



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

DEFINICIÓN MODELO DE COMPRA DE REPUESTOS DE JANSSEN S.A.

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTION Y DIRECCION DE
EMPRESAS**

RICARDO IVÁN AGÜERO MORALES

**PROFESOR GUIA
LUIS ZAVIESO SCHWARTZMAN**

**MIEMBROS DE LA COMISION
GASTÓN HELD BARRANDEGUY
ENRIQUE LIRA CICARELLI**

**SANTIAGO DE CHILE
JUNIO 2013**

Resumen

El objetivo de esta tesis es plantear el desarrollo de un modelo estratégico de compras de repuestos.

El proceso de compras es de vital importancia para cualquier empresa, especialmente para una importadora y distribuidora, donde comprar a tiempo, la cantidad justa y a un precio conveniente, hace la diferencia respecto a la competencia y se transforma en una ventaja competitiva. Se propone entonces, apoyar la delicada y estresante toma de decisiones, desde un punto de vista estratégico, que recoja las inquietudes de todos los integrantes y las ordene y priorice en un modelo, que llevado a una implementación informática, soporte la toma de decisiones.

La motivación surge porque en una empresa con sesenta años de vida, que ha demostrado ser exitosa, con una excelente presencia a nivel nacional y con un crecimiento sostenido, da la oportunidad perfecta para aplicar conocimientos adquiridos en este magister y aportar con una visión más actualizada para un proceso estratégico para la empresa, especialmente en un mundo globalizado como el actual.

La metodología comienza determinando cuáles serían las variables principales de análisis a considerar para el modelo, recogiendo las inquietudes del Directorio, de la Gerencia General y de los ejecutivos que participan de las compras.

Fue interesante, armar un prototipo y validarlo con el equipo de analistas, en forma minuciosa ítem por ítem (al menos para un conjunto representativo), lo que permite sustentar las bases de su aplicación.

Se incluyen los resultados de este prototipo, aplicado al inventario actual ya permite apoyar la toma de decisiones estratégicas de compra, como por ejemplo, aplicar la estrategia de "Posponer las compras" en base a un tiempo de entrega real y a una mejor estimación de la demanda.

Con la implementación informática del modelo, que ya lleva tres meses de operación, se ha logrado pasar de la fase de prototipo a un sistema computacional propiamente tal. Corregidos los errores típicos para este tipo de proyectos, actualmente se está en la etapa de validación de la herramienta disponible, así como de la depuración de los cálculos y estimaciones. Sin duda alguna, que esto ha permitido al equipo de especialistas disponer de más tiempo para el análisis de las distintas opciones en su proceso de compras, como el comportamiento histórico demandado por cada ítem, los cumplimientos reales por parte de los proveedores y un pronóstico de venta más acotado. Todo esto complementado con las variables extra-sistémicas que ya manejan, les permitirán enriquecer su toma de decisiones.

Una evaluación preliminar permite estimar que por el sólo hecho de aplicarlo, durante el primer semestre del año en curso se debería reducir las compras en forma muy importante, lo que junto con el comportamiento de venta esperado permitirá reducir el nivel de inventario en un 25%. Esta es un objetivo muy perseguido por la empresa, puesto que permitirá liberar un importante capital de trabajo, que actualmente está inmovilizado. Se presenta un gráfico, donde muestra que los niveles de inventario en exceso han bajado desde sobre el 40% hasta un 11% aproximado para el cierre del mes de Abril. Lo que queda por demostrar, es si esta reducción del inventario no tiene contraindicaciones como quiebres de stock.

Dedicatoria

Dedico este esfuerzo a mis hijos Karina y Fernando, porque ellos han sido mi inspiración y algún día, cuando llegue el momento, espero que este trabajo también lo sea para ellos.

Agradecimientos

A quien ha sido mi apoyo y soporte, a quien ha suplido mis ausencias, se esforzó el doble con nuestros hijos y a pesar de todo, me espera siempre con una sonrisa y una palabra de aliento... gracias Elvira por estar siempre "ahí".

A quienes me regalan a diario, la alegría de la niñez y esa mágica inocencia con que ven este mundo... gracias Karina y Fernando!

A quienes dedicaron buena parte de su tiempo a revisar este trabajo, a orientarme y apoyarme a continuar, especialmente cuando las dudas abundaban, muchas gracias profesores: Loreto y Luis.

Finalmente quiero agradecer a quien un día me abrió las puertas de su empresa, me invitó a participar en su proyecto y hoy, después de varios años de crecimiento profesional y personal, le puedo seguir agradeciendo por esa esa oportunidad, muchas gracias señor Alex Janssen.

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción.....	7
2.	Entorno General y de la industria.....	8
2.1.	Entorno General.....	8
2.2.	Entorno de la industria.....	9
3.	Descripción de la empresa.....	12
3.1.	Visión.....	13
3.2.	Misión.....	13
3.3.	Mercados en que participa.....	13
3.4.	Descripción del negocio de repuestos.....	16
4.	Descripción del problema.....	18
5.	Objetivos y alcance.....	23
5.1.	Objetivo general.....	23
5.2.	Objetivos específicos.....	23
5.3.	Alcances.....	23
6.	Marco Conceptual.....	24
6.1.	Métodos de pronóstico.....	24
6.2.	EOQ.....	28
6.3.	Reloj tecnológico.....	29
6.4.	Normalización de datos.....	29
7.	Metodología.....	30
8.	Desarrollo.....	31
8.1.	Parámetros para el modelo.....	31
8.2.	Levantamiento de datos.....	36
8.3.	Normalización.....	37
8.4.	Evaluación de los métodos.....	37
8.5.	Diseño del modelo.....	38
8.6.	Desarrollo de un modelo piloto.....	39
8.7.	Esquema del modelo de Planeación.....	41
9.	Resultados obtenidos.....	43
10.	Conclusiones.....	48
11.	Bibliografía.....	51

Anexo A: teoría de inventario.....	52
Anexo B.1: métodos de pronóstico Cualitativos.....	55
Anexo B.2: métodos de pronóstico Cuantitativos	57
Anexo C: Maestro de artículos.....	59
Anexo D: Maestro de Demanda histórica	60
Anexo E: Maestro de Inventario.....	61
Anexo F: Maestro de Abastecimiento	61
Anexo G: Maestro de Pronóstico	62
Anexo H: Prototipo de sistema de información	63

1. Introducción

Janssen SA, es una empresa de importaciones de maquinaria y repuestos para las industrias de la Construcción y mediana minería, así como equipos para la industria logística. Actualmente, se encuentra en una etapa de perfeccionamiento de su gobierno corporativo, con un directorio profesional desde hace ya dos años. Como toda empresa familiar, ha crecido inorgánicamente y en su proceso de profesionalización, se encuentra en su proceso de definición de las áreas funcionales que la soportarán en los próximos años. Su negocio principal y emblemático es la venta de repuestos originales como alternativos, tanto para las máquinas que representa, como para las principales marcas de la industria nacional.

Siendo una empresa con ventas creciente, un buen mix de productos, presencia nacional y estable financieramente, surge la inquietud de por qué las utilidades no han crecido en la misma proporción. Los análisis indican que existe un alto porcentaje de activos inmovilizados, baja rotación de ciertos inventarios y un creciente costo de almacenamiento, lo que indica que el foco de la solución debe estar en sus procesos logísticos.

Los análisis indican, que se puede liberar recursos inmovilizados mejorando el proceso de compras, por medio de la generación de información más actualizada y sistematizada que la existente hoy día con el apoyo de la tecnología informática para la toma de decisiones. Siendo el área de compras donde más valor puede agregarse por la introducción de nuevos métodos, procesos y apoyo tecnológico para la toma de decisiones, es que se propone un modelo estratégico para la Planificación de compras, junto con el plan de trabajo requerido para su implementación.

2. Entorno General y de la industria

2.1. Entorno General

Sin duda alguna, el principal motor de la economía chilena sigue siendo el Cobre, que ha visto crecer su precio en forma sostenida la última década. Este factor, junto a un volumen creciente de las exportaciones, ha permitido que Chile se posicione como líder mundial de la minería, lo que sumado a las importantes reservas con que cuenta hace posible una explotación sostenible en el largo plazo. El alto precio está dado por un crecimiento importante de los países emergentes, como China e India, o en general los llamados BRICS, quienes a pesar de ciertos vaivenes en su crecimiento, lo siguen haciendo con un PIB superior al 7%, lo que permite suponer que el precio no caerá bruscamente en los próximos años.

Sin embargo, esta alta demanda también trae asociados otros desafíos como lo son la disminución de las leyes mineras y un incremento en los costos de operación. Esto exige a los productores mundiales, evaluar cada día mejor sus operaciones, controlar sus costos y desarrollar nuevos proyectos mineros, con importantes montos de inversión.

Por otra parte, la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) indicó en su informe titulado "Infraestructura Crítica para el Desarrollo" (mayo 2012), que Chile requiere invertir en infraestructura de uso público cerca de US\$ 48.000 millones en el período 2012-2016 para llegar a ser un país desarrollado. Este nivel de inversión, implica pasar desde un 4% a un 6% del PIB en inversión en infraestructura por los próximos 4 años. Hoy la economía de Chile crece a una tasa de 4.5% anual, con pronósticos cercanos al 5%, y se espera para el año 2013 entre un 4.0 y un 4.5%. Estas inversiones, están distribuidas por todo Chile, pero tienen principal relevancia las zonas de mayor crecimiento económico, puesto que ahí es donde se requiere mayor inversión pública para el desarrollo de caminos, puertos, aeropuertos y nuevas urbanizaciones.

Hoy día, la segunda, tercera y sexta región, que son las principales regiones mineras de Chile, crecen aceleradamente en infraestructura pública así como en nuevos barrios residenciales y en edificaciones de altura, para responder a la creciente demanda por ciudades más modernas para la población minera. Las concesiones viales continúan y

se proyectan nuevos proyectos que vienen a comunicar aquellos sectores que hasta ahora habían esperado su turno, por ejemplo, la creciente cantidad de caminos entre proyectos mineros y puertos que se han debido construir y mantener, lo que ha llevado a las empresas contratistas encontrar un nicho de mercado muy interesante.

De igual forma, en los países desarrollados la tecnología continúa su desarrollo incansable y nuevos equipos industriales vienen a remplazar los actuales, presionados por la eficiencia energética, así como por una necesaria presión por utilizar productos menos contaminantes del medioambiente. Esto unido, a que cada vez se desarrollan equipos a mejores precios, hace que los antiguos equipos sean renovados en menor tiempo, especialmente entre aquellas empresas que tienen acceso a capital. Esta renovación tecnológica, permite el acceso a equipos mineros a empresas con menor capital, lo que genera un importante mercado de equipos usados, con un intensivo uso de repuestos para su manutención y reparación –dado que por su antigüedad aumenta su tasa de fallas-.

Janssen SA está bien posicionada en el mercado de los repuestos, tanto para los equipos que representa, como para equipos de las marcas más importantes. Gracias a su buena imagen de marca, como su presencia en las ciudades más importantes, le permite optar a un porcentaje de ventas importante y en crecimiento. En el mercado de los equipos mineros y de construcción tiene una participación menor, pero creciendo anualmente.

2.2. Entorno de la industria

Las grandes empresas mineras globales en su afán por reducir sus crecientes costos de operación, han tomado como política potenciar un continuo y sostenido plan de desarrollo de proveedores. El objetivo es, concentrarse casi exclusivamente en sus procesos mineros y todos aquellos que no son parte de su “core-business” subcontratarlos a terceros, sus proveedores clave. Así, los pequeños contratistas de antaño, se están convirtiendo en grandes empresas prestadoras de servicios para la minería en actividades de apoyo y soporte como: perforación, tronadura, carguío, transporte, chancado del mineral, etc.

Otra de las industrias con un importante desarrollo es la Construcción, tanto de viviendas como en infraestructura. Los equipos necesarios son aquellos para movimiento de tierra, chancado, pavimentación, compactación, etc. Estos equipos demandan repuestos tanto para su manutención como reparación en caso de fallas, así como una cantidad creciente de elementos de desgaste utilizados para las labores que fueron construidos.

Un factor que cobra más relevancia cada año, es el reloj tecnológico asociado a los equipos mineros y de construcción, que cada vez se renuevan más aceleradamente. Esto por la necesidad de contar con equipos que entreguen mejores rendimientos, menores costos de operación y más amigables con el medioambiente. Este mismo desarrollo tecnológico, ha permitido el surgimiento de una interesante industria de equipos de “segunda mano” que permite a contratistas de menor tamaño (y recursos) optar a proyectos donde antes no podían participar por no disponer del capital suficiente para optar a equipos nuevos. Se ha desarrollado así, un nuevo mercado de equipos alternativos, que requieren una importante cantidad de repuestos para las reparaciones y manutenciones, así como de mano de obra calificada para mantener la vida útil de estos equipos.

Esta es una industria con mercados altamente competitivos. Por ejemplo, en el mercado de los repuestos, quien puede atender primero a un cliente que tiene un equipo detenido es quien finalmente se lleva el negocio, no importando a veces el precio, puesto que el costo oportunidad para el cliente casi siempre será más bajo, al pagar un poco más que tener el equipo detenido, especialmente si lo tiene operando en alguna faena y la detención se debió a una falla. Aquí entonces, es fundamental contar con la red de proveedores mundiales adecuada y saber cómo interactuar con ellos en el menor tiempo posible.

Debemos mencionar, que los repuestos se pueden catalogar de distintas formas, como por ejemplo:

- Segmentando el negocio de los repuestos originales (OEM) y los alternativos (Aftermarket). Un repuesto original, es el recomendado por el fabricante de un equipo y hecho casi exclusivamente para un equipo en particular y además, con

el cual se realizaron pruebas de operación y son necesarios para mantener la garantía dada por el fabricante. Un repuesto alternativo, es uno hecho por otro fabricante, normalmente a un costo menor, pero con una vida útil no necesariamente igual a la del original, y por cierto, no permite garantizar al equipo donde se utilizará.

- Funcionalmente, respecto a la utilización que cumplen los repuestos dentro de una máquina, tales como: baterías, elementos de desgaste, rodados, accesorios, etc.
- Comercialmente es importante, conocer los repuestos en base a qué equipo sirven. Esto es complejo, puesto que un repuesto puede servir para múltiples equipos, además, cada equipo se reconoce unívocamente por su marca, modelo y número de serie (que indica además su año de fabricación). Los fabricantes, producen más de una serie de equipo por año, de ahí la importancia de este dato.

En el mercado de las maquinarias, un proveedor confiable, es quien puede otorgar un servicio de postventa de calidad y con una disponibilidad adecuada de repuestos, especialmente de los equipos que representa.

Para el proveedor de repuestos, es muy importante realizar un correcto análisis de los repuestos OEM (originales), según la base instalada de equipos que se disponga. Se estima, por ejemplo, que un equipo nuevo no requiere de repuestos hasta al menos unas 1000 hrs de operación, utilizando en este tiempo, sólo aquellos repuestos del tipo accesorios, tales como filtros y elementos de desgaste. Sin embargo, la demanda de repuestos para sus mantenciones preventivas va en aumento, conforme aumentan las horas de operación. En el anexo anexo zzz se presenta un cuadro para fijar la relación mantenimiento-consumo de repuestos.

3. Descripción de la empresa

Janssen SA es una empresa familiar fundada por el Sr. Werner Janssen, inmigrante alemán, allá por el año 1952. Fue su hijo, el Sr. Pedro Janssen quien la posicionó en las industrias que participa actualmente y posteriormente su nieto y actual Gerente General, Sr. Alex Janssen, la convirtió en la actual Sociedad Anónima, con un nivel de ventas por sobre los 50 MMUS\$ anual.

Junto con cumplir sus 60 años, la empresa está en un proceso de profesionalización de su Gobierno Corporativo, que apoyada por un directorio profesional –compuesto por directores independientes y reconocidos dentro de la industria- incluyó una renovación de su plana ejecutiva.

En el mercado de los equipos para la minería y construcción, Janssen participa con un porcentaje entre el 5% y 7%, respectivamente.

En el mundo de los repuestos, es una de las empresas líder, por ejemplo en el segmento de Rodados y Elementos de Desgaste, donde tiene el 50% del mercado. En el mercado de los alternativos existe un sinnúmero de competidores, donde además Janssen destaca por sus instalaciones y presencia nacional, lo que le ha permitido acceder a contratos Marc con dos de las grandes empresas mineras operando en Chile.

La empresa ha definido sus objetivos estratégicos para los próximos 3 años sobre la base de 2 temas estratégicos, en torno a los cuales deberán centrarse todos los planes y actividades internas que se emprendan en este periodo, para lograr los resultados esperados y concretar su visión:

1. **Rentabilizar la relación con el cliente**, definiendo cuáles son los segmentos a desarrollar y cuál será la oferta de valor para cada uno, por ejemplo, potenciando las ventas cruzadas y el aumento de compras por cada cliente. Se buscará generar lazos comerciales cada vez más estrechos y de largo plazo. En su primera fase, se busca establecer contratos de abastecimiento o servicio, para disminuir la variabilidad de los ingresos.

2. **Alcanzar Eficacia Operacional**, buscando alcanzar mayores niveles de eficiencia en la operación que permitan cumplir en tiempo y forma lo ofrecido al cliente, tener costos competitivos, comprar oportunamente sólo lo necesario reduciendo inventarios y costos de adquisición, reduciendo el riesgo y manteniendo la liquidez. En la práctica, esto se implementará vía acciones destinadas a estandarizar los servicios básicos, fortalecer el proceso de planificación y de gestión de adquisiciones que reduzca las compras urgentes, y la optimización en la administración de recursos.
3. **Desarrollar la nueva oferta comercial** tiene como propósito transformar la empresa para atender eficiente y efectivamente las necesidades de outsourcing de los segmentos de negocios caracterizados como Cliente Tipo Janssen, buscando ser considerado por ellos como la mejor solución para sus requerimientos de operación.

3.1. Visión

Ser un gran distribuidor de equipos y proveedor de soluciones de arriendo a nivel nacional, abarcando diversos sectores económicos y siendo reconocido por su servicio de postventa.

3.2. Misión

Ser un proveedor de equipos y soluciones de arriendo de máquinas, acorde a las necesidades de nuestros clientes, contando con una operación logística y un servicio de postventa, que asegure acompañarlos en el largo plazo.

3.3. Mercados en que participa

Janssen participa actualmente en la industrias Logística, Construcción, Minería, sector Portuario, Forestal y Agroindustrial. El fuerte de los negocios está dado por su presencia en las industrias de Construcción y Minería.

Gracias a su presencia nacional, le permite atender a importantes empresas constructoras operando en contratos para desarrollo vial, desde la segunda y hasta la séptima región principalmente.

El mix de productos, está organizado en tres grandes unidades de negocio: Maquinaria tratamiento de áridos, movimiento de tierra y soluciones de sellos hidráulicos. Cada una está a cargo de un subgerente, quien reporta al Gerente Comercial. Todas estas unidades están soportadas por un gerente de Postventa, donde se incluyen los repuestos que soportan a todos estos equipos.

Las maquinarias para movimiento y tratamiento de áridos es uno de los mercados más maduros y de alta penetración en Chile, por lo que importantes competidores globales como: Caterpillar, Komatsu, Volvo, JCB, John Deere, Doosan y LinkBelt tienen fuerte presencia en nuestro país.

Quienes invierten en estos equipos, invierten en bienes de capital, por lo que buscan fundamentalmente asegurarles su funcionamiento por un largo tiempo. Esto exige a los proveedores un servicio técnico confiable, disponer de un stock oportuno de repuestos tanto para labores normales de mantenimiento, como para atender una falla.

Dentro de la industria, hay varios mercados, según los volúmenes de operación involucrados, el espacio de trabajo necesario, la autonomía de operación, etc. Janssen participa en la gran minería (por intermedio de grandes contratistas mineros) y Construcción principalmente, donde para la construcción de un camino, se requiere de equipos para remover material: excavadoras, martillos de perforación montados sobre orugas, mientras que si se trata de trabajos en ciudad, entonces deberán ir montados sobre neumáticos y ser de menor tamaño, como las retroexcavadoras.

El soporte fundamental de todo equipo industrial, está dado por cómo asegurar un alto nivel de disponibilidad. Esto básicamente requiere de dos componentes igualmente importantes: mano de obra calificada para el trabajo de mantenimiento o

reparación, y los repuestos correctos según marca, modelo y año de fabricación o número de serie.

Los mantenimientos preventivos, tienen por objetivo asegurar la continuidad operacional, pero conforme un equipo envejece tarde o temprano deberá someterse a una reparación.

Hoy día el mercado de los repuestos implica atender a tres grandes tipos de clientes:

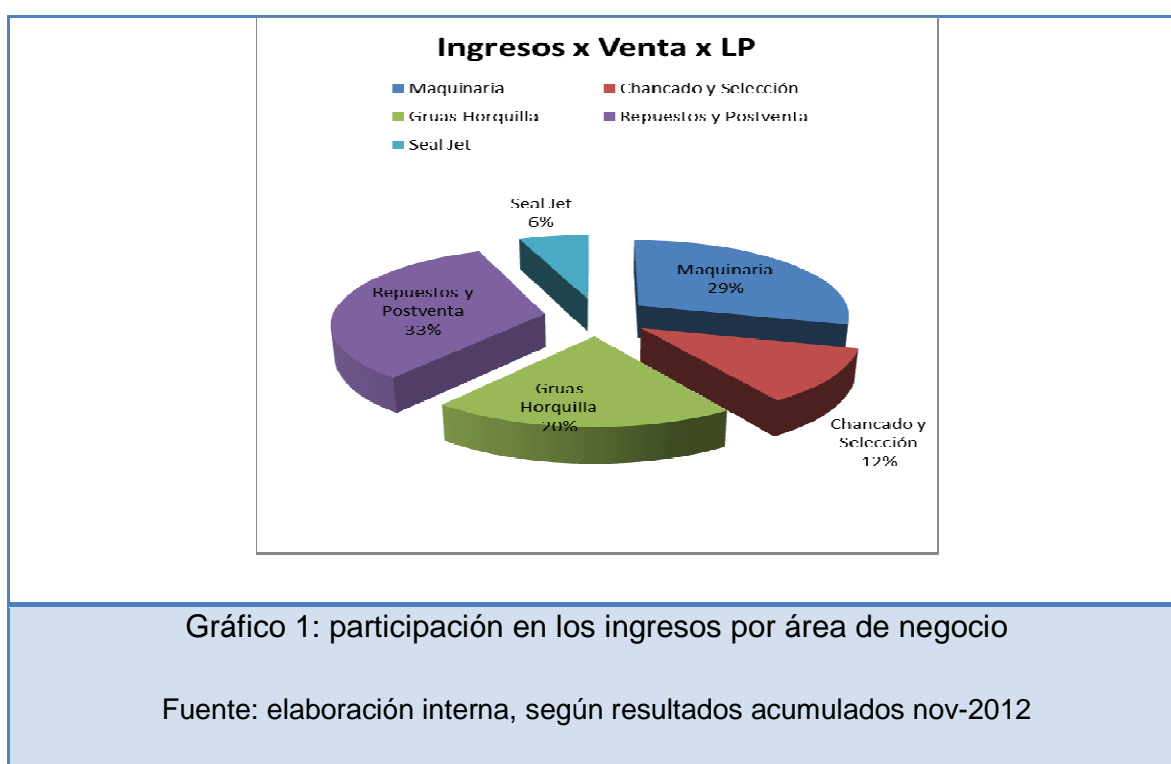
1. OEM (originales): clientes de maquinaria, generalmente con equipos en garantía y que compran repuestos originales. Estos repuestos son los componentes base del equipo, como bombas, alternadores, motor, etc.
2. Aftermarket (alternativos): para aquellos clientes de cualquier maquinaria que requieren repuestos no necesariamente originales para mantenerlas operativas. La gama de repuestos alternativos es casi infinita. Cada repuesto original tiene varios repuestos alternativos, de distinta calidad y orígenes. Un desafío permanente es probar cuáles aplican para el mercado chileno y los equipos representados
3. Consumo interno: la flota de arriendo de maquinaria, requiere de repuestos para cumplir con los estándares de operación exigidos por los clientes. Siendo así, hay una demanda cautiva conocida y con una excelente oportunidad para la planificación de las mantenciones requeridas

Los repuestos OEM son exigidos por fábrica para la mantención de las garantías de los equipos, pero también se recomiendan porque están diseñados especialmente para la operación que realiza el equipo. La estrategia apunta a ofrecer servicios de valor agregado a estos productos, para asegurarle al cliente la operación con menores interrupciones por falla y por otra parte, aumentar la tasa de rotación de estos ítems. Visto así, el soporte postventa es fundamental, donde se requiere personal de alto nivel, que además pueda recomendar al cliente mejores prácticas de operación y un servicio consultivo más que reactivo a fallas.

3.4. Descripción del negocio de repuestos

Janssen SA es reconocido como un proveedor confiable, posee un excelente reconocimiento de marca y para atender en forma más cercana a sus clientes, mantiene oficinas desde Iquique hasta Puerto Montt. La oficina Santiago es el centro de distribución para todo Chile, además desde donde se definen las estrategias, políticas y controles.

La venta de repuestos y servicio postventa generan un 33% de los ingresos de la empresa, con un intensivo uso de capital, principalmente de inventarios.



Vemos en el gráfico 1, que maquinaria es el segundo negocio en generación de ventas, los que en conjunto explican más del 50% de los ingresos. Cada equipo vendido, implicará varios años de demanda de repuestos y servicio postventa para su manutención, por lo que ambos están estrechamente relacionados.

Desde el punto de vista de Utilidad, ambos negocios explican un 60% de las utilidades totales de la empresa.

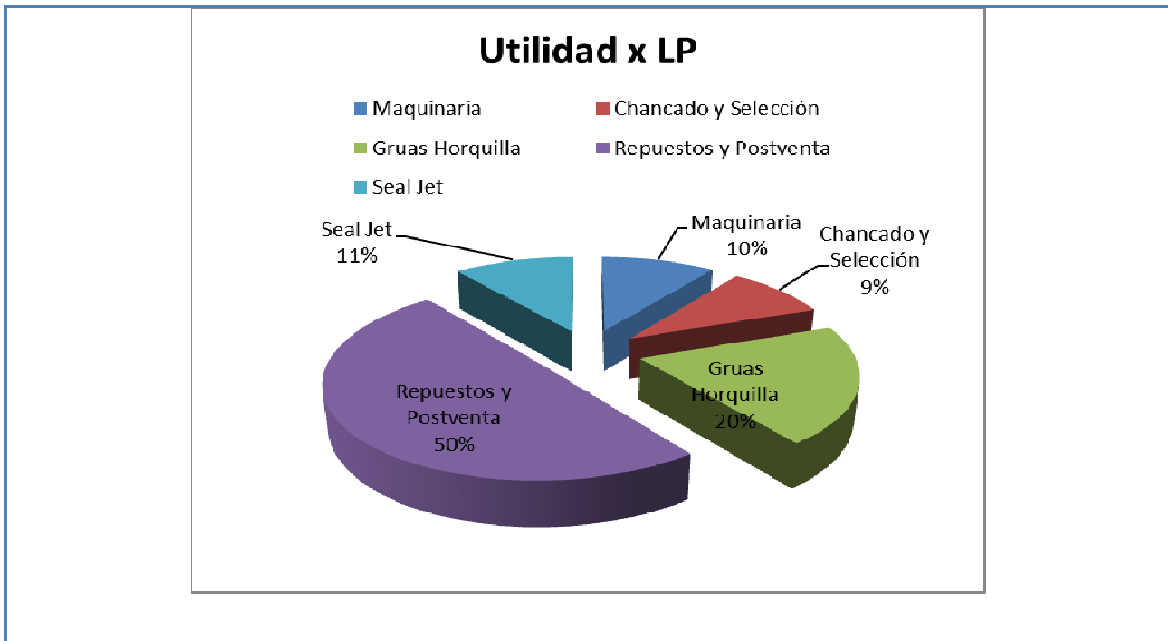


Gráfico 3: Utilidades por áreas de negocio de Janssen

Este gráfico muestra la importancia que tiene el negocio de repuestos, que junto con el de postventa generan el mayor margen.

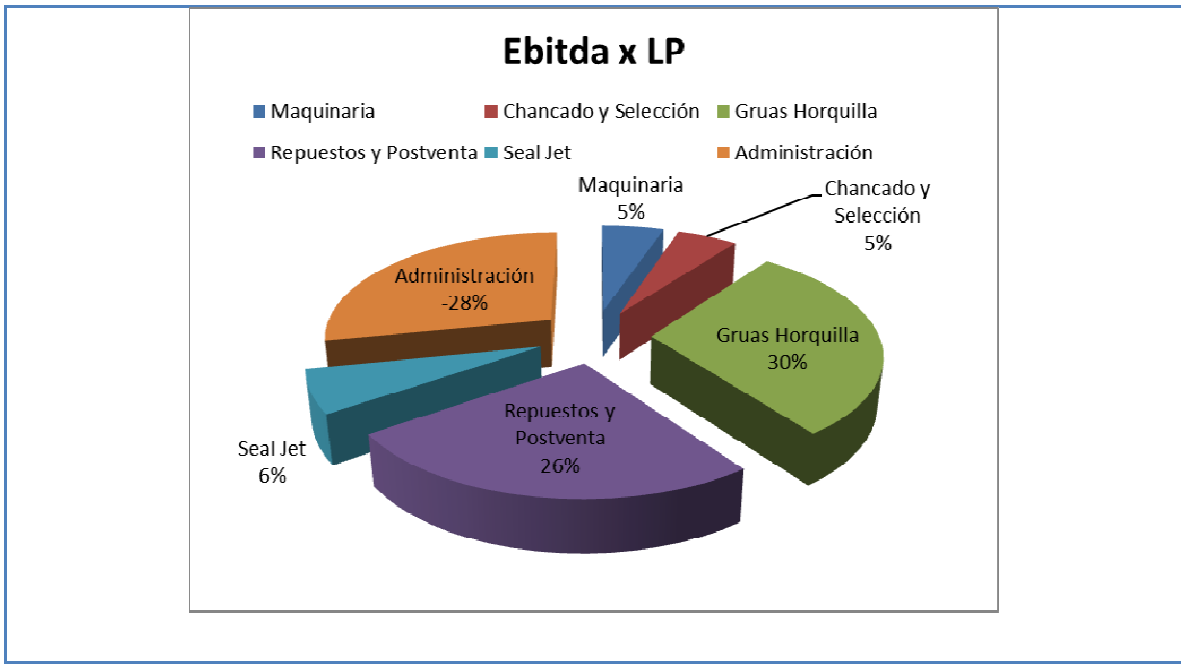
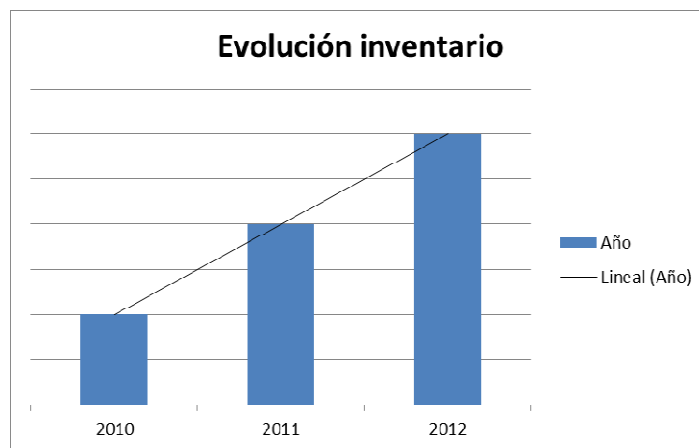


Gráfico 4: Ebitda por áreas de negocio de Janssen

Aquí observamos que pese a que Repuestos, Postventa y Maquinaria son los de mejores ingresos y márgenes, su contribución neta baja considerablemente. Esto fue detectado por el Directorio y se planteó como hipótesis el hecho que la empresa no esté siendo eficiente con el inventario actualmente disponible. El tradeoff está entre tener inventario o exponerse a un quiebre de stock.

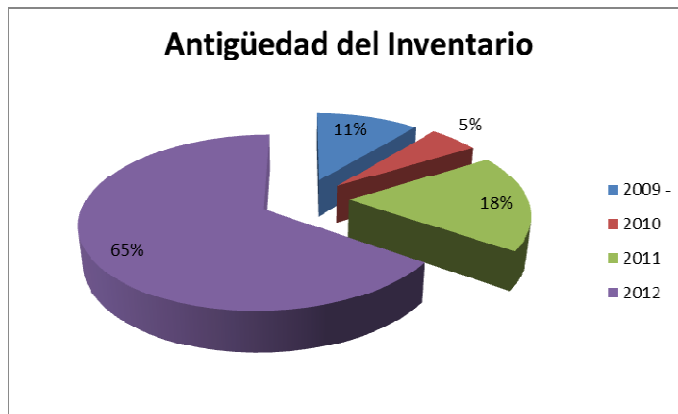
4. Descripción del problema

Si bien las ventas de Repuestos se han mantenido según presupuesto, se aprecian niveles de inventario creciente linealmente cada año y una antigüedad producto de una baja o casi nula rotación en ciertos grupos. Como se aprecia en el gráfico siguiente, la tendencia de crecimiento del inventario es lineal, para los últimos tres años, creciendo a una tasa casi constante de un 7.3%.



Apuntando al objetivo estratégico de cómo hacer más eficiente la operación, exige preguntarse cómo administrar mejor el inventario y si realmente se cuenta con el inventario adecuado según el mercado.

Por ejemplo, desde el punto de vista de la antigüedad, sólo un 65% del inventario actualmente disponible fue comprado este año, existiendo aún un 11% de ítemes comprados hace más de 3 años.



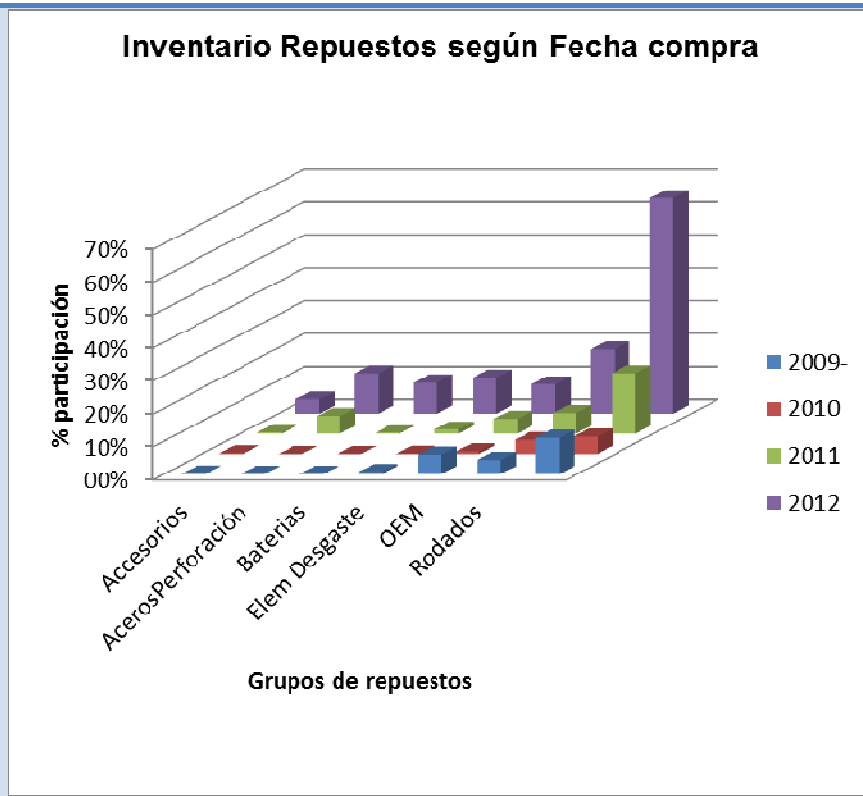
Al observar los gráficos comparativos de inventario según período de venta y compras, vemos algunos datos interesantes:

Para el inventario actualmente disponible, existe un 24% de repuestos que no registran ventas hace más de 1 año, y un 8% que podría caer en esa categoría.

Desde el punto de vista de las compras, un gráfico similar al anterior, indica que existe un 32% del inventario, comprado hace más de un año, cifra que sube a un 49% considerando compras anteriores a 6 meses.

Al descomponer, por grupos de artículos, cuáles son los más antiguos, se observa que existen tres familias de producto con inventario sin rotación: rodados, productos OEM y elementos de desgaste (gráfico 5)

Gráfico 5: Inventario de repuestos según fecha de compra



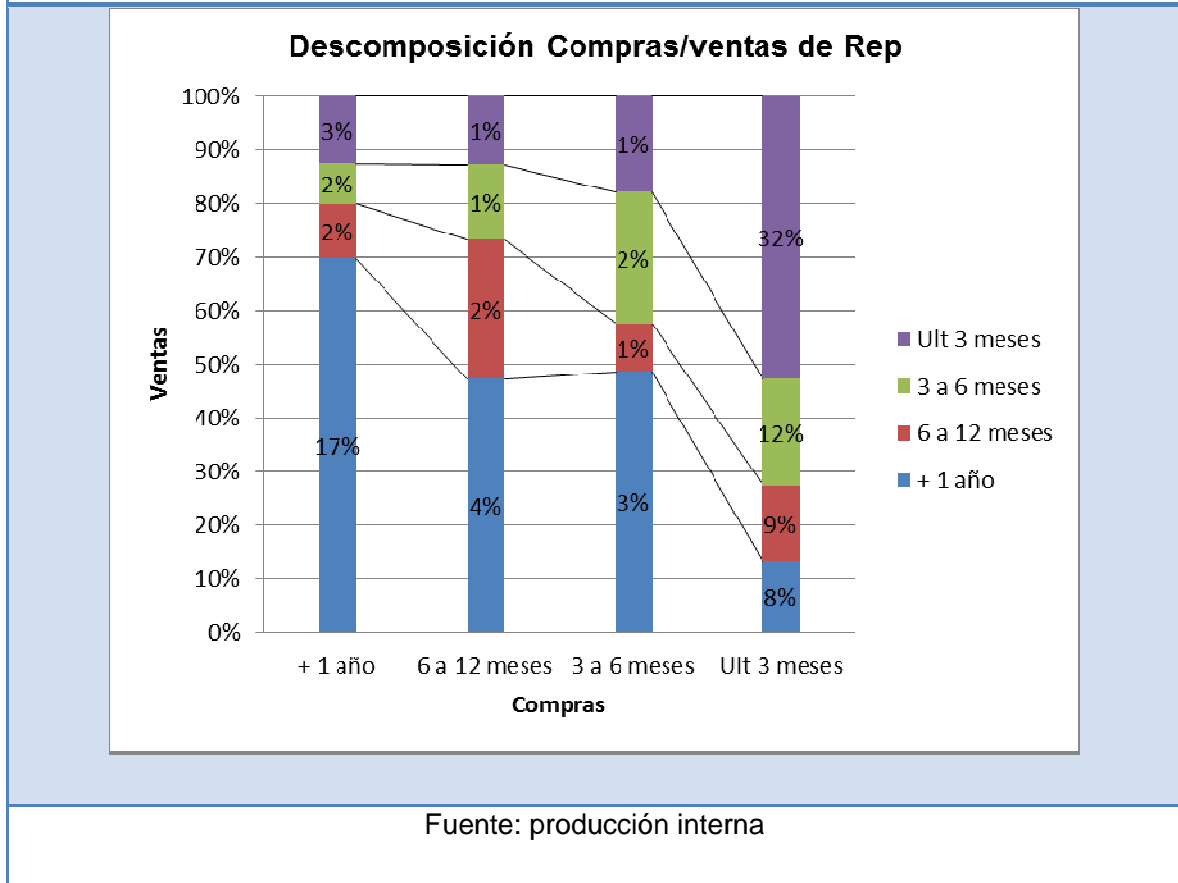
Fuente: producción interna

Comparando el comportamiento de ventas y compras en el gráfico 6, vemos que:

- Del inventario más vendido los últimos tres meses (61%), solamente el 32% fue comprado hace menos de 3 meses, y un 44% hace menos de 6 meses. Mientras que un 8% fue inventario comprado hace más de un año y un 9% hace más de seis meses, representando un 17%
- De lo vendido entre 3 y 6 meses (un 7%), un 4% corresponde a inventario comprado hace más de 6 meses. Mientras, que apenas un 3% fue comprado hace menos de 6 meses.
- En total, hay un 46% de inventario comprado hace más de seis meses.

- Existe un 17% de inventario que no ha sido vendido hace más de un año, y con muy baja probabilidad de ser vendido

Gráfico 6: inventario total, descompuesto según períodos de compra y venta



Claramente, los ítemes que se deben analizar con más detención, corresponden a los grupos de OEM, Elementos de desgaste y Aceros de perforación, dado que son los que representan volúmenes de inventario sin rotación más importantes.

Aquí es donde surgen preguntas más estratégicas como:

- las compras responden a una planificación según demanda?
- Se dispone de datos suficientes como para evaluar un comportamiento futuro?
- están alineadas las áreas logísticas con el área comercial?

- Se conoce para qué tipo de máquinas se utilizan estos repuestos?
- Cómo planificar más eficientemente las compras de inventario, de forma tal de idealmente calzarlas con la demanda?

Revisando los estados financieros y concentrándose en las oportunidades disponibles para liberar capital de trabajo inmovilizado, se llega al nivel de inventario actual, que indica que existe un tercio sin ventas hace más de un año (figura A3), lo cual ya indica un problema en la cadena. Profundizando en el análisis, se pueden mencionar algunos motivos aparentes:

- Enfoque en las ventas, lo que lleva a comprar en forma optimista, más que realista
- Compras realizadas con fuerte base en la experiencia e intuición, más que en base a una demanda estimada y explícita
- Por decisiones comerciales incorrectas, al elegir líneas de producto que hubo que discontinuar
- Por situaciones de mercado, como pérdida de contratos y/o de representaciones de productos
- Políticas de abastecimiento no explícitas, ni alineadas a la estrategia comercial

Sumando el hecho que existe una alta diversidad de productos (más de 25 mil ítemes de repuestos), la creciente evolución en las ventas de diversas líneas de producto, la diversidad tecnológica de máquinas representadas y su renovación permanente (por ejemplo, cada serie de equipo incorpora su propia lista de materiales y repuestos distintos), y otros motivos más, nos permite afirmar que el negocio de los repuestos es complejo y requiere apoyo en su planificación. Un modelo estratégico, que incorpore un enfoque comercial, con base en políticas claras y explícitas, así como métodos numéricos permitirá contar con más antecedentes a la hora de tomar la decisión de cuánto comprar y cuándo, lo que permitiría hacer más eficiente la utilización de recursos, manteniendo el inventario lo más ajustado a la demanda estimada posible.

Por otra parte, la Gerencia General, definió que toda próxima compra de repuestos debe ser justificada oportunamente, en base a la mayor disponibilidad de datos posibles y ya no solamente en base a la experiencia ni el mejor pronóstico del experto. De ahí la relevancia de contar con un modelo que recopile todos los datos disponibles y permita facilitar la toma de decisiones.

5. Objetivos y alcance

5.1. Objetivo general

El objetivo es definir un modelo estratégico para la compras de repuestos.

5.2. Objetivos específicos

1. Desarrollar Modelo de compras de repuestos en base a las políticas de Abastecimiento con apoyo matemático y enfoque comercial
2. Explicitar las variables de análisis y toma de decisiones
3. Definir un proceso de compras alineado a la estrategia
4. Desarrollar un prototipo, que permita evaluar las variables principales del modelo
5. Realizar un análisis del inventario actual

5.3. Alcances

Las políticas de abastecimiento así como las de restricciones de capital u otras, se considerarán como entrada al modelo y se asumirá como claramente explícitas dentro de la organización.

Dentro de los métodos considerados en este modelo, se concentró principalmente en los métodos de series de tiempo y cualitativos. Esto porque es una industria madura, con un reloj tecnológico mas bien lento y porque está demostrado empíricamente que ante una recesión de la economía, si bien se detiene la venta de equipos nuevos, para

los equipos usados que siguen en operación se produce el factor contrario y aumenta la demanda por repuestos para mantenerlos operativos.

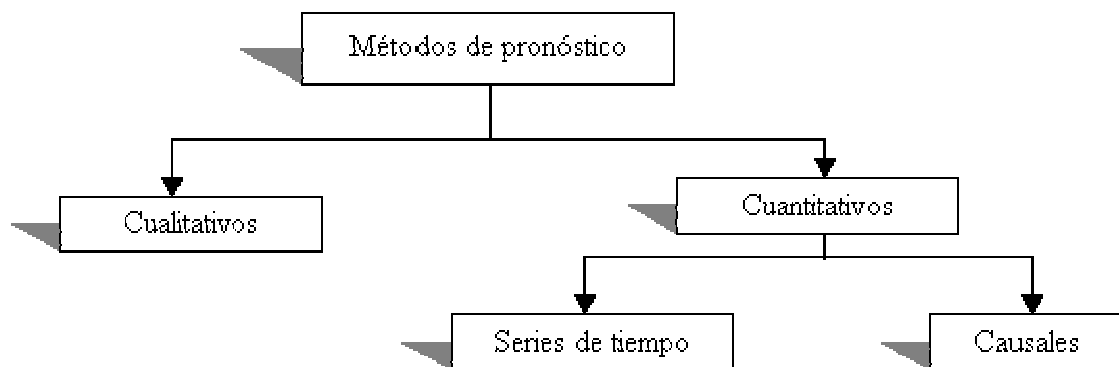
La estimación de la demanda, no es el foco principal de este trabajo, importa más el modelo en su conjunto, así como el procedimiento para su utilización, por lo que solamente se esbozan los métodos de pronóstico y se llega hasta la implementación de los promedios móviles en su mayoría. Sin embargo, para aquellos ítemes que las evaluaciones determinaron que existía ciclicidad, se resolvió utilizar método de Winter.

6. Marco Conceptual

El desarrollo de este trabajo aborda temáticas tratadas en las asignaturas de Gestión de Operaciones I y II. A continuación se expone una breve introducción de los principales tópicos que se relacionan con los temas tratados.

6.1. Métodos de pronóstico

Durante muchos años, la planificación de la demanda ha utilizado métodos propios de la estadística y posteriormente de la investigación de operaciones para sus pronósticos. Gracias al desarrollo computacional actual, es que estos métodos han tomado mayor relevancia, pero aun así se requiere de la visión de un experto, para mejorar las estimaciones y ajustar estos modelos.



Estos métodos, se dividen principalmente en aquellos Cualitativos y Cuantitativos.

Los pronósticos cualitativos o subjetivos incorporan factores importantes tales como la intuición, emociones, experiencias personales del que toma la decisión. Son

útiles cuando no existen datos estadísticos o muy pocos, o bien si los expertos estiman que una investigación de mercado puede afectar la demanda. También son útiles para pronosticar la demanda futura en industrias nuevas.

Los métodos de series de tiempo utilizan la demanda histórica para realizar un pronóstico. Se basan en el supuesto que la historia de la demanda pasada es un buen indicador de la demanda futura. Son apropiados el patrón de la demanda básica no varía significativamente de un año al siguiente. Son los métodos más simples de implementar y pueden servir como un buen punto de inicio para el pronóstico de la demanda.

Un método Causal supone una alta correlación entre el pronóstico de la demanda y ciertos factores ambientales (como el estado de la economía, tasas de interés, etc.). Estos métodos encuentran esta correlación entre demanda y factores ambientales y recurren a datos estimados de lo que serán estos factores ambientales para pronosticar la demanda futura. Es muy utilizado, por ejemplo, para determinar el impacto de las promociones de precio en la demanda.

La Simulación es un método que busca imitar las decisiones de los clientes que dan origen a la demanda para llegar a un pronóstico. Por medio de la simulación, se requiere además, los métodos anteriores para responder a interesantes preguntas como por ejemplo: cuál sería el impacto de abrir una nueva tienda.

Cualquier método, se puede aplicar en base a ciertos pasos que ayudarán a realizar un pronóstico más efectivo:

1. Entender el objetivo del pronóstico: un pronóstico respalda las decisiones que se basan en él, por lo que es muy importante definir las explícitamente. Ante la toma de decisiones de cuánto inventario tener y cuánto comprar, todos los que participan de la cadena, deben estar conscientes del vínculo entre la decisión y el pronóstico. Si existe una campaña promocional de ciertos productos, claramente esto moverá la demanda y debe ser conocido por la unidad de planificación de compras.

2. Integrar la planeación y pronóstico en la cadena de suministro: la empresa debe relacionar su pronóstico a todos quienes participan de la cadena, tanto hacia atrás (proveedores) como hacia adelante (fuerza de ventas), idealmente por medio de un sistema de información que permita compartir esta información en línea.
3. Entender e identificar los segmentos de cliente: una segmentación de clientes es necesaria por similitudes de requerimientos de servicio, patrones de demanda similares, frecuencia de compra, estacionalidad, etc. Cada segmento exigirá distintos métodos de pronóstico, por lo que este entendimiento facilita determinar el método más preciso y simple.
4. Identificar los principales factores que influyen en el pronóstico de la demanda: a continuación la empresa debe identificar la demanda, oferta y fenómenos asociados a sus productos que influyen en un pronóstico. Lo principal es tener claro si se está creciendo, está disminuyendo o existe un factor estacional en la demanda. Estas estimaciones son respecto a la demanda y no en base a las ventas. Un error típico al estimar por ventas, es que si se logró una venta creciente en un periodo anterior producto de una promoción, el no repetir la promoción no implicará lograr el mismo resultado. Al estimar por demanda, se tiene en consideración cuál sería la demanda en ausencia de tal campaña promocional.

Desde el punto de vista de la oferta, se debe considerar las fuentes de abastecimiento disponibles para decidir sobre la precisión del pronóstico deseado. Por ejemplo, si se cuenta con varios proveedores con excelente desempeño y cortos tiempos de entrega, puede que no sea necesario un pronóstico muy preciso, pero ante la ausencia de estos factores, cobrará gran valor disponer de un pronóstico más preciso.

Respecto al producto, es importante conocer las variantes de un producto y si las ventas de éstos influyen en la demanda de otro. Siendo así, será necesario considerar ambos pronósticos en conjunto. Por ejemplo, si se introduce la versión mejorada de un producto, es probable que aumente la

demanda del nuevo, es desmedro del anterior, pero desde el punto de vista pronóstico, la demanda del anterior es muy útil para determinar la del nuevo producto, lo que lleva a considerar ambas demandas de manera conjunta.

5. Determinar la técnica adecuada de pronóstico: comprendiendo cuáles son las variables más relevantes para el pronóstico, se selecciona el método de pronóstico más adecuado entre los cuatro métodos vistos anteriormente, es decir: cualitativo, series de tiempo, causal o simulación. Siempre será más eficaz utilizar una combinación de éstos.
6. Establecer medidas de desempeño y error para el pronóstico: conocido que un pronóstico está sujeto a errores, es de vital importancia, medirlos para el correcto seguimiento del pronóstico y retroalimentar al modelo. Por ejemplo, si se conoce que un proveedor tarda 3 meses en entregar sus productos, la estimación debe ser realizada al menos 3 meses antes y posteriormente comparar la demanda real con la pronosticada para estimar la precisión del pronóstico y poner en práctica planes para reducir los futuros errores de pronóstico.

Con cualquier método existe siempre el elemento aleatorio que no puede ser explicado con los patrones de la demanda histórica, por lo tanto, cualquier demanda puede dividirse en un componente sistemático y otro aleatorio:

Demanda estimada (DE) = Comp. Sistemático (S) + Comp. Aleatorio (R)

El **componente sistemático** mide tres valores:

- **Nivel:** es decir, el valor esperado de la demanda desestacionalizada actual
- **Tendencia:** la tasa de crecimiento o descenso en la demanda para el período siguiente
- **Estacionalidad:** que son las fluctuaciones asociadas con la estación predecibles con la demanda (por ejemplo: las baterías aumentan su

consumo en invierno, mientras que en la zona sur, se reactiva la venta de elementos de desgaste asociado a que aumentan los proyectos de movimiento de tierra por menores lluvias)

Por su parte, el **componente aleatorio** es aquella parte del pronóstico que se desvía de la parte sistémica. Para este componente no se puede pronosticar la tendencia de este valor, sino más bien su tamaño y variabilidad, lo que permitirá estimar una medida del error de pronóstico.

Existen varias ecuaciones para relacionar estos factores, según cómo se comporte la demanda, su tendencia y si responde a un factor estacional:

- **Multiplicativa:** Componente Sistemático = Nivel x Tendencia x Factor Estacional
- **Aditiva:** Componente Sistemático = Nivel + Tendencia + Factor Estacional
- **Mixta:** Componente Sistemático = Nivel + Tendencia + Factor Estacional

En la siguiente tabla se resumen los métodos de pronóstico, junto a las situaciones que son aplicables:

Método de pronóstico	Aplicable a
Promedio móvil	Sin tendencia ni estacionalidad
Suavizamiento exponencial simple	Sin tendencia ni estacionalidad
Método de Holt	Con tendencia, sin estacionalidad
Método de Winter	Con tendencia y estacionalidad

6.2. EOQ

El inventario permite enfrentar fluctuaciones de la demanda, evitar quiebres de stock y obtener economías de escala al comprar por volumen. Si se utiliza correctamente, se convierte en una importante ventaja competitiva.

Sin embargo, por un tema de restricciones de Costos, no es posible mantener de todo en bodega. Los principales costos involucrados, se clasifican en:

- Costo de Órdenes: costo que se incurre cada vez que se emite una orden.
- Costo de mantener Inventario: arriendo de bodegas, depreciación, costo de oportunidad, pérdidas, seguros, etc.
- Costo de quiebre de stock: es más difícil de estimar y está asociado al costo de la venta perdida (perder un cliente, deterioro de imagen, multas, etc).

La Gestión de Operaciones provee de modelos matemáticos que permite enfrentar de una forma sistemática la problemática de la gestión de inventarios. Estos modelos matemáticos básicamente se clasifican en 2 categorías y depende del comportamiento (basado en supuestos respecto al comportamiento de la demanda). Están los modelos asociados a demanda constante (EOQ, POQ, EOQ con descuentos por volumen, etc) y los relacionados con demanda aleatoria (asociada a una función de probabilidad). En este sentido EOQ resulta ser el modelo matemático más sencillo y sus características principales se resumen en el anexo I.

6.3. Reloj tecnológico

Reloj tecnológico de los equipos y su implicancia en la demanda de repuestos. Conforme un equipo tiene más horas de operación, su probabilidad de falla de los componentes principales crece.

6.4. Normalización de datos

Técnica del mundo de los sistemas de información, que permite modelar datos relacionados eliminando la redundancia y la inconsistencia. Tiene su origen en el modelo Entidad-Relación, basado en álgebra y cálculo relacional. Se define que cada conjunto de datos relacionados pertenece a una única tabla de datos (puede ser visto como una hoja de excel), pero que tiene un dato o un grupo de datos llamados atributos (que pueden ser vistos como las columnas), que lo identifican unívocamente, llamados claves. Un atributo clave, permite relacionarse con otros atributos clave de otro conjunto de datos y se obtiene una relación (otra tabla), que definirá cómo acceder a un dato, que no tiene que estar repetido en varias tablas (hojas) evitando la redundancia.

7. Metodología

El desarrollo del modelo se basará conforme a las siguientes etapas:

1. Planteamiento estratégico: punto de partida de cualquier proyecto a desarrollar en una empresa, para el alineamiento del proyecto con los objetivos estratégicos del negocio. Su objetivo es definir los objetivos y alcance del modelo a desarrollar.
2. Definición de los parámetros para el modelo: definidos los objetivos, se analizan cuáles son las variables de análisis principales, cuáles serán los orígenes de los datos y de no existir, cómo generar en la organización los datos necesarios para lograr un buen modelo.
3. Diseño del modelo:
 - a. Levantamiento de datos: aquí se recopilan los datos existentes, se estructura la forma de almacenarlos y se revisa su consistencia. De no existir, entonces se definen los procedimientos necesarios para disponer de ellos.
 - b. Normalización de los datos: con los datos ya estructurados, se normaliza la forma en que se relacionan, con el fin de evitar redundancia y optimizar el almacenamiento.
 - c. Evaluación de métodos: se prueban los distintos métodos estadísticos para asegurar que entrega información confiable, para determinar los tiempos de proceso y también para evaluar cuáles aplican a la realidad en estudio.
4. Desarrollo de un modelo piloto: las definiciones previas, se trasladan a un programa computacional como excel u otro, que permita procesar pequeñas cantidades de datos, para analizarlas con los expertos y decidir cuáles son más significativas y qué ajustes requiere el modelo, así como qué método implementar.
5. Propuesta del proceso de Planeación de Compras: con la versión final del modelo piloto, se procesa todos los datos disponibles y se generan reportes finales. Estos reportes son analizados, respecto a los objetivos perseguidos y se resumen las conclusiones obtenidas, así como se proponen

8. Desarrollo

La definición de parámetros para el modelo se aborda realizando un análisis interno de cuáles son los costos y beneficios de mantener cuáles niveles de inventarios. También se consideró, hacia qué segmentos de clientes se orientará el negocio y en base a estimaciones de qué equipos disponen, así como la base de equipos representados. También, es importante considerar si hay contratos de prestación de servicios y/o de abastecimiento de repuestos. Desde el punto de vista de pronóstico de demanda, algunas parámetros importantes también fueron considerados, como por ejemplo: la demanda pasada, tiempos de entrega de los productos, costos de almacenamiento, aprovisionamiento, etc. Todas estas definiciones se reunieron en una tabla llamada Parámetros del modelo.

8.1. Parámetros para el modelo

El inventario de repuestos es el principal capital de trabajo, por lo que utilizarlo más eficientemente aportará a la estrategia definida. Para definir las variables a considerar, se abordó en base a cuatro factores relevantes:

Demanda:

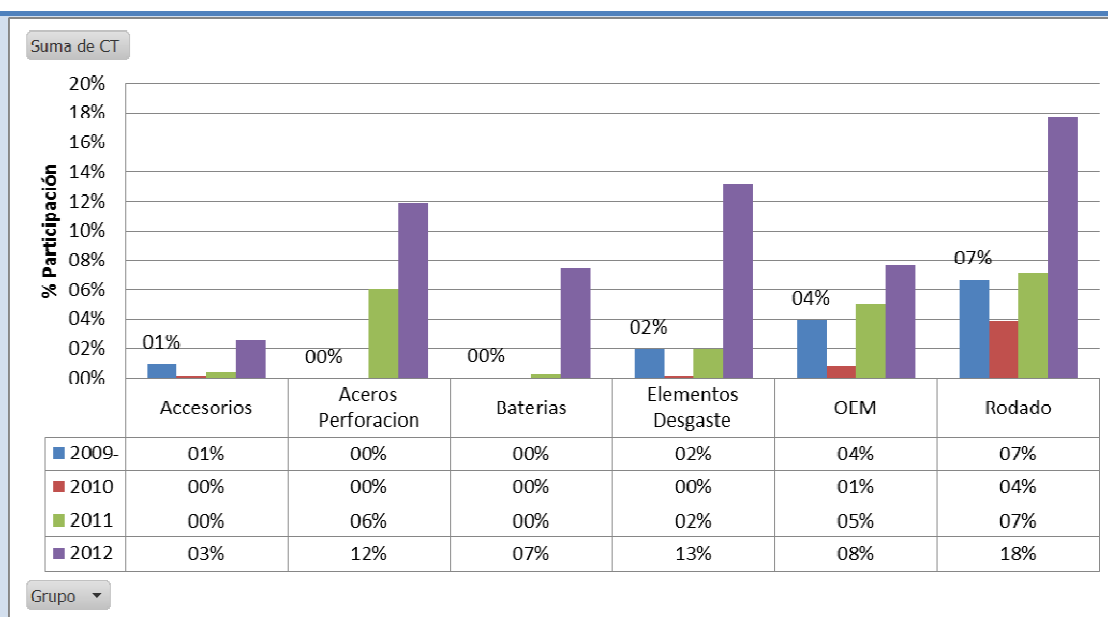
Un análisis relevante consiste en observar el inventario según para qué equipos existen actualmente operando en el mercado y respecto a su etapa en el ciclo de vida. Este dato no es trivial y requiere una gran cantidad de fuentes para lograrlo, así como un exhaustivo trabajo de recopilación y tabulación. Se hizo un análisis simplificado, en base a la experiencia interna, que se refleja en el cuadro 1 de antigüedad del inventario, según la grupo de repuestos. Podemos observar que se dispone de inventario más antiguo para los Rodados y repuestos del tipo OEM.

El Ciclo de vida de los productos, deberá proveer información sobre el estado evolutivo de cada producto. Si es un producto líder o ya está maduro, tendrá una ponderación distinta. Si está en su fase final, debería irse transformando en un ítem para venta calzada. Se calcula una variable "Incertidumbre", que indicará la confianza que puede tenerse en la estimación lograda, en base a si existe una demanda planificada para

este artículo o una serie confiable de demanda histórica o si es un producto en contrato, etc.

Por otra parte, se tabularon las ventas históricas por código de artículo y se acumularon por unidades vendidas mensualmente, para el año calendario anterior. Dado que la empresa no ha realizado importantes campañas publicitarias ni ofertas importantes en los últimos años, se hará el supuesto que esta venta histórica fue la demanda histórica.

Cuadro 1: antigüedad del inventario, según equipos para el que se demanda



Fuente: Elaboración propia según análisis del inventario

Existen ítemes que son parte de un contrato, cuyas demandas están previamente acordadas con los clientes y es de interés tener tabulado esos valores, con el fin de aportar datos más precisos al pronóstico. Esto también aplica, para aquellos repuestos dirigidos para la flota de equipos que la empresa arrienda, lo que implica una demanda cautiva de repuestos para las mantenciones preventivas, que es altamente predecible, puesto que se tiene completo registro de las condiciones y horas de operación mensuales.

Un dato que resultó útil, para la simplificación de los pronósticos, fue el cálculo de la ciclicidad, que indica cuántos meses al año el ítem fue demandado. Por lo tanto su valor varía entre cero y doce. Este dato, se correlacionó con los ítemes de mayor rotación, encontrándose una correlación casi de uno a uno.

Maestro de artículos:

El maestro de artículos de la empresa es uno de sus registros mejor logrado. No se procesa ningún artículo si no está registrado y asociado a una familia de producto, su marca, proveedor, peso, volumen y otras catalogaciones internas. Además, se cuenta con la relación entre artículos sustitutos. Todo esto, permite una correcta tabulación de los niveles de inventario por bodega, familia de producto, negocio, etc. Además, cada artículo es planificado por un único analista, lo que facilita determinar el responsable del pronóstico y finalmente de la decisión de compra.

Maestro de inventario:

Los datos del inventario, son una detallada e importante fuente de datos en gran parte ya disponible en el sistema de información. Dentro de los bien tabulados, se puede mencionar los niveles de inventario existentes, que gracias a una estricta política de recuento de inventario, asegura que lo registrado en el sistema corresponde a lo disponible físicamente en cada bodega, así como en el centro de distribución de Santiago. Adicionalmente se lleva un estricto registro de los productos en tránsito, junto con su trazabilidad, que permite conocer con certeza el tiempo estimado de arribo, tanto a puerto como a las bodegas de la empresa.

Dentro de los datos no tabulados, no se tiene registro precisamente de datos importantes para el modelo a desarrollar, como: inventario mínimo requerido, el tamaño de lote para su compra, los tiempos de entrega del proveedor, etc. Actualmente se está haciendo un levantamiento de esos datos y su organización para registrarlos. Otro dato que comenzará a calcularse es su estado ABC, en base a las ventas, por lo que se definió calcularlo mensualmente, junto con el proceso de cierre del inventario del mes.

Maestro de Proveedores:

Si bien existe un completo detalle de proveedores alrededor del mundo, se tiene el contacto establecido y una relación permanente, no existe registro de dos datos actualizados que son importantes como entrada para el modelo: el tiempo de entrega (Lead Time) y el nivel de completitud de las entregas (Fill Rate). Para efectos del prototipo, se calcularon y se definió su procedimiento de registro en el sistema de información.

Políticas de abastecimiento:

Uno de los objetivos es poder determinar qué está en comprado en exceso y descartar de plano cualquier intento de compra, a no ser que sea justificable vía una Orden de compra de un cliente (lo que es conocido como venta calzada). Para ello, el modelo considera el cálculo de la cantidad de unidades en exceso, así como su costo total, para el análisis respectivo.

Comercialmente, se definió que se deberá contar con los repuestos que requiere un nuevo equipo representado, al menos, para el período de garantía ofrecido en la compra. Esto principalmente da cuenta de filtros principalmente, todo lo demás se puede encontrar en el mercado a un precio razonable, por lo que no aporta valor disponer de él.

Un trabajo importante, fue identificar cuál es el inventario mínimo a disponer de aquellos ítemes para la oferta de equipos disponibles en el mercado y que pertenecen al segmento de clientes que la empresa atiende. Así mismo, es útil explicitar cuánto es lo máximo que debería disponerse de un ítem, especialmente de los más costosos y de menor rotación (componentes mayores de un motor por ejemplo).

Otros parámetros generales, relevantes lo conforman:

- Se definió un año corrido hacia atrás para la consideración de las demandas históricas
- Como horizonte de planeación, en general se estima un corto plazo de tres meses. Sin embargo, para ítemes con un lead time menor, se aplicará la estrategia de

”Posponer la compra”, es decir, comprar lo más ajustado a su demanda real. Para ítemes con un LT entre 3 y 6 meses, se estima su demanda para un horizonte de tiempo según su LT.

- Se calcularon costos de aprovisionamiento genéricos, proporcionales al volumen o peso del artículo, asumiendo que un producto más grande o pesado requiere de mayor espacio en la bodega, así como de un mayor esfuerzo en su administración
- En general, se definieron tres rangos de tolerancia de exceso de inventario según la variabilidad del lead time ofrecido por el proveedor, pero exclusivamente para ítemes marcados como de alta rotación:
 - Para aquellos ítemes cuyo lead time sea entre tres y seis meses, se permitirá un stock de seguridad equivalente a 1.5 veces la demanda estimada para ese período
 - Para un lead time entre 6 y 12 meses, se debe preveer esta situación disponiendo de un inventario de seguridad como máximo de 1.25 veces la demanda estimada para seis meses
- El modelo entrega resultados en base a comprar o no, indicando además cuánto es el exceso (caso de recomendar no comprar)

Estimación de compras:

El modelo considera una estimación numérica para la demanda, en unidades de artículo. Con este dato, además, se compara en base a los niveles de inventario disponibles y permite indicar qué tanto inventario hay en exceso o cuántas unidades son las necesarias de comprar. Se hace la diferencia entre inventario total disponible e inventario en tránsito, dado que la decisión de compra, debe estar siempre en función de no incurrir en un sobre stock.

Por lo mismo, se agrega una recomendación cualitativa, para indicar si el modelo sugiere comprar, analizar en más profundidad o no comprar.

Para el caso de que se sugiera **Comprar**, entonces se calcula el tamaño del lote propuesto, junto con una estimación probable de fecha de recepción del lote, asumiendo que se emite la Orden de Compra durante el período de Entrega (también previamente establecido).

Para el caso de sugerir **Analizar** con más detalle, se calcula cuánto porcentaje de inventario disponible existe y en tránsito, para soportar la demanda pronosticada (según cuánto tiempo debe transcurrir para que el inventario en tránsito se transforme en inventario real) y si se está bajo cierto umbral (otro parámetro del modelo) se recomienda “Analizar” con más detalle ese artículo, puesto que no existe seguridad de la recomendación.

Finalmente, si existe inventario en exceso (por sobre el umbral definido), se calcula su costo total, como para fundamentar de mejor manera la toma de decisión. Este valor se presenta como “costo total en Exceso” y la recomendación será presentada como **No Comprar**.

8.2. Levantamiento de datos

En base a los parámetros a considerar, se trabajó con el área de sistemas, para levantar los datos históricos disponibles para toda la base de repuestos. Para los datos ya tabulados, se hicieron validaciones aleatorias de su consistencia y qué tan actualizados están. Para los datos no tabulados, se analizó con los analistas, su disponibilidad, su origen y cómo podrían tabularse y cuánto tiempo tomaría. Se privilegió aquellos disponibles en hojas de cálculo y de alto impacto para el modelo. Sin embargo, un conjunto de datos, como la definición de para cuántos equipos sirve un repuesto, se postergó hasta una futura fase de implementación del modelo, por la dificultad en la obtención de los datos.

El conjunto de estudio, son aproximadamente 30 mil artículos, agrupados en base a su función, marca, modelo y otras variables, que requieren una revisión más detallada. Se estima, que después de aplicado el modelo y concentrado en los ítemes más relevantes, la empresa estaría en condiciones de utilizar menos de 10 mil ítemes de inventario, lo que le permitiría mejores análisis y concentración en lo realmente importante.

Los métodos de pronóstico, estiman básicamente tres datos: nivel, tendencia y factor estacional. Estos datos serán calculados y guardados como elemento de la estimación, tanto para la toma de decisiones, así como para su posterior análisis del error de estimación.

Para aquellos productos, que están siendo introducidos recientemente, se consideran para el modelo, aquellos que registran más de tres meses sucesivos de ventas e idealmente con una tendencia al alza.

Existen ítemes cuya demanda ha sido aleatoria siempre (por ejemplo un motor de partida, se estima que se requiera su cambio después de 50 mil horas de operación, pero como sirve para múltiples equipos, puede ser demandada en cualquier mes del año. Se considerarán estos ítemes como “no disponibles” en inventario, a excepción de los repuestos OEM. Repuestos similares, se consideran como vendibles en forma “calzada”, por lo que no puede existir inventario.

8.3. Normalización

En base a los parámetros definidos, se procedió a normalizar los datos, para ir dándole una estructura sostenible y que permitiera una mejor aproximación a los análisis. Se determinó que los grupos principales de maestros de datos a recopilar son: artículos, proveedores e histórico de ventas. Los resultados del modelo, se almacenan en un maestro denominado Plan de compras, que para efectos de seguimiento posterior y una vez realizada la compra, el dato estimado se registra en un Plan de compras histórico.

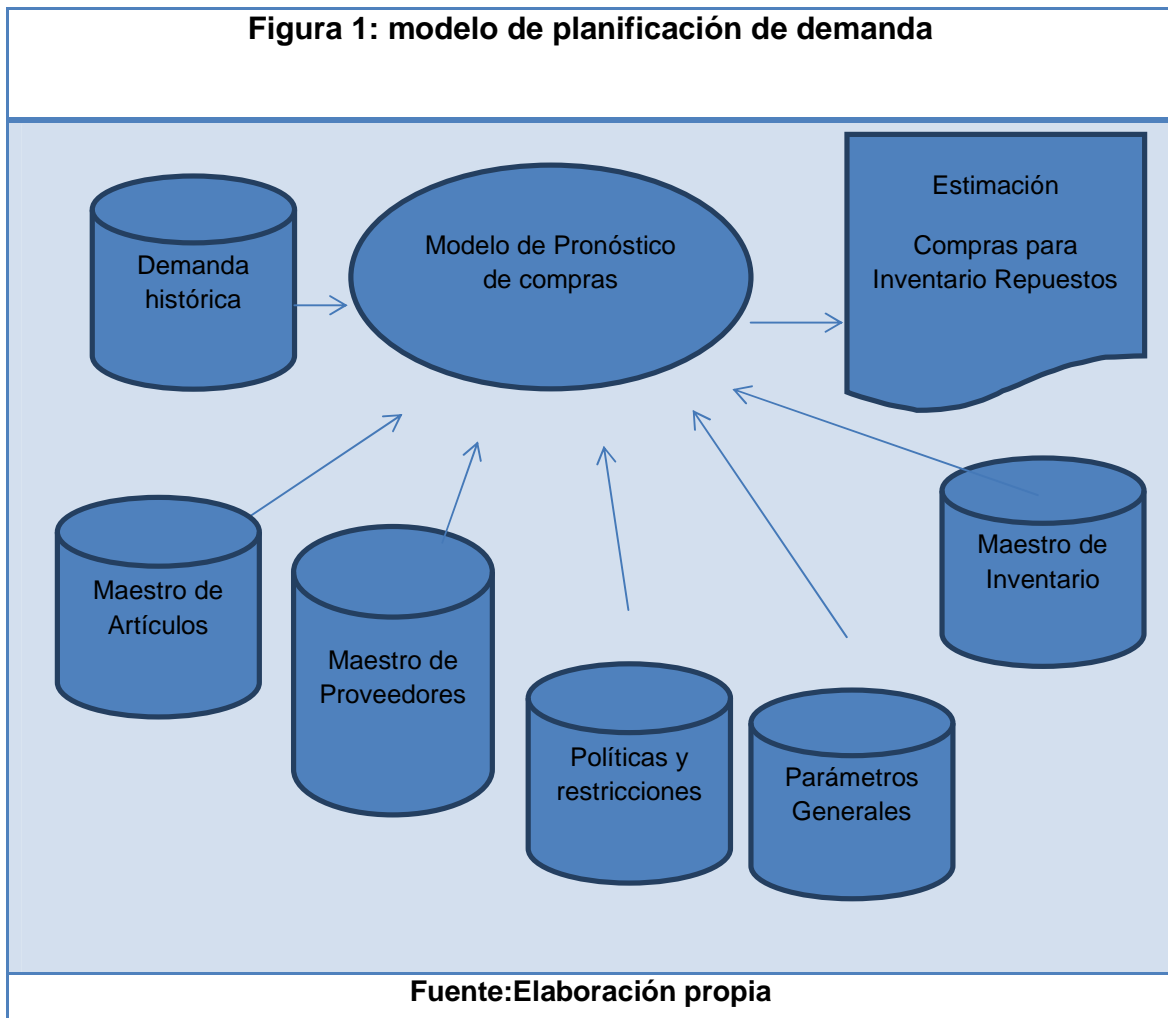
8.4. Evaluación de los métodos

Se tomaron ítemes de inventario de alto impacto para el modelo, por ejemplo, aquellos de más alto costo, mayor rotación y para familias de producto estratégicamente importantes como Rodados, Baterías y Elementos de Desgaste. Se hicieron estimaciones numéricas de cada método cuantitativo, considerando períodos pasados y se comparó con las compras realizadas. El objetivo fue definir qué método tenía un mejor pronóstico y su factibilidad de implementación, en base a si se dispone de los datos, facilidad de cálculo y estimación del error. Para ello, se utilizó un prototipo, con una muestra de datos suficiente como para que fuera representativo de las familias de artículos a analizar.

8.5. Diseño del modelo

Se abordará en base a la definición de los parámetros, normalización de los datos, tabulación de datos histórica y la definición de los métodos a utilizar. Se fue más allá, y se agregó una estimación numérica, así como cualitativa, que indica si el modelo sugiere comprar o no comprar. Para el caso de que se sugiera comprar, entonces se calcula el tamaño del lote propuesto, junto con una estimación probable de fecha de recepción del lote, asumiendo que se emite la Orden de Compra durante el período de Entrega. Adicionalmente, para el caso de sugerir no comprar, se calcula si existe inventario en exceso y su costo total, como para apoyar la toma de decisión.

A continuación, se ilustra una figura esquemática del modelo, para indicar cómo se relacionan los distintos componentes.



En los anexos, se detalla cada estructura de datos de los elementos del modelo.

8.6. Desarrollo de un modelo piloto

Desarrollo de un modelo piloto: se abordó el desarrollo de un modelo piloto para la verificación cuantitativa de los parámetros, si las variables de análisis eran las más relevantes, cuáles aplicaban por familia de productos, etc. El objetivo principal fue obtener las definiciones que servirán de base para el futuro desarrollo de un sistema informático que permita incorporar este modelo al sistema de información y así disponer de información en tiempo real.

Resultó muy útil, configurar una base de datos de trabajo en excel, que reuniera todos los datos existentes, así como la mejor estimación posible para aquellos datos en vías de recopilarse. Sin embargo, trabajar los 30 mil ítemes en una planilla no era muy óptimo, especialmente en el cálculo, por lo que una vez normalizados, se procedió a trabajar por grupos de artículos según familia de productos, para tres líneas de producto en particular:

- Rodados: por su importancia para el negocio y porque presenta una demanda más específica, según equipos que estén en operación, incluso claramente diferenciables si son equipos para Minería o para Construcción.
- Doosan: porque fue la marca emblemática con que la empresa introdujo la marca de excavadoras hace ya 15 años y porque representa una producto maduro, con una base de equipos conocida
- Baterías por su demanda muy genérica, independiente de la marca y modelo del equipo

Para los dos primeros grupos se encontró que no presentan tendencia ni estacionalidad, por lo que se les aplicó el modelo de Promedios móviles. Se tabularon los pronósticos considerando distintos períodos, variando entre 3 y 6 meses. Tal como indica la literatura, respecto a este método, conforme se aumentan los períodos a considerar (N), el promedio móvil se hace menos sensible a la demanda observada más recientemente. Por lo que se comenzó a calcular el promedio móvil en base al lead time, lo que permitió darle más peso a las últimas demandas. Para el caso de Rodados,

se obtuvieron diferencias de cálculo entre un 15-20% respecto a la estimación realizada por el analista a cargo, pero cuando comenzó a utilizar más datos, como lead time específico para cada artículo y un promedio móvil conforme a éste, la brecha disminuyó. Sí fue relevante, encontrar que existen grupos de artículos, para los cuales se les debe fijar el lead time, conforme el mayor existente, puesto que deben ser considerados en un único lote.

Las baterías presentan estacionalidad, dado que aumentan su demanda durante el invierno. Por lo mismo, se trabajó con el método de Winter, para algunos valores aleatorios, tratando de considerar aquellos ítems que presentaban una demanda más constante y para aquellas que no. Adicionalmente, se reemplazó el cálculo de la regresión, al considerar el factor ciclicidad, que considera los meses del año en que fue realizada al menos una compra de baterías. Realizados los cálculos, se encontró que las diferencias de estimación respecto al método de promedios móviles, bien podrían ser suplidas, considerando otras variables como sus niveles de inventario mínimos, o si estaban sujetas a contrato (por lo tanto, la demanda puede establecerse vía plan de ventas), u otros, por lo que se decidió utilizar también promedios móviles, lo cual llevó a simplificar la estimación global.

Finalmente, en el análisis de baterías, se logró una diferencia de apenas un 7% entre la estimación y el cálculo realizado por el analista. Aún cuando el analista había realizado un supuesto, como un lead time constante para todo el conjunto de prueba.

Realizados estos análisis preliminares, se desarrolló un prototipo en el sistema de información, que permitió entregar los datos calculados para la totalidad del inventario, además de posicionarse en períodos pasados, para evaluar el comportamiento de compras realizado para el ítem que se monitoreaba. Dado que no fue posible completar la carga de todas las dimensiones de análisis, esto lo registra en el factor de ajuste denominado "Incertidumbre". Lo importante, fue que desde una planilla excel, se pasó apenas en una semana al sistema de información, donde el prototipo permite obtener en línea todos los datos para llegar al pronóstico, así como el pronóstico mismo y la recomendación.

8.7. Esquema del modelo de Planeación

Utilizando el modelo desarrollado como base para la toma de decisiones, se propone un proceso de Planeación de las compras. Lo importante, para la mejora continua del modelo, será la retroalimentación necesaria para determinar cuáles son los factores más importantes para la determinación de un mejor pronóstico, así como el continuo proceso de mejora.

El proceso de planeación toma demasiado tiempo en la recopilación de los datos, en su tabulación, así como en el desarrollo de los cálculos propiamente tal. Por lo que se propone un proceso fuertemente apoyado por el sistema de información, que permita simplificarlo, para permitirle a quienes participan de la toma de decisiones concentrarse en lo realmente importante, que es el análisis de los factores de interés para la mejor planeación de compras posible.

Para ello, se implementó del modelo dentro del sistema computacional, lo que permitirá a cada analista disponer de los cálculos ya tabulados cada madrugada, en base a los datos disponibles hasta el cierre del día anterior.

Con la obtención y cálculo de los datos resuelto, se propone el siguiente proceso para la toma de decisiones de compra de inventario:

1. Decidir para qué conjunto de ítemes se planificará la compra
2. Obtener la planilla excel con la matriz de planeación para el conjunto de ítemes a evaluar
3. Agruparlos según indica el modelo:
 - a. Para aquellos ítemes que se indica No comprar, validar los factores principales de análisis para descartar que por falta de antecedentes, se haya realizado una recomendación incorrecta
 - b. Si se recomienda comprar, igualmente se deben validar los factores principales, así como el valor propuesto de compra.

- c. Es muy importante que cualquier observación detectada en estos dos puntos, sea documentada para retroalimentar al modelo. Al menos durante el primer año de operación
- 4. Para aquellos ítemes que efectivamente será necesario comprar, proceder a emitir las órdenes de compra. Este paso, también debe registrar la estimación, junto con el dato de la compra.
- 5. Integrar la planeación y pronóstico dentro de la cadena de suministro. El pronóstico traducido en Orden de compra, podrá ser visible para el resto de la cadena como un “inventario en tránsito”.
- 6. Mensualmente, se propone obtener estadísticas de error de estimación logrados, analizarlas en una reunión entre todo el equipo de analistas y la gerencia responsable, así como determinar acciones de mejora.

9. Resultados obtenidos

Este trabajo permitió definir y desarrollar un modelo de compras, que incorpora dimensiones de análisis no consideradas hasta ahora dentro de la organización. Por ejemplo, se introducen métodos de pronósticos estadísticos, así como reglas de negocio definidas por el Directorio de la empresa.

Se explicitan aquellos factores más relevantes del análisis y se estructuraron para permitir su implementación en un sistema de información. Todos estos antecedentes están debidamente documentados, desde su origen, su participación en el proceso y su unidad de medida –si aplica. Esta documentación, sienta las bases para un proceso de inducción y de promoción del modelo a las restantes áreas de compras de la empresa.

Se realizó un levantamiento de datos preliminar, que define los lineamientos a seguir para ir cargando los datos al sistema y completando de mejor forma la base de análisis. Como todo modelo, requiere una continua retroalimentación, por lo que es importante haber definido los datos a tabular, su estructura y origen.

Con la realización del prototipo, se inicia la fase de ajustes al modelo, lo que permite incorporar otros métodos de pronóstico, otras dimensiones de análisis y si es necesario algunas estimaciones adicionales, lo que permitirá ir mejorando cada vez más los pronósticos, apoyando de mejor forma la toma de decisiones y lograr un importante objetivo financiero que es liberar capital de trabajo.

Adicionalmente, por el hecho de incorporar a todos los participantes del proceso de planeación, se ha logrado un modelo consensuado y en que cada analista y experto ha aportado en este proceso, así como con la supervisión de la gerencia. Sin duda alguna, esto permite acelerar el proceso de alineamiento estratégico.

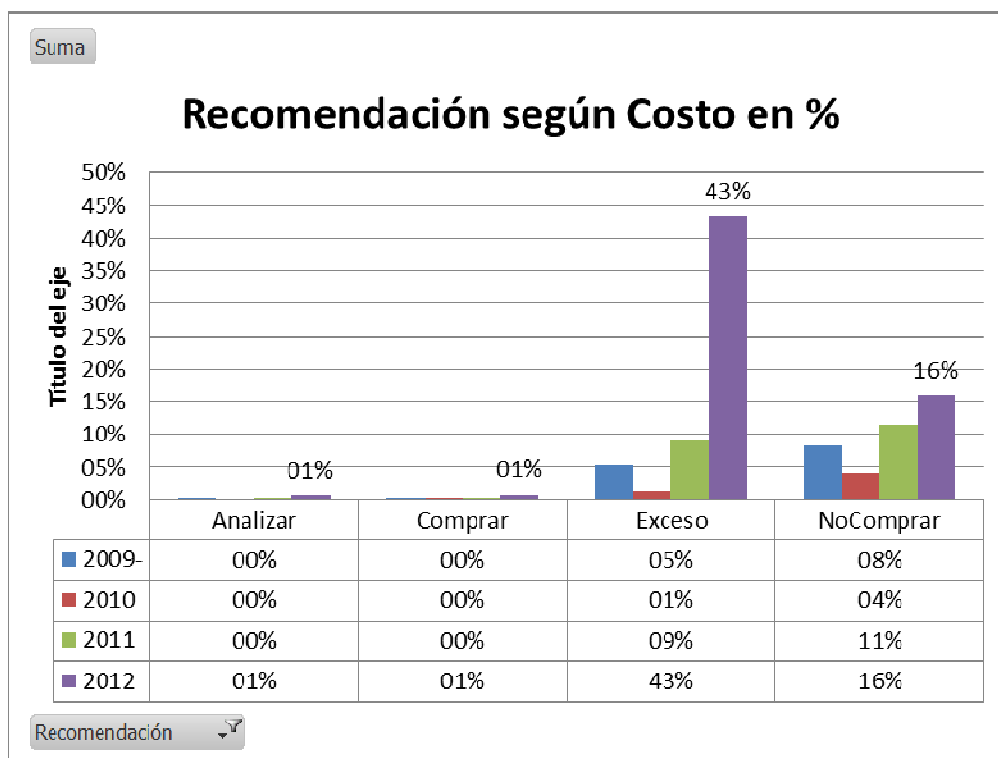
Desde el punto de vista del análisis del inventario actual, mencionaremos algunos datos relevantes, que arrojó el prototipo para todo el inventario de repuestos al cierre de noviembre del presente año.

Respecto al análisis de los datos actualmente disponibles, para los cuales se les aplicó el modelo propuesto, se obtuvieron los siguientes resultados:

Existen 30 mil códigos de artículos. De los cuales, es necesario liquidar aproximadamente 22 mil, por ser inventario ya casi obsoleto (comprado el año 2009 o antes), no apunta a los equipos que actualmente se representan o están en su fase de obsolescencia tecnológica, y lo principal no han registrado ventas hace más de un año.

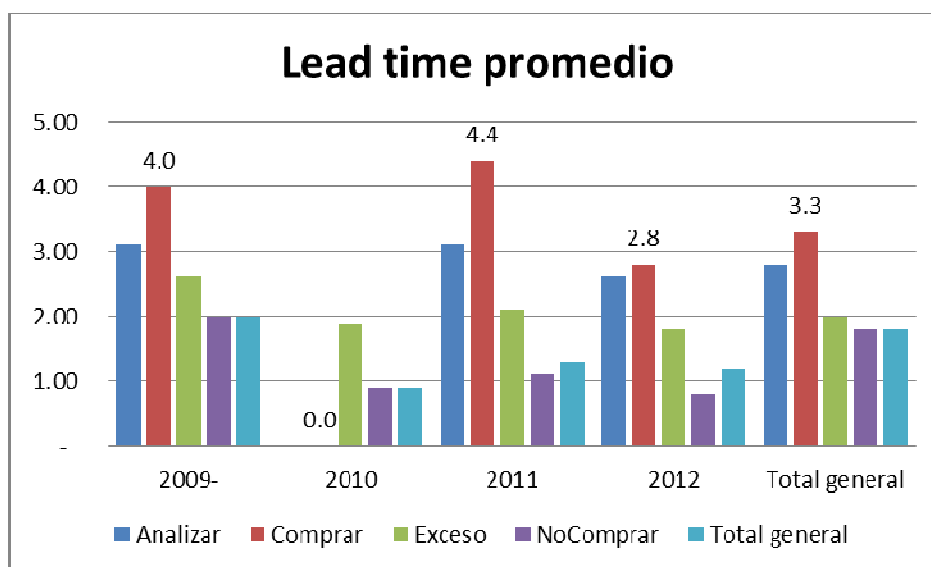


Estos 20 mil ítemes, representan un 8% del costo total del inventario de repuestos, según vemos en el cuadro siguiente:



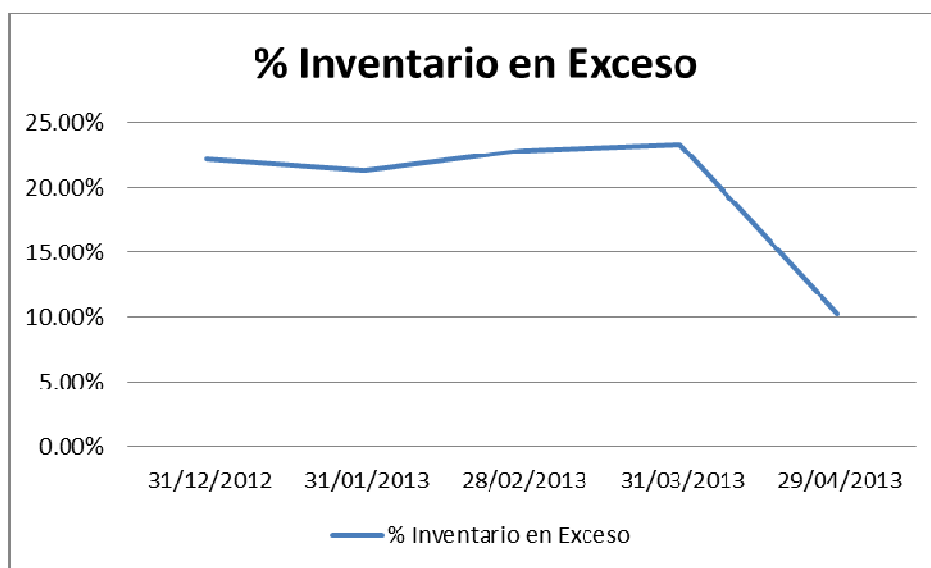
Por otra parte, existen aproximadamente 2 mil ítemes con inventario en exceso, que representan un 58% de los costos totales (sin embargo, considerando sólo la parte del inventario en exceso, se determina que corresponde sólo a un 48%), aún así, es un importante descubrimiento. Adicionalmente, se observa que un 43% de este inventario fue comprado el año en curso y apenas el 5% es un saldo que viene de compras del 2009 o anteriores.

El otro efecto claramente observable, es que pareciera que hay inventario en exceso o no se requiere comprar, por lo que los ítemes a Analizar o Comprar son apenas el 2% del total. Este dato no es menor y visto con los analistas, en la mayoría de los casos, efectivamente se reconoció una compra excesiva, puesto que un dato común para la toma de decisiones, es disponer de inventario para un lead time (LT) fijo de 6 meses. El modelo demostró que el tiempo de entrega real no es tan holgado y gracias a una eficiente labor de coordinación con los proveedores, en la práctica el LT promedio sólo es de 4.4 meses (para los ítemes que se sugiere comprar):



En general, el promedio es de apenas 2 meses, lo que muestra un sesgo a comprar para un período de tiempo mayor, dado que no se disponía del dato más preciso respecto al tiempo de entrega por parte del proveedor.

Este modelo fue aplicado desde Diciembre en adelante, aún cuando durante noviembre se hicieron las pruebas preliminares y levantamiento de los datos, como de los modelos de cálculo. Al cierre de abril 2013, se obtiene el siguiente cuadro de evolución del inventario en exceso:



Este cuadro refleja lo que ha sucedido con el inventario en exceso estos últimos meses: Desde el 48% del total en exceso de noviembre 2012, se bajó al 22% en diciembre, donde la empresa asumió una pérdida importante y liquidó el inventario que tenía nula oportunidad de venta.

Durante los meses de verano, se hicieron campañas de liquidación del inventario con potencial de venta, pero también ocurrió que cierto nivel de inventario que hasta las ventas de noviembre no estaba en exceso, sí lo fue estando en estos meses. También sucede en este período, que órdenes de compra puestas previamente (asumiendo tiempos de entrega de 6 meses), fueron recibidas en estos meses, lo que abultó el inventario. Por lo tanto, el % de inventario en exceso se equilibró entre liquidaciones-recepciones y se mantuvo en un rango entre el 20% y 25%.

Lo interesante, ocurre en marzo, donde las ventas se reactivan y una parte importante del inventario en exceso pudo ser vendido sin incurrir en descuentos. Este inventario, corresponde al que tiene alta ciclicidad, pero que había sido comprado en grandes proporciones el año pasado y finalmente, al alcanzarse su nivel de venta, se niveló su inventario disponible.

Actualmente, el modelo ya está implementado en el sistema de información de la empresa, es monitoreado a diario, semanal y mensualmente. Todos los datos de análisis están siendo tabulados durante la noche, así los analistas disponen de información consolidada diariamente. También existen reportes de gestión, respecto a qué ítemes están quedándose sin inventario y para cuáles se sugiere posponer la compra. Se trabaja actualmente, en definir qué análisis son de interés para el Directorio,

para ello se dispone de una herramienta que permite hacer “drill-down” y concentrarse en las excepciones y desde ahí se obtiene en línea esta información. Estos reportes se presentan al Directorio y se analiza para cada una de las áreas compradoras de Repuestos.

Un resultado adicional, que surgió a petición del Directorio, fue estimar el capital en inventario que requiere el área de repuestos para su operación. Se utilizó los resultados del modelo, para filtrar lo que ya no tiene rotación y concentrarse en lo que sí tiene movimiento, para determinar la cantidad de inventario necesario, así como una estimación –extrasistémica- incluyendo lo que el modelo no considera ni tiene registros (nuevas representaciones y nuevos productos de las marcas ya representadas) y se presentó un monto –ya aprobado- que son los recursos de capital asignados al área de repuestos para su operación anual.

10. Conclusiones

El modelo de planificación de compras desarrollado y aplicado a la totalidad del inventario, confirmó ciertos supuestos previamente reflejados en el sistema financiero de la empresa y analizado por el Directorio, por ejemplo:

- Existía un importante nivel de repuestos sin rotación. Se comprobó que corresponde al 25% del inventario total
- Existía inventario “mal comprado”. Del inventario que rota, se determinó que un 43% había sido comprado en exceso
- Cuánto es el capital inmovilizado? Existía efectivamente un alto nivel de capital inmovilizado, sumando el inventario sin rotación y el comprado en exceso, que representaba aproximadamente un 46% del inventario total.

Del análisis aplicado, se concluye que es muy importante el alineamiento estratégico del área de Abastecimiento, respecto a comprar teniendo especial cuidado en las demandas potenciales. Por otra parte, el llamado al área comercial de no descuidar el inventario sin rotación y detectarlo a tiempo para no inmovilizar capital de trabajo.

Respecto a las Políticas a utilizar en la gestión del inventario, se logró definir las y comunicarlas a todos los integrantes de la cadena. Con esto se avanza en el alineamiento estratégico de los responsables del mismo. Concretamente, por ejemplo, se decidió utilizar el postergar las compras hasta el límite posible, según el tiempo de entrega que tenga cada producto o conjunto de productos para el mismo proveedor. Esta medida, por una parte permite la liberación de recursos, pero también exige un seguimiento adecuado, para manejar correctamente los quiebres de stock. Surge así la herramienta precisa para coordinar a todos los integrantes de la cadena: el sistema de información.

El sistema de información, actualmente aloja al modelo desarrollado, recoge todos los parámetros definidos, implementa las reglas de negocio establecidas y permite disponer en línea de datos para la toma de decisiones a nivel estratégico, operativo y táctico. Adicionalmente, implementa las reglas de negocio, vía mecanismos de control para el proceso de emisión de órdenes de compra, lo que permite hacer seguimiento al grado de compromiso de los analistas de repuesto, respecto a las políticas establecidas.

Para el alineamiento estratégico, por ejemplo, el sistema entrega reportes para el Directorio, donde se muestra el nivel de inventario total al período especificado

(normalmente al cierre del mes) y permite hacer un análisis del tipo “drill-down” por unidad de negocio, familia de productos o incluso por bodega (en general por cualquiera de las variables principales de análisis establecidas). Las desviaciones son visibles y con la trazabilidad necesaria como para llegar incluso a analizar el compromiso de cada analista con las políticas establecidas. Un resultado adicional obtenido con este trabajo, fue el de definir los niveles de inventario que se requieren como base para la demanda esperada. Así, se consensuó un monto de capital asignado a las áreas de repuestos y su misión será rentabilizar esos recursos asignados, así como no excederse de ese tope para su operación anual. Esto permite a la empresa, disponer ese capital y planificar su flujo de caja, según la planificación de compras que realiza el área de Abastecimiento.

Por otra parte, tanto el área comercial como la jefatura de Abastecimiento, disponen de reportes en línea, donde pueden analizar los ítemes que se están quedando sin stock o para aquellos que no es necesario abastecerse. Esto permite simplificar el análisis y concentrarse en aquellos que sí podrían ser sujeto de un quiebre de stock. Aquí, hay una importante área de desarrollo del modelo, de forma tal de considerar aquellos ítemes que son sustitutos, para los cuales se podría considerar tanto la demanda e inventario disponibles como un único elemento agregado.

Para el apoyo a los analistas en su diaria operación. El sistema les entrega todos los datos “duros” posible: niveles de inventario disponibles, en tránsito, lead time, demanda presupuestada, etc. Así como recomendaciones respecto a qué ítemes están en qué categoría: si la compra es necesaria, se recomienda no comprar o no se tiene información suficiente. Si aún así, se decide comprar algún ítem en exceso, será necesaria una autorización de un superior para esa orden de compra. Con esto se confirman los los mecanismos de control del modelo, y por otra parte, obtener retroalimentación diariamente del mismo.

Aquí también surgen algunas oportunidades de desarrollo adicionales. Por ejemplo: considerar las cotizaciones -disponibles en línea en el sistema- como una demanda potencial; Sería interesante también, agregar un módulo que permita análisis del tipo “what if”, respecto a parámetros cambiantes en el análisis, por ejemplo, modificación del tamaño del lote a comprar por precios variables según volumen del pedido.

El trabajo desarrollado, ha permitido transformar una incertidumbre de la empresa, en un documento que recoge las políticas de compras, define las reglas de negocio y establece el procedimiento a seguir para cada integrante de la cadena. Además, con la implementación dentro del sistema de información, se automatizan los cálculos, la recopilación de los datos y los mecanismos de control, lo que finalmente redundará en una alineación completa hacia los objetivos planteados.

Un componente importante de todo sistema, son los usuarios a cargo, quienes tienen la responsabilidad de detectar oportunidades de mejora y velar por su implementación, así como intentar que el aporte de su experiencia se vea reflejado en una herramienta informática. Este trabajo permitió incorporar desde las primeras etapas a los analistas responsables de la toma de decisiones, quienes pudieron darse cuenta de las alternativas que le ofrecía el sistema de información, de cómo los ayudaba en su trabajo diario y los motivó a participar más en el proceso.

Sin duda alguna, que el alineamiento estratégico debe estar liderado por los principales responsables de la toma de decisiones, quienes deben potenciar proyectos como éste que finalmente permitirán a la empresa ser más eficiente en el uso de sus recursos, contar con gente alineada a la estrategia y que todos los participantes dispongan de reglas de negocio claramente definidas, que les permita desarrollar su trabajo dentro de un marco de acción regulado, pero con las herramientas necesarias para justificar su toma de decisiones.

Bibliografía

- Análisis multivariante 5ta. Ed., Joseph F. Hair, Rolph E. Anderson, Ronald L. Tatham, William C. Black. ISBN 84-8322-035-0
- Investigación de operaciones 7a. ed. Hamdy A. Taha, Prentice Hall, México, 2004. ISBN 9789702604983
- Administración de la cadena de suministro. Estrategia, Planeación y Operación. 3ra. Ed. Chopra, Sunil y Meindl, Peter. ISBN: 978-970-26-1192-9
- Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros, 5ta. Ed. Thomas E. Wollmann, William L. Berry, D. Clay Whybark, F. Robert Jacobs, Mc.Graw Hill, México 2005. ISBN: 970-10-5066-5

Anexo A: teoría de inventario

Una de las herramientas que se utilizan para determinar el monto óptimo de pedido para un artículo de inventario es el modelo de la cantidad económica de pedido (conocido como EOQ, por sus siglas en inglés de Economic Order Quantity). Tiene en cuenta los diferentes costos financieros y de operación y determina el monto de pedido que minimice los costos de inventario de la empresa. El método se basa en tres supuestos fundamentales: que la empresa conoce cuál es la demanda anual de los artículos que se encuentran en el inventario, que la frecuencia con la cual la empresa utiliza el inventario no varía con el tiempo y por último que los pedidos que se colocan para reemplazar las existencias de inventario se reciben en el momento exacto en que los inventarios se agotan.

Dentro de los costos que se deben tener en cuenta para la implementación de este modelo están:

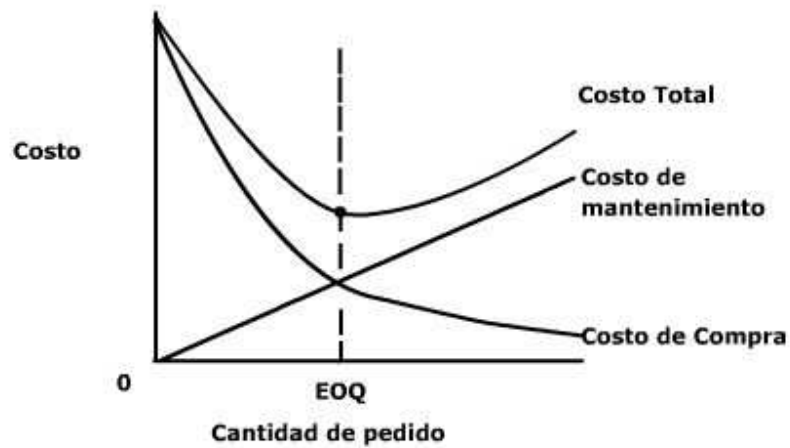
Costos de pedido: Son los que incluyen los costos fijos de oficina para colocar y recibir un pedido, o sea, el costo de preparación de una orden de compra, procesamiento y la verificación contra entrega.

Estos se expresan en términos de gastos o costos por pedido.

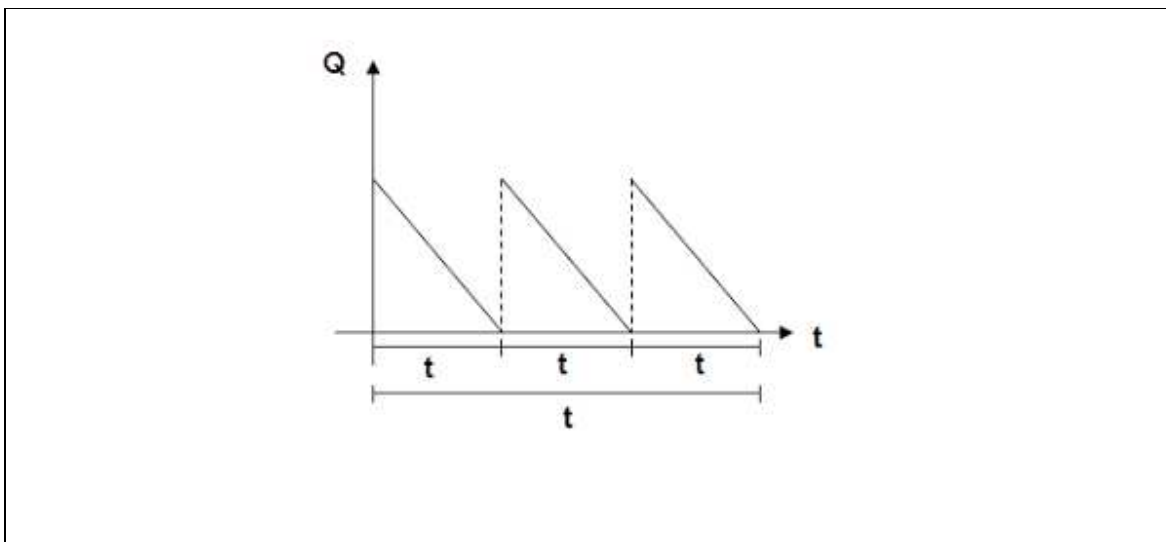
Costos de mantenimiento del inventario: Son los costos variables unitarios de mantener un artículo en el inventario por un periodo determinado. Entre los más comunes se encuentran los costos de almacenamiento, los costos de seguro, los costos de deterioro y obsolescencia y el costo de oportunidad.

Estos son expresados en términos de costos por unidad por periodo.

Costos totales: Es que se determina en la suma del pedido y de los costos de mantenimiento del inventario. Su objetivo es determinar el monto de pedido que los minimice, que coincide con el punto de intersección entre las curvas de costo de mantenimiento y costo de compra, como se puede apreciar en el diagrama siguiente:

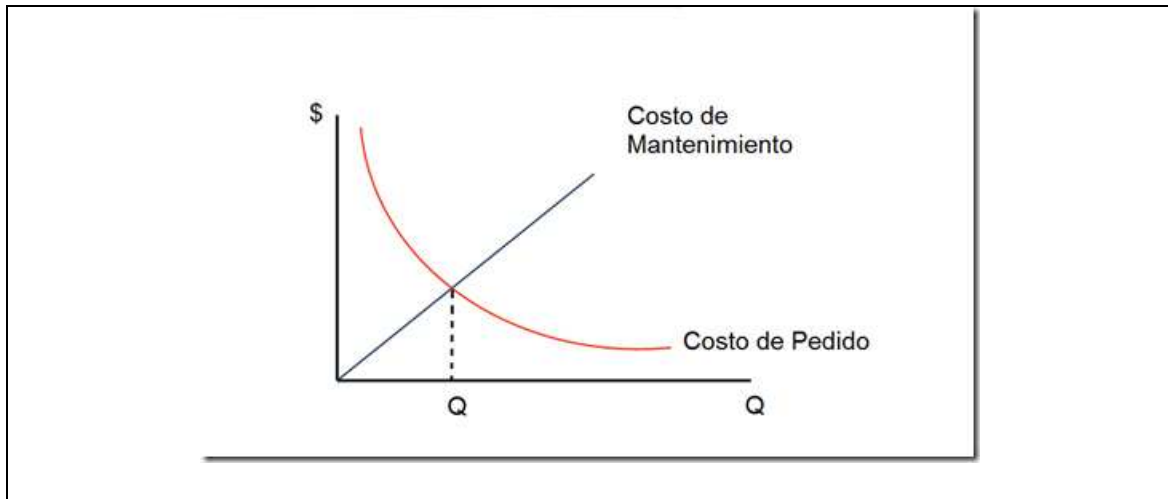


Existen dos modalidades de aplicación de este método, con y sin faltante. Para simplificar el modelo, se utiliza la forma sin faltante, esto lleva a la siguiente curva de toma de pedidos:



La gráfica muestra cómo se comporta el nivel inventario cada cierto intervalo de tiempo t , en que se recibe una orden. Conforme se avanza en el tiempo, el volumen disminuye conforme la demanda (asumida constante) lo va rebajando.

Derivando, se obtiene el punto donde la cantidad a pedir es óptima y es la sugerida:



La fórmula relevante y más conocida es la que define la cantidad a ordenar:

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

Donde

D: es la demanda para el período

S: Costo fijo por pedir (costo de pedido)

H: Costo de mantener inventario

Q*: es la cantidad óptima del pedido

Anexo B.1: métodos de pronóstico Cualitativos

Algunos métodos del tipo Cualitativo existentes:

i) Delphi: Este método consiste en invitar a diferentes expertos a los cuales se les pide –y registra- su opinión, con lo que finalmente se trata de encontrar un promedio de sus ideas. Con este promedio, se les invita a revisar su estimación y emiten un pronóstico definitivo, el cual nuevamente se promedia y se “mejora” la estimación.

Delphi es útil cuando se quiere tener una valoración global subjetiva dentro de un entorno empresarial complejo. Todos los expertos están lejos y ubican al sujeto de estimación, por lo que cada uno trata de dar la mejor estimación posible.

ii) Grupo Nominal: es similar a Delphi, pero aquí los expertos trabajan en conjunto en la estimación y explicar su pronóstico a los demás, quienes también puedan opinar. Cada experto emite su estimación individualmente, la que se registra y utiliza junto con las del resto para un pronóstico final.

iii) Pool de Opinión: este método recoge los pronósticos vía una encuesta de opinión. También se puede realizar una entrevista, o recopilar datos mediante un cuestionario, o también por medio de reuniones para conocer las opiniones de los clientes o de un grupo de interés.

iv) Intuición/experiencia: este es el método tradicional de pronóstico. Podríamos decir que la intuición es una opinión personal sobre la base de la experiencia, lo que no es sólo una corazonada. Se basa en la experiencia y la comprensión del pasado, así como en el conocimiento práctico en alguna disciplina. Podemos tomar nuestra decisión sobre la base de la intuición, si tenemos una considerable experiencia en el sector (lo que la convierte en una “intuición experta”). Aunque pueda existir una alta certeza de este tipo de pronóstico, existen varios problemas a conocer, como:

- requiere de un experto en el área, con muchos años de experiencia, lo que no siempre es replicable

- no permite el procesamiento de grandes volúmenes de datos y por supuesto toma mucho tiempo en su determinación
- dentro de una organización es difícil homologarlo a distintos tipos de mercados e industrias

Anexo B.2: métodos de pronóstico Cuantitativos

Dentro de los métodos Cuantitativos, podemos mencionar:

- i) Promedios móviles: este es uno de los métodos numéricos más simples, que se utiliza cuando la demanda no tiene tendencia ni estacionalidad observables, es decir, el componente sistemático de la demanda es igual a su Nivel. El nivel del período t se estima como la demanda promedio de los N periodos más recientes. Así, se calcula el promedio móvil de N períodos y se evalúa dividiéndolos por N . Después de observar la demanda en t , para el período siguiente se calcula simplemente reemplazando la última observación y quitamos del cálculo la más antigua. El promedio móvil revisado o suavizado sirve para el pronóstico siguiente. Este método presenta varias ventajas, tales como: permitir pronosticar sobre la base de la tendencia en el pasado, fácil cálculo y se puede procesar grandes volúmenes de datos. Sin embargo, es sólo un promedio dinámico, que no recoge otras importantes variables “ambiente” para la estimación.
- ii) Suavizamiento exponencial simple: este método también es simple de implementar y más apropiado cuando la demanda no tiene una tendencia o estacionalidad observable. Similar al caso de promedios móviles, el componente sistemático de la demanda simplemente es su Nivel. Como se supone sin estacionalidad ni tendencia, el estimado inicial es el promedio de los datos históricos. El pronóstico actual para todos los períodos futuros es igual al estimado actual del nivel y después de estimar la demanda para el período siguiente, se revisa el estimado para determinar el error. Así, el estimado actual del nivel es un promedio ponderado de todas las demandas pasadas con ponderación mayor para las observaciones recientes (en base a un factor de suavizamiento α). Para aumentar la sensibilidad de las demandas menos recientes, entonces, se puede modificar α a un valor inferior.
- iii) Suavizamiento exponencial con corrección por tendencia (Modelo de Holt): este método es similar al anterior, pero se aplica cuando la demanda presenta Nivel más Tendencia. Aquí se debe calcular una regresión para los datos históricos de demanda, asumiendo que existe una relación subyacente lineal entre la demanda

y el tiempo. Por lo que este método, calcula los puntos de la pendiente de la recta, para el período siguiente. Se utiliza un factor de suavizamiento α para la estimación del próximo nivel y otro β para la estimación de la tendencia.

- iv) Suavizamiento exponencial con corrección por Tendencia y estacionalidad (modelo de Winter): este método es adecuado cuando el componente sistemático de la demanda tiene un nivel, una tendencia y además un factor estacional. El componente sistemático se calcula como la suma del nivel más la tendencia multiplicado por el factor estacional. Será necesario utilizar tres factores de suavizamiento: α para el nivel, β para la tendencia y γ para la estacionalidad.
- v) Modelos econométricos / causales: estos modelos utilizan relación causa-efecto para predecir la demanda utilizando modelos econométricos. Cada uno de estos métodos requiere un desarrollo determinado, lo cual complejiza el tratamiento de altos volúmenes. Sin embargo, permiten una estimación muchísimo más de acuerdo al “ciclo de vida” de cada ítem analizado.
- vi) Análisis multivariante: otra variante de los modelos anteriores, que usando la estadística permite determinar la contribución de varios factores en un evento siempre como lo puede ser la demanda de un ítem. Aquí, las variables independientes son los factores de riesgo, que explican el resultado. Presenta varias ventajas sobre los métodos de regresión tradicionales, como: utilizar los datos aportados por múltiples variables de entrada sin la restricción de que sean linealmente independientes, permite armar matrices con varias más variables de observación, introduce el concepto de “ruido” y propone una forma de aislarlo.
- vii) Modelos predictivos, son utilizados cuando existen datos de buena calidad y un ambiente no tan volátil. Su desventaja, es su gran complejidad para construir los modelos, así como la intensiva utilización de bases de datos y un apoyo de un especialista.

Anexo C: Maestro de artículos

Módulo	Atributo	Tipo	Fórmula	Unidad
Maestro Artículos	Cód. artículo	Dato	Código de artículo	
	Nombre artículo	Dato	Descripción del artículo	
	Almacén	Dato	Bodega donde se almacena	
	LP	Dato	Línea de producto	
	Negocio	Dato	Unidad de negocio	
	Familia	Dato	Familia de producto	
	Nombre Familia	Dato	Descripción de la familia	
	Subfamilia	Dato	Código de Subfamilia	
	Grupo	Dato	Código de Grupo	
	Peso Neto	Dato	Peso	[kg]
	Volumen	Dato	Volumen	[m3]
	Precio	Dato	Precio	\$
	CU	Dato	Costo unitario	\$
	País de Origen	Dato	País de origen principal	

Anexo D: Maestro de Demanda histórica

Módulo	Atributo	Tipo	Fórmula	Unidad
Demanda histórica	Mes 1	Cálculo	Sumatoria (Venta diaria) [u]	[u]
	Mes 2	Cálculo		
	Mes 3	Cálculo		
	Mes 4	Cálculo		
	Mes 5	Cálculo		
	Mes 6	Cálculo		
	Mes 7	Cálculo		
	Mes 8	Cálculo		
	Mes 9	Cálculo		
	Mes 10	Cálculo		
	Mes 11	Cálculo		
	Mes 12	Cálculo		
	VT	Cálculo	Sumatoria (Venta mensual) [u]	[u]
	Mes UV	Dato	Mes en que se realizó última venta	
	Ciclicidad	Cálculo	Sumatoria (Meses que registran ventas) [u]	
	PM1	Cálculo	Dt+1	[u]
	PM2		Dt+2	
PM3	Dt+3			
PM4	Dt+4			
PM5	Dt+5			
PM6	Dt+6			
FE	Factor de estacionalidad			
CE	Constante de suavizamiento			

Anexo E: Maestro de Inventario

Módulo	Atributo	Tipo	Fórmula	Unidad
Inventario	ST	Cálculo	Sumatoria (Unidades en inventario)	[u]
	SStgo	Cálculo	Sumatoria (Unidades en inventario en CD Santiago)	[u]
	STrans	Cálculo	Sumatoria (Unidades en inventario en Tránsito)	[u]
	ABC	Cálculo	ABC según monto de venta mensual	
	CT	Cálculo	Sumatoria (CU * ST)	\$
	CT Stgo	Cálculo	Sumatoria (CU * Sstgo)	\$

Anexo F: Maestro de Abastecimiento

Módulo	Atributo	Tipo	Fórmula	Unidad
Abastecimiento	Analista	Dato	Analista responsable	
	UltOC	Dato	Código última Orden de compra	
	FUC	Dato	Fecha última OC	
	Año UC	Cálculo	Año (Fecha última Recepción Orden de Compra)	[años]
	Año UV	Cálculo	Año (Fecha última venta)	[años]
	Lead time	Cálculo	Diferencia entre FUC y Fecha emisión última Orden de compra)	[meses]
	Inventario seguridad	Dato	Inventario de seguridad a mantener	[u]

Anexo G: Maestro de Pronóstico

Módulo	Atributo	Tipo	Fórmula	Unidad
Modelo	Incertidumbre	Cálculo	Factor de incertidumbre de la estimación	%
	S / V	Cálculo	Stock Santiago / Venta total	
	ST / V	Cálculo	Stock Total / Venta total	
	Exceso	Cálculo	Indica si hay inventario en exceso o n	
	PM_lt1	Cálculo	Promedio móvil, según meses de LT	[u]
	PM_lt2	Cálculo	Promedio móvil 2, considerando PM_lt1	[u]
	PM_lt3	Cálculo	Promedio móvil 3, considerando PM_lt2	[u]
	PM_lt4	Cálculo	Promedio móvil 3, considerando PM_lt3	[u]
	PM_lt5	Cálculo	Promedio móvil 3, considerando PM_lt4	[u]
	PM_lt6	Cálculo	Promedio móvil 3, considerando PM_lt5	[u]
	PT	Cálculo	Pronóstico consumo total próximo ciclo compra	[u]
	Estimación	Cálculo	% de veces de inventario disponible para la demanda pronosticada	%
	Inventario Exceso	Cálculo	Cantidad de inventario en exceso (por sobre la demanda pronosticada)	[u]
	% Inventario Exceso	Cálculo	% de inventario en exceso	%

Anexo H: Prototipo de sistema de información

Un prototipo es un modelo a escala de lo real, pero no tan funcional para que llegue a ser un producto final, ya que no lleva a cabo la totalidad de las funciones necesarias del sistema final. Proporcionando una retroalimentación temprana por parte de los usuarios acerca del Sistema.

Importancia de Definir su Objetivo

Siempre se debe establecer cual es su objetivo, ya que un prototipo puede ser útil en diferentes fases del proyecto, por ello su objetivo debe ser claro. Durante la fase de análisis se usa para obtener los requerimientos del usuario. En la fase de diseño se usa para ayudar a evaluar muchos aspectos de la implementación seleccionada.

Propósitos del Prototipo

En la fase de Análisis de un proyecto, su principal propósito es obtener y validar los requerimientos esenciales, manteniendo abiertas, las opciones de implementación. Esto implica que se debe tomar los comentarios de los usuarios, pero debemos regresar a sus objetivos para no perder la atención. En la fase de Diseño, su propósito, basándose en los requerimientos previamente obtenidos, es mostrar las ventanas, su navegación, interacción, controles y botones al usuario y obtener una retroalimentación que nos permite mejorar el Diseño de Interfaz.

Características de los Prototipos

El proceso de desarrollo y empleo de prototipos tiene las siguientes características:

- El prototipo es una aplicación que funciona
- Los prototipos se crean con rapidez
- Los prototipos evolucionan a través de un proceso iterativo
- Los prototipos tienen un costo bajo de desarrollo
- Información Obtenida con el uso del Prototipo

- Reacciones Iniciales del Usuario

El profesional de Sistema por medio de la observación, evaluación y la retroalimentación, obtendrá como reaccionan los usuarios al trabajar con el prototipo, y que tan conveniente es el acoplamiento entre las necesidades y las características modeladas en el sistema. A través de la recopilación de tales reacciones, el profesional, irá descubriendo nuevas perspectivas del prototipo, incluso si los usuarios se encuentran satisfechos con él, o si habrá dificultades para vender o implantar el sistema.

Sugerencias

Las sugerencias son el fruto de la relación de los usuarios con el prototipo, las sugerencias aportadas por el usuario indican al profesional porque caminos dirigirse para refinar el prototipo, modificarlo o depurarlo, de forma que satisfaga mejor las necesidades de los usuarios.

Innovaciones

Las innovaciones son aquellas características nuevas del sistema que no fueron contempladas previamente a la interacción con el prototipo.

Prioridades

La información que se obtiene con el uso de prototipos permite al profesional establecer prioridades y reorientar sus planes de una manera menos costosas y con un mínimo de contratiempo.