaciones de la empresa.
- Promedio de lead time ( $l_t$ ): Es el promedio del tiempo que se demora en llegar a bodega, los insumos o productos pedidos.

- Desviación estándar del lead time ( $\sigma_{lt}$ ): Es la desviación estándar del tiempo en que se demora en llegar a bodega, los insumos o productos pedidos.

La ecuación que relaciona estos términos es la siguiente:

$$I_s = \mu * \sqrt{D_p^2 * \sigma_p^2 + D_{lt} * \sigma_{lt}^2}$$

Por otro lado es importante exponer que existen diferentes reglas utilizadas para establecer la cantidad o tamaño del lote a utilizar, y los criterios utilizados para su elección son principalmente donde se obtenga el mayor beneficio y menor costo. Para cada comportamiento de demanda se puede utilizar un método diferente del tamaño del lote. A continuación se exponen algunas técnicas algebraicas utilizadas para establecer cantidad de lote.

### 2.5.2 Lote Económico de Compra (EOQ)

Krajewski (2010) la técnica del EOQ resuelve de buena forma las dos preguntas básicas, cuando pedir y el cuánto pedir. Para su aplicación es necesario la presencia de ciertas condiciones, como:

- El conocimiento de la demanda y tiempo de entrega de los productos.
- Los precios no varíen de acuerdo a volúmenes mayores o menores.
- La entrega se realiza por el total de los productos pedidos.

La expresión matemática que determina el tamaño del lote económico es la siguiente:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{h}}$$

Donde:

Q= Cantidad a ordenar

D = Demanda anual

S= Costo de emitir un pedido

h= Costo de mantención de inventario (anual)

Posteriormente se evalúa de forma matemática si la técnica aplicada es conveniente en términos de costos, donde el costo total está dado por la siguiente expresión:

$$C(Q) = h * \left(\frac{Q}{2}\right) + S * \left(\frac{D}{Q}\right)$$

Donde:

Q= Cantidad a pedir

D = Demanda anual

S= Costo de emitir un pedido

h= Costo de mantención de inventario (anual)

Según Chopra (2008), un sistema de control de inventario o de resurtido involucran decisiones respecto a cuándo y cuánto reordenar. Las políticas pueden tomar diversas formas. A continuación se presenta el sistema de revisión continua.

### **2.5.3 Sistema de Control de Revisión Continua**

Este sistema de inventario requiere ser supervisado continuamente para ver si es el momento de realizar un nuevo pedido, para su puesta en marcha se determina un tamaño de lote fijo (mediante el EOQ) para realizar los pedidos. Además, es necesario estimar un punto de reorden al que se le denomina ROP (*del Ingles Reorder Point*), el ROP es una cantidad de artículos que indica el momento en que se debe colocar un nuevo pedido, esta cantidad considera el promedio de demanda estimada para suplir el tiempo que transcurre entre que se coloca el pedido y que este es recepcionado y el stock de seguridad fijado, por lo que el ROP se calcula de la siguiente forma:

$$ROP = \mu_{lt} + I_s$$

Este pedido de cantidad Q se realiza cuando el nivel de inventario desciende hasta el punto de reorden calculado para mantener un nivel de servicio establecido. En este caso, el tamaño del pedido no cambia de un pedido a otro, es el tiempo entre los pedidos el que se mueve dada la demanda variable.

## **2.6 Compra y Recepción de Materiales**

El Sistema de abastecimiento de materiales que actualmente rige en Chile para instituciones públicas y de gobierno, se sustenta a partir de la ley 19.886 de compras públicas, la cual regula los procesos de adquisiciones o arrendamiento de bienes muebles y servicios. En dicho proceso los organismos públicos convoca interesados a presentar propuestas de carácter concursal mediante un llamado a licitación pública o privada, cotizar, contratar, adjudicar y solicitar el despacho; Para ello deben utilizar los sistemas electrónicos o digitales establecidos por el sistema de compras y contrataciones públicas (Chile, Ministerio de Hacienda, Ley de bases sobre contratos administrativos de suministro y Prestación de servicios, 30 de Julio 2003, Ley 19.886).

En cuanto a dicho sistema de compras, es importante mencionar las partes que intervienen en él para la reposición de stock, por un lado está la Corporación administrativa del poder judicial (CAPJ), ésta es un organismo público con personalidad jurídica, dependiente de la corte suprema y se encarga de la administración de los recursos humanos, financieros, tecnológicos y adquisición de materiales destinados al funcionamiento de los tribunales que integran el poder judicial, además de la construcción, acondicionamiento, mantención y reparación de tribunales y de los servicios judiciales.

Por otro lado está la Dirección de compras y contratación pública, la cual es un servicio público a cargo del sistema de información de compras y contrataciones de la CAPJ, siendo éste el medio por el cual los organismos públicos regidos por la ley 19.886 deben contratar, licitar, contratar, adjudicar, solicitar despacho y todo proceso de adquisición de bienes o servicios. Además, tiene como función asesorar a los organismos públicos en la planificación y gestión de los procesos de compra (Chile, Ministerio de Hacienda, Convenio de colaboración entre Corporación Administrativa del Poder Judicial y Dirección de Compras y Contratación Pública, 16 de junio 2011)

Para el caso de organismos públicos el sistema de compra y contrataciones de servicio establecido es la plataforma de Mercado Publico ([www.mercadopublico.cl](http://www.mercadopublico.cl)), su misión es “Lograr un uso eficiente de los recursos del Estado de Chile, por parte de los organismos

públicos, a través de la implementación de las mejores prácticas y modernización de la cadena de abastecimiento, generando un mercado atractivo para los proveedores, con equidad en el acceso y competitividad, basado en los principios de transparencia, probidad y eficiencia, con un servicio enfocado en la satisfacción del clientes.”

La adjudicación de las licitaciones o la adquisiciones directa a través de un catalogo electrónico de artículos, se realiza de acuerdo al cumplimiento de las bases y se establece la combinación más ventajosa entre el costo monetario equivalentes por unidad de producto, los beneficios y los perjuicios asociados presentes y futuros del bien o servicio.

El proceso de recepción de materiales se realiza directamente en las bodegas de la CAPJ, donde es el propio proveedor que se adjudica la licitación quien se encarga de la entrega, así lo estipula la Ley de bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios N° 19.886.



### **3.1 Determinación de los materiales requeridos para el correcto funcionamiento de las oficinas de la CAPJ de la jurisdicción de Concepción.**

Un primer paso para realizar la determinación de los materiales necesarios para no interferir en el desarrollo de las labores realizadas en las oficinas dependientes de la Corporación, fue la recolección de antecedentes históricos referidos a:

- Catálogo de productos
- Fechas y cantidades de las solicitudes realizadas
- Fechas y cantidades de despacho de los materiales
- Valores de productos
- Centros de Costo que los utilizan

Para ello, se gestionó con el jefe de abastecimiento de la Corporación desde donde se obtuvo los datos históricos de compra y utilización de 4 años (enero 2010-marzo 2014). Entre la información obtenida se destacan más de 17 mil solicitudes de consumo de parte de los distintos centros de costos que dependen de dicha Corporación, 241 diferentes productos solicitados y un presupuesto superior a los 640 millones de pesos durante los 4 años.

#### **3.1.1 Análisis de Pareto Según participación Económica**

En primera instancia a estos 241 artículos se le practicó un análisis del tipo “ABC” desde el punto de vista económico para visualizar el impacto de cada producto tiene dentro del presupuesto utilizado, para así reducir el campo de estudio sin dejar fuera aquellos que son más representativos. A continuación se presenta una tabla resumen de análisis ABC bajo criterio económico para observar de mejor forma los resultados del proceso realizado:

Clasificación	Cantidad de Artículos	Representación de Cantidad Total	Presupuesto Utilizado	Representación del Presupuesto Utilizado
A	19	7,9%	\$ 510.389.296	80%
B	64	26,6%	\$ 97.750.713	15%
C	158	65,6%	\$ 32.410.980	5%
Total	241	100%	\$ 640.550.990	100%

*Tabla 1: Resumen de análisis ABC bajo criterio económico  
Elaboración propia a partir de datos históricos de Consumo*

Como se aprecia en “Tabla 1” existen diecinueve productos que representan el 7,9% del total de artículos, esta porción concentra la mayor parte del capital, un 80% del presupuesto utilizado durante el periodo, dichos artículos fueron denominados de clase “A”. De igual forma se obtuvo que sesenta y cuatro artículos sean responsables del 15% del presupuesto utilizado, los que fueron clasificados como clase “B”. Finalmente, los restantes ciento cincuenta y ocho artículos, los que equivalen al 65% del total de artículos solo representan un 5% del presupuesto utilizado, los que constituyen la clase “C”.

### **3.1.2 Análisis de Pareto Según Solicitudes de los Centros de Costos**

Utilizando la misma base de datos y aplicando un nuevo análisis de Pareto, esta vez bajo un criterio de importancia, es decir, cuántos de los diferentes centros de costos han solicitado cada artículo, de esta forma se pudo visualizar la importancia que cada artículo tiene en las diferentes unidades solicitantes.

Como resultado de este análisis se determinó una nueva clasificación, donde la clase “A” está compuesta por treinta y siete artículos, los cuales según los registros fueron requeridos por más del 70% de los centros de costos y en su conjunto promedian una demanda del 81% del total de las unidades solicitantes. Luego tenemos la clase “B” que corresponde a los artículos que presentaron un requerimiento entre el 20% al 70% de los centros de costos, en dicha clase se posicionaron noventa y un artículos, los que en promedio registraron un requerimiento del 46%. Finalmente, está la clase “C” donde se

agrupo a los artículos con requerimiento menos al 20%, los que resultaron ser ciento trece artículos, promediando un requerimiento de solo el 9% de las unidades solicitantes.

A continuación se presenta una tabla resumen de los resultados del proceso realizado:

Clasificación	Rango de Decisión	Cantidad de Artículos	Representación de Cantidad Total	Cantidad Promedio de Unidades Solicitantes
A	70% al 100%	37	15,4%	81%
B	20% al 70%	91	37,8%	46%
C	0% al 20%	113	46,9%	9%

*Tabla 2: Resumen de análisis ABC bajo criterio de solicitudes de centros de costos  
Elaboración propia a partir de datos históricos de Consumo*

Posteriormente se realizó un cruce entre ambos criterios recientemente descritos, con el objetivo de definir claramente los artículos a ser considerados en el estudio.

La finalidad de realizar este cruce de información, fue poder extraer de la clase “A” del criterio económico, aquellos artículos que fuesen compras puntuales o artículos de utilización menor al 20% de las unidades solicitantes.

A continuación se muestra un cuadro resumen del análisis realizado:

		Criterio Económico								
		A			B			C		
Criterio de Solicitudes	A	A			B			C		
		Costo	Solicitud	Artículos	Costo	Solicitud	Artículos	Costo	Solicitud	Artículos
	80%	70% - 100%	10	15%	70% - 100%	19	5%	70% - 100%	8	
	B	A			C			C		
		Costo	Solicitud	Artículos	Costo	Solicitud	Artículos	Costo	Solicitud	Artículos
	80%	20% - 70%	4	15%	20% - 70%	28	5%	20% - 70%	59	
C	C			C			C			
	Costo	Solicitud	Artículos	Costo	Solicitud	Artículos	Costo	Solicitud	Artículos	
80%	0% - 20%	5	15%	0% - 20%	17	5%	0% - 20%	91		

*Tabla 3: Cruce de información de análisis ABC*

*Elaboración propia a partir de análisis de pareto realizados anteriormente*

Como resultado del cuadro anterior, podemos extraer una clasificación final, donde se obtuvo una nueva clase A correspondiente a 14 artículos (5,8%), la clase B es integrada por 19 artículos (8%) y la clase C correspondiente a 208 artículos (86,3%)

Donde, como resultado explicito de los análisis de pareto realizados anteriormente, los artículos que se consideraron en el presente trabajo fueron los que se detallan a continuación:

N°	ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN DE ARTICULO	CRITERIO ECONÓMICO	CRITERIO DE SOLICITUD	SELECCIÓN DE CLASE
1	MOF02337	PAPEL CARTA FOTOCOPIADORA (RESMAS)	A	A	A
2	MOF02363	PAPEL OFICIO FOTOCOPIADORA (RESMAS)	A	A	A
3	MOF01008	ARCHIVADORES PALANCA OFICIO L. ANCHO	A	A	A
4	MOF01435	POST -IT 76 X127 MM	A	A	A
5	COM01447	TÓNER IMPRESORA LASER OKIDATA B-430DN	A	A	A
6	MOF02445	SOBRES HÉRCULES 1/2 OFICIO	A	A	A
7	MOF02453	SOBRES SACO OFICIO (PAPEL KRAFT 60 GR.)	A	A	A
8	COM01395	TÓNER IMPRESORA LASER HP P2055DN	A	A	A
9	COM01448	DRUM FOTOCONDUCTOR B431 44574301	A	A	A
10	MOF05008	HILO # 0 DE 200 YARDAS, PARA EXPEDIENTES	A	A	A
11	COM01392	TÓNER IMPRESORA LASER HP P2035N	A	B	A
12	MOF02212	CARATULAS CIVIL CONTENCIOSO RESMA	A	B	A
13	COM01414	TÓNER IMPRESORA LASER OKIDATA B-6500	A	B	A
14	ASE01124	TOALLA DE PAPEL	A	B	A

*Tabla 4: Clasificación final de artículos a considerar en análisis  
Elaboración propia a partir de análisis de pareto realizados anteriormente*

### **3.2 Definición de un modelo de predicción de consumo para cada Artículo.**

Para establecer el método de pronóstico más adecuado para cada artículo, se realizó un análisis del comportamiento de la demanda histórica de cada producto seleccionado en el punto anterior, durante este análisis se decidió excluir de los registros periodos con consumo cero y datos atípicos que se presentaron, para así evitar alteración y posibles errores de los análisis siguientes.

Luego, considerando que no existe causalidad o dependencia entre los periodos de los datos, y que el horizonte de tiempo de los pronósticos es a corto plazo, se le practico a

cada artículo los métodos de regresión lineal, media móvil, suavizamiento exponencial simple, suavizamiento exponencial doble y suavizamiento exponencial doble con Tendencia y estacionalidad (Holt-Winters); para cada método señalado se calcularon medidas de errores como la suma acumulativa de error (CFE), el error medio absoluto (MAD), el error porcentual absoluto medio (MAPE)

A continuación se presentara un ejemplo de la aplicación de cada modelo de pronóstico descrito en un artículo a modo de ejemplo, el artículo es MOF02212, correspondiente a Caratula Civil Contenciosa (Resma).

### Método de Regresión Lineal

Como primer paso de la aplicación de este método se realizo un análisis de los estadísticos de regresión con las herramientas de Excel. En donde se puede observar el coeficiente de determinación  $R^2$ , el cual indica que solo el 0,69% de la variabilidad del pronóstico “Y” puede ser explicada por la variable aleatoria Consumo real “X”, es decir que para este caso la relación lineal que existe entre ambas variables es casi nula. A continuación imagen de estadísticos calculados.

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,083262804
Coefficiente de determinación $R^2$	0,006932695
$R^2$ ajustado	-0,017893988
Error típico	10,91004883
Observaciones	42

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	33,23814353	33,23814353	0,27924369	0,600117249
Residuos	40	4761,166618	119,0291655		
Total	41	4794,404762			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	superior 95,0%
Intercepción	29,07878824	3,508099172	8,289043956	3,2206E-10	21,98865541	36,1689211	21,9886554	36,1689211
Variable X 1	-0,061484344	0,116351733	-0,528435134	0,60011725	-0,296639967	0,17367128	-0,29663997	0,17367128

*Tabla5: Resumen de estadísticos del método de Regresión Lineal*

*Fuente: Análisis realizado en Excel*

Luego, se procedió a tabular y desarrollar por completo el método para obtener las medidas de error mencionadas anteriormente, donde arrojo que el análisis presenta un error absoluto medio (Mad) de 9,16 unidades, lo que se traduce a un error porcentual medio (Mape) del 42,7%. Estos indicadores nos terminan por corroborar que el modelo no es el más indicado para los datos analizados.

A continuación se presenta una imagen de la aplicación del método descrito.

Periodo	Mes	Consumo	Regresión Lineal	Error $E_t=A_t-F_t$	Error Absoluto	Error Cuadrado Medio	CFE	MAD <sub>t</sub>	% Error	MAPE <sub>t</sub>	TS Regresión
1	ene-10	42	29,02	12,98	12,98	168,55	12,98	12,98	30,91	30,91	1,00
4	abr-10	33	28,83	4,17	4,17	92,96	17,15	8,57	12,63	21,77	2,00
5	may-10	39	28,77	10,23	10,23	96,85	27,38	9,13	26,23	23,26	3,00
6	jun-10	22	28,71	-6,71	6,71	83,89	20,67	8,52	30,50	25,07	2,43
7	jul-10	29	28,65	0,35	0,35	67,14	21,02	6,89	1,21	20,30	3,05
8	ago-10	30	28,59	1,41	1,41	56,28	22,43	5,98	4,71	17,70	3,75
9	sep-10	21	28,53	-7,53	7,53	56,33	14,91	6,20	35,84	20,29	2,41
10	oct-10	22	28,46	-6,46	6,46	54,51	8,44	6,23	29,38	21,43	1,36
11	nov-10	34	28,40	5,60	5,60	51,94	14,04	6,16	16,46	20,87	2,28
12	dic-10	36	28,34	7,66	7,66	52,61	21,70	6,31	21,28	20,91	3,44
14	feb-11	15	28,22	-13,22	13,22	63,71	8,48	6,94	88,12	27,02	1,22
15	mar-11	39	28,16	10,84	10,84	68,20	19,33	7,26	27,80	27,09	2,66
16	abr-11	26	28,10	-2,10	2,10	63,29	17,23	6,87	8,06	25,63	2,51
17	may-11	15	28,03	-13,03	13,03	70,90	4,20	7,31	86,89	30,00	0,57
18	jun-11	24	27,97	-3,97	3,97	67,23	0,23	7,08	16,55	29,10	0,03
20	ago-11	38	27,85	10,15	10,15	69,47	10,38	7,28	26,71	28,95	1,43
21	sep-11	17	27,79	-10,79	10,79	72,23	-0,41	7,48	63,46	30,98	-0,05
22	oct-11	24	27,73	-3,73	3,73	68,98	-4,14	7,27	15,53	30,13	-0,57
24	dic-11	41	27,60	13,40	13,40	74,80	9,26	7,60	32,68	30,26	1,22
25	ene-12	11	27,54	-16,54	16,54	84,74	-7,28	8,04	150,38	36,27	-0,91
26	feb-12	19	27,48	-8,48	8,48	84,13	-15,76	8,06	44,63	36,66	-1,95
28	abr-12	37	27,36	9,64	9,64	84,53	-6,12	8,14	26,06	36,18	-0,75
29	may-12	11	27,30	-16,30	16,30	92,40	-22,42	8,49	148,14	41,05	-2,64
30	jun-12	28	27,23	0,77	0,77	88,58	-21,65	8,17	2,73	39,45	-2,65
31	jul-12	10	27,17	-17,17	17,17	96,83	-38,82	8,53	171,73	44,74	-4,55
32	ago-12	26	27,11	-1,11	1,11	93,15	-39,93	8,24	4,27	43,19	-4,84
33	sep-12	29	27,05	1,95	1,95	89,84	-37,98	8,01	6,72	41,84	-4,74
34	oct-12	46	26,99	19,01	19,01	99,54	-18,97	8,40	41,33	41,82	-2,26
35	nov-12	35	26,93	8,07	8,07	98,36	-10,90	8,39	23,07	41,17	-1,30
36	dic-12	30	26,87	3,13	3,13	95,41	-7,76	8,22	10,45	40,15	-0,94
37	ene-13	15	26,80	-11,80	11,80	96,83	-19,57	8,33	78,69	41,39	-2,35
39	mar-13	12	26,68	-14,68	14,68	100,53	-34,25	8,53	122,34	43,92	-4,01
41	may-13	40	26,56	13,44	13,44	102,96	-20,81	8,68	33,61	43,61	-2,40
42	jun-13	40	26,50	13,50	13,50	105,30	-7,30	8,82	33,76	43,32	-0,83
43	jul-13	33	26,43	6,57	6,57	103,52	-0,74	8,76	19,89	42,65	-0,08
44	ago-13	18	26,37	-8,37	8,37	102,59	-9,11	8,75	46,52	42,76	-1,04
45	sep-13	51	26,31	24,69	24,69	116,29	15,58	9,18	48,41	42,91	1,70
46	oct-13	41	26,25	14,75	14,75	118,96	30,33	9,32	35,97	42,73	3,25
47	nov-13	20	26,19	-6,19	6,19	116,89	24,14	9,24	30,95	42,43	2,61
48	dic-13	16	26,13	-10,13	10,13	116,53	14,01	9,27	63,30	42,95	1,51
49	ene-14	20	26,07	-6,07	6,07	114,59	7,94	9,19	30,33	42,64	0,86
51	mar-14	18	25,94	-7,94	7,94	113,36	0,00	9,16	44,13	42,68	0,00

Tabla 6: Aplicación del modelo de Regresión Lineal para artículo MOF02212

Elaboración propia a partir de datos históricos de Consumo

Método Media Móvil de 3 Períodos.

Un primer paso para la implementación consiste en calcular el promedio de consumo de los 3 últimos períodos, el que es tabulado y utilizado como pronóstico para el período siguiente. Este proceso se repite sistemáticamente para todos los tramos siguientes hasta completar la serie de pronósticos. A continuación se muestra una imagen de la aplicación del método descrito.

## Aplicación del método Media Móvil de 3 Períodos

Periodo	Mes	Consumo	Promedio Móvil	Error $E_t=A_t-F_t$	Error Absoluto	Error Cuadrado Medio	CFE	MAD <sub>t</sub>	% Error	MAPE <sub>t</sub>	TS Media Móvil
1	ene-10	42									
4	abr-10	33									
5	may-10	39									
6	jun-10	22	38,000	-16,000	16,000	256,000	-16,000	16,000	72,727	72,727	-1,00
7	jul-10	29	31,333	-2,333	2,333	130,722	-18,333	9,167	8,046	40,387	-2,00
8	ago-10	30	30,000	0,000	0,000	87,148	-18,333	6,111	0,000	26,924	-3,00
9	sep-10	21	27,000	-6,000	6,000	74,361	-24,333	6,083	28,571	27,336	-4,00
10	oct-10	22	26,667	-4,667	4,667	63,844	-29,000	5,800	21,212	26,111	-5,00
11	nov-10	34	24,333	9,667	9,667	68,778	-19,333	6,444	28,431	26,498	-3,00
12	dic-10	36	25,667	10,333	10,333	74,206	-9,000	7,000	28,704	26,813	-1,29
14	feb-11	15	30,667	-15,667	15,667	95,611	-24,667	8,083	104,444	36,517	-3,05
15	mar-11	39	28,333	10,667	10,667	97,630	-14,000	8,370	27,350	35,499	-1,67
16	abr-11	26	30,000	-4,000	4,000	89,467	-18,000	7,933	15,385	33,487	-2,27
17	may-11	15	26,667	-11,667	11,667	93,707	-29,667	8,273	77,778	37,514	-3,59
18	jun-11	24	26,667	-2,667	2,667	86,491	-32,333	7,806	11,111	35,313	-4,14
20	ago-11	38	21,667	16,333	16,333	100,359	-16,000	8,462	42,982	35,903	-1,89
21	sep-11	17	25,667	-8,667	8,667	98,556	-24,667	8,476	50,980	36,980	-2,91
22	oct-11	24	26,333	-2,333	2,333	92,348	-27,000	8,067	9,722	35,163	-3,35
24	dic-11	41	26,333	14,667	14,667	100,021	-12,333	8,479	35,772	35,201	-1,45
25	ene-12	11	27,333	-16,333	16,333	109,830	-28,667	8,941	148,485	41,865	-3,21
26	feb-12	19	25,333	-6,333	6,333	105,957	-35,000	8,796	33,333	41,391	-3,98
28	abr-12	37	23,667	13,333	13,333	109,737	-21,667	9,035	36,036	41,109	-2,40
29	may-12	11	22,333	-11,333	11,333	110,672	-33,000	9,150	103,030	44,205	-3,61
30	jun-12	28	22,333	5,667	5,667	106,931	-27,333	8,984	20,238	43,064	-3,04
31	jul-12	10	25,333	-15,333	15,333	112,758	-42,667	9,273	153,333	48,076	-4,60
32	ago-12	26	16,333	9,667	9,667	111,918	-33,000	9,290	37,179	47,602	-3,55
33	sep-12	29	21,333	7,667	7,667	109,704	-25,333	9,222	26,437	46,720	-2,75
34	oct-12	46	21,667	24,333	24,333	129,000	-1,000	9,827	52,899	46,968	-0,10
35	nov-12	35	33,667	1,333	1,333	124,107	0,333	9,500	3,810	45,308	0,04
36	dic-12	30	36,667	-6,667	6,667	121,156	-6,333	9,395	22,222	44,453	-0,67
37	ene-13	15	37,000	-22,000	22,000	134,115	-28,333	9,845	146,667	48,103	-2,88
39	mar-13	12	26,667	-14,667	14,667	136,908	-43,000	10,011	122,222	50,659	-4,30
41	may-13	40	19,000	21,000	21,000	147,044	-22,000	10,378	52,500	50,720	-2,12
42	jun-13	40	22,333	17,667	17,667	152,369	-4,333	10,613	44,167	50,509	-0,41
43	jul-13	33	30,667	2,333	2,333	147,778	-2,000	10,354	7,071	49,151	-0,19
44	ago-13	18	37,667	-19,667	19,667	155,020	-21,667	10,636	109,259	50,973	-2,04
45	sep-13	51	30,333	20,667	20,667	163,023	-1,000	10,931	40,523	50,666	-0,09
46	oct-13	41	34,000	7,000	7,000	159,765	6,000	10,819	17,073	49,706	0,55
47	nov-13	20	36,667	-16,667	16,667	163,043	-10,667	10,981	83,333	50,640	-0,97
48	dic-13	16	37,333	-21,333	21,333	170,937	-32,000	11,261	133,333	52,875	-2,84
49	ene-14	20	25,667	-5,667	5,667	167,284	-37,667	11,114	28,333	52,229	-3,39
51	mar-14	18	18,667	-0,667	0,667	163,006	-38,333	10,846	3,704	50,985	-3,53

Tabla 7: Aplicación del modelo de Media Móvil de 3 periodos para artículo MOF02212

Elaboración propia a partir de datos históricos de Consumo

En la imagen anterior, se puede apreciar las medidas de error, donde el error porcentual absoluto medio (MAPE) asciende a un 50,98% y el error medio absoluto (MAD) es de 10,8 unidades, lo que se considera demasiado alto para el nivel de consumo del artículo



en estudio, para el cual, según registros históricos su rango fluctúa entre 10 y 51 unidades por lo que el método de media móvil de 3 periodos no representa una buena alternativa de pronóstico del artículo analizado.

#### Método de Suavizamiento Exponencial Simple

Para la aplicación de este método se utiliza una demanda reciente o pronóstico inicial, para el presente estudio se utilizo el método de regresión lineal en el tiempo 1 para obtener ese primer pronóstico.

Luego, a dicho pronostico inicial se le asigna un factor de ponderación que fluctúa entre 0 y 1, al que se le denomino “ $\alpha$ ”. Para la determinación del parámetro  $\alpha$  se utilizo la herramienta “solver” de Excel, para así obtener un valor que minimice el error medio absoluto (Mad), y poder obtener el mejor resultado del método aplicado.

A continuación se muestra imagen del la aplicación completa del método descrito para el artículo ejemplo.

a = 0,00026											
Período (t)	Mes	Consumo	Suavizamiento Exponencial Simple	Error Et=At-Ft	Error Absoluto	Error Cuadrado Medio	CFE	MAD <sub>t</sub>	% Error	MAPE <sub>t</sub>	TS S. Exponencial Simple
1	ene-10	42	29,017	13	12,983	168,5503981	13	12,983	30,911	30,911	1,00
4	abr-10	33	29,021	4	3,979	92,19247676	17	8,481	12,058	21,485	2,00
5	may-10	39	29,022	10	9,978	94,64990432	27	8,980	25,585	22,852	3,00
6	jun-10	22	29,024	-7	7,024	83,32305542	20	8,491	31,929	25,121	2,35
7	jul-10	29	29,023	0	0,023	66,65854618	20	6,797	0,078	20,112	2,93
8	ago-10	30	29,023	1	0,977	55,70801989	21	5,827	3,258	17,303	3,58
9	sep-10	21	29,023	-8	8,023	56,94481953	13	6,141	38,204	20,289	2,09
10	oct-10	22	29,021	-7	7,021	55,98799333	6	6,251	31,912	21,742	0,93
11	nov-10	34	29,019	5	4,981	52,52398508	11	6,110	14,650	20,954	1,77
12	dic-10	36	29,020	7	6,980	52,14340354	18	6,197	19,388	20,797	2,87
14	feb-11	15	29,022	-14	14,022	65,27733028	4	6,908	93,480	27,405	0,55
15	mar-11	39	29,018	10	9,982	68,14041563	14	7,164	25,594	27,254	1,92
16	abr-11	26	29,021	-3	3,021	63,6008496	11	6,846	11,619	26,051	1,57
17	may-11	15	29,020	-14	14,020	73,09823726	-3	7,358	93,468	30,867	-0,45
18	jun-11	24	29,016	-5	5,016	69,90266192	-8	7,202	20,902	30,202	-1,15
20	ago-11	38	29,015	9	8,985	70,57926307	1	7,313	23,644	29,793	0,09
21	sep-11	17	29,017	-12	12,017	74,92282882	-11	7,590	70,691	32,198	-1,49
22	oct-11	24	29,014	-5	5,014	72,15729799	-16	7,447	20,893	31,570	-2,20
24	dic-11	41	29,013	12	11,987	75,9221034	-4	7,686	29,237	31,448	-0,57
25	ene-12	11	29,016	-18	18,016	88,35508005	-22	8,203	163,783	38,064	-2,73
26	feb-12	19	29,011	-10	10,011	88,9204528	-32	8,289	52,692	38,761	-3,91
28	abr-12	37	29,009	8	7,991	87,78134944	-24	8,275	21,598	37,981	-2,95
29	may-12	11	29,011	-18	18,011	98,06872131	-42	8,698	163,735	43,448	-4,88
30	jun-12	28	29,006	-1	1,006	94,02470082	-43	8,378	3,593	41,788	-5,18
31	jul-12	10	29,006	-19	19,006	104,7125762	-62	8,803	190,058	47,718	-7,09
32	ago-12	26	29,001	-3	3,001	101,0315098	-65	8,580	11,542	46,327	-7,63
33	sep-12	29	29,000	0	0,000	97,28960204	-65	8,262	0,000	44,611	-7,92
34	oct-12	46	29,000	17	17,000	104,1363832	-48	8,574	36,956	44,338	-5,65
35	nov-12	35	29,005	6	5,995	101,7849883	-42	8,485	17,130	43,400	-5,00
36	dic-12	30	29,006	1	0,994	98,42508385	-41	8,236	3,313	42,063	-5,03
37	ene-13	15	29,006	-14	14,006	101,5784023	-55	8,422	93,376	43,719	-6,58
39	mar-13	12	29,003	-17	17,003	107,4381466	-72	8,690	141,689	46,780	-8,34
41	may-13	40	28,998	11	11,002	107,8503382	-61	8,760	27,505	46,196	-7,01
42	jun-13	40	29,001	11	10,999	108,2364021	-50	8,826	27,497	45,646	-5,72
43	jul-13	33	29,004	4	3,996	105,6001685	-46	8,688	12,109	44,688	-5,35
44	ago-13	18	29,005	-11	11,005	106,031016	-57	8,752	61,139	45,145	-6,56
45	sep-13	51	29,002	22	21,998	116,2438707	-35	9,110	43,133	45,091	-3,89
46	oct-13	41	29,008	12	11,992	116,9692856	-23	9,186	29,249	44,674	-2,55
47	nov-13	20	29,011	-9	9,011	116,0521239	-32	9,181	45,056	44,683	-3,54
48	dic-13	16	29,009	-13	13,009	117,3814921	-45	9,277	81,305	45,599	-4,90
49	ene-14	20	29,005	-9	9,005	116,4964594	-54	9,271	45,026	45,585	-5,88
51	mar-14	18	29,003	-11	11,003	116,6052086	-65	9,312	61,127	45,955	-7,03

Tabla 8: Aplicación del modelo Suavizamiento Exponencial Simple para artículo MOF02212  
Elaboración propia a partir de datos históricos de Consumo

Al observar los resultados de la imagen anterior se pudo deducir que el método de Suavizamiento Exponencial Simple no arrojo buenos resultados en cuanto a indicadores de error, ya que presento un error porcentual absoluto medio (Mape) del 45,9%, y un

error medio absoluto (Mad) de 9,3 unidades del artículo. Además, se aprecio una señal de rastreo que se mueve libremente entre [-8,34 : 3,58].

Método de Suavizamiento Exponencial Doble.

El presente método requiere de un pronóstico inicial, para lo que se considero los coeficientes de regresión lineal calculados anteriormente (tabla 3.5), dichos coeficientes corresponden al promedio de la Serie suavizado exponencialmente ( $A_t$ ), y al promedio de la tendencia suavizado exponencialmente ( $T_t$ ). Además del pronóstico inicial, se requieren dos constantes de suavizamiento, estas son  $\alpha$  y  $\beta$ , las que se utilizan para el suavizamiento de la serie y la tendencia respectivamente.

Luego de realizado este análisis, fue posible observar que el método de Suavizamiento exponencial doble si es una buena alternativa para basar el pronóstico del artículo analizado, ya que presenta un error porcentual absoluto medio (Mape) de 8,9%, el que se considera adecuado, además, arrojó un error medio absoluto (Mad) de solo 1,97 unidades que se considera aceptable para el rango de consumo del articulo analizado, sumado anterior, la señal de rastreo fluctúa entre [-1,05 : 2,99].

Si bien para este método se encontraron valores de  $\alpha$  y  $\beta$  que minimizaban aun más el error medio absoluto, se escogieron de tal forma los parámetros, cuidando que la señal de rastreo se mantenga dentro de los rangos permitidos.

A continuación se muestra la aplicación del método de suavizamiento exponencial doble.

a =	0,83
b =	0,01

Periodo	Mes	Consumo	At	Tt	Suavización Exponencial Doble	Error Et=At-Ft	Error Absoluto	Error Cuadrado Medio	CFE	MAD <sub>t</sub>	% Error	MAPE <sub>t</sub>	TS S. Exponencial Doble
0			29,07878824	-0,06148									
1	ene-10	42	39,780	0,04614	39,82610	2,17390	2,174	4,7258	2,1739	2,17390	5,176	5,176	1,00
4	abr-10	33	34,167	-0,01045	34,15682	-1,15682	1,157	3,0320	1,0171	1,66536	3,506	4,341	0,61
5	may-10	39	38,172	0,02970	38,20152	0,79848	0,798	2,2339	1,8156	1,37640	2,047	3,576	1,32
6	jun-10	22	24,770	-0,10461	24,66585	-2,66585	2,666	3,4521	-0,8503	1,69876	12,118	5,712	-0,50
7	jul-10	29	28,259	-0,06868	28,19018	0,80982	0,810	2,8928	-0,0405	1,52097	2,792	5,128	-0,03
8	ago-10	30	29,691	-0,05367	29,63685	0,36315	0,363	2,4327	0,3227	1,32800	1,211	4,475	0,24
9	sep-10	21	22,477	-0,12527	22,35163	-1,35163	1,352	2,3461	-1,0290	1,33138	6,436	4,755	-0,77
10	oct-10	22	22,060	-0,12819	21,93194	0,06806	0,068	2,0535	-0,9609	1,17346	0,309	4,199	-0,82
11	nov-10	34	31,936	-0,02814	31,90822	2,09178	2,092	2,3115	1,1309	1,27550	6,152	4,416	0,89
12	dic-10	36	35,300	0,00578	35,30608	0,69392	0,694	2,1285	1,8248	1,21734	1,928	4,167	1,50
14	feb-11	15	18,472	-0,16256	18,30978	-3,30978	3,310	2,9308	-1,4850	1,40756	22,065	5,795	-1,05
15	mar-11	39	35,462	0,00896	35,47093	3,52907	3,529	3,7245	2,0441	1,58435	9,049	6,066	1,29
16	abr-11	26	27,620	-0,06955	27,54998	-1,54998	1,550	3,6228	0,4941	1,58171	5,961	6,058	0,31
17	may-11	15	17,146	-0,17359	16,97245	-1,97245	1,972	3,6419	-1,4783	1,60962	13,150	6,564	-0,92
18	jun-11	24	22,798	-0,11533	22,68296	1,31704	1,317	3,5147	-0,1613	1,59012	5,488	6,493	-0,10
20	ago-11	38	35,381	0,01165	35,39243	2,60757	2,608	3,7200	2,4463	1,65371	6,862	6,516	1,48
21	sep-11	17	20,145	-0,14083	20,00428	-3,00428	3,004	4,0321	-0,5580	1,73315	17,672	7,172	-0,32
22	oct-11	24	23,317	-0,10770	23,20903	0,79097	0,791	3,8429	0,2330	1,68081	3,296	6,957	0,14
24	dic-11	41	37,958	0,03978	37,99753	3,00247	3,002	4,1151	3,2354	1,75037	7,323	6,976	1,85
25	ene-12	11	15,617	-0,18403	15,43255	-4,43255	4,433	4,8917	-1,1971	1,88448	40,296	8,642	-0,64
26	feb-12	19	18,390	-0,15445	18,23551	0,76449	0,764	4,6866	-0,4326	1,83115	4,024	8,422	-0,24
28	abr-12	37	33,791	0,00111	33,79238	3,20762	3,208	4,9413	2,7750	1,89371	8,669	8,433	1,47
29	may-12	11	14,897	-0,18784	14,70965	-3,70965	3,710	5,3247	-0,9347	1,97267	33,724	9,533	-0,47
30	jun-12	28	25,727	-0,07767	25,64968	2,35032	2,350	5,3330	1,4157	1,98840	8,394	9,485	0,71
31	jul-12	10	12,676	-0,20740	12,46869	-2,46869	2,469	5,3635	-1,0530	2,00761	24,687	10,093	-0,52
32	ago-12	26	23,686	-0,09523	23,59092	2,40908	2,409	5,3804	1,3560	2,02305	9,266	10,062	0,67
33	sep-12	29	28,075	-0,05039	28,02466	0,97534	0,975	5,2164	2,3314	1,98425	3,363	9,813	1,17
34	oct-12	46	42,926	0,09863	43,02485	2,97515	2,975	5,3462	5,3065	2,01964	6,468	9,694	2,63
35	nov-12	35	36,372	0,03210	36,40435	-1,40435	1,404	5,2299	3,9022	1,99842	4,012	9,498	1,95
36	dic-12	30	31,095	-0,02099	31,07416	-1,07416	1,074	5,0940	2,8280	1,96761	3,581	9,301	1,44
37	ene-13	15	17,749	-0,15424	17,59444	-2,59444	2,594	5,1468	0,2336	1,98783	17,296	9,559	0,12
39	mar-13	12	12,957	-0,20062	12,75603	-0,75603	0,756	5,0038	-0,5224	1,94934	6,300	9,457	-0,27
41	may-13	40	35,341	0,02523	35,36651	4,63349	4,633	5,5028	4,1111	2,03068	11,584	9,521	2,02
42	jun-13	40	39,208	0,06364	39,27132	0,72868	0,729	5,3566	4,8397	1,99238	1,822	9,295	2,43
43	jul-13	33	34,072	0,01165	34,08405	-1,08405	1,084	5,2371	3,7557	1,96643	3,285	9,123	1,91
44	ago-13	18	20,750	-0,12168	20,62869	-2,62869	2,629	5,2836	1,1270	1,98483	14,604	9,275	0,57
45	sep-13	51	45,807	0,13010	45,93660	5,06340	5,063	5,8337	6,1904	2,06803	9,928	9,293	2,99
46	oct-13	41	41,844	0,08917	41,93333	-0,93333	0,933	5,7031	5,2571	2,03817	2,276	9,108	2,58
47	nov-13	20	23,751	-0,09266	23,65794	-3,65794	3,658	5,8999	1,5991	2,07970	18,290	9,344	0,77
48	dic-13	16	17,310	-0,15614	17,15337	-1,15337	1,153	5,7857	0,4458	2,05655	7,209	9,290	0,22
49	ene-14	20	19,513	-0,13254	19,38068	0,61932	0,619	5,6539	1,0651	2,02149	3,097	9,139	0,53
51	mar-14	18	18,236	-0,14399	18,09211	-0,09211	0,092	5,5195	0,9730	1,97555	0,512	8,934	0,49

Tabla 9: Aplicación del modelo Suavizamiento Exponencial Doble para artículo MOF02212

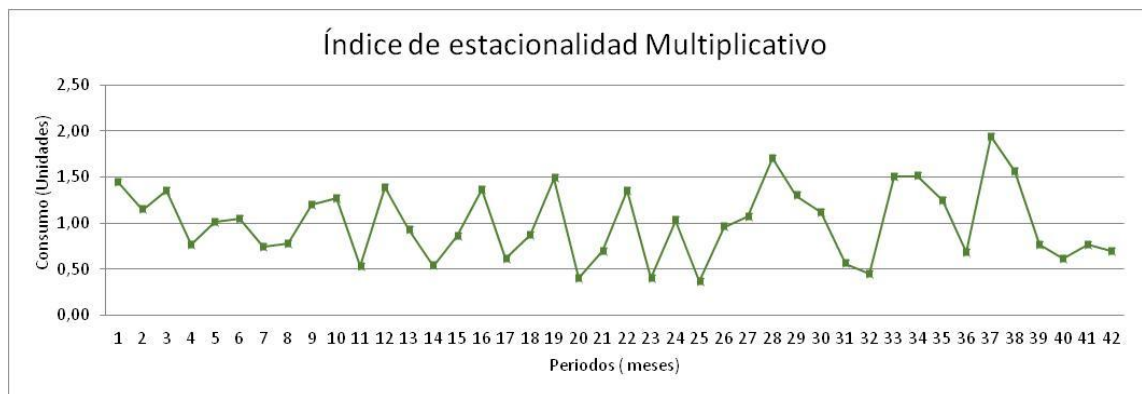
Elaboración propia a partir de datos históricos de Consumo

### Método de Suavizamiento Exponencial con Tendencia y Estacionalidad (Holt-Winters)

Este método entrega un pronóstico basado en promedios de periodos anteriores, considerando además factores de tendencia y estacionalidad. Su aplicación consiste, en aislar la componente tendencial del consumo real, determinar el índice de estacionalidad,

para luego aplicarlo sobre el pronóstico inicial, que en este caso se ha utilizado el método de regresión lineal. De esta forma, el nuevo pronóstico estará basado en promedios de periodos anteriores y contendrá las componentes de tendencia y estacionalidad. A continuación se muestra su aplicación sobre el artículo MOF02212

### Determinación del índice de estacionalidad



*Figura 3: Representación de índice de Estacionalidad Multiplicativo en Artículo MOF02212  
Elaboración propia a partir de análisis de datos del Artículo MOF02212*

La imagen anterior muestra la serie de datos de consumo real, sin la componente de tendencia. En ella, no se aprecia una componente clara de estacionalidad.

Luego se procede a la aplicación completa del método descrito anteriormente, obteniendo como resultado, un error porcentual absoluto medio (Mape) del 42,4 % el que es superior a lo aceptable, además, sumado a un error medio absoluto (Mad) de 9,1 unidades lo cual se considera alto para el rango de datos asociado a la muestra, añadiendo además que el rango donde se mueve la señal de rastreo es más amplio de lo esperado, fluctúa entre [-4,9 : 3,5].

Considerando lo anterior se puede afirmar que el método de Holt-Winters de orden 2, no representa una buena alternativa para basar el pronóstico del artículo analizado.

A continuación se muestra la aplicación completa del método de Holt-Winters sobre el artículo MOF02212



### 3.3 Elección de un método de pronóstico

Los aplicación de cada uno de los métodos presentados en los párrafos anteriores sobre el artículo ejemplo (MOF02212), permiten observar que junto con el pronóstico se realizaron cálculos de errores asociados a cada método. El objetivo de estos cálculos fue realizar la comparación para seleccionar el método que mejor representa la demanda real de los artículos. La implementación de la elección de un método para cada artículo se basó en la comparación de los errores CFE, MAD y MAPE, ya que son considerados los más representativos de la bondad del pronóstico. Para comparar estos errores y seleccionar el pronóstico más adecuado se utilizó el método de normalizador MAG, cuya aplicación se muestra a modo de ejemplo para el artículo MOF02212, en las tablas siguientes:

Medidas de error para cada método:

Método	CFE	MAD	MAPE
Regresión Lineal	0,000	9,158	42,675
Media Móvil (3P)	-38,333	10,846	50,985
S. Exponencial Simple	-65,495	9,312	45,955
S. Exponencial Doble	0,973	1,976	8,934
Holt-Winters	0,055	9,120	42,447

*Tabla 11: Medidas de error de cada método revisado sobre artículo MOF02212  
Elaboración propia a partir de aplicación de métodos de pronósticos*

Como se puede observar en el cuadro anterior, se tabulo las medidas de error calculadas anteriormente y se selecciono un método como pivote para realizar la normalización, en este caso se selecciono el método de suavizamiento exponencial doble. Luego, se procedió a aplicar la normalización, esto es, dividir los errores obtenidos en cada método por el error obtenido con el método pivote. De forma paralela al método normalizador se tabula los rangos en los que se movió la señal de rastreo en cada método aplicado anteriormente.

A continuación se muestra tabla de resultados del método normalizador y de la señal de rastreo sobre artículo ejemplo.

Método	CFE	MAD	MAPE	Promedio	señal de rastreo	
					Mínimo	Máximo
Regresión Lineal	0,00	4,64	4,78	3,14	-4,84	3,75
Media Móvil 2P	-39,40	5,49	5,71	-9,40	-5,00	0,55
S. Exponencial Simple	-67,32	4,71	5,14	-19,15	-8,34	3,58
S. Exponencial Doble	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,05	2,99
Holt-Winters	0,06	4,62	4,75	3,14	-4,92	3,57

Tabla 12: Aplicación del MAG de cada método sobre artículo MOF02212  
Elaboración propia a partir de aplicación de métodos de pronósticos

De la imagen anterior se observa que al aplicar la normalización, se obtiene que el menor valor del promedio de los errores normalizados, corresponde al método de Suavizamiento Exponencial Doble y por tanto es el método de pronóstico seleccionado.

Además, de forma análoga se aprecian los rangos en el que se mueven las señales de rastreo de cada método, dando como resultado ser la más acotada y la más estable, la correspondiente al método de Suavizamiento Exponencial Doble

A continuación se muestra una grafica de las señales de rastreo de todos los métodos aplicados sobre el artículo ejemplo

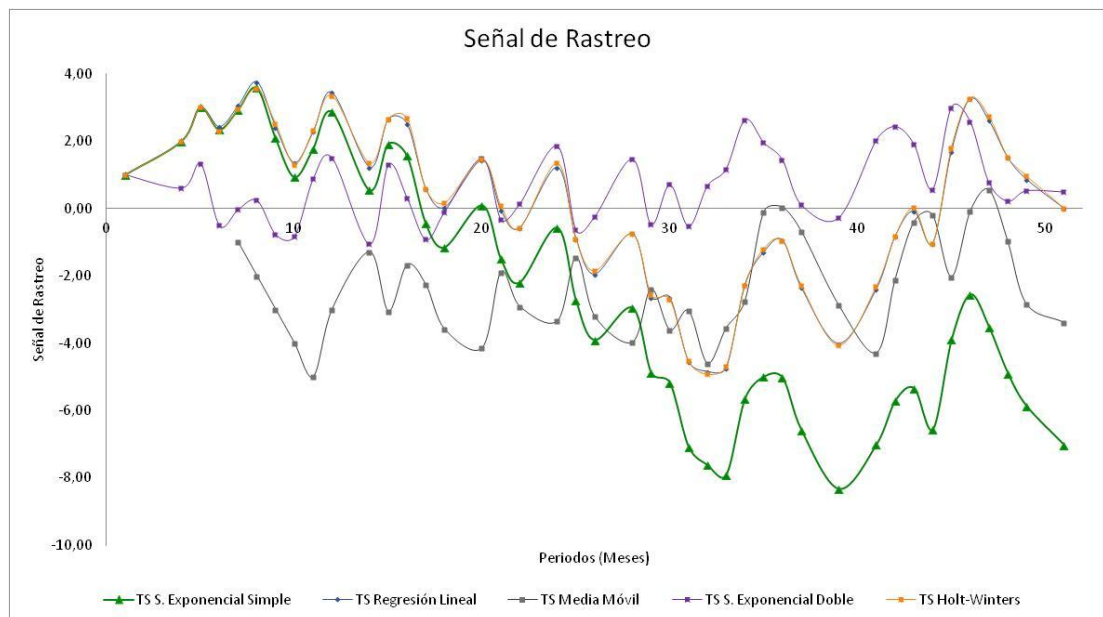
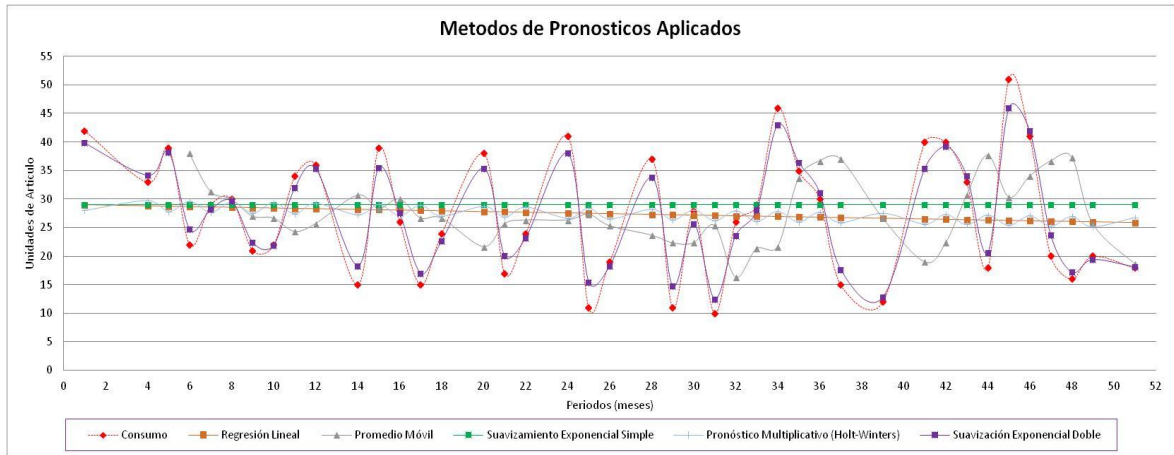


Figura 4: Señal de rastreo de métodos de pronósticos sobre artículo MOF02212  
Elaboración propia a partir de datos históricos de Consumo



Por otro lado y sin perjuicio del resultado empírico obtenido con el normalizador MAG, es posible ver gráficamente el comportamiento de cada pronóstico respecto del consumo real, como se presenta en la gráfica siguiente:



*Figura 5: Aplicación de métodos de pronósticos sobre artículo MOF02212  
Elaboración propia a partir de datos históricos de Consumo*

La ilustración anterior, permite observar gráficamente el comportamiento de cada uno de los métodos de pronósticos sobre el consumo real del artículo analizado, en ella es posible apreciar que el método de suavizamiento exponencial doble, es el pronóstico que más se acerca al consumo real, resultado que coincide con los obtenidos analíticamente a través del normalizador MAG y del análisis de la señal de rastreo.

### 3.4 Determinación de costos de inventario

Si bien la institución cuenta con una gestión y clasificación presupuestaria muy sólida, no existe en forma explícita un nivel de detalle de costos asociado a los procesos, razón por la cual se revisó el proceso de abastecimiento de la institución y se determinaron los costos fijos y variables de pedir, además los costos de mantener de cada artículo. Dicha información fue obtenidos mediante:

- El portal de Internet del Poder Judicial (link transparencia)
- El acceso al sistema de contratos de la institución

- Información entregada por personal de abastecimiento mediante una consulta a un experto.

### 3.4.1 Costos de hacer Pedido

a) Tanto el costo mensual como el semestral en el que se incurre en el proceso de realizar un pedido para la CAPJ, fueron calculados utilizando la información entregada por personal de abastecimiento, donde se detallo los tiempos en porcentajes del trabajo sobre una base mensual, que cada persona invierte en el proceso de realizar pedidos, además detallo las funciones que se relacionan a la actividad y su grado jerárquico dentro del servicio público, información que en conjunto con la planilla publicada en el portal de internet del poder judicial nos llevo a obtener los sueldo de cada persona y con ello el gasto mensual relacionado al proceso de pedir. Los resultados del análisis se detallan a continuación:

Sueldo del personal (proceso de pedir)	Grado	Cantidad	Remuneración	Tiempo Utilizado	Costo mensual por sueldos	costo semestral por sueldos
Administrativo de Adquisiciones	XIV	1	\$ 1.041.543	80%	\$ 833.234	\$ 4.999.406
Encargado de Adquisiciones y Contratos	IX	1	\$ 3.033.449	30%	\$ 910.035	\$ 5.460.208
Jefe de Sección Adquisiciones y Mantenimiento	X	1	\$ 2.006.626	10%	\$ 200.663	\$ 1.203.976
Sub-Administrador Zonal	VIII	1	\$ 3.455.889	8%	\$ 276.471	\$ 1.658.827
Jefe Sección Finanzas	XI	1	\$ 1.787.088	8%	\$ 142.967	\$ 857.802
Encargado de Bodega	XII	1	\$ 1.181.485	25%	\$ 295.371	\$ 1.772.228
Administrativo de Bodega	XIX	1	\$ 730.841	5%	\$ 36.542	\$ 219.252
Secretaria	XIV	1	\$ 1.041.543	2%	\$ 20.831	\$ 124.985
Encargado de Oficina de Partes	XIV	1	\$ 1.041.543	2%	\$ 20.831	\$ 124.985
costo						\$ 16.421.669

*Tabla 13: Detalle de costo semestral en proceso de colocar un pedido  
Elaboración propia a partir de análisis realizado*

b) Los costos de funcionamiento que se relacionan al proceso de hacer pedido fueron obtenidos mediante la consulta al jefe de abastecimiento, el cual detallo los costos y el uso (en porcentaje) que se le da a cada área o actividad en el proceso de realizar un pedido. Además, los datos como el pago por consumos básicos de luz, agua y gas fueron entregados con aprobación de personal de finanza

A continuación se presenta tabla resumen de la información recabada:

Gastos actividades de Funcionamiento	Cantidad	Costo mensual	Porcentaje Utilizado	Costo Mensual	Costo semestral
Arriendo de Oficinas	1	\$ 3.500.000	20%	\$ 700.000	\$ 4.200.000
Arriendo de Bodega	1	\$ 1.500.000	5%	\$ 75.000	\$ 450.000
Consumos Básicos Oficina					
Electricidad		\$ 1.000.000	20%	\$ 200.000	\$ 1.200.000
Agua		\$ 300.000	20%	\$ 60.000	\$ 360.000
Consumos Básicos Bodega					
Electricidad		\$ 1.000.000	5%	\$ 50.000	\$ 300.000
Agua		\$ 100.000	5%	\$ 5.000	\$ 30.000
Calefacción		\$ 100.000	5%	\$ 5.000	\$ 30.000
Servicios Permanentes Oficina					
Guardia		\$ 1.200.000	20%	\$ 240.000	\$ 1.440.000
Personal de Aseo		\$ 911.000	20%	\$ 182.200	\$ 1.093.200
Servicios Permanentes Bodega					
Guardia		\$ 1.200.000	5%	\$ 60.000	\$ 360.000
Personal de Aseo		\$ 911.000	5%	\$ 45.550	\$ 273.300
Arriendo de maquinas y equipos					
Computador		\$ 50.000	170%	\$ 85.000	\$ 510.000
Impresoras		\$ 30.000	170%	\$ 51.000	\$ 306.000
Multifuncional		\$ 50.000	170%	\$ 85.000	\$ 510.000
Telefonía		\$ 300.000	170%	\$ 510.000	\$ 3.060.000
TOTAL					\$ 9.736.500

*Tabla 14: Detalle de costo semestral del funcionamiento de oficinas para el proceso de hacer un pedido  
Elaboración propia a partir de análisis realizado*

Posteriormente, utilizando el registro de la carga de trabajo de la unidad de abastecimiento junto a los costos obtenidos en los apartados anteriores, se desglosó la cantidad de horas utilizadas en los pedidos del año 2015, esto se realizó utilizando la cantidad de horas por tipo de pedido más las cantidades de pedidos realizados durante el año, donde se determinó un total de 5.041 horas utilizadas, a continuación se muestra un cuadro resumen del análisis realizado

Tipo de Proceso	N° de Horas requerido	Cantidad	Total de Horas
Licitaciones	40	93	3720
Orden de compra Trato directo	5	107	535
Orden de compra Convenio Marco	2	393	786
			5041

*Tabla 15: Horas utilizadas en realizar un pedido durante el 2015  
Elaboración propia a partir de análisis realizado*

Luego, considerando los cálculos anteriores como la cantidad de horas utilizadas, el costo de realizar un pedido y la cantidad de pedidos que se realizaron por convenio marco tomando como base los registros del año 2015, se determino un costo por hora por cada pedido que se realice, costo que fue utilizado en los cálculos realizados en el modelo EOQ para definir las cantidades a pedir de cada artículo en cuestión. A continuación resumen de análisis realizado para la determinación del costo por hora de pedido.

Costo semestral de pedir	\$ 26.158.169
Horas semestrales utilizadas	2.520,5
Costo promedio por hora	\$ 10.378

Horas de compra por convenio marco	2
Costo de pedido	\$ 20.756

*Tabla 16: Determinación del costo por hora de colocar un pedido  
Elaboración propia a partir de análisis realizado*

### **3.4.2 Costos de mantener**

Para determinar los costos asociados a la mantención del stock de artículos, se utilizo la tasa social de descuento, publicada por el Ministerio de desarrollo social, Gobierno de Chile, en el documento “Precios Sociales Vigentes 2015”. La cual corresponde al 6% anual. Luego, se le aplico dicha tasa de descuento al precio promedio de cada artículo, se tal forma que se obtuvo así, un costo de mantención semestral para cada unidad de articulo. Posteriormente, el monto obtenido se amplía a la cantidad óptima de pedido a realizar. Obteniendo así el costo de mantener un pedido realizado.

### **3.5 Propuesta de Política de Control de Inventario**

En primera instancia, fue necesario saber la naturaleza de los datos con los que se estaba trabajando, por lo que se analizo el comportamiento del consumo real histórico de cada artículo, y así se estableció el tipo de distribución que sigue cada uno. Esto se realizo mediante los test de Anderson-Darling y Kolmogorov-Smirnov, para la aplicación de ambos test se utilizo herramientas del Software Minitab 16, donde se planteo una prueba de

hipótesis y se analizó el valor p que arrojó el test aplicado. A modo de ejemplo, se muestra a continuación el análisis realizado en el artículo MOF02212:

Prueba de Normalidad Anderson-Darling

$H_0$ : Los datos siguen una distribución normal

$H_1$ : Los datos No siguen una distribución normal

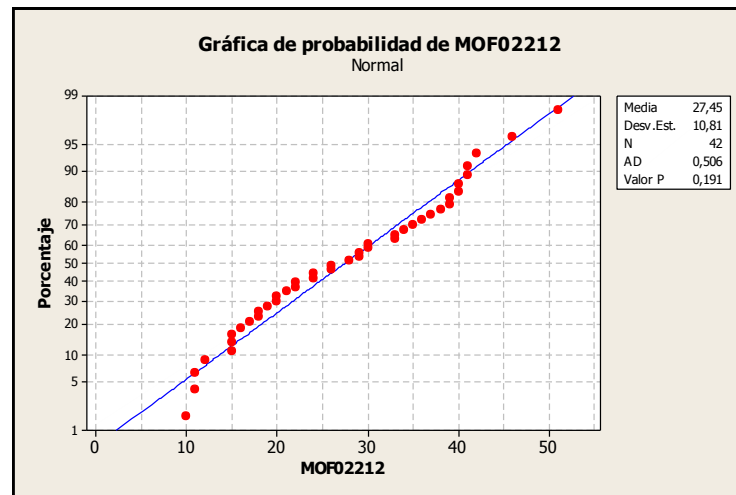


Figura 6: Test de Normalidad de Anderson-Darling para artículo MOF02212  
Elaboración propia mediante Software Minitab 16

Como el valor p de la prueba realizada es igual a 0,191; Considerablemente mayor que el nivel de significancia  $\alpha=0,05$ , no se rechaza  $H_0$ , es decir que es posible afirmar con n 95% de confianza que los datos siguen una distribución Normal.

Cuando los resultados de los test de Anderson-Darling y de Kolmogorov-Smirnov indicaron que los datos no siguen una distribución normal, se utilizó herramientas del software de Promodel, Stat:Fit, para ajustar los datos a la distribución más idónea.

Por otro lado y sin perjuicio de lo anterior, la implementación de la metodología de control de inventario sobre los artículos, se realizó mediante el modelo EOQ, el que puede ser adaptado a una serie de situaciones, según sea la necesidad de la organización, para el presente caso se aplicó mediante la compra individual de cada artículo de acuerdo a la necesidad que presente cada uno, dichos pedidos se realizarán bajo un sistema de control de revisión continua, ya que es el modelo que mejor se adapta a las necesidades de la

organización dada su estructura y cultura organizacional. Para representar su aplicación en el presente documento, se presenta, a modo de ejemplo, los resultados obtenidos para 3 de los artículos analizados, los que se muestran en la siguiente imagen

	Simbología	Formula	UNIDAD	Artículos			
				ASE01124	COM01392	COM01395	
Demanda Real Promedio (mensual)	$\mu_D$		U/mes	195,07	2,64	44,00	
Desviación Estándar.	$\sigma_D$			63,11	0,8	25,3	
Lead time (mensual)	$L_t$	0,5		0,5	0,5	0,5	
Desviación con Lead Time	$\sigma_{Lt}$	$\sigma_D * Raíz(L_t)$		44,63	0,55	17,88	
Demanda promedio con Lead Time	$\mu_{Lt}$	$\mu_D * L_t$		97,54	1,32	22,00	
Nivel de Disponibilidad	95%						
Distribución				Normal	Lognormal	Normal	
Inversa de distribución asociada				1,64	50,45	1,64	
Inventario de Seguridad	$E_S$	$Z_\alpha * \sigma_{Lt}$		73,40	27,72	29,41	
Pronostico 6 periodos	Y		Semestral	1920	30,37	48,97	
Demanda Semestral	D	$Y + I_S$	Semestral	1.993	58	78	
Horas por pedido		2					
Costo promedio de pedir por hora	\$	10378					
Costo de hacer pedido (S)	\$	20756		\$ 20.756	\$ 20.756	\$ 20.756	
Precio Promedio de Articulo	c			\$ 609	\$ 34.727	\$ 61.290	
Tasa de descuento Social (anual)	i	6%		6%	6%	6%	
Costos de mantener (semestral por unidad)	H	ixc		\$ 18	\$ 1.042	\$ 1.839	
cantidad optima de pedido	$Q^* = EOQ$	$Q = \sqrt{\frac{2 * D * S}{h}}$		3010	68	59	
Punto de reorden	ROP	$\mu_{Lt} + I_S$		171	29	51	
Tempo de ciclo	T	$Q^*/D$	Semestral Mensual	1,5103 9,0617	1,1724 7,0345	0,7564 4,5385	
Costo total (Política Propuesta)		$CT = D * C + S \frac{D}{Q} + H \frac{Q}{2}$	\$	79.884.768	\$ 1.254.396	\$ 2.067.284	\$ 4.862.290
Costo de mantener (Política Propuesta)		$H * EOQ$	\$	617.359	\$ 27.483	\$ 35.421	\$ 54.242
Costo Relevante (Política Propuesta)		$Cr = S \frac{D}{Q} + H \frac{Q}{2}$	\$	926.301	\$ 41.227	\$ 53.125	\$ 81.682
Valor de Inventario (Política Actual)		$D * C$	\$	66.532.968	\$ 927.415	\$ 2.117.219	\$ 18.031.471
Costo de Mantener (Política actual)		$H * D * C$	\$	3.991.978	\$ 55.645	\$ 127.033	\$ 1.081.888
Costo de pedir (Política actual)		S	\$	290.589	20756,33349	20756,33349	20756,33349
Costo Relevante (Política Actual)		CR	\$	4.282.567	\$ 76.401	\$ 147.789	\$ 1.102.645

Tabla 17: Aplicación de estrategia de inventario EOQ para 3 artículos ejemplos  
Elaboración propia a partir de análisis realizado

En el cuadro anterior se aprecia la aplicación del sistema de inventario propuesto, en el cual se determinó una cantidad Q de pedido para cada artículo, se estableció además, la cantidad que indica el punto de reorden (ROP) el cual fue calculado de forma independiente para

cada para cada artículo, considerando un tiempo de entrega (lead time) de 15 días y para mantener un nivel de servicio establecido en un 95% de disponibilidad.

Este sistema de inventario requiere ser monitoreado continuamente, revisando que la cantidad de artículo disponible sea superior al ROP, mientras que, cuando dicha cantidad descienda del punto de reorden se coloque un pedido del ese artículo. Para este sistema de inventario, el tamaño del pedido de un artículo no cambia de un pedido a otro, es el tiempo entre los pedidos el que se mueve dada la demanda variable.

Además, se calcularon los costos relevantes de la política actual como de la política propuesta, para la determinación de estos costos se considero el costo de realizar un pedido, como el costo de mantener el inventario almacenado; Es en este último punto donde se visualizo una gran disminución, esto se debe a que en la política propuesta solo se compra la cantidad necesaria para solventar la demanda estimada, la que incluye un inventario de seguridad y el lead time. Mientras que la política actual al no estar bien definida realiza compras sin considerar el elevado costo de inventario que se mantiene permanentemente, el que es considerablemente más abultado.

## **Capítulo 4**

### **Conclusiones generales**

Este trabajo de tesis ha sido capaz de integrar herramientas de administración de operaciones, que si bien individualmente han sido de amplio estudio, pocas veces se ha abordado en forma conjunta para dar una solución integral. El uso adecuado de la herramienta Excel y la aplicación de sus funciones avanzadas de análisis, búsqueda y referencias, estadísticas y optimización, en el desarrollo de este caso de estudio, ha permitido generar como valor agregado al cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente, un muy buen prototipo para un futuro desarrollo completamente automatizado, que permita mejorar los tiempos de análisis y toma de decisiones y de esta forma hacer un uso eficiente del capital humano y de la capacidad tecnológica que dispone la institución.

La definición de un objetivo general claro y la coherencia de los objetivos específicos con el objetivo general, sumado a la definición de una metodología estructurada y técnicamente factible de implementar, permitieron no sólo el cumplimiento de los objetivos planteados, sino que además, contribuir con una propuesta interesante para la el estado del arte, ya que no sólo aporta resultados, sino que también desafíos para posteriores estudios e investigaciones.

Entre los resultados que sobresalen del presente trabajo, se encuentra la demostración empírica del método de clasificación de Pareto, el que incluso habiendo utilizado diferentes criterios, de acuerdo a las necesidades de la institución y los objetivos específicos propuestos, su adaptación y cercanía a la teoría de 80 y 20, sigue siendo válida.

Desde el punto de vista de los objetivos particulares del presente trabajo, la clasificación de los artículos del catálogo, ha permitido no sólo enfocar los esfuerzos según el nivel de criticidad para la institución, sino que además, permite explicar situaciones cuyo origen no estaba claro, de gran impacto para la operación normal de las unidades solicitantes, pero que hoy se sabe que es consecuencia de la falta de un artículo que es crítico. Antes sólo era consecuencia de la falta un artículo entre más de 200.



Respecto del pronóstico de demanda, es posible ver el impacto que provoca el poco o nulo análisis y control sobre la gestión de abastecimiento. Esta situación redundaba en una alta variabilidad de la demanda y por consecuencia un aumento de nivel de inventario de seguridad. En este sentido, queda abierto el desafío para el estudio de una política eficiente de la gestión de inventario, en las propias unidades clientes, lo cual no fue abordado en este trabajo porque no existe información sistémica e histórica del consumo real de los artículos. Esto se debe a que cada artículo que es despachado se considera inmediatamente consumido. Sin perjuicio de lo anterior, una de las propuestas que genera este trabajo para iniciar un control sobre el consumo en las unidades clientes, es simplemente que en el detalle de las cantidades solicitadas incorporen el período de abastecimiento requerido y el stock actual que mantienen en sus bodegas. Esto permitirá generar información que es posible sistematizar para futuras inferencias.

En relación a la generación de una política de inventario, definida en base a la clasificación de artículos y pronósticos de demanda, como estrategia conjunta y sinérgica, es posible apreciar lo alentador que son los resultados obtenidos al pasar de una gestión de compra sin estrategia ni política de inventario, donde el costo de promedio de mantención del inventario disponible es \$4.282.567 por semestre, a una política basada en el modelo EOQ donde el costo promedio de mantención del inventario es solo de \$926.301 por semestre, lo que se traduce en una disminución monetaria del 78%. Además, está claramente definida la cantidad de artículos a pedir en cada ocasión, como también el nivel de inventario que genera la colocación del pedido, respondiendo así con las principales interrogantes de la gestión de inventario, el ¿Cuánto Pedir?, ¿Cuándo Pedir? y el ¿Qué pedir?

Finalmente, y como uno de los objetivos centrales del presente trabajo, es posible concluir que la integración de las herramientas de clasificación de artículos, pronósticos de demanda y política óptima de inventario, soportados transversalmente por las herramientas de optimización, han permitido un cambio sustancial en la gestión de la institución en estudio, no tan solo por el ahorro en inventario, sino porque tuvo la posibilidad de advertir oportunamente la necesidad de profesionalizar su gestión de abastecimiento, para mejorar el nivel de servicio en la medida que se dé cumplimiento a las recomendaciones generadas en el presente documento.

## Referencias Bibliográficas

- Ballou, R. (2004) Logística: Administración de la cadena de suministro. (5ª. ed.) México: Pearson Educación
- Domínguez Machuca, J. A., García, S., Domínguez, M. A., Ruiz, A., & Álvarez M. J. (1995) Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y lo Servicios. (1ª. ed.) España: McGraw-Hill
- Chile, Ministerio de Hacienda, Ley de bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios, 30 de Julio 2003, Ley 19.886
- Chile, Ministerio de Hacienda, Convenio de colaboración entre Corporación Administrativa del Poder Judicial y Dirección de Compras y Contratación Pública, 16 de junio 2011
- Chase, R., Jacobs, R. & Aquilano, N. (2009) Administración de Operaciones. (12ª. ed.) México: McGraw-Hill
- Christopher, M. (2002) Logística: Aspectos estratégicos. México: Editorial Limusa
- Definiciones estratégicas de la Dirección ChileCompra años 2013-2015. (Chile)  
Recuperado el 20 de Agosto de 2013 desde [www.chilecompra.cl](http://www.chilecompra.cl)
- Elda Monterroso (2002) “La Gestión de Abastecimiento”. Universidad Nacional de Luján (Argentina). Recuperado el 20 de Septiembre del 2013, desde <http://www.unlu.edu.ar/~ope20156/pdf/abastecimiento.pdf>
- Gujarati, D. & Porter, D. (2009) Econometría. (5ª. ed.) México: McGraw-Hill
- Joaquín Delgado, Fernando Marín (2000). “Evolución en los sistemas de gestión empresarial Del MRP al ERP” Publicaciones de la ETS de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid (España). Recuperado el 22 de Septiembre de 2013, de <http://pino.univalle.edu.co/~juanp77> N.º 331 • 2000 / I
- Krajewski, Lee, Ritzman, Larry. & Malhotra, M. (2008) Administración de Operaciones: Procesos y cadena de valor. (8ª. ed.) México: Editorial Pearson
- Nahmias, S. (2007) Análisis de la producción y las operaciones. (5ª. ed.) México: McGraw-Hill
- Chopra, S. & Meindl, P. (2008) Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación. (3ª. ed.) México: Pearson Educación.

## Anexos

- ANEXO A : Planilla electrónica de cálculo “Análisis ABC”.
- ANEXO B : Planilla electrónica de cálculo “Métodos de predicción”.
- ANEXO C : Planilla electrónica de cálculo “Costos de Modelo EOQ y Análisis de Sensibilidad”.
- ANEXO D : Planilla electrónica de cálculo “Carga de trabajo U. de Abastecimiento (valor hora de pedido)”.
- ANEXO E : Planilla electrónica de cálculo “Pedidos año 2015 convenio marco”.
- ANEXO F : Documento PDF “Precios Sociales Vigentes 2015 (Tasa de descuento)”.
- ANEXO G : Archivo Minitab 16 “ASE01124”.
- ANEXO H : Archivo Minitab 16 “COM01392”.
- ANEXO H.1 : Archivo Stat:Fit “COM01392”.
- ANEXO I : Archivo Minitab 16 “COM01395”.
- ANEXO J : Archivo Minitab 16 “COM01414”.
- ANEXO J.1 : Archivo Stat:Fit “COM01414”.
- ANEXO K : Archivo Minitab 16 “COM01447”.
- ANEXO L : Archivo Minitab 16 “COM01448”.
- ANEXO M : Archivo Minitab 16 “MOF01008”.
- ANEXO M.1 : Archivo Stat:Fit “MOF01008”.
- ANEXO N : Archivo Minitab 16 “MOF01435”.
- ANEXO O : Archivo Minitab 16 “MOF02212”.
- ANEXO P : Archivo Minitab 16 “MOF02337”.
- ANEXO P.1 : Archivo Stat:Fit “MOF02337”.
- ANEXO Q : Archivo Minitab 16 “MOF02363”.
- ANEXO R : Archivo Minitab 16 “MOF02445”.
- ANEXO S : Archivo Minitab 16 “MOF02453”.
- ANEXO T : Archivo Minitab 16 “MOF05008”.

