



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE APOYO A LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE
UNA EMPRESA DE AGROINSUMOS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

JUAN ALEJANDRO CARRASCO PASTRIÁN

SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2012



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE APOYO A LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE
UNA EMPRESA DE AGROINSUMOS**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

JUAN ALEJANDRO CARRASCO PASTRIÁN

PROFESOR GUÍA:
MARIO MORALES PARRAGUÉ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
HERNÁN CÁRDENAS HERMOSILLA
SERGIO ROJAS NAZAL

SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2012



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO DE UN SISTEMA DE APOYO A LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE
UNA EMPRESA DE AGROINSUMOS

JUAN ALEJANDRO CARRASCO PASTRIÁN

COMISIÓN EXAMINADORA	CALIFICACIONES		
Labor y Nombre	Nota (número)	Nota (texto)	Firma
Profesor Guía Mario Morales Parragué :
Profesor Co-Guía Hernán Cárdenas Hermosilla: Profesor Integrante Sergio Rojas Nazal:
Nota Final Exámen de Título	

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2012

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: JUAN ALEJANDRO CARRASCO PASTRIÁN
FECHA: AGOSTO 2012
PROF. GUÍA: MARIO MORALES PARRAGUÉ

DISEÑO DE UN SISTEMA DE APOYO A LA GESTIÓN DE INVENTARIOS DE UNA EMPRESA DE AGROINSUMOS

El presente trabajo de título se enmarca en Copeval, empresa con más de 50 años de experiencia en la distribución de insumos para la producción agrícola. La empresa hoy maneja una red de más de 30 sucursales, con una variedad de 25.000 productos agrupados en 11 rubros de negocio. Además atiende una cartera de 30 mil clientes en todo Chile. En el contexto de negocio de la empresa, las actividades de planificación y almacenamiento de inventarios son claves en la cadena de valor de la organización.

En el análisis previo del funcionamiento logístico y la gestión de inventarios de Copeval, se observan situaciones de colapso en la capacidad de los almacenes de Copeval en estudio (6ta y 7ma Región, en el tercer y cuarto trimestre de 2011), además de descoordinaciones interdepartamentales en los procesos de planificación del abastecimiento a sucursales; situaciones que generan directa pérdida de valor en las actividades claves del negocio.

En este sentido el proyecto de título busca lograr mejoras en la gestión de inventarios mediante un sistema de apoyo que permita integrar las variables necesarias al momento de hacer una planificación de abastecimiento. En particular, mediante un análisis previo, el proyecto definirá las situaciones que generan los efectos mencionados y posteriormente integrará variables al esquema situacional. De esta forma, se permitirá la integración entre situaciones y variables controlables mediante un sistema de apoyo.

El análisis cualitativo de la empresa muestra que las causas de las problemáticas observadas son: la incorrecta planificación del abastecimiento (soportada en la deficiente información utilizada en los planes, además del uso incorrecto de la planificación vigente), un sistema de información que no apoya

la planificación (al no poseer un enfoque e integración de los datos acorde al proceso en cuestión) y el desinterés organizacional en mejorar el proceso de planificación actual. Un análisis cuantitativo posterior permite, (mediante modelos probabilísticos basados en correlaciones de stock y ventas) cuantificar una gran cantidad de casos en rubros y sucursales donde las probabilidades de quiebre y sobrestock superaron el estándar de la industria (7%). En base a esto se reconoce la existencia de un problema en la gestión de los inventarios de Copeval.

Para la solución del problema, se plantea un sistema de apoyo que incluye un modelo de política de abastecimiento (en base a un pronóstico de ventas) contrarrestado con un análisis de capacidad de las bodegas en estudio. El sistema entrega una sugerencia de política de stock para períodos próximos y permite detectar (por medio de un indicador de frecuencia) riesgos de colapso y capacidad sub-utilizada: de esta forma se anticipa la planificación de procesos subyacentes como la compra, y se apoya directamente el almacenamiento, constituyendo una mejora importante a la situación actual de la empresa desde las actividades claves en la cadena de valor del negocio.

En las directrices de implementación del sistema se entregan las descripciones tecnológicas y organizacionales para una correcta implementación del sistema de apoyo. El elemento de cultura organizacional es esencialmente relevante para que las personas reconozcan las ventajas y el valor que otorga la tecnología propuesta a la gestión de inventarios de Copeval.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales a:

- Maribel Pastro Contreras, que facilitó el contacto con la gerencia de operaciones de Copeval para la realización del proyecto.
- Gerencia de Operaciones de Copeval, a cargo del Sr. Osvaldo Parada, por la autorización y el apoyo brindado al estudio.
- Sr. Simón Pino, por sus gestiones para la entrega de información desde las bases de datos de Copeval.
- Subgerencias de Negocio, por el tiempo brindado para entrevistas y consultas respecto a los procesos de abastecimiento.
- Logísticos de Sucursales, por la información entregada y el tiempo brindado para entrevistas y consultas.

Índice general

1. Introducción y Descripción del Proyecto	8
1.1. Antecedentes e Introducción	8
1.1.1. La empresa	8
1.1.2. Descripción del Negocio	9
1.1.3. Contexto industrial y competitivo	13
1.2. Antecedentes y justificación del proyecto	15
1.3. Descripción y alcances del proyecto	17
1.4. Objetivos del proyecto	18
1.4.1. Objetivo General	18
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.5. Metodología y Marco Conceptual	19
1.6. Resultados Esperados	23
1.7. Plan de Trabajo	24
2. Análisis Cualitativo del problema (Diagnóstico)	27
2.1. Introducción	27

2.2.	Descripción del Instrumento	28
2.3.	Antecedentes Técnicos Recopilados	31
2.3.1.	Planes de Abastecimiento	31
2.3.2.	Proceso de Compra	33
2.3.3.	Flujos logísticos	34
2.4.	Resultados	36
2.5.	Conclusiones del Capítulo	40
3.	Reconocimiento del Problema y Análisis Cuantitativo	41
3.1.	Introducción	41
3.2.	Recolección de Datos	42
3.3.	Procesamiento Previo de datos	45
3.3.1.	Filtrado de outliers en margen para todo análisis	45
3.3.2.	Concordancia en SKU para análisis Stock/Ventas	46
3.4.	Elementos de comprobación de causas detectadas	47
3.4.1.	Objetivos del análisis cuantitativo	47
3.4.2.	Modelo probabilístico de quiebre/sobrestock	48
3.5.	Resultados y Conclusiones	53
3.5.1.	Análisis de probabilidad de quiebre de stock	53
3.5.2.	Niveles estándar en la industria	55
3.5.3.	Reconocimiento del problema y conclusiones	56

3.5.4. Integración del modelo a la gestión de inventarios y la estrategia de la compañía	57
4. Propuesta de solución y Análisis de Capacidad	59
4.1. Introducción	59
4.2. Modelo de propuesta de solución	60
4.2.1. Modelo de predicción de ventas y política de abastecimiento	61
4.2.2. Modelo para análisis de Capacidad	66
4.2.3. Modelo de despliegue	70
4.3. Resultados y Sugerencias	72
4.4. Aplicación de modelos y sistema de apoyo a la coordinación y gestión	76
5. Directrices sobre implementación de propuesta	78
5.1. Directrices sobre implementación del sistema de apoyo	78
5.2. Implementación en términos organizacionales	82
6. Conclusiones Finales del Trabajo	84
6.1. Conclusiones	84
6.2. Recomendaciones al proyecto y la empresa asesorada	86
Bibliografía	89
Anexos	I
Anexo A: Información Financiera Copeval S.A. por Filial	I

Anexo B: Ficha Técnica de Copeval S.A.	II
Anexo C: PIB por clase de act. Económica (Banco Central)	III
Anexo D: Carta Gantt del Proyecto	IV
Anexo E: Organigramas de Copeval	V
Anexo F: Roadmap de ejecución del Proyecto	VIII
Anexo G: Correlación de Pearson	IX
Anexo H: Modelo auto-regresivo y estimación por MCO	XI
Anexo I: Cálculo de Capacidad de Bodegas	XIV
Anexo J: Método de aproximación de Volumen Unitario para SKU Fal- tantes	XIX
Anexo K: Resultados asignación de espacio en bodegas por rubro. . .	XXI
Anexo L: Resultados indicador de frecuencias por rubro en cada su- cursal.	XXIII

Índice de figuras

1.1. Ejemplo de metodología SLM aplicado a un servicio de telefonía.	21
1.2. Metodología SLM aplicada al rediseño de procesos	23
2.1. Flujos logísticos de Copeval	36
2.2. Diagrama de Ishikawa causa-efecto y sub-causas de la problemática principal de Copeval	38
3.1. Probabilidad de quiebre/sobrestock promedio por rubro (gráfico) .	55
4.1. Resultados del pronóstico agregados (Cantidad de unidades agregada) por rubro para sucursal de San Fernando	64
4.2. Despliegue tentativo de interfaz. Se señalan las decisiones D1 y D2 que son los espacios modificables por las áreas comercial y de operaciones. El resto de la información se construye en base a los datos y modelos presentados en las secciones anteriores. .	71
5.1. Diagrama UML del sistema propuesto	81

Índice de cuadros

1.1. Crecimientos en ingresos por explotación períodos 2008-2009-2010. Entre 2008 y 2009 se puede apreciar caídas producto de la crisis subprime. Fuente: memorias financieras 2010 y 2009, estados financieros consolidados Copeval. Cifras en miles de pesos.	9
1.2. Porcentaje sector agropecuario en el PIB 2009-2011. Fuente: Informe de cuentas nacionales, cuarto trimestre 2011, Banco Central de Chile. Cifras en Millones de Pesos. (Ver Anexo C)	13
1.3. Entorno competitivo de Copeval (cuadro resumen). Cifras de facturación en miles de pesos, obtenidas desde el sitio web de la Superintendencia de valores y seguros (SVS) www.svs.cl	14
1.4. Ventas trimestrales 2010-2011 agregadas, en unidades logísticas (cantidad). Involucran 4 sucursales de la 6a. y 7a. región: Rancagua, Curicó, San Fernando y Rengo. El gráfico muestra que la demanda de productos es mayor en el tercer trimestre del año.	15
1.5. Planificación del proyecto (Carta Gantt en Anexo D). Cada actividad es precedida por la anterior.	24
2.1. Porcentaje de Ingresos por ventas (Ingreso total de ventas sucursal sobre el Ingreso total de ventas de la empresa) y cantidad de ventas (Transacciones sobre el total de transacciones: aclarar que con transacciones se refiere a ventas y no ítems, ya que una venta puede tener varios ítems) 2010-2011 por región sobre el total de la empresa. Fuente: base de datos Copeval.	31
2.2. Sistema de abastecimiento por rubros y sub-categorías.	33

3.1. Resumen resultados análisis cualitativo	47
3.2. Modelos contrapuestos para distintos valores del parámetro a . A partir de $a = 1,5$ es claro que el modelo lineal tiende a sobreestimar las probabilidades de quiebre/sobrestock. En el eje Y la probabilidad, en el eje X la correlación.	51
3.3. Valor del parámetro a_i en las sucursales en estudio.	53
3.4. Probabilidad de quiebre/sobrestock promedio por rubro/sucursal .	54
3.5. Análisis de brechas del problema: en base a una calificación cualitativa extraída desde las entrevistas al personal, se evidencian mayores brechas en el proceso de planificación y de sistemas de información que apoyen dichas decisiones. Adicionalmente se presentan otras dimensiones como la documentación de procesos, indicadores de desempeño logístico y coordinación interdepartamental entre el área de operaciones y comercial.	57
4.1. Efectividad del pronóstico de ventas en las sucursales analizadas. Se calcula como casos válidos / casos totales. Los casos corresponden a SKUs que cumplieron con los criterios especificados anteriormente. Se usó un nivel de confianza de $\alpha = 10\%$.	63
4.2. Capacidad volúmetrica (m^3) de bodegas centrales y de agroquímicos, en las sucursales en estudio. Además se incluyen mediciones de superficie en patios y vitrinas. Datos provenientes de medición en terreno.	67
4.3. Ejemplo de asignación de volúmenes utilizando el modelo de asignación porcentual de capacidad, sucursal San Fernando. En la columna de porcentajes, se muestra el valor de $r_{i,rubro,t}^{y+1}$ (porcentaje asignado), y en la de volúmenes, el espacio asignado $Q_{i,rubro,t}^{y+1} = r_{i,rubro,t}^{y+1} Q_i$	73
4.4. Indicador de frecuencias para Rancagua y Curicó, calculado en base al stock volumétrico agregado (SVA) dividido en la capacidad asignada. El resto de las sucursales, ver anexo L	74

1. Introducción y Descripción del Proyecto

1.1. Antecedentes e Introducción

1.1.1. La empresa

Copeval S.A. es una empresa fundada el 13 de noviembre de 1956, por un grupo de agricultores de la zona de Colchagua (6ta región), principalmente productores de leche, quienes tuvieron la misión de organizarse en una institución propia que les ayudará a resolver múltiples necesidades de su actividad, tales como abastecimiento de insumos, asistencia técnica y comercialización de sus productos (ver Anexo B).

Después de 50 años, Copeval S.A. se ha transformado en líder de abastecimiento integral para el agricultor, aumentando el volumen de sus operaciones y ampliando su cobertura territorial, con el objetivo de ganar eficiencia en beneficios de sus clientes. La empresa cuenta hoy con una fuerte presencia entre la Tercera y Novena región, con sucursales en las ciudades de Copiapó, La Serena, Ovalle, Melipilla, Buin, Rancagua, San Vicente, Rengo, San Fernando (casa matriz), San Fernando (Ruta 5 Sur), Nancagua, Santa Cruz, Curicó, Talca, Linares, Chillán, los Ángeles, Victoria y Temuco.

Actualmente, Copeval administra más de 25.000 productos divididos en los rubros principales de Agroquímicos, Fertilizantes, Semillas, Maquinaria Agrícola, Repuestos, Lubricantes, Veterinaria, Alimentación Animal, Riego Tecnificado, Ferretería Agrícola, Combustible y Servicios de intermediación.

Copeval S.A. desde el mes de mayo del 2006 se encuentra en proceso de implementación de un Sistema Integrado de Gestión (SIG), basado en las Normas ISO 9001:2000, ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:1999, desarrollan-

do una política orientada al compromiso con el medio ambiente y la seguridad ocupacional.

La empresa vive un momento de crecimiento económico. Desde 2006 hasta ahora se ha experimentado un proceso de expansión que continuará con la apertura de 8 sucursales que se suman a las 23 actuales durante 2012, generando una cobertura país aún mayor. Actualmente las sucursales funcionan en modalidad sala de ventas más bodega: un nuevo proyecto incluiría nuevas sucursales sin bodegas, que sean abastecidas por las sucursales más cercanas con bodega, aumentando la cobertura y la llegada al cliente final.

Todos los proyectos de expansión anteriores, involucran un aumento en la complejidad de gestión de la cadena de abastecimiento. Evidentemente mayor cobertura en sucursales involucra un aumento en el volumen transaccional y hace aún más relevante la gestión de la logística de Copeval. En el cuadro 1.1 se refleja el aumento en las ventas durante el período 2008-2010.

Cuadro 1.1: Crecimientos en ingresos por explotación períodos 2008-2009-2010. Entre 2008 y 2009 se puede apreciar caídas producto de la crisis subprime. Fuente: memorias financieras 2010 y 2009, estados financieros consolidados Copeval. Cifras en miles de pesos.

	2010	2009	2008
Ingresos de actividades ordinarias	157.775.899	136.727.477	161.975.812
Costo de Ventas	139.074.072	119.928.878	141.300.247
Ganancia Bruta	18.701.827	16.798.599	20.675.565
	2009-2010	2009-2008	
Crecimiento Ingresos	15,4%	-15,6%	
Crecimiento Ganancias Brutas	11,3%	-18,8%	

1.1.2. Descripción del Negocio

Desde que se configura como sociedad anónima, Copeval ha diversificado sus líneas de negocios. Y ha pasado de ser una compañía agropecuaria, a una compañía agroindustrial: es decir, cubrir todas las necesidades del productor agrícola, en términos de insumos y servicios.

Es por esto, que desde entonces, la organización se ha subdividido en 4 filiales que atienden distintas ofertas en el mercado:

- **Copeval Agropecuaria:** la filial de agropecuaria representa un 68% (Ver Anexo A) de las utilidades de la empresa en la actualidad. Esta filial tiene como negocio la distribución al cliente de los insumos agrícolas que este requiera, dentro de los 10 rubros de productos que ofrece Copeval.
- **Copeval Agroindustria:** Copeval agroindustrias ofrece servicios de producción de granos para los agricultores, a través de 6 plantas de secado desde Rancagua a Los Ángeles, y que para Copeval representan una inversión de US\$ 30 millones. Además considera 4 fábricas de alimento de ganado que se comercializan por medio de Agropecuaria. El negocio Agroindustrial genera un 23% de las utilidades de la empresa.
- **Copeval Capacitación o Copeval Desarrolla:** La filial de Copeval Desarrolla ofrece servicios de capacitación para los productores agrícolas. Las capacitaciones son acerca de nuevas tecnologías e insumos para el apoyo de la producción de ciertos cultivos o industria ganadera. En este caso, la oferta es de cursos por medio de la página web, donde se muestran manuales introductorios de los cursos que se realizan. La filial genera un 1% de las utilidades de la empresa.
- **Copeval Servicios:** la filial de servicios está a cargo de servicios de logística y despacho a clientes (es decir, entrega servicios a agropecuaria), servicio técnico para el rubro de maquinaria, servicios de intermediación con entidades públicas (CORFO, INNOVA), entre otros. Esta filial constituye un 8% de las utilidades de la empresa.

Entre estas 4 filiales, Copeval se reparte una cartera de más de 30 mil clientes. Sin embargo, no todos los clientes de Copeval tienen el mismo comportamiento. Existen 3 grupos de clientes, esencialmente:

- **Grandes productores agrícolas:** compañías lecheras, viñas, grandes frutales, etc. En estos clientes la descripción del negocio es absolutamente Business-to-Business B2B¹. Sólo por esto la disponibilidad y entrega de

¹Los mercados industriales (B2B), llamados también mercados de empresa-empresa, están formados por individuos y organizaciones que adquieren bienes y servicios para la producción de otros bienes y servicios que se venden, arriendan o suministran a otros

productos a tiempo es vital para la fidelización y la creación de valor en el cliente.

- **Pequeños y medianos productores agrícolas:** En general, dueños de fundos, pequeños agricultores, sin una producción industrial masificada. En este caso, también se caracteriza como un negocio B2B aunque los volúmenes y montos para este segmento son menores.
- **Cliente Minorista o de Mesón:** Este tipo de cliente por lo general compra productos de bajo costo, con un ticket promedio bajo.

Otras consideraciones importantes sobre el negocio de Copeval, son las siguientes:

- **Ambientales:** En general, la condición de negocio B2B se complica aún más con las variables climáticas, claves en el futuro de la producción agrícola a corto y mediano plazo.
- **Económicas:** En general, el negocio de distribución está influenciado por las variables macroeconómicas. En períodos de crisis, las pequeñas y medianas empresas que son clientes de Copeval, reducen sus niveles de inversión impactando directamente en los volúmenes y montos que pactan con un proveedor como Copeval. Este no es el único ejemplo de cómo pueden impactar las variables económicas en los resultados.
- **Político-Legales:** En Chile, el negocio del agro tiene representación en la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA), el Ministerio de Agricultura, el servicio Agrícola Ganadero (SAG) y la Oficina de Estudios y Política Agraria (ODEPA). Además, existen incentivos a la producción (CORFO, INNOVA), lo que beneficia aún más la cartera de clientes de Copeval.
- **Tecnológicas:** La búsqueda de métodos de menor impacto ambiental y mayor eficiencia en la producción agrícola, genera demanda respecto a insumos de última tecnología. En este sentido, Copeval debe mantener actualización y experticia en las tecnologías del agro.

Con este entendimiento del negocio de Copeval, es importante señalar que existen tres actividades claves en este tipo de empresas; actividades fundamentales en el crecimiento de la empresa en el corto-mediano plazo:

- **Pronósticos de demanda:** Los pronósticos de demanda de productos son fundamentales en este negocio. Principalmente, debido a que al ser un mercado de clientes productores, es de suma importancia contar con el stock necesario en el momento necesario. Un quiebre de stock en este tipo de industria es aún mas grave que en el retail, debido a que el cliente es productor, y si Copeval no le vende los productos en el momento que requiere, las pérdidas para el cliente pueden ser millonarias: en términos de satisfacción del cliente, un quiebre de stock puede generar una enorme insatisfacción, que se traduce en mala reputación por boca a boca, pérdida de clientes con valor a largo plazo, etc.
- **Almacenamiento:** El almacenamiento de productos es otra actividad clave de este negocio. Considerando que el pronóstico de demanda es una actividad relevante, de manera subyacente lo es la ubicación de los productos en los almacenes correctos para satisfacer la demanda, junto con una correcta mantención de los productos en buen estado. Así como los quiebres de stock son graves para un cliente, también lo es un producto que se conserva en mal estado, pues genera la misma insatisfacción en él.
- **Distribución:** La distribución es la tercera actividad clave del negocio de Copeval. Es importantísimo que los productos estén donde el cliente los necesita, mediante una gestión de distribución de inventarios y flota eficiente y eficaz. Si los productos no se distribuyen como corresponde, o no se genera una red de flota que cumpla con las expectativas operacionales, las pérdidas producto de distribución pueden ser incluso mayores que las pérdidas por mala gestión del almacenamiento o mala gestión en la predicción de demanda.

Estas tres actividades son claves para Copeval, y son parte fundamental de la logística. En las siguientes secciones de este trabajo se vuelve a considerar estas variables, para hacer explicativa la asociación de la problemática en estudio con variables claves de este negocio.

1.1.3. Contexto industrial y competitivo

Hasta hace muy pocos años la visión de la industria agropecuaria era completamente distinta a lo que apreciamos hoy. Las agroindustrias del presente utilizan un enfoque de mercado, asociado a elevar la eficiencia y eficacia en la producción, la utilización de tecnologías, la comercialización y la distribución.

La industria agrícola hoy crece con cifras seguras. El sector agropecuario silvícola experimentó un crecimiento de 11.2% respecto del año 2010, impulsado principalmente por la producción frutícola². En este sentido, todos los productores y proveedores de insumos han visto beneficios importantes producto de este crecimiento. En 2011, el sector agrícola representó aproximadamente un 3% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, conservando la tendencia desde el 2008.

Cuadro 1.2: Porcentaje sector agropecuario en el PIB 2009-2011. Fuente: Informe de cuentas nacionales, cuarto trimestre 2011, Banco Central de Chile. Cifras en Millones de Pesos. (Ver Anexo C)

(cifras en millones de pesos)	2009	2010	2011
Sector Agropecuario	2.738.801	3.133.628	3.328.749
PIB Total	89.162.018	101.524.018	110.229.891
%	3,1%	3,1%	3,0%

Otro antecedente importante de señalar es que existe una creciente demanda de alimentos mundial, que hace necesario renovación en las formas de producción apuntando a la eficiencia. En este sentido, los proveedores de insumos agrícolas deben estar a la vanguardia tecnológica a modo de satisfacer esta necesidad, y lograr un posicionamiento de Chile como exportador agrícola.

Todas estas cifras y situaciones del mercado, provocan que el sector de comercialización de agroinsumos en Chile constituya un mercado bastante competitivo. De hecho, Copeval compite en el rubro de la distribución de Agroinsumos, en coberturas similares con varias sociedades. Entre estas:

²Informe de Cuentas Nacionales Cuarto Trimestre 2011, Banco Central de Chile.

- COAGRA S.A. : principal competidor de Copeval, en términos de cobertura, líneas de negocio y participación de mercado. Tiene una cobertura de 11 sucursales desde la Región metropolitana a la Novena Región. El año 2010 Coagra contaba con una facturación cercana a los 71 mil millones de pesos anuales.
- TATTERSALL AGRÍCOLA: corresponde a una filial del holding Empresas Tattersall, con cobertura entre la región metropolitana y la undécima región, en 10 sucursales. Su principal línea de negocio es la venta de activos para la producción agrícola (Bienes Muebles, Maquinaria, entre otros). Pese a no compartir todos los mercados de Copeval, cuenta con una alta facturación, de más de 80 mil millones de pesos anuales (2010).
- BRAMELL LTDA. : constituye otro competidor de Copeval, con una cobertura de 10 sucursales repartidas entre la tercera y la séptima región. Su principal línea de negocio es la venta de Fitosanitarios y Fertilizantes, por lo que compite a menor escala con Copeval.
- Otras sociedades: entre estas, se mencionan competidores a menor escala y específicos en términos de líneas de negocio, por ejemplo: Ferosor, Martínez y Valdivieso, GMT, CALS, Bioleche y Cooprinsem.

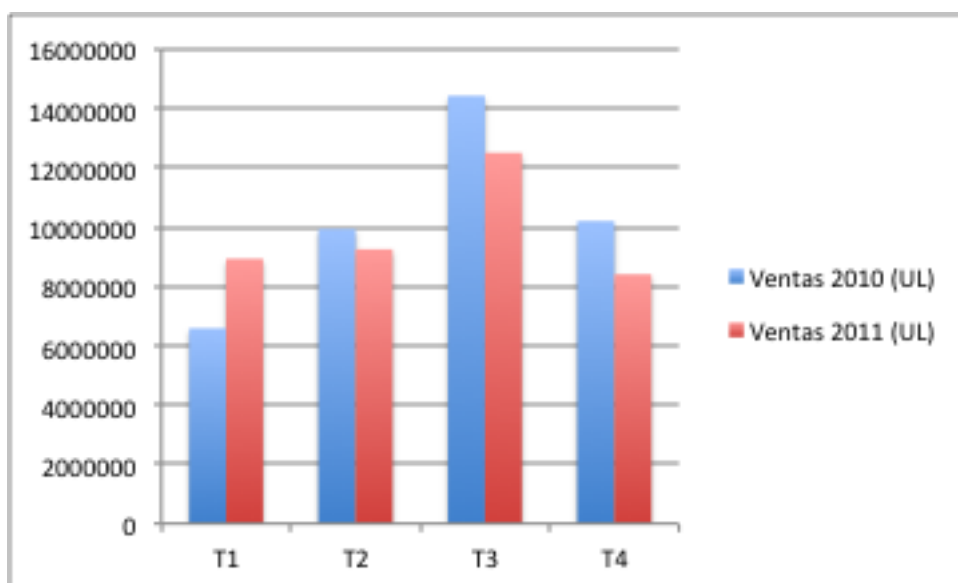
Cuadro 1.3: Entorno competitivo de Copeval (cuadro resumen). Cifras de facturación en miles de pesos, obtenidas desde el sitio web de la Superintendencia de valores y seguros (SVS) www.svs.cl

	Facturación (2010)	Cobertura (2010)	Sucursales (2010)
COAGRA	\$ 71.884.941	RM - IX Región	11
COPEVAL	\$ 157.775.899	III - X Región	23
TATTERSALL	\$ 81.340.425	RM - XII Región	10
BRAMELL	Sin Información	III - VII Región	10

1.2. Antecedentes y justificación del proyecto

Un análisis previo a la situación de los procesos logísticos y la gestión de inventarios revela una descoordinación en los procesos de abastecimiento y planificación de stocks³ (a cargo del área comercial) con los procesos de almacenamiento (a cargo del área de operaciones de la empresa), sobre todo en los períodos donde la demanda por productos de todos los rubros de negocio es bastante alta (Tercer trimestre del año). Esta observación se realizó justamente en este período, comprendiendo visitas a las principales bodegas de las sucursales de la sexta y séptima región durante el tercer y cuarto trimestre del año 2011.

Cuadro 1.4: Ventas trimestrales 2010-2011 agregadas, en unidades logísticas (cantidad). Involucran 4 sucursales de la 6a. y 7a. región: Rancagua, Curicó, San Fernando y Rengo. El gráfico muestra que la demanda de productos es mayor en el tercer trimestre del año.



Ventas (UL)	2010	2011	%
T1	6589730	8936500	36%
T2	9943417	9256119	-7%
T3	14433594	12511522	-13%
T4	10208274	8411331	-18%

³Stock: unidades de inventario de un producto en un momento determinado.

Una de las principales situaciones observadas fue el **colapso en la capacidad de las bodegas**. Si bien, es razonable que las bodegas colapsen en períodos de alta demanda (dada la alta necesidad de stock en todos los productos), se observaron situaciones desfavorables para la gestión de inventarios que producen una directa pérdida de valor: productos expuestos a las condiciones medioambientales en desmedro de su calidad al momento de la venta, uso de pasillos de bodegas para almacenamiento de productos (Esto no solo puede ser riesgoso por medidas de seguridad; también está en contra de los estándares de administración de almacenes), asignaciones ineficientes de espacio en bodega, entre otras.

La empresa no tiene información que permita cuantificar las pérdidas de valor por estas situaciones, ya que la información actual sólo está orientada al ámbito transaccional. Sin embargo, es evidente que estas observaciones tienden a una reducción de valor ocasionada desde los costos del inventario. Adicionalmente, la problemática está relacionada directamente con las actividades claves del negocio de Copeval (Pronósticos de Demanda, Almacenamiento y Distribución, mencionados en 1.1.2); por lo que la problemática en estudio está directamente asociada al contexto de negocio de Copeval.

Adicionalmente, la descoordinación del proceso de planificación con la situación operacional de cada bodega podría estar generando situaciones adicionales: sobrestocks o quiebres de stock, y con ello, deficiencias en el dimensionamiento de los espacios disponibles. Una mejor planificación del stock en las sucursales es relevante para la empresa, al tratarse de un mercado B2B donde la disponibilidad de productos y el despacho juegan un rol importantísimo. Sobre todo, considerando el antecedente de que la empresa pretende construir bodegas pulmón adicionales que ayuden a la logística del Centro de Distribución (Corazón de las operaciones de la empresa, ubicado en San Fernando, sexta región): lo anterior, motiva a mejorar las tareas de planificación y gestión de inventarios en la empresa, para que los nuevos proyectos de almacenes no conserven las problemáticas observadas.

Un buen funcionamiento de las bodegas involucra una buena coordinación entre el área de operaciones y el área comercial, esta última cliente y proveedor del centro de distribución al estar a cargo de los procesos de compra y venta de productos. Así, cualquier proceso de mejora o rediseño deberá involucrar estas variables que forman parte de la estrategia diferenciadora de la empresa. Un problema actual de la compañía es el manejo de un conjunto incompleto de

indicadores de gestión y medidas de desempeño de sus procesos logísticos.

Al ser una situación de carácter interdepartamental, el análisis del proceso logístico se extiende al estudio de los 5 grandes procesos de la cadena logística: la planificación de abastecimiento, la compra, la recepción, el almacenamiento, y la venta (despacho).

1.3. Descripción y alcances del proyecto

El proyecto de esta memoria busca analizar los procesos asociados a la gestión de stock y la cadena logística de Copeval, para sugerir mejoras (o rediseños) en la gestión logística de la empresa, mediante un sistema de apoyo a la gestión de inventarios.

La relación entre el área comercial y el área de operaciones de la empresa está ligada directamente a conceptos de manejo de cadenas de abastecimiento (Supply Chain Management, SCM). En particular, para Copeval es de mayor importancia que la cadena funcione manteniendo un nivel de servicio óptimo, dada su estrategia de disponibilidad y despacho que caracteriza el negocio B2B. Para el área de operaciones y comercial, es relevante generar esa calidad de servicio con sus tareas diarias.

Actualmente, se evidencian problemas de coordinación entre ambas áreas. Por ejemplo, el área de operaciones no participa de los planes de abastecimiento de la empresa, por lo que estos se realizan sin suficiente visión de variables de capacidad. Los procesos de abastecimiento e introducción de nuevos productos al mix no tienen estándares que consideren información operacional. A estos problemas evidentes, se suman otras problemáticas de abastecimiento, de falta de procesos y evaluación de recursos humanos en las sucursales de Copeval, lo que agranda el espacio de análisis para determinar las causas de estos problemas. Entender las causas del problema logístico, permite un manejo y control de situaciones relativas a la disponibilidad y el despacho, con un beneficio directo de una reducción en la probabilidad de quiebres, clientes no atendidos y pérdidas esperadas.

Es necesario hacer un diagnóstico previo de la performance del Centro de Distribución y las operaciones logísticas de Copeval. Esto conducirá a una eva-

luación de la situación actual que permita definir un rediseño (en caso de que las causas del problema lo justifiquen) y mejore la coordinación sistemática. El proyecto se hará cargo de todo el análisis: desde el diagnóstico, detección de variables y medición de performance, hasta tareas posteriores como determinar los niveles de servicio estándar. Posteriormente, el fin de este estudio es diseñar un sistema de apoyo para la gestión de stocks que vaya alineado con las políticas de servicio previamente definidas.

Actualmente, la empresa está desarrollando proyectos de mejora para el centro de distribución. En este sentido, existe un apoyo notorio del área comercial y el área de operaciones para el desarrollo de este proyecto de título. La empresa ha dispuesto de encargados que otorgan toda la información necesaria (entre la que disponen) y datos validados para realizar el análisis.

1.4. Objetivos del proyecto

1.4.1. Objetivo General

Establecer un sistema de apoyo a la gestión de inventarios de Copeval que permita mejorar los procesos de planificación y almacenamiento, eficientar las actividades claves en el valor del negocio y proveer sugerencias para la coordinación de los departamentos involucrados.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Generar un diagnóstico de la performance actual de los servicios logísticos de Copeval, en las variables inicialmente relevantes en el sistema.
- Obtener análisis de impacto e importancia de las variables observadas, a fin de reconocer las problemáticas existentes desde la información.
- Generar una propuesta sobre los procesos que incluya sugerencias en tareas directamente relacionadas al servicio logístico que se desee mejorar, a fin de entregar eficiencia al proceso logístico de la empresa.

- Diseñar un sistema que apoye la gestión de inventarios de la empresa e integre las variables analizadas, para agregar valor a los procesos logísticos y de bodegaje.
- Generar directrices acerca de la implementación de la propuesta de solución.

1.5. Metodología y Marco Conceptual

El análisis de procesos general considera 5 pasos fundamentales que se deben ejecutar:

- Conocer la situación actual de la empresa
- Establecer los procesos
- Medir y calibrar
- Rediseñar (o proponer mejoras en caso de que sea necesario)
- Generar la solución

Sin embargo, en el contexto de problemáticas que afectan a más de un área dentro de la organización, es relevante que el rediseño de procesos permita definir acuerdos, es decir, establecer el funcionamiento de un proceso sujeto a niveles de servicio en cada uno de los actores involucrados, que en este caso son los departamentos.

El diseño de acuerdos de servicio o establecimientos de niveles operativos de servicio son temas que se enmarcan en la teoría del Service Level Management (SLM). El SLM involucra la gestión y el control de la calidad (QoS) de un servicio otorgado por alguna entidad, mediante la definición de indicadores claves de performance (KPI). La gestión del nivel de servicio involucra comparar expectativas predefinidas con resultados reales, determinar acciones apropiadas en caso de que las brechas sean muy negativas, y procesos de documentación.

Para este trabajo, se definirá la gestión de nivel de servicio para una relación entre dos departamentos: el área de operaciones y el área comercial de Copeval. En virtud de esto, una evaluación de la gestión de nivel de servicio (SLM) involucra observar cómo se gestiona la cadena de abastecimiento (SCM) desde la compra hasta la venta directa a clientes. Una buena política de servicio es una producción directa de valor interno para la organización B2B donde la disponibilidad es clave.

La gestión de SL's (Service Levels) involucra pasos iniciales de definición de variables relevantes: es decir, medición de importancia e impacto de algunas variables o atributos. Esto requerirá la utilización de técnicas estadísticas y de medición de calidad entre otras.

Dentro de la gestión de niveles de servicio existe una metodología general que estructura un proceso para obtener como resultado un acuerdo de nivel de servicio. Este proceso involucra las etapas de diagnóstico, definición de variables importantes en el QoS (calidad del servicio), definición de niveles, elaboración de un contrato y negociación. Por ejemplo, en la figura 1.1 (página siguiente) se muestra los pasos para la construcción de un acuerdo de nivel de servicio para un servicio de banda ancha otorgado por una compañía a un cliente empresa.

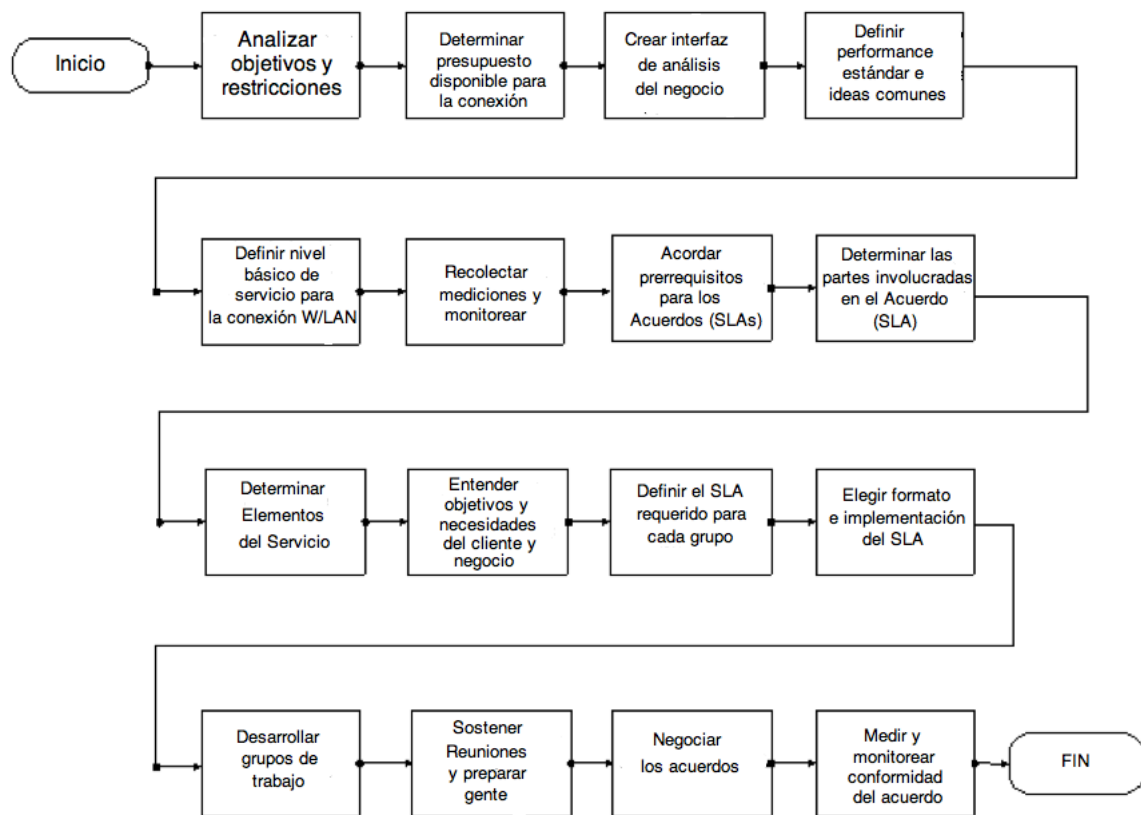
La primera parte consta de una definición general de los estándares de performance, considerando objetivos, restricciones, disponibilidad de presupuestos, y perfiles. Posteriormente, se define el nivel de servicio y se inicia un proceso de medición de variables, estableciendo las partes involucradas y los elementos del servicio. Con los objetivos del cliente determinados se establece el contrato, que luego es sometido a etapas de negociación y trabajo guiado.

Para aplicar estas metodologías de SLM en la problemática de Copeval, se pueden considerar las siguientes etapas:

Primera etapa: Registros Cualitativos.

En esta etapa es clave entrevistarse con las personas que están directamente involucradas en los procesos de compra y almacenaje. El propósito de la entrevista debe ser obtener información sobre las variables relevantes del servicio para quienes entregan el servicio como para quienes lo reciben. En esta etapa puede haber demasiada divergencia al tratarse de juicios personales (“conversar con el cliente y entender sus requerimientos”).

Figura 1.1: Ejemplo de metodología SLM aplicado a un servicio de telefonía.



A partir de esta primera etapa se genera una hipótesis sobre las causas de los problemas en la gestión logística y de inventarios.

Segunda Etapa: Contrastar el Registro Cualitativo con datos cuantitativos.

La hipótesis de la primera etapa permitirá obtener el diagnóstico de la problemática de la empresa. Esta hipótesis debe ser contrastada con la información disponible en la empresa. Posiblemente en este proceso aparezcan nuevas variables que no fueron aportadas en la primera etapa; posiblemente también hay que eliminar algunas variables que son importantes sólo según el juicio de una persona. También pueden agregarse/eliminarse procesos e indicadores.

Tercera Etapa: Reconocimiento del problema y conclusión del diagnóstico

El diagnóstico es uno de los objetivos más relevantes del trabajo. El objetivo de esta etapa es definir las causas de los problemas evidenciados, utilizando las conclusiones de las etapas previas. Para definir las causas de los problemas es necesario saber si existe un problema. En este sentido, se debe definir los niveles estándar de las variables (según benchmarking o criterios óptimos para el negocio) y definir un diagnóstico en base a la performance versus los niveles estándar.

Cuarta Etapa: Estructuración de niveles de servicio y de niveles operacionales.

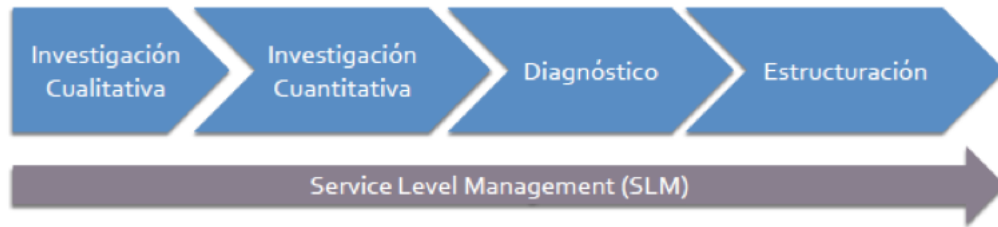
En esta etapa se revisan los procesos afectados al diagnóstico elaborado y se analizan las posibilidades/necesidades de rediseño, considerando el rediseño a nivel de cada departamento involucrado y el análisis de capacidad correspondiente a la política de stock sugerida.

Una vez que se realiza una propuesta de rediseño en los procesos que sea necesario, se debe generar una idea de mejora sistemática que soporte o apoye la propuesta de rediseño. Es aquí donde, en base a la propuesta estructurada de nivel de servicio, se diseña un sistema que integre todas las variables de negocio obtenidas desde el análisis previo.

Quinta Etapa: Directrices sobre implementación tecnológica.

En esta etapa el objetivo central es encontrar qué tecnología permite mantener una calidad en el servicio acorde a los niveles definidos en el trabajo. Cabe señalar que no se trata necesariamente de implementar algún sistema informático: dependiendo del diagnóstico la solución puede ser incluso integrar algún sistema existente con otro nuevo.

Figura 1.2: Metodología SLM aplicada al rediseño de procesos



1.6. Resultados Esperados

El proyecto busca, en una primera fase, analizar la situación inicial de la empresa asesorada: esto con el fin de detectar quiebres y causas que expliquen la situación observada en el centro de distribución y las bodegas de algunas sucursales de Copeval. En este sentido, es clave entender las causas desde las descripciones cualitativas que maneja el personal logístico y contrastar con una métrica de los procesos iniciales del estudio.

Posteriormente, se espera que el análisis conduzca a una propuesta de solución que involucre la mejora del proceso actual. Para esto, desde los antecedentes se entiende que el problema de gestión de inventarios en la empresa está directamente relacionado con factores organizacionales y de manejo de información; el resultado esperado por ende es obtener un diseño de una herramienta que permita mejorar la ejecución de los procesos de gestión de inventarios, o bien, que apoye una toma de decisiones en este ámbito de manera responsable e integradora con las áreas y actividades claves del negocio. Es relevante aclarar que el sistema espera ser un apoyo a la gestión actual y no considera en la fase inicial cambios de paradigmas o nuevos esquemas organizacionales subyacentes.

En el tiempo de desarrollo del proyecto, se espera incluir la gran mayoría de las variables asociadas a la gestión de inventarios, en particular, información mínima como ventas, políticas de stock y capacidad de las bodegas. Sin embargo, desde una mirada de largo plazo, se espera que los resultados entreguen sugerencias de como desarrollar y/o mejorar la herramienta para una futura implementación de la propuesta (si se quiere, indicaciones para una segunda fase posterior a este proyecto en sí).

Si las situaciones anteriores se cumplen, el estudio de niveles de servicio puede ser un gran aporte para Copeval, ya que la automatización de los procesos del CD y los proyectos de bodega pulmón tendrán un sustento en una agregación de valor interna, y quedarán definidos los niveles operacionales y las decisiones que deben tomarse en términos de planificación de stocks.

1.7. Plan de Trabajo

El proyecto está organizado en las 5 etapas que corresponden a la metodología de trabajo. Cada una de estas etapas son hitos que involucran ciertas tareas que se presentan a continuación, para cada etapa:

Cuadro 1.5: Planificación del proyecto (Carta Gantt en Anexo D). Cada actividad es precedida por la anterior.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
ETAPA 1: Registros Cualitativos			
Entrevistas área comercial	6 días	lun 05/03/12	dom 11/03/12
Entrevistas área operaciones	6 días	lun 12/03/12	dom 18/03/12
Visión Gerencial y definición	5 días	lun 19/03/12	vie 23/03/12
Conclusión Etapa 1: Registros cualitativos	1 día	vie 23/03/12	vie 23/03/12
ETAPA 2: Análisis Cuantitativo			
Marcos Métricos	4 días	lun 26/03/12	jue 29/03/12
Búsqueda y minado de datos	9 días	vie 30/03/12	mié 11/04/12
Análisis de impacto e importancia	5 días	jue 12/04/12	mié 18/04/12
Herramientas alternativas	5 días	jue 19/04/12	mié 25/04/12
Conclusión Etapa 2: Métricas	2 días	jue 26/04/12	vie 27/04/12
ETAPA 3: Elaboración de Diagnóstico			
Benchmarking y niveles estándar	7 días	sáb 28/04/12	dom 06/05/12
Conclusión Etapa 3: Diagnostico del Servicio	3 días	lun 07/05/12	mié 09/05/12
ETAPA 4: Estructuración de Acuerdo			
Relación con variables dinámicas	8 días	jue 10/05/12	lun 21/05/12
Propuesta general	10 días	mar 22/05/12	dom 03/06/12
Conclusión Etapa 4	1 día	lun 04/06/12	lun 04/06/12
ETAPA 5: Recomendación Tecnológica			
Análisis de Tecnologías	10 días	mar 05/06/12	sáb 16/06/12
Propuesta tecnológica	5 días	dom 17/06/12	jue 21/06/12
Conclusión Etapa 5	1 día	vie 22/06/12	vie 22/06/12

ETAPA 1: Registros Cualitativos. Duración Total: 18 días.

- Entrevistas al área comercial: busca obtener los registros de subgerentes de línea, vendedores y la gerencia. Se destinará 6 días para efectuar las entrevistas.
- Entrevistas al área de operaciones: (6 días) involucra entrevistas a personal de operaciones: jefes de transporte, jefe logístico, jefe de bodega, jefe de control de inventarios y gerencia.
- Visión Gerencial y definición: En base a los registros acumulados, se procede a conversar la visión de los gerentes respecto a las variables recopiladas y se construye la lista de variables obtenida.
- Conclusión: revisar y cerrar etapa.

ETAPA 2: Análisis Cuantitativo. Duración Total: 25 días.

- Marcos Métricos: (4 días) definir qué es lo medible, las dimensiones de medida de forma conveniente para los pasos siguientes. Analizar la disponibilidad de datos para las métricas definidas.
- Búsqueda y minado de datos: (9 días): buscar las planillas adecuadas, realizar consultas y procesar los datos para obtener información relevante. Dependiendo del número de variables esta tarea podría alargarse más.
- Análisis de Impacto e Importancia (12 días): relacionar la información obtenida con variables del negocio y medir el impacto. En base a esta medida de correlación, definir la importancia de la variable.
- Conclusión: Revisión y Cierre.

ETAPA 3: Elaboración del Diagnóstico. Duración: 10 días

- Benchmarking y niveles estándar (7 días): esta tarea contempla la búsqueda de niveles estándar para las variables en cuestión. En caso de no encontrarse, se discutirán niveles óptimos con los agentes del negocio.

- Diagnóstico y Conclusión: (3 días) Involucra relacionar el diagnóstico a los procesos operacionales y del área comercial, junto a una revisión y cierre.

ETAPA 4: Estructurar el acuerdo. Duración: 19 días

- Relación con variables dinámicas: (8 días) analizar cómo debe cambiar el nivel de servicio según variables que cambiarán en el tiempo (costos, crecimiento, volumen de transacciones, etc.)
- Propuestas: (10 días) esta tarea incluye la construcción del acuerdo de nivel de servicio, la dinámica de los niveles y las sugerencias en los procesos que soportan las variables. Aquí se define el rediseño y el sistema que soporta las variables detectadas.
- Conclusión: revisión y cierre.

ETAPA 5: Recomendación Tecnológica. Duración: 16 días.

- Análisis de Tecnologías: (10 días) involucra ver qué tecnologías se utilizan actualmente para mantener niveles de servicio acordes al acuerdo establecido en la etapa anterior.
- Propuesta Tecnológica: (5 días) toma en cuenta el análisis precedente para definir una propuesta que se ajuste a los procesos y las variables de servicio.
- Conclusión: Revisión y Cierre.

2. Análisis Cualitativo del problema (Diagnóstico)

2.1. Introducción

El objetivo central de esta etapa es obtener una hipótesis acerca de las causas de los problemas visualizados a priori en la cadena logística y el centro de distribución (diagnóstico). Sin embargo, la obtención de ésta hipótesis es absolutamente a cuenta de datos cualitativos: descripciones, conversaciones y juicios personales. Es por esto que se hace necesaria la utilización de la entrevista, a modo de guiar las conversaciones y obtener conocimiento profundo desde las narraciones. Existen diversas razones para considerar la entrevista como un instrumento adecuado para esto, entre ellas:

- Flexibilidad: este es principal punto que diferencia a la entrevista del cuestionario; la entrevista sólo utiliza una pauta guía, e incluso se pueden agregar interrogantes mientras se desarrolla la conversación.
- No intervención: este punto refiere a que no se condiciona la respuesta del entrevistado a una respuesta en particular.
- Conclusiones Tentativas: una condición importante de señalar es que todas las conclusiones que se puedan sacar de una metodología basada en entrevistas son tentativas. Al no regirse por un esquema científico o riguroso (estadístico) los antecedentes que otorga la entrevista están supeditados a la ambigüedad.
- Revisiones durante la marcha: Aunque la pauta debiera guiar completamente la entrevista, en algunos casos las observaciones del entrevistado guían la generación de nuevas interrogantes.

- Centrado en opiniones: este punto es el que explica la divergencia en los resultados, ya que las opiniones son como a las personas que se entrevistaste.

En esta parte, se presenta el instrumento a medir, las características de la muestra, las descripciones, los resultados y la conclusión final de esta etapa.

Cabe destacar que el resultado de esta etapa ya constituye un diagnóstico de la situación actual: es decir, explica **qué es lo que está ocurriendo** en los procesos de gestión logística de Copeval, y entrega el **por qué están ocurriendo** estas situaciones.

2.2. Descripción del Instrumento

El diseño de la entrevista fue realizado para obtener una descripción general de los procesos logísticos de Copeval. Para esto se realiza un diseño temporal de 3 partes, que son las siguientes:

- Preguntas Primarias: las preguntas primarias apuntan a obtener descripciones fundamentales de los procesos involucrados. Para esto se comienza preguntando por las funciones (cargo) de la persona entrevistada, y que tareas realiza en relación a la logística de Copeval. También se hacen consultas relativas a la jornada laboral, condiciones del trabajo, etc.
- Preguntas Estructurales: Apuntan a comprender directamente el funcionamiento logístico y sus posibles fallas. En particular, las preguntas de este segmento van enfocadas a :
 - La relación del entrevistado con el proceso logístico.
 - La relación del entrevistado con el proceso de abastecimiento.
 - Los métodos de evaluación (medidas de desempeño) de las unidades y procesos de los cuales el entrevistado maneja conocimiento y participación.
 - Los métodos de evaluación del personal involucrado en las tareas realizadas.

- Preguntas de Contraste: Apuntan a que el entrevistado realice el ejercicio de comparar con alguna hipotética situación de mayor bienestar, bajo su mirada personal y pensando en la empresa. En esta parte el entrevistado realiza
 - Una evaluación de los procesos actuales
 - Una sugerencia de mejora en algún(os) proceso(s) en particular.

El instrumento anteriormente descrito se aplica considerando la flexibilidad de una entrevista. Es por esto que no se detalla un cuestionario de preguntas, ya que las preguntas eran variables dependiendo de la entrevista, aunque siempre estuvieron orientadas en los 3 puntos anteriores.

Este instrumento fue utilizado para entrevistar a 24 personas de la organización, de distintos niveles jerárquicos y distinta relación con el proceso logístico. A continuación se describe brevemente el cargo entrevistado y el número de entrevistados en cada nivel:

- Gerentes: 2 entrevistados. Se sostuvo entrevistas con el Gerente de Operaciones de la empresa, y el Gerente Comercial, ambos principales encargados y tomadores de decisiones en el ámbito logístico. La mayoría de las decisiones en este nivel son de plazo táctico/estratégico.
- Subgerentes de línea o unidad estratégica de negocio (UEN) : 10 entrevistados. Los subgerentes de línea son los responsables del rendimiento de cada uno de los rubros de negocio que atiende Copeval. En particular, están a cargo del abastecimiento de las sucursales (en el punto 2.3 precisaremos, abastecimiento centralizado), el proceso y plan de compra, la estrategia de ventas, la incorporación de nuevos productos, etc. En general, evalúan decisiones a nivel táctico / operativo. Dependen del área comercial de forma directa.
- Encargados Logísticos: 5 entrevistados. Los encargados logísticos dependen del área de operaciones, y se encargan del abastecimiento de las sucursales a partir de las solicitudes locales (en el punto 2.3 precisaremos, abastecimiento descentralizado) y del despacho a clientes. Para esto realizan evaluaciones constantes del stock en las bodegas de cada sucursal. El nivel de decisión es absolutamente operativo.

- Jefe Sucursal: 3 entrevistados. El jefe de sucursal está a cargo de la administración de la sucursal, en términos de sus resultados, ventas, recursos humanos y abastecimiento. Depende del área comercial, a través de los subgerentes zonales de ventas. El nivel de decisiones es táctico/operativo.
- Encargado de control de existencias y pérdidas: 1 entrevistado. El encargado de control de existencias y pérdidas está a cargo de los inventarios de la empresa, tanto en el centro de distribución como en las sucursales. Depende directamente del área de operaciones y toma decisiones en los niveles táctico/operativo.
- Jefe de bodega: 2 entrevistados. El jefe de bodega se encarga de la recepción, almacenamiento y salida de productos desde la bodega a la que está a cargo. Depende del Jefe de sucursal en las sucursales, y del encargado de control de existencias y pérdidas en el caso del Centro de Distribución. Realiza tareas a nivel operativo.

En el Anexo E Organigramas de Copeval se pueden visualizar las dependencias señaladas anteriormente.

Las entrevistas se enfocaron en las sucursales de la Zona Centro, en particular de la Sexta y Séptima Región, al ser las sucursales de Rengo, Rancagua, Santa Cruz, Curicó y San Fernando las de mayor ingreso de ventas y cantidad de ventas en todo Chile, y que impulsan la cifra regional a ser la mayor (Ver cuadro 2.1).

Cuadro 2.1: Porcentaje de Ingresos por ventas (Ingreso total de ventas sucursal sobre el Ingreso total de ventas de la empresa) y cantidad de ventas (Transacciones sobre el total de transacciones: aclarar que con transacciones se refiere a ventas y no ítems, ya que una venta puede tener varios ítems) 2010-2011 por región sobre el total de la empresa. Fuente: base de datos Copeval.

	2010		2011	
	Ingreso Ventas	Cantidad Ventas	Ingreso Ventas	Cantidad Ventas
3ra Region	2,62%	1,58%	2,16%	1,45%
4ta Region	5,54%	4,97%	5,32%	3,50%
5ta Region	3,83%	1,70%	4,10%	1,81%
RM	11,01%	16,76%	9,10%	8,89%
7ma Region	19,27%	12,66%	19,78%	13,85%
9na Region	7,82%	6,04%	8,31%	6,66%
14ta Region	0,00%	0,00%	2,56%	10,42%
10ma Region	4,20%	15,68%	4,65%	12,03%
6ta Region	31,05%	25,14%	27,78%	24,91%
8va Region	14,64%	15,46%	16,21%	16,48%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,00%

2.3. Antecedentes Técnicos Recopilados

2.3.1. Planes de Abastecimiento

El funcionamiento de la mayoría de los procesos logísticos de Copeval está bien establecido actualmente. A partir de la recopilación de información de las entrevistas se puede distinguir dos tipos de abastecimiento claves:

- Abastecimiento centralizado:** El abastecimiento centralizado consiste en planes o solicitudes de abastecimiento realizadas desde la casa matriz a sucursales. No tienen relación alguna con las solicitudes de abastecimiento que realizan las sucursales. Dependiendo del rubro de negocio, es que el abastecimiento centralizado puede ser de los siguientes tipos:

- Sistema Pull: la definición más nemotécnica para este tipo de abastecimiento es “la demanda tira la política de abastecimiento”. En efecto, este tipo de abastecimiento no considera una predicción previa, y se abastece a las sucursales a medida que los productos se agotan o se realizan grandes solicitudes.
 - Sistema planificado: En este caso, el abastecimiento de las sucursales está programado según un plan de abastecimiento cuya frecuencia (semanal, quincenal, mensual) puede variar según la unidad de negocio.
 - Sistema de reposición por stock mínimo: se aplica sólo en algunos productos y consiste en una reposición automática de un producto cuando este alcanza un nivel mínimo de stock: es decir, si un SKU¹ presenta un nivel mínimo de stock, se genera una orden automática de reposición hacia los encargados de abastecimiento. Una desventaja importante que se produce es la generación de sobre - stock en algunos ítems: esto principalmente por que los parámetros del sistema no se han actualizado (se usa información de stock mínimo de hace 3 años atrás) lo que ha generado stock de productos que actualmente tienen rotación muy baja. En este sentido, la empresa ha decidido ir eliminando lentamente este sistema de abastecimiento.
- **Abastecimiento Descentralizado:** consiste en el abastecimiento de las sucursales mediante solicitudes que realizan los jefes de las mismas, o los encargados logísticos. Estas solicitudes son al centro de distribución o muchas veces entre sucursales, por lo que rara vez involucran una solicitud de compra a alguna subgerencia comercial. Además, son bastante aleatorias en el tiempo, ya que depende de la situación en un momento determinado de la sucursal, y de las demandas de los clientes que pertenecen a la zona geográfica² que atiende la sucursal.

En base a estas descripciones, el abastecimiento centralizado es distinto en cada rubro. En el cuadro 2.2 se muestra una tabla con los sistemas de abastecimiento en cada rubro y sus sub-categorías. Cabe destacar que en todos los rubros aún existen SKU's con sistema Kanban.

¹ Abreviación de Stock Keeping Unit: Identificador numérico de un producto

² Por lo general, las sucursales se dividen la región en que están en zonas geográficas, así no se generan incentivos a “quitar” clientes a otra sucursal.

Cuadro 2.2: Sistema de abastecimiento por rubros y sub-categorías.

Abast. Centralizado			
	Rubro	Pull	Plan
1	Agroquímicos	Si	Si
2	Semillas		
	Trigo Maíz	No	Si
	Hortalizas	Si	No
3	Fertilizantes	No	Si
4	Riego		
	Productos	No	Si
	Proyectos	Si	No
5	Combustibles	Si	No
6	Repuestos		
	Específicos	No	Si
	Genéricos	Si	Si
7	Lubricantes	Si	No
8	Alimentos		
	Puesto predio	Si	No
	Venta Bodega	Si	No
9	Veterinaria	No	Si
10	Ferretería	Si	Si
11	Maquinaria	Si	Si

2.3.2. Proceso de Compra

El proceso de compra es completamente independiente al proceso de planificación de abastecimiento, en el sentido de que el plan de abastecimiento sólo condiciona parte del proceso de compra. Por ejemplo, puede haber un plan de abastecimiento semanal para las sucursales, pero la compra se realiza una vez al año. En este sentido, las disparidades entre el plan de abastecimiento y la compra pueden ser determinantes para la logística: citando el ejemplo anterior, una compra de frecuencia anual para un abastecimiento semanal involucra una capacidad logística enorme, tanto en almacenamiento como en despacho, más aún si no se utiliza estrategias con los proveedores.

Cuando la compra es realizada, generalmente se pactan acuerdos comerciales con los proveedores considerando la operación logística posterior. Por ejemplo, en algunos casos se firman acuerdos de puesto predio (es decir, que el proveedor entregue los productos directamente al cliente en su predio), acuerdos de manejo de inventario en las bodegas del proveedor (estrategia más conocida como Vendor Managed Inventory, VMI), acuerdos de consignación (ma-

nejear inventarios y realizar las compras a medida que se van vendiendo los productos) entre otros.

Es tal la complejidad y la variabilidad del proceso de compra según el pivote que se esté analizando. La frecuencia, tamaño, y gestión de compras está gobernada en base a

- Planes de abastecimiento
- Rubro de negocio involucrado
- Negociaciones y acuerdos con proveedores
- Clientes (sobre todos los clientes grandes, o clientes KAM³, que son los que generan mayor influencia en la compra)
- Variables exógenas que inciden en el agro (por ejemplo, el clima, o variables de mercado como los precios, tipos de cambio, etc.).

2.3.3. Flujos logísticos

Tal como se señaló anteriormente, en las sucursales la relación con el proceso logístico es sólo en lo que refiere al abastecimiento descentralizado de la sucursal y los despachos a clientes. Para el caso de las solicitudes de abastecimiento en sucursales, estas se realizan conforme a los niveles de stock presentes por producto, y para productos que están fuera del sistema Kanban. Se planifica a nivel semanal comparando los stocks actuales de un producto con los stocks que tenía en la misma semana del año pasado y se realiza una solicitud. Sólo en el caso de Fertilizantes y Fitosanitarios, la planificación es completamente centralizada.

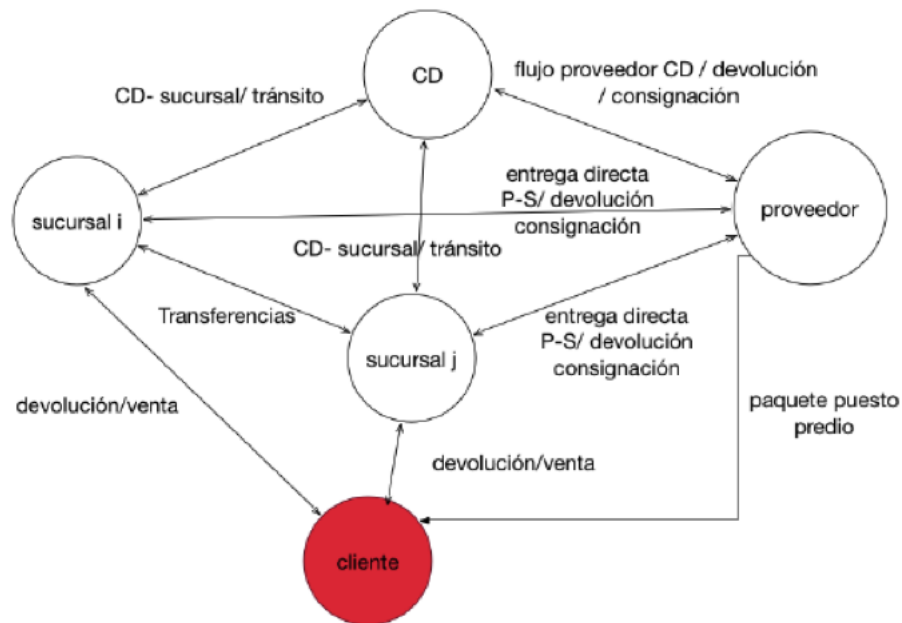
Los flujos logísticos son variables dependiendo del rubro en cuestión, ya que estos están gobernados por los contratos de compra. El modelo logístico de Copeval considera actualmente 4 actores: Sucursales, Centro de distribución, Clientes, Proveedores. Bajo estos actores, existen los siguientes flujos logísticos:

³Clientes KAM o Key Account Manager, son clientes de grandes cuentas para los cuales existe personal directamente designado para atender sus necesidades.

- Proveedor->CD: envíos de productos directamente al centro de distribución, en el caso que los proveedores no realizan envíos a clientes de Copeval o a sucursales.
- Proveedor->Sucursal: En algunos casos, Copeval se evita usar la logística propia y solicita envíos directos a las sucursales. En otros casos, se realiza este flujo con logística propia.
- CD->Sucursal: corresponde a un flujo interno, que responde a solicitudes de abastecimiento de las sucursales, eventualmente, las más cercanas al Centro de Distribución.
- CD->Cliente o Sucursal->Cliente: corresponde a los despachos a cliente motivo de una venta o contrato de venta futura.
- Sucursal<->Sucursal: corresponde a una transferencia entre sucursales, realizada por medio de solicitudes de abastecimiento.
- Sucursal->CD->Sucursal: corresponde a una transferencia entre sucursales que utiliza el CD como almacén de productos en tránsito.
- Sucursal->Proveedor o CD->Proveedor: corresponde a una devolución de productos, ya sea por cuestionamiento a la calidad o productos en consignación no vendidos.
- Cliente->Sucursal o Cliente->CD: corresponde a una devolución del cliente, producto de cuestionamientos a la calidad o errores en el despacho.
- Proveedor->Cliente: este flujo se da por acuerdos comerciales de puesto predio, es decir una entrega directa del proveedor al cliente por medio de Copeval.

Toda esta variedad de flujos está representada en esquema 2.1.

Figura 2.1: Flujos logísticos de Copeval



2.4. Resultados

Un hito relevante de la primera etapa de este proyecto, es obtener un diagnóstico acerca de las causas que están ocasionando las problemáticas actuales de los procesos logísticos. Esto se puede apreciar en el Roadmap de desarrollo del proyecto en el Anexo F. Tomando en cuenta las problemáticas presentadas en el Capítulo 1, sección 1.1.4, se desprenden las siguientes hipótesis acerca de las causas de estos problemas, en base a lo revisado en las entrevistas efectuadas:

Problema de gestión de stocks y capacidad en bodegas centrales y bodegas de sucursales: Las razones de por qué está ocurriendo esta situación son:

- La planificación de abastecimiento con la que cuenta la empresa no se utiliza como tal: El plan de abastecimiento es utilizado para tener una aproximación de cuánto comprar por ítem/sucursal: mas no constituye un plan en sí, pues no se utiliza información de la demanda (información co-

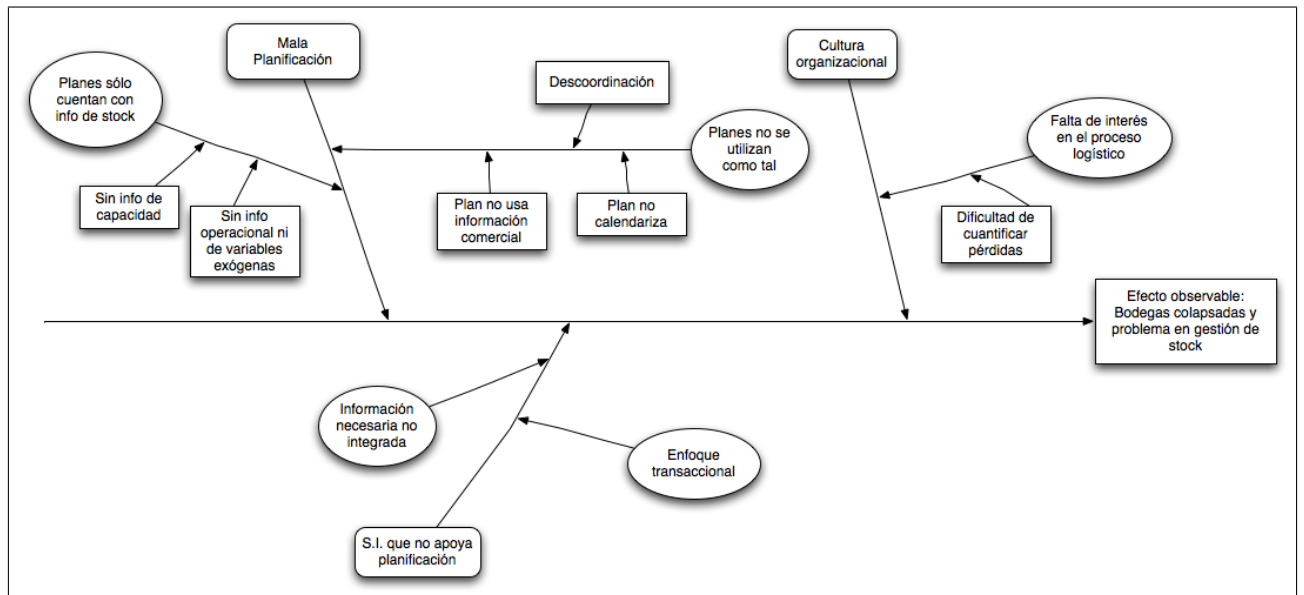
mercial) para definir cuándo abastecer de cierta cantidad las bodegas y sucursales. De esta manera, el plan no logra su objetivo esencial, que es calendarizar en el tiempo cuánto abastecer de cada ítem para una sucursal definida. Esto produce un problema en la gestión de stock ya que la calendarización del abastecimiento se entrega a la aleatoriedad del personal, que en algunos casos maneja el funcionamiento del negocio, pero en otros casos no. Además, sin una calendarización o una idea cercana de programación, no se puede contrarrestar la política de abastecimiento con la capacidad de las bodegas, causando problemáticas de capacidad sobre todo en períodos de demanda alta. Esta es una de las principales razones por la que se producen **descoordinaciones entre las áreas comerciales y operacionales**.

- Las cantidades sugeridas para un SKU/sucursal por la planificación de abastecimiento sólo utilizan información del stock a una fecha anterior: Si bien, el stock anterior es un valor de referencia respecto al stock que se debe tener en el ejercicio actual, este valor siempre debe ser contrastado con información comercial (Ventas) y operacional (Rotación, Capacidad de las bodegas, etc.). Adicionalmente, las variables exógenas del negocio del agro (Clima, precios de insumos) hacen que el stock anterior sea una referencia deficiente de cuánto se podría necesitar de un ítem/sucursal para un próximo período. Al usar sólo información del stock anterior para la planificación, se tiende a generar quiebres o sobrestock, influyendo a su vez en las situaciones de capacidad. De esta manera, no se contrarresta las expectativas comerciales con información suficiente, generando los conflictos interdepartamentales observados en los antecedentes de este trabajo (Capítulo 1).
- El sistema de información actual no incorpora un módulo de planificación de abastecimiento: La política de abastecimiento es una decisión que requiere un soporte de información que incluya todas las variables relevantes de este proceso (capacidad de las bodegas, ventas, rotación, etc.). Al no poseerse esta integración, la planificación resulta ser un proceso bastante manual, sin documentación y con tendencia a errores. Y en consecuencia, esto constituye una de las causas de la problemática de gestión de stocks.
- Cultura organizacional: No hay un interés de los directivos de integrar y rediseñar el modelo de compras y planificación de la empresa. Esta falta de interés es implícita, representada en el mayor enfoque que se le

da a otros temas del proceso logístico, como la venta final, los resultados operacionales por rubro y unidad de negocio, etc. De esta forma, no se ha invertido tiempo y recursos en solucionar este problema: más aún, considerando la dificultad en cuantificar la pérdida de valor producto de esta problemática. Como no se sabe a ciencia cierta cuánto es la pérdida monetaria producto de esta problemática, no se presenta como una problemática de negocio importante para la organización.

Respecto a esta problemática, el efecto observable es el colapso de las bodegas centrales y sucursales, sobre todo en períodos de demanda alta. Tal como se señaló en el capítulo 1, se observó que en gran parte de las bodegas existía colapso en la capacidad, que obligaba a colocar productos en los pasillos o incluso fuera de las bodegas, afectando directamente la calidad de los productos en la venta final.

Figura 2.2: Diagrama de Ishikawa causa-efecto y sub-causas de la problemática principal de Copeval



Si bien el efecto observado constituye un problema operacional, **refleja una situación clave para el negocio, pues es causada por situaciones en 2 actividades claves del negocio de Copeval**: pronóstico de demanda y almacenamiento. En este sentido, pese a que no es cuantificable la pérdida monetaria

producto de esto, tiene una importancia directa y elevada en la generación de valor de la empresa.

Manejo de un conjunto incompleto de indicadores de gestión y medidas de desempeño de flota y personal Esta es una deficiencia detectada producto de las siguientes situaciones:

- Falta de medición en los procesos de despacho y entrega: actualmente los despachos y su respectiva recepción por parte de los clientes o sucursales no tiene mediciones exactas de los tiempos, lo que genera un vacío a la hora de gestionar la flota. Exactamente lo mismo ocurre con la logística de proveedores.
- Vacíos en la medición de desempeño del personal a cargo de los procesos logísticos. Actualmente, el desempeño logístico se mide en base a criterios subjetivos y no en base a indicadores de gestión logística. Por ejemplo, no hay responsables sobre los quiebres de stock por lo que no hay indicadores de quiebre en las sucursales.
- No establecimiento de algunos procesos: por ejemplo, para los casos de productos que se reciben en mal estado no hay un proceso claro ni responsables, por lo que el conjunto de indicadores logístico es incompleto ya que no considera estas sutilezas. Otro proceso no establecido es la introducción de nuevos productos en sucursales: este proceso es importantísimo a nivel logístico y actualmente para introducir un nuevo producto sólo se toman en cuenta consideraciones sanitarias, legales (control SAG) y de comercialización.

Cabe destacar que el enfoque de este trabajo está en analizar y sugerir una solución a la problemática de gestión de stock y capacidad. **Esta fuera de los alcances de este proyecto hacerse cargo de la deficiencia en el manejo de indicadores de medición de desempeño de personal y flotas.**

2.5. Conclusiones del Capítulo

- El efecto observado en bodegas durante el análisis es directamente un problema en la gestión de stocks reflejado en bodegas con colapso en algunos productos o mala distribución de estos. En resumen, las causas de esta situación son:
 - Mala planificación: provocada principalmente desde el hecho que los planes no incorporan variables de capacidad ni variables exógenas. También influye una utilización no correspondida de los planes, soportada en la información que utilizan (carente de información de ventas), la ausencia de calendarización en estos (para planificar, principalmente), y la descoordinación interdepartamental.
 - Cultura organizacional: influye directamente en la problemática al no existir interés en la organización respecto a mejorar la gestión de inventarios. Esta falta de interés es ocasionada por una dificultad latente en medir pérdidas producto de la gestión actual de stocks. En base a esto, la fase cuantitativa del análisis buscará encontrar métricas que permitan revisar el desempeño de la gestión de inventarios en la empresa: la medición del desempeño puede tener impacto directo en los incentivos organizacionales a mejorar la gestión en los procesos, así como promover una cultura diferente basada en la comunicación y la coordinación de las áreas involucradas.
 - Sistemas de Información: influye directamente en la problemática, puesto que el sistema actual no integra suficiente información para gestionar una planificación de stocks, reduciéndose meramente a un enfoque transaccional; en la situación inicial de la empresa, los sistemas de información se comportan más bien como "sistemas de datos respecto a la gestión de inventarios, ya que no permiten el monitoreo del proceso analizado.
- Muchos procesos logísticos tienden a fallar en las sucursales por la falta de indicadores y medición de desempeño (tanto de flotas como personas). La causa fundamental de esto es que no se está midiendo ni evaluando bajo un estándar de empresa que busca una mejora continua en sus procesos, tanto en lo que respecta a personas como unidades técnicas.

3. Reconocimiento del Problema y Análisis Cuantitativo

3.1. Introducción

Dentro de la metodología especificada en el primer capítulo de este trabajo (Sección 1.4) se plantea una segunda etapa de análisis cuantitativo. El objetivo de esta etapa es obtener métricas respecto a la gestión de inventarios en la situación inicial (Capítulo 2).

La validación permitirá, finalmente, reconocer la problemática existente en la gestión de inventarios de la empresa, en base a niveles estándar de las variables a analizar. Es necesario notar que sólo algunas hipótesis son validables por medio de análisis cuantitativo: algunas son evidentes y es suficiente su validez por medio de un argumento cualitativo; en otras, no existe asociación con alguna variable medible en el negocio.

Para realizar un análisis cuantitativo, existen fundamentalmente 4 partes:

- **Recolección de datos:** en este punto se precisará cómo fueron recolectados los datos, bajo que plataforma, etc.
- **Procesamiento Previo:** aquí se precisa como se procesaron las tablas, en particular procesos de eliminación de datos duplicados, outliers (datos muy alejados del promedio que pueden distorsionar los valores a obtener), ordenamiento, etc.
- **Análisis de variables individuales y relaciones entre variables:** en esta parte se presentan los modelos utilizados para extraer información a partir de los datos, medidas de correlación, variabilidad, etc.

- Conclusiones: constituyen el resultado de la información obtenida.

Para reconocer y validar definitivamente una causa de la problemática, se contrastan los resultados del análisis cuantitativo con niveles estándar de las variables involucradas. Estos niveles estándar son determinados dependiendo de la situación del negocio, o bien utilizando información de modelos industriales externos (benchmarking) que permitan realizar una comparación de cómo está la empresa actualmente y cuál es el estándar en la industria.

El diagnóstico definitivo de la problemática es el lineamiento principal para un rediseño de las políticas actuales de Copeval; el mejoramiento interno al que apunta actualmente la empresa se logra mejorando continuamente cada una de las problemáticas existentes, por lo que las mejoras que se realicen a partir de lo obtenido en esta etapa son, definitivamente, una ayuda en este proceso.

3.2. Recolección de Datos

El modelo de datos de Copeval está soportado por una base de datos Oracle. Este proveedor vende inicialmente una consultoría donde se construye el modelo entidad-relación y se entrega una interfaz donde se puedan ingresar datos comerciales, financieros, logísticos, etc. La interfaz sólo permite operaciones CRUD, es decir, entrada (create), lectura (read), actualización (update) y borrado (delete) de registros, aunque en la mayoría de los casos, la operación de borrado está limitada solo al administrador de la base de datos. Es por eso que se hace necesario un procesamiento previo de los datos, ya que muchas veces se ingresan registros erróneos a las bases de datos, que no son corregidos posteriormente mediante solicitudes de borrado.

Todos los datos ingresados en cada una de las tablas, son sólo datos: esto hace necesaria una interfaz que obtenga información a partir de los datos ingresados, generando reportes, análisis cruzado, consultas anidadas, etc. Para esto, Copeval cuenta con Qlikview¹, plataforma especializada en entrega de reportes que ofrece una interfaz amigable para realizar consultas a la base de datos, exportar los datos a Excel, etc.

¹Más información, en <http://www.qlikviewchile.com/>

Usando los filtros de Qlikview, fue posible recolectar las siguientes tablas:

Tabla tipo 1: Stock por producto por meses, para una sucursal en particular.

Esta tabla muestra los siguientes atributos:

- Rubro al que pertenece el producto
- Código del producto (SKU)
- Stock en bodega de sucursal al inicio de cada mes, desde Enero 2010 a Diciembre 2011

Para obtener esta consulta fue necesario descargar las tablas filtrando por sucursal, ya que el compendio total de la empresa constituía un archivo demasiado grande. Se descargó para las sucursales que se están utilizando en este estudio (Sucursales de la sexta región: San Fernando, Rengo, Santa Cruz, Rancagua y una Sucursal de la séptima región, Curicó)

Tabla tipo 2: Venta por producto por meses, para una sucursal en particular.

Esta tabla muestra los siguientes atributos:

- Rubro al que pertenece el producto
- Código del producto (SKU)
- Venta Total (agregada) en la sucursal, medida al final de cada mes, desde Enero 2010 a Diciembre 2011.

Por la misma razón que la Tabla 1, se descargó por sucursal, para las mismas sucursales señaladas.

Tabla tipo 3: Lista de Precios y Costos por SKU, a fecha actual (2012), para todos los SKU que maneja Copeval.

Esta tabla muestra los siguientes atributos:

- Código del producto (SKU)
- Precio actual del producto en lista general (en pesos): aclarar que existen varias listas de precios, por estrategias comerciales, y que para el análisis se utilizó la lista general de precios.
- Costo actual del producto (en pesos): constituye un costo promedio entre el costo de adquisición y el costo Copeval (que involucra leves diferencias por algunas operaciones de comercio exterior, corrección monetaria, entre otros factores).

Tabla tipo 4: Lista de productos comercializados el 2010 y el 2011 por sucursal

Esta tabla contiene los siguientes atributos

- Código del producto (SKU)
- Nombre del producto
- Precio del Producto (P)
- Costo del Producto (C)
- Volumen transado el año correspondiente (Q)

Para cada año es un archivo diferente, por sucursal.

El proceso de recolección de datos tomó 2 jornadas de 8 horas, debido al tamaño de los archivos.

3.3. Procesamiento Previo de datos

3.3.1. Filtrado de outliers en margen para todo análisis

El primer análisis de outliers² realizado fue en la tabla de Precios (P) y Costos (C) por SKU, a fecha actual 2012. Para evaluar los datos distantes numéricamente del resto del universo de datos, se calcula el margen (m) por SKU utilizando la expresión:

$$m_j = \frac{P_j}{C_j} - 1$$

Donde P_j es el precio del SKU j , C_j el costo del SKU j , y m_j el margen del SKU j .

Esta expresión se indefiniría si el costo es cero ($C = 0$). En esta tabla hubo presencia de productos con costo cero o sin información de costo; estos registros fueron apartados (no eliminados) de la lista para un tratamiento que se detalla más adelante (*).

Calculado el margen, se pudo detectar la presencia de outliers en algunos productos que presentaban márgenes del orden de $\pm 10^5$ a $\pm 10^{15}$ (en términos porcentuales, $\pm 10^7$ a $\pm 10^{17} \%$). Según juicio comercial, los márgenes no debían ser de un orden mayor a ± 10 ($\pm 10^3 \%$), por lo que se eliminó aquellos productos donde el margen superaba en módulo el valor de 10 ($|m| \geq 10$). Con esta regla de procesamiento, se eliminó de la tabla aproximadamente un 14% de los datos presentes a esta parte (que ya no consideran productos sin costo o costo cero).

Una vez filtrados los datos, se calcula el margen promedio de todos los productos ($\bar{m} = \frac{\sum_j m_j}{\sum_j 1}$, con $j \in$ SKUs con costo definido). Esto, con el fin de integrar los productos sin costo o costo cero nuevamente (*), y entregarles un costo aproximado como

²Corresponden a los datos que distan, numéricamente, del resto de los datos que se disponen.

$$C_i \approx \frac{P_i}{\bar{m} + 1}$$

$\forall i \in$ SKUs sin costo definido. Es decir, se les entrega un costo re-calculado con el margen promedio.

3.3.2. Concordancia en SKU para análisis Stock/Ventas

Para tener un correcto análisis de SKU, se hace necesario disponer para un SKU particular, datos de stock, ventas, precio y costo en cada sucursal. Sin embargo, algunos SKU disponen sólo parte de esta información; por ejemplo, hay algunos SKU que están en las tablas de stock pero no están en las de ventas, o bien están en ambas pero no tienen información de precio y costo asociada. Esto se produce porque algunos registros quedaron en la base de datos y perdieron su vigencia a la fecha actual, o no se siguieron comercializando por lo que no registran ventas en el período 2010-2011 aunque sí presentan stock desde Diciembre 2009.

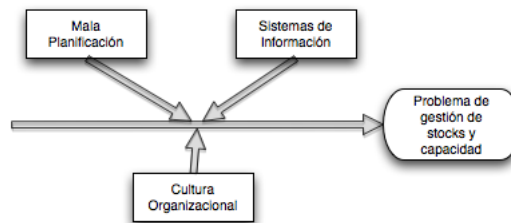
Es por esto que dentro del procesamiento previo se considera un paso donde se verifica, para cada archivo de sucursal, que cualquier SKU de la tabla stock (1), exista en la tabla de ventas (2) y en la de precios/costos (3). Para esto se chequea la concordancia (1)-(2) y (2)-(1), eliminando aproximadamente un 5% del total de SKU's de cada tabla en cada chequeo. Posteriormente, con los SKU's de (1) y (2) concordantes, se verifica la concordancia (1)+(2) con (3); aquellos productos que no están en (3) son eliminados. Como resultado del proceso se elimina un 2% del total de la tabla (1)+(2): evaluando todo el procesamiento de concordancia desde el comienzo, son eliminados cerca de un 7% de los registros.

3.4. Elementos de comprobación de causas detectadas

3.4.1. Objetivos del análisis cuantitativo

En el capítulo 2 se especificaron los resultados del análisis cualitativo, cuyo objetivo fue la formulación del diagnóstico de las problemáticas actuales en el proceso logístico de Copeval. A modo de resumen, en el cuadro 3.1 se presentan los resultados del capítulo anterior.

Cuadro 3.1: Resumen resultados análisis cualitativo



El análisis cuantitativo permitirá, respecto a las causas detectadas:

- Determinar niveles de quiebre de stock o sobrestock. Con este análisis se podrá diagnosticar la efectividad de las políticas de abastecimiento respecto a satisfacción de demanda o expectativas operacionales (respecto a la mala planificación diagnosticada y la causa directa de esto en la información que utiliza) y puede aportar como medida de desempeño logístico. Para este punto se utilizan las tablas tipo 1 y 2 señaladas en la sección 3.2.
- Reconocer, en base a los niveles obtenidos, si la situación actual está por debajo de los estándares industriales o constituye una problemática en la gestión de stocks que merezca una dirección de cambio o mejora.

3.4.2. Modelo probabilístico de quiebre/sobrestock

Al considerar un modelo que señale el porcentaje de quiebres de stock, se debe disponer de información de ventas e inventarios con frecuencia diaria. Actualmente en Copeval no hay un registro retroactivo de los inventarios por SKU/Sucursal que permita realizar un seguimiento respecto a las ventas; sólo existe información del stock al inicio de cada mes, desde enero 2010 a diciembre 2011 por producto, en una sucursal determinada (tablas tipo 1) y de las ventas al final de cada mes, desde enero 2010 a diciembre 2011 (venta mensual, tabla tipo 2). Con esta información sólo es posible estimar una probabilidad de quiebre o sobrestock, cifras que hoy en día la empresa no maneja.

Para la construcción del modelo, se consideran las variaciones de stock entre un mes y otro (ΔS) así como las variaciones en ventas (ΔV). Lo razonable es que si el stock aumenta de un mes a otro, y la venta también lo hace, es menos probable que hayan quiebres de stock o sobrestock: esto mismo ocurre si el stock disminuye de un mes a otro y la venta también lo hace. Sin embargo si el stock aumenta entre 2 meses y la venta disminuye, la probabilidad de sobrestock aumenta, mientras que si el stock disminuye y la venta aumenta, la probabilidad de quiebre aumenta.

Las relaciones especificadas anteriormente es lo que se conoce como la correlación entre dos variables o índice de correlación de Pearson (Ver Anexo G). En general, se dice que si una variable aumenta y la otra también lo hace, la correlación entre esas dos variables es positiva (es equivalente en el caso de que ambas disminuyen). En el caso de que una variable disminuya y la otra aumente (o viceversa), las variables están correlacionadas negativamente. En el caso donde hay aumentos (o disminuciones) excesivas de una variable respecto de la variación de la otra, la relación dista de ser lineal y la correlación se acerca a un valor cero.

Para calcular la correlación entre ΔS y ΔV se considera que las variaciones de stock son con información de stocks al inicio del mes, mientras que las ventas son variaciones con información de ventas totales a fin de mes. De esta forma se debe medir la correlación entre $\Delta S = S_{mes3} - S_{mes2}$ respecto a $\Delta V = V_{mes2} - V_{mes1}$ para cada producto/sucursal. De esta forma se generan dos tablas de 22 datos para cada producto:

Tabla Variación stock para un SKU i, sucursal j	Tabla Variación Venta para un SKU i, sucursal j
$\Delta S_{1,i,j} = S_{2010}^{Marzo} - S_{2010}^{Febrero}$	$\Delta V_{1,i,j} = V_{2010}^{Febrero} - V_{2010}^{Enero}$
$\Delta S_{2,i,j} = S_{2010}^{Abril} - S_{2010}^{Marzo}$	$\Delta V_{1,i,j} = V_{2010}^{Marzo} - V_{2010}^{Febrero}$
...	...
$\Delta S_{22,i,j} = S_{2011}^{Diciembre} - S_{2011}^{Noviembre}$	$\Delta V_{22,i,j} = V_{2011}^{Noviembre} - V_{2011}^{Octubre}$

Con estas tablas $\Delta S_{n,i,j}$, $\Delta V_{n,i,j}$ se calcula la correlación entre las dos variables usando la definición de correlación de Pearson:

$$\rho_{ij} = \frac{COV(\Delta S_{n,i,j}, \Delta V_{n,i,j})}{SD(\Delta S_{n,i,j})SD(\Delta V_{n,i,j})}$$

$$\rho_{ij} = \frac{22 \sum_{n=1}^{22} \Delta S_{n,i,j} \Delta V_{n,i,j} - \sum_{n=1}^{22} \Delta S_{n,i,j} \sum_{n=1}^{22} \Delta V_{n,i,j}}{\sqrt{22 \sum_{n=1}^{22} \Delta S_{n,i,j}^2 - (\sum_{n=1}^{22} \Delta S_{n,i,j})^2} \sqrt{22 \sum_{n=1}^{22} \Delta V_{n,i,j}^2 - (\sum_{n=1}^{22} \Delta V_{n,i,j})^2}}$$

Este indicador cumple que $|\rho_{ij}| \leq 1$, para todo SKU j y sucursal i. Cuando $1 \geq \rho_{ij} \geq 0$ se está en un caso donde la correlación es positiva; en estos casos, la probabilidad de quiebres o sobrestock es baja, pero es 0% cuando la correlación es 1. Sin embargo cuando $0 > \rho_{ij} \geq -1$, la correlación es negativa, por lo que las probabilidades de quiebre o sobrestock aumentan. Lo anterior es una deficiencia de este modelo, ya que en los casos de correlación negativa no se puede determinar cuántos son por quiebre o cuántos son por sobrestock: en particular, si la correlación es negativa, la probabilidad de quiebre o sobrestock es de un 100% (Probabilidad = 1). El caso límite $\rho_{ij} = 0$ establece que no existe una relación entre las variables, por lo que no permite definir un valor de probabilidad a priori.

Considerando lo anterior, finalmente se debe construir el modelo que determina la probabilidad P_{ij} , en función de la correlación de las variables ΔS y ΔV , es decir, encontrar la forma funcional más cercana de $P_{ij}(\rho_{ij})$. Considerando que $P_{ij}(1) = 0$ y $P_{ij}(-1) = 1$, se proponen dos posibles formas funcionales que permitan definir el comportamiento de $P_{ij}(\rho_{ij})$:

- Una forma lineal, donde

$$P_{ij}(\rho_{ij}) = \frac{1 - \rho_{ij}}{2}$$

- Una forma exponencial decreciente, donde

$$P_{ij}(\rho_{ij}) = e^{-a_{ij}(1+\rho_{ij})}$$

Donde $e = 2,71 \dots$ corresponde al número de euler³ y $a_{ij} > 0$ un parámetro a estimar con los datos existentes. En virtud de que las formas exponenciales no intersectan al eje X⁴, la probabilidad nunca podría ser cero. Es por eso que se define el siguiente modelo por partes:

$$P_{ij}(\rho_{ij}) = \begin{cases} e^{-a_{ij}(1+\rho_{ij})} & -1 \leq \rho_{ij} < 1 \\ 0 & \rho_{ij} = 1 \end{cases}$$

Para elegir el modelo consideraremos el valor de la probabilidad cuando $\rho_{ij} = 0$. En el modelo lineal $P_{ij}(0) = 0,5$ mientras que en el modelo exponencial $P_{ij}(0) = e^{-a_{ij}}$. Como a priori no tenemos una estimación de a , utilizaremos un valor de a_{ij} teórico, calculado mediante la premisa de que el área total bajo una densidad de probabilidad debe valer 1⁵. En términos matemáticos:

$$\int P_{ij}(\rho_{ij}) d\rho_{ij} = 1, \forall i, j$$

Es decir

$$\int_{-1}^1 e^{-a_{ij}(1+\rho_{ij})} d\rho_{ij} = \frac{e^{2a_{ij}} - 1}{e^{2a_{ij}} a_{ij}} = 1$$

Es decir $\frac{e^{2a_{ij}} - 1}{e^{2a_{ij}} a_{ij}} = 1$. Para que esto ocurra, el valor de a_{ij} teórico se acerca a $0,8 \forall i, j$ ⁶. Es decir con el modelo exponencial decreciente, la probabilidad $P_{ij}(0) = e^{-a_{ij}} = e^{-0,8} = 0,449$. Como el valor es menor a $0,5$ (del modelo lineal) el modelo exponencial se convierte en un mejor modelo para determinar la probabilidad de quiebre o sobrestock, ya que tiene menor tendencia a sobre-estimar probabilidades de quiebre/sobrestock que el modelo lineal. Mientras mayor sea el parámetro a_{ij} , el modelo sobre-estima menos las probabilidades: este fundamento se muestra en el cuadro 3.2. Cabe destacar que en el caso donde la correlación es cero ($\rho = 0$) se tienen relaciones no proporcionales entre ΔS y ΔV , por lo que las probabilidades de los sucesos son $44,9\%$ y $100\% - 44,9\%$ en base al modelo.

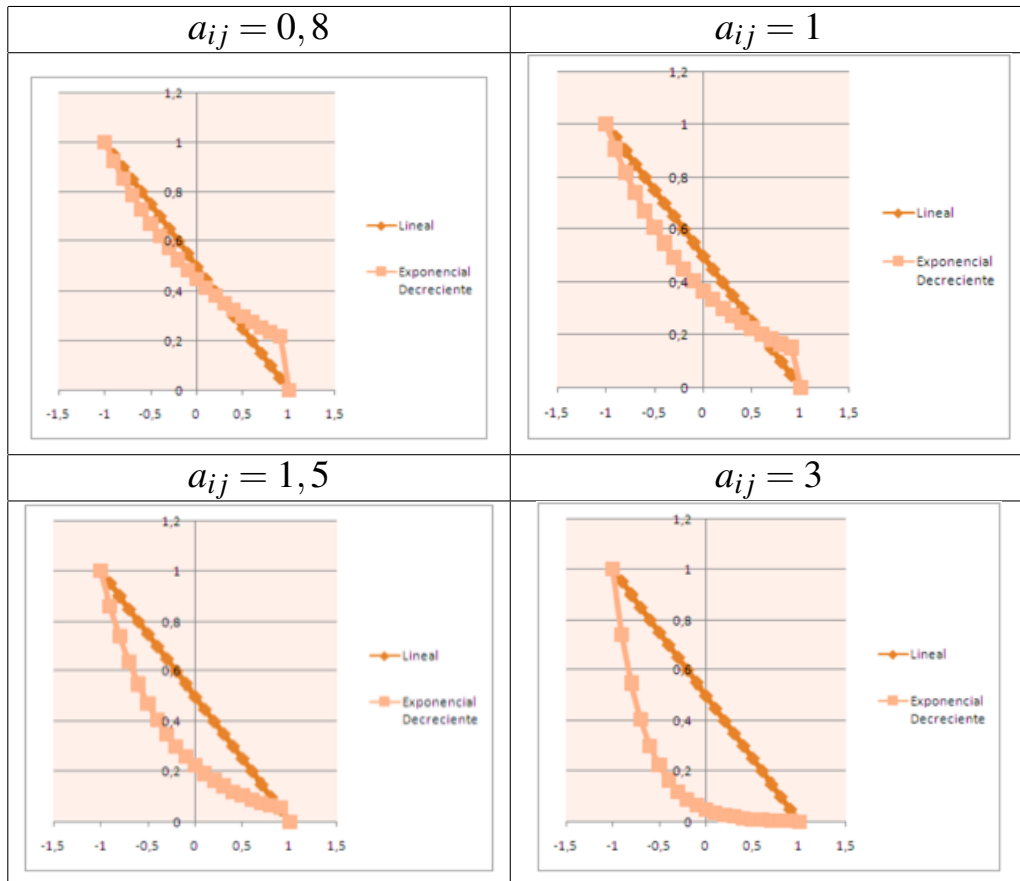
³Base de los logaritmos naturales

⁴Esto sucede ya que las funciones exponenciales $f(x) = a^x, \forall a > 0$ no tienen un valor donde $f(x) = a^x = 0$

⁵Propiedad conocida de las densidades de probabilidad, por definición, si f es una densidad de probabilidad, $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$

⁶Resolución de la ecuación $e^{2a} - 1 = e^{2a} a$ con métodos numéricos de aproximación gráfica

Cuadro 3.2: Modelos contrapuestos para distintos valores del parámetro a . A partir de $a = 1,5$ es claro que el modelo lineal tiende a sobre-estimar las probabilidades de quiebre/sobrestock. En el eje Y la probabilidad, en el eje X la correlación.



Para que el modelo exponencial este completamente definido falta especificar cómo estimar el parámetro a_{ij} . Desde el modelo $P_{ij}(\rho_{ij}) = e^{-a_{ij}(1+\rho_{ij})}$ un buen estimador del parámetro a_{ij} es:

$$a_{ij} = \frac{-\ln(\widehat{P}_{ij})}{1 + \rho_{ij}}$$

Donde la correlación es un dato y la probabilidad estimada (\widehat{P}_{ij}) deberá ser determinada mediante la forma clásica: casos favorables / casos totales. Para estimar los casos favorables se construye la siguiente variable:

$$c_{ijn} = \begin{cases} 1 & \Delta S_{nij} \cdot \Delta V_{nij} < 0 \\ 0 & \Delta S_{nij} \cdot \Delta V_{nij} \geq 0 \end{cases}$$

Para todo SKU j , sucursal i . Es decir, c_{ijn} medirá un caso favorable si es que las variaciones son de diferente signo (es decir si S crece y V disminuye, o viceversa, que es equivalente a un caso de correlación negativa). De esta manera la probabilidad estimada mediante forma clásica será

$$\widehat{P}_{ij} = \frac{\text{favorables}}{\text{totales}} = \frac{\sum_{n=1}^{22} c_{ijn}}{22}$$

Con la probabilidad estimada mediante esta formulación, se determina el parámetro a_{ij} que define la curva de probabilidad, para cada SKU/Sucursal. Interesa estimar un parámetro a_i promedio por cada sucursal, para uniformar el comportamiento de las probabilidades en cada sucursal. En este caso, se puede determinar un a_i promedio mediante la fórmula

$$a_i = \frac{\sum_j a_{ij}}{\sum_j 1}$$

Así

$$P_{ij}(\rho_{ij}) = \begin{cases} e^{-a_i(1+\rho_{ij})} & -1 \leq \rho_{ij} < 1 \\ 0 & \rho_{ij} = 1 \end{cases}$$

Para todo SKU j en la sucursal i .

3.5. Resultados y Conclusiones

3.5.1. Análisis de probabilidad de quiebre de stock

Tal como se indicó en la sección 3.4.2, el modelo de correlaciones permite determinar una probabilidad de quiebre/sobrestock a partir de una forma exponencial, definida por:

$$P_{ij}(\rho_{ij}) = \begin{cases} e^{-a(1+\rho_{ij})} & -1 \leq \rho_{ij} < 1 \\ 0 & \rho_{ij} = 1 \end{cases}$$

De esta forma, se determinaron las correlaciones (ρ_{ij}) entre variación de stock y variación de ventas para cada producto j , en cada sucursal i de las 5 que conforman este análisis. Además, se estimó el parámetro a_i que calibra la función de probabilidad, y define el comportamiento de esta para cada sucursal. En el cuadro 3.3 se presentan los resultados del cálculo del parámetro a_i para cada sucursal.

Cuadro 3.3: Valor del parámetro a_i en las sucursales en estudio.

	Valor de a
Curicó	2,95
Rengo	2,87
San Fernando	2,74
Rancagua	2,83
Santa Cruz	2,64

Los valores de a_i no distan mucho entre las sucursales, y son bastante mayores que el valor de a teórico ($a = 0,8$), por lo que no hay riesgo de que el modelo sobre-estime las probabilidades. Con los parámetros determinados se obtienen las probabilidades para cada SKU en cada sucursal y se calcula una probabilidad promedio por rubro, agrupando los SKU por rubros de negocio y promediando:

$$Prob_{i,rubro} = \frac{\sum_{j \in rubro} P_{ij}}{\sum_{j \in rubro} 1}$$

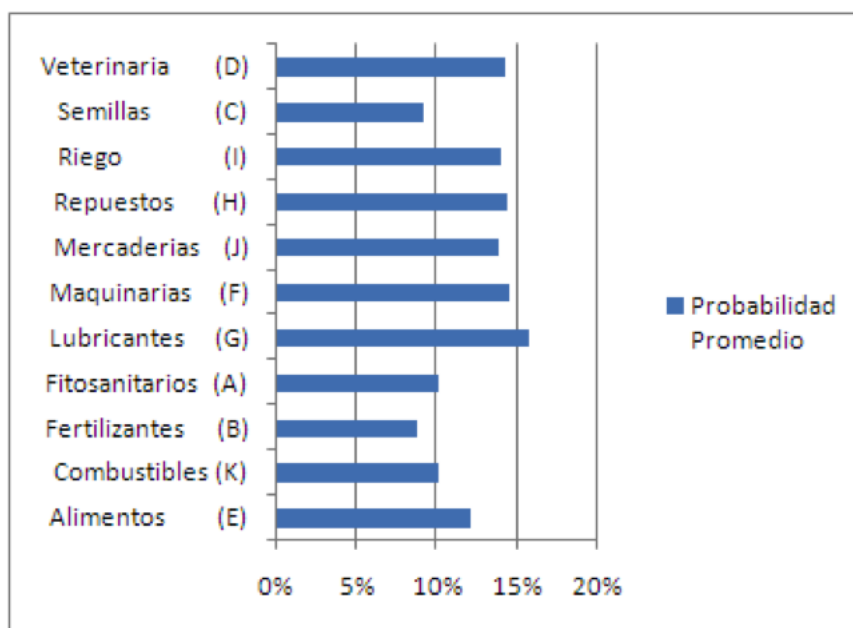
En el cuadro 3.4 se presentan los resultados de éste análisis. En la figura 3.1 se muestran un promedio por rubro entre todas las sucursales analizadas:

$$Prob_{rubro} = \frac{\sum_i \sum_{j \in rubro} P_{ij}}{\sum_i \sum_{j \in rubro} 1}$$

Cuadro 3.4: Probabilidad de quiebre/sobrestock promedio por rubro/sucursal

Rubro		SAN FERNANDO	RANCAGUA	SANTA CRUZ	RENGO	CURICO	Promedio
Alimentos	(E)	14%	13%	10%	14%	9%	12%
Combustibles	(K)	9%	8%	22%	6%	5%	10%
Fertilizantes	(B)	9%	7%	9%	10%	9%	9%
Fitosanitarios	(A)	11%	9%	10%	11%	9%	10%
Lubricantes	(G)	14%	17%	17%	16%	14%	16%
Maquinarias	(F)	14%	14%	13%	17%	15%	15%
Mercaderías	(J)	15%	13%	14%	15%	14%	14%
Repuestos	(H)	13%	14%	14%	17%	14%	14%
Riego	(I)	16%	15%	15%	11%	13%	14%
Semillas	(C)	9%	10%	8%	10%	9%	9%
Veterinaria	(D)	12%	15%	17%	14%	12%	14%

Figura 3.1: Probabilidad de quiebre/sobrestock promedio por rubro (gráfico)



3.5.2. Niveles estándar en la industria

Una idea central de cualquier diagnóstico es tener un punto de comparación con una situación “ideal” o estándar que permita señalar si se está bien o mal y por qué. Es importante señalar el nivel estándar de las probabilidades de quiebre y sobrestock que se alcanza actualmente en la industria chilena, o tomar modelos de referencia extranjeros que permitan reconocer algún problema en la gestión de stocks de Copeval.

Es por esto que, a partir de dos estudios⁷ que analizan los casos de quiebre de stock, se sitúa un nivel estándar de probabilidades de quiebre/sobrestock cercano al 7%. Se tomará este nivel como “ideal” ya que los números de Copeval no están muy lejos de este valor y además consideran el evento de sobrestock, por lo que la probabilidad puede ser una sobre-estimación de los quiebres.

Este benchmarking previo será utilizado para realizar el diagnóstico final, tomando en cuenta los límites del negocio en particular.

⁷Referencia Bibliográfica 6 y 7

3.5.3. Reconocimiento del problema y conclusiones

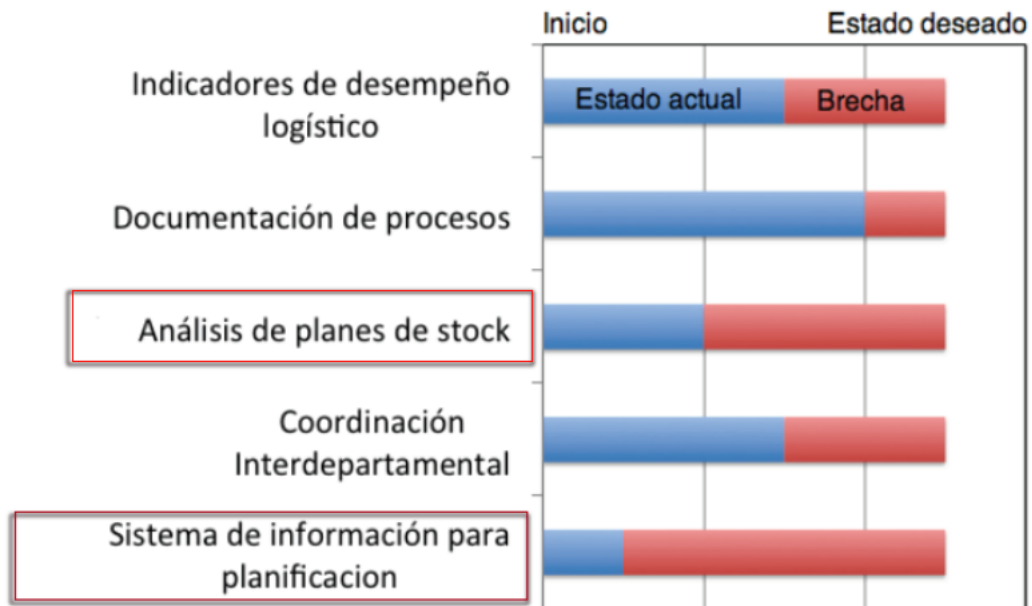
A partir de los resultados del modelo de correlación para cada uno de los rubros y sucursales, se reconoce que existe un problema en la gestión de stocks, en particular por que en la mayoría de los casos las probabilidades de quiebre/sobrestock superan el 7%, considerado como el estándar industrial.

Se puede apreciar un caso crítico que corresponde al abastecimiento de combustibles para la sucursal de Santa Cruz. En este caso se manifiesta una probabilidad de 22% de quiebre o sobrestock: conversaciones con el personal logístico de Santa Cruz permiten validar esta observación, señalando que efectivamente existen problemas de quiebre de stock de combustible en dicha sucursal.

El resto de los rubros mantiene un rango de entre 13% a 17% de probabilidad de quiebre/sobrestock; a excepción de los rubros de Fertilizantes, Fitosanitarios y Semillas, que mantienen niveles aceptables de este índice, cercanos al estándar industrial (8% -9%). Estos índices no son casualidad: las subgerencias de estos rubros trabajan coordinadas en proyectos de mejora de los planes actuales de abastecimiento. Son los únicos rubros donde se ha ido eliminando casi por completo el abastecimiento descentralizado y el sistema Kanban, para pasar a un abastecimiento más centralizado y estructurado.

Con todos estos antecedentes es posible concluir que existe un problema en la gestión de stocks. Si se realiza un análisis de brecha de la situación actual de los procesos de planificación de abastecimiento, podemos detectar que las principales falencias se encuentran en la planificación de stocks y en los sistemas de información (Cuadro 3.5), que tal como se plantea en el siguiente capítulo, deberán incluir variables hasta el momento no consideradas: ventas (demanda de los SKU) y capacidad de los almacenes, para así integrar las expectativas del área de operaciones en los planes comerciales.

Cuadro 3.5: Análisis de brechas del problema: en base a una calificación cualitativa extraída desde las entrevistas al personal, se evidencian mayores brechas en el proceso de planificación y de sistemas de información que apoyen dichas decisiones. Adicionalmente se presentan otras dimensiones como la documentación de procesos, indicadores de desempeño logístico y coordinación interdepartamental entre el área de operaciones y comercial.



3.5.4. Integración del modelo a la gestión de inventarios y la estrategia de la compañía

Si bien el objetivo central del modelo de correlación planteado es reconocer la existencia de un problema en la gestión de stocks en Copeval, su utilidad trasciende desde el diagnóstico al control de la gestión en el proceso estudiado.

En este sentido, el modelo planteado puede ser utilizado como un medio de conducción de ciertas acciones relacionadas a las causas del problema propuesto. Dentro de las causas que explican la situación observada, se considera una dimensión relacionada a la cultura organizacional que subyace desde la falta de incentivos por mejorar el proceso, debido a la escasez de información sobre las pérdidas monetarias asociadas.

Con la definición del modelo, se concluye que los resultados respecto a las probabilidades de quiebre/sobrestock distan del desempeño de la industria en estos términos. De esta forma, el modelo cumple una función de control mostrando resultados respecto a la performance versus los objetivos trazados desde la estrategia de la organización (cuyos pilares, como mencionamos en el capítulo 1 eran justamente la disponibilidad de productos al cliente y la operación eficiente de los despachos y la flota).

El modelo planteado permite planificar una toma de acciones respecto a los resultados esperados desde la estrategia de la empresa misma. En este sentido, una meta estratégica sugerida desde el modelo a las unidades logísticas de Copeval es la reducción de las probabilidades de quiebre/sobrestock al estándar industrial, promoviendo un empleo eficaz y eficiente de los recursos disponibles.

Se recalca que este planteamiento es funcional en la medida que existan incentivos para el cumplimiento de la meta estratégica propuesta. Este proyecto no considera un análisis de las pérdidas monetarias producto de quiebres y sobrestock, mas propone incentivos a lograr la meta propuesta en base al modelo, de las siguientes formas:

- Primero, entendiendo que la problemática y los resultados del modelo impactan directamente la estrategia y actividades claves del negocio de Copeval. Por ende, se muestra que la situación actual genera implícitamente una reducción en la cadena de valor de la empresa, y deficiencias en las ventajas competitivas de la organización.
- Segundo, que las situaciones de quiebre y sobrestock generan costos operacionales e insatisfacción de demanda, afectando la rentabilidad de la empresa y sus procesos, disminuyendo el valor para el cliente y, en el largo plazo, disminuyendo las posibilidades de que la empresa mantenga rentabilidades sobre el promedio de la industria.

4. Propuesta de solución y Análisis de Capacidad

4.1. Introducción

El objetivo central de la propuesta de solución es resolver las causas que generan la problemática de gestión de stocks de Copeval. En virtud de que las causas son gestionables, en el capítulo se plantea una solución que permite gestionar la planificación y la integración de la información disponible: estos dos factores, convergen en el diseño de un sistema que apoye las decisiones de abastecimiento y la gestión de inventarios de la empresa.

Para esto, se realiza un pronóstico de ventas para cada ítem/sucursal, en base a la información comercial disponible 2 años atrás (2010-2011). Con los resultados se definirá la política de abastecimiento que debe considerar la empresa, en base a los resultados arrojados y el error (numérico) que el pronóstico contempla.

La herramienta de predicción será testeada y contrarrestada con información real (utilizando la data disponible hasta la fecha de este trabajo, del año 2012) para así, comprobar la efectividad de la herramienta de pronóstico y de la política de abastecimiento definida. Posteriormente, se someten los resultados a un análisis de capacidad: análisis que contempla una aproximación del volumen de las bodegas, indicadores de frecuencia de abastecimiento y particionado de las bodegas por rubro de negocio.

En base al análisis de capacidad, se realizarán las sugerencias de mejora en el modelo de almacenamiento de Copeval, considerando la política pronóstico. Al poder contrarrestar el pronóstico con las variables de almacenamiento, se entrega una herramienta a la empresa que permite la mejora en sus actividades claves de predicción y almacenamiento.

Cabe destacar que la propuesta de solución se realizará para 4 de las 5 sucursales inicialmente analizadas en los Capítulos 2 y 3: Rancagua, Rengo, Curicó y San Fernando. En la sucursal de Santa Cruz, no se pudo efectuar la medición de capacidad de bodegas (demora excesiva en respuesta a solicitud por parte de encargado logístico), por lo que queda fuera de observación en este capítulo.

4.2. Modelo de propuesta de solución

Para abordar la problemática de este trabajo, se propone fortalecer la planificación con un despliegue informático que maneje información de políticas de abastecimiento trimestrales (definidas posteriormente en el capítulo 4.2.1) para cada SKU/sucursal, y permita contrarrestar dicha política con un análisis de capacidad. Este despliegue informático, en su implementación, será visible para el área comercial y el área de operaciones de Copeval.

La política de abastecimiento definirá el stock a abastecer por SKU/sucursal a partir de los resultados de un pronóstico de ventas y el error del pronóstico. La propuesta es trimestral, debido a las condiciones del negocio que sugieren un análisis por temporada¹.

En general, esta herramienta es una mejora a la situación base, ya que:

- Mejora la planificación de stocks al definir una política para cada producto, en las diferentes sucursales.
- Su base es un pronóstico de ventas. De esta manera, se incorpora información comercial y de demanda a la planificación de stocks.
- Estructura el proceso de abastecimiento de las bodegas incorporando un análisis de capacidad que contrarresta la política. De esta forma permite calendarizar en el trimestre el abastecimiento, y apoyar las decisiones de compra.

¹El negocio del agro se divide en 4 temporadas durante el año: Siembra, Cultivo, Cosecha y Producción. Cada una de estas temporadas calza con los trimestres del año. En base a esto la demanda por productos puede ser fragmentada en un horizonte trimestral.

- Hace visible la política de aprovisionamiento al área de operaciones, permitiéndole entregar sugerencias y coordinar un mejor abastecimiento con los agentes comerciales.
- Integra información relevante para el proceso: información comercial y operacional.
- En consecuencia, mejora la planificación y el almacenamiento, actividades claves del negocio de Copeval.

4.2.1. Modelo de predicción de ventas y política de abastecimiento

Para la predicción de ventas, se construye un modelo autorregresivo de primer orden (un rezago) para las ventas trimestrales. Es decir, para cada SKU j , Sucursal i , se considera que las venta del trimestre t en el año $y + 1$, V_{ijt}^{y+1} es respecto a la venta del mismo trimestre t , pero en el año y , V_{ijt}^y según el siguiente modelo:

$$V_{ijt}^{y+1} = a_{ij} + b_{ij}V_{ijt}^y + e_{ij}$$

Donde a_{ij} y b_{ij} son parámetros estimados con información de ventas trimestrales de los años y e $y - 1$, para cada SKU j , Sucursal i , mediante regresión de Mínimos Cuadrados Ordinarios (Ver Anexo H), y e_{ij} corresponde al término de error del pronóstico.

En general, el modelo de un rezago (autorregresivo de primer orden) representa una forma simplificada para proyectar ventas. Sin embargo, las justificaciones para utilizarlo en este caso son las siguientes:

- En primer lugar, no es parte de los alcances del proyecto realizar un modelo sofisticado que involucre variables de precio o meteorológicas, las cuales se reconoce influyen en el entorno comercial y de demanda de productos.
- En base a la información disponible, existen dificultades para implementar un modelo de dos rezagos (autorregresivo de orden 2, de la forma

$V_{2012} = a + bV_{2011} + cV_{2010} + error$, con a, b, c parámetros del modelo) debido a información incompleta del año 2010 que puede aumentar el error en el pronóstico. Esta dificultad aplica también para modelos de alisamiento exponencial, ya que, en su forma tradicional, requieren un predictor pasado, que no se dispone ya que no existen predicciones anteriores de ventas².

- Por último, los modelos autorregresivos presentan buen funcionamiento para predicciones a corto plazo (que es el caso del modelo a realizar), según estudios³.

Una de las ventajas de este modelo, es que es dinámico en el tiempo. Por ejemplo, actualmente se posee la data de ventas trimestrales de los años 2010 ($y - 1$) y 2011 (y) por SKU/sucursal: con esta data es posible realizar el pronóstico calibrando el modelo anterior, para las ventas del año 2012 ($y + 1$). Cuando se requiera realizar un pronóstico de ventas para el año 2013, se podrá usar la data de 2011 y 2012, y así sucesivamente.

Con la información disponible, es posible testear la efectividad del pronóstico. Para el desarrollo de este trabajo se cuenta con información de ventas trimestrales de 2010 y 2011 ($V_{ijt}^{2010}, V_{ijt}^{2011}, \forall i, j, t \in 1 \dots 4$) y la información del primer trimestre de 2012 ($V_{ij1}^{2012}, \forall ij$), de manera que se puede testear la efectividad del modelo comparando ventas pronosticadas $\widehat{V}_{ij1}^{2012} = \widehat{a}_{ij} + \widehat{b}_{ij}V_{ij1}^{2011}, \forall i, j$ versus la información real disponible $V_{ij1}^{2012} \forall i, j$.

Así es como se realiza el pronóstico para cada una de las sucursales y se consideran los siguientes casos:

- Si el pronóstico es mayor a lo que ocurrió el año 2012, ponderado por un porcentaje de confianza α , es decir, $\widehat{V}_{ij1}^{2012} > V_{ij1}^{2012}(1 + \alpha)$ se cuenta como caso de **sobre-estimación**.

²Los modelos de alisamiento exponencial tradicionales son de estructura: Predicción = $\alpha \cdot$ Valor anterior + $(1 - \alpha) \cdot$ Predicción anterior, con $0 \leq \alpha \leq 1$ parámetro del modelo. Para el caso de este trabajo $\widehat{V}_{2012} = \alpha V_{2011} + (1 - \alpha) \widehat{V}_{2011}$, es decir, necesita una predicción anterior de ventas (\widehat{V}_{2011})

³Referencia Bibliográfica 8

- Si el pronóstico se mantiene en un intervalo de confianza respecto a lo que ocurrió realmente en 2012, es decir, $V_{ij1}^{2012}(1 - \alpha) \leq \widehat{V}_{ij1}^{2012} \leq V_{ij1}^{2012}(1 + \alpha)$, se considera como **caso de estimación válido**.
- Si el pronóstico es menor a lo que ocurrió el año 2012, ponderado por el porcentaje de confianza, es decir $\widehat{V}_{ij1}^{2012} < V_{ij1}^{2012}(1 - \alpha)$, se cuenta como caso de **sub-estimación**.

De esta forma, se midió la efectividad del pronóstico para las sucursales en estudio y los resultados fueron los siguientes:

Cuadro 4.1: Efectividad del pronóstico de ventas en las sucursales analizadas. Se calcula como casos válidos / casos totales. Los casos corresponden a SKUs que cumplieron con los criterios especificados anteriormente. Se usó un nivel de confianza de $\alpha = 10\%$

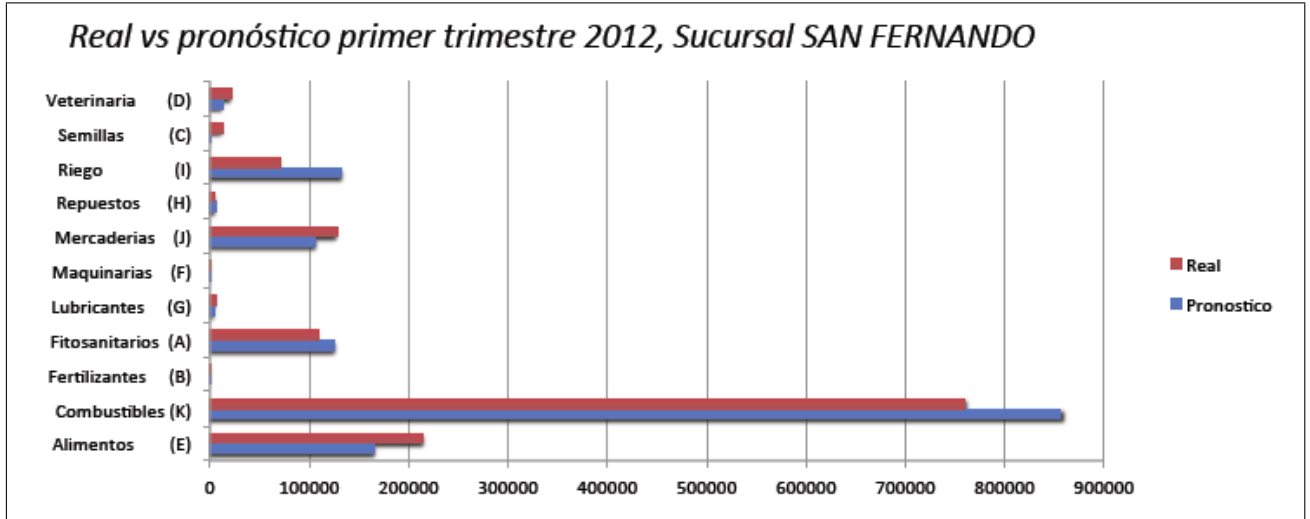
	Casos Validos (No. SKUs)	Sobre-estimados (No. SKUs)	% Confianza	
			Sub-Estimados (No. SKUs)	10% Efectividad Validos/Total
Rengo	799	427	398	49%
Rancagua	929	397	336	56%
Curico	976	508	602	47%
San Fernando	499	557	594	30%

A partir del pronóstico se define la primera decisión que apoya esta propuesta: Cuánto stock abastecer, para un SKU/Sucursal/Trimestre, S_{ijt} . En este sentido, se incorpora una medición de error porcentual del pronóstico, que ayudará a definir la política S_{ijt} .

Se define el error porcentual del pronóstico, para un SKU/Sucursal/Trimestre, ϵ_{ijt} como:

$$\epsilon_{ijt} = \frac{\text{Real}}{\text{Pronostico}} - 1 = \frac{V_{ijt}^y - \widehat{V}_{ijt}^y}{\widehat{V}_{ijt}^y}$$

Figura 4.1: Resultados del pronóstico agregados (Cantidad de unidades agregada) por rubro para sucursal de San Fernando



Donde el pronóstico se determina con los parámetros estimados anteriormente $\widehat{V}_{ijt}^y = \widehat{a}_{ij} + \widehat{b}_{ij}V_{ijt}^{y-1}$. Nótese que esto se puede calcular con los datos disponibles de dos años: por ejemplo, los errores del primer trimestre se pueden determinar con el pronóstico de 2011 en base a la información de 2010 versus la información de 2011:

$$\varepsilon_{ij1} = \frac{Real}{Pronostico} - 1 = \frac{V_{ij1}^{2011} - \widehat{V}_{ij1}^{2011}}{\widehat{V}_{ij1}^{2011}}$$

Con $\widehat{V}_{ij1}^{2011} = \widehat{a}_{ij} + \widehat{b}_{ij}V_{ij1}^{2010}$. De esta forma, los errores porcentuales son dinámicos, ya que sólo utilizan información de los dos años anteriores. Con el error porcentual, se define la política de abastecimiento S_{ijt} como sigue:

- Casos donde $|\varepsilon_{ijt}| > 100\%$: Cuando el error porcentual es mayor al 100%, se establece que hubieron diferencias notables entre los años $y - 1$ e y en la demanda. En particular, es muy probable que este tipo de casos representen un aumento (o disminución, en caso de que $\varepsilon_{ijt} < -100\%$) brusco (shock) de ventas producto de alguna situación particular exógena, que está fuera del alcance de este modelo (por ejemplo clima, condiciones de mercado, etc.). En estos casos, se considera que la mejor decisión

es planificar el abastecimiento del producto para el año siguiente $y + 1$ en base a un stock mínimo/actual, o gestionar el abastecimiento a pedido con el proveedor. En promedio corresponden a un 20% de los casos en las muestras estudiadas.

- Casos donde $50\% \leq |\varepsilon_{ijt}| \leq 100\%$: en estos casos, el error porcentual entre los años $y - 1$ e y establece diferencias de un 100% como máximo. Es un rango considerado como aceptable para variaciones producto de políticas comerciales, aumento de ventas o stock. En este sentido, la política quedará definida según sigue:
 - Si el error es positivo, $100\% \geq \varepsilon_{ijt} \geq 50\%$, la decisión recomendable es abastecer la venta del año anterior, $S_{ijt} = V_{ijt}^y$. Esto, ya que si se abastece de una cantidad mayor, se sobre-estima la expectativa de venta y aumenta demasiado el stock de un año a otro (al ser el error positivo).
 - Si el error es negativo, $-100\% \leq \varepsilon_{ijt} \leq -50\%$, la decisión es abastecer lo pronosticado más un promedio de lo pronosticado con el año anterior: $S_{ijt} = \widehat{V_{ijt}^{y+1}} + \frac{V_{ijt}^y + \widehat{V_{ijt}^{y+1}}}{2}$. Esto, ya que al ser el error negativo, el modelo tuvo tendencia a generar sub-stock entre dos años, por lo que se recomienda aumentar el pronóstico en un promedio de ventas que no genere demasiado stock adicional.

Este tipo de casos corresponden, en promedio a un 30% de las muestras analizadas.

- Casos donde $0\% \leq |\varepsilon_{ijt}| < 50\%$: este caso considera un error porcentual aceptable entre un año y otro, por lo que se sugiere una ponderación directa como estimación del stock necesario. Esto, ya que en estos casos el error es menor y podría estar representando oportunidades de crecimiento (disminución) de venta de los productos:
 - Si el error es positivo, $50\% > \varepsilon_{ijt} \geq 0\%$, se sugiere abastecer en el pronóstico aumentado al porcentaje de error: $S_{ijt} = \widehat{V_{ijt}^{y+1}}(1 + |\varepsilon_{ijt}|)$. Así, se incorpora en la política de stock las oportunidades de crecimiento en ventas.
 - Si el error es negativo, $-50\% < \varepsilon_{ijt} \leq 0\%$, se sugiere abastecer en el pronóstico disminuído al porcentaje de error: $S_{ijt} = \widehat{V_{ijt}^{y+1}}(1 -$

$|\varepsilon_{ijt}|$). Así, se incorpora en la política de stock las posibles disminuciones en ventas del producto.

Este tipo de casos, corresponden en promedio a un 50% de las muestras analizadas.

Con esta definición de la política de abastecimiento, se incorpora al pronóstico de ventas una variación porcentual que permite acotar la decisión de cuánto abastecer, y se entrega una decisión soportada en la información disponible, sin desmerecer el juicio comercial de los expertos. Es necesario mencionar que la sugerencia de stock aquí definida es una forma de automatizar el cálculo en base a la información comercial, pero en ningún caso hace automática la definición del stock: sólo entrega un número con un soporte de información más robusto, pero sigue siendo una sugerencia para los agentes comerciales, quienes en base a su juicio del negocio pueden modificar y chequear la propuesta.

4.2.2. Modelo para análisis de Capacidad

Una de las ventajas del modelo propuesto para este trabajo, es que permite contrarrestar una política de stock con la capacidad actual de las bodegas. En este sentido, el primer paso de este modelo será determinar la capacidad actual de las bodegas: para esto, se realizó una medición en terreno del volumen de cada bodega.

El almacenamiento de los productos se divide según categorías de productos, para cada sucursal. Esta división está estandarizada para todas las sucursales y se presenta a continuación:

- Bodega Central: constituye el tipo de almacén más grande en términos de Volumen (m³). En la bodega central, se almacenan productos de las líneas de Alimentos, Lubricantes, Mercaderías, Repuestos, Riego, Semillas, Veterinaria y Maquinaria pequeña.
- Bodega de productos químicos: Es un almacén secundario y por lo general, más pequeño en capacidad. Generalmente se encuentra cercano a la bodega central y se utiliza para almacenar productos de Fitosanitarios y Fertilizantes. Por restricción de sanidad y de prevención de riesgos,

los productos de estas categorías deben estar separados del resto de las categorías.

- **Patio de Maquinarias:** el patio de maquinarias es un espacio abierto, comúnmente utilizado como vitrina de muestra de los productos del Rubro de Maquinaria. En general, se mantienen en este espacio productos de maquinaria pesada (tractores, máquinas cosechadoras, etc.).
- **Estanque de Combustibles:** El estanque de combustibles tiene una capacidad de 50 mil litros en sucursales, y 120 mil litros en el centro de distribución: en el caso de este rubro de negocio, no existen problemas de colapso en capacidad, ya que se mantiene controlada la capacidad de los estanques.

Además de esta distinción de bodegas, se incorpora al cálculo de capacidad el espacio no disponible para almacenamiento, destinado para pasillos, que como mínimo debe considerar 2 metros de ancho por pasillo. En el Anexo I se presenta el cálculo de la capacidad de bodegas, considerando las restricciones presentadas y el Layout de cada bodega. Los resultados se presentan en el cuadro 4.2.

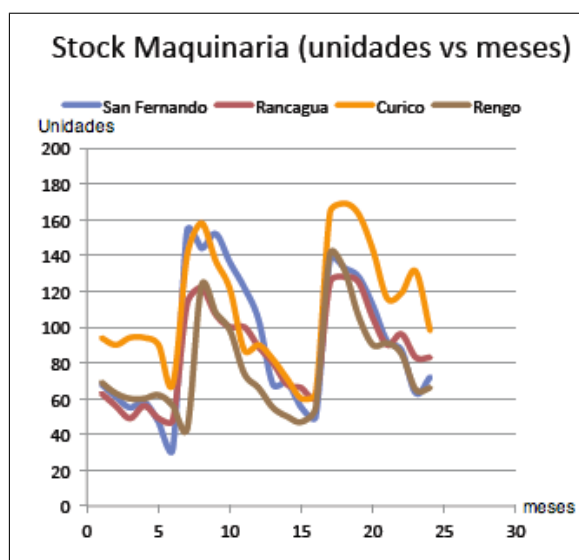
Cuadro 4.2: Capacidad volúmetrica (m^3) de bodegas centrales y de agroquímicos, en las sucursales en estudio. Además se incluyen mediciones de superficie en patios y vitrinas. Datos provenientes de medición en terreno.

	Bodegas Centrales			Bodegas Químicos			Pasillos			Capacidad Central [m3]	Capacidad Químicos [m3]
	Largo	Ancho	Superficie	Largo	Ancho	Superficie	Superficie	Superficie	Altura		
	[m]	[m]	[m2]	[m]	[m]	[m2]	[m2]	[m2]	[m]		
Rengo	43	30	1290	14	13	182	224	39	6	6396	858
San Fernando	53	16	848	14	10	140	185	36	7	4641	728
Curico	50	40	2000	36	21	756	436	110	8	12512	5168
Rancagua	53	16	848	16	16	256	185	46	6	3978	1260

	Vitrina Máquinas			Patio		
	Largo	Ancho	Superficie	Largo	Ancho	Superficie
	[m]	[m]	[m2]	[m]	[m]	[m2]
Rengo	19	5	95	50	22	1100
San Fernando	35	19	665	0	0	0
Curico	30	6	180	48	40	1920
Rancagua	15	6	90	20	20	400

Con las capacidades de cada bodega calculadas, se procede a modelar el análisis de capacidad de la política de abastecimiento. Es importante destacar que los rubros de maquinaria y combustibles no se considerarán dentro del análisis de capacidad de bodegas por las siguientes razones:

- En el caso de Combustibles, tal como se señaló anteriormente la operación es mediante estanques de almacenamiento. Esta operación cuenta con control de capacidad, por lo que la problemática de capacidad está solucionada para este rubro en la actualidad.
- En el caso de Maquinarias, la mayoría de los productos constituyen maquinaria pesada: esta maquinaria se maneja en los patios y vitrinas de la sucursal, por lo que no constituyen espacio en bodega considerable. Adicionalmente, un análisis del comportamiento del stock de maquinaria agregado en 2 años nos entrega la siguiente tendencia:



Tal como se puede apreciar en el gráfico, en las 4 sucursales estudiadas el inventario de máquinas muestra un patrón común de reposición en plazos de 7 a 8 meses. Y en general, el stock máximo de maquinaria por sucursal está acotado por el espacio en patio y vitrinas. Esto se puede ver en las curvas que alcanzan similares puntos máximos.

Se considera entonces, VU_j el volumen Unitario del SKU j , en m^3 . Es decir, el volumen en metros cúbicos de la unidad de un producto. Esta información fue proporcionada por la empresa para los resultados de este modelo que se presentan en la sección 4.2.4. Sin embargo, en algunos SKUs de las tablas por sucursales, no se dispuso información del volumen unitario del SKU (al cruzar la tabla de VU_j con los SKU en sucursal). En general, fueron alrededor del 30% de los SKUs en cada tabla. Para esos SKUs sin información sobre el volumen, se realizó una aproximación de su volumen unitario en base a un promedio ponderado (Ver Anexo J para mayor información sobre el método de aproximación utilizado). Y así se logró obtener VU_j para todo SKU j .

Con información del stock de los 2 años anteriores y los volúmenes unitarios se definirá un porcentaje de asignación de espacio en la bodega; este porcentaje entrega una aproximación de cuánto volumen ocupa cada uno de los rubros en sus respectivas bodegas. Si se considera s_{ijt}^y (s minúscula, para distinguirlo de la política S) el stock en la sucursal i , SKU j , trimestre t , año y , y Q_i la capacidad de la bodega central en la sucursal i (volumétrica), se define el porcentaje de asignación de espacio por rubro para el año $y + 1$, $r_{i,rubro,t}^{y+1}$ como

$$r_{i,rubro,t}^{y+1} = \frac{r_{i,rubro,t}^y + r_{i,rubro,t}^{y-1}}{2}$$

Donde

$$r_{i,rubro,t}^y = \frac{\sum_{j \in rubro} s_{ijt}^y VU_j}{\sum_j s_{ijt}^y VU_j}$$

De esta forma el espacio en bodega para el rubro en el año $y + 1$ es $Q_{i,rubro,t}^{y+1} = r_{i,rubro,t}^{y+1} Q_i$.

Por ejemplo, si se desea saber aproximadamente cuánto espacio le corresponde al rubro de Alimentos para el año 2012 ($Q_{i,Alimentos,1}^{2012}$), primer trimestre, en su respectiva bodega (Central), se calcula el promedio del porcentaje que ocupó el año 2010 y 2011 en el primer trimestre. Para calcular el porcentaje del 2010 (porcentaje 2011 es análogo) se suma todo el stock del rubro de Alimentos del 2010, primer trimestre, y se divide por el total de stock presente en la bodega en el primer trimestre de 2010. De esta forma se tiene una aproximación del espacio que debería ocupar, en promedio, un rubro el próximo período: multiplicando el porcentaje por el volumen total de la bodega en la sucursal, este último constante.

Con la capacidad por rubro determinada, se puede comparar la política de stock S_{ijt}^{y+1} definida en la sección 4.2.1. con la capacidad disponible. Es preciso definir un indicador llamado frecuencia de abastecimiento, cuyo cálculo se reduce a la siguiente expresión

$$f_{i,rubro,t}^{y+1} = \frac{\sum_{j \in rubro} S_{ijt}^{y+1} VU_j}{Q_{i,rubro,t}^{y+1}}$$

Es decir, el indicador de frecuencia estima cuántas veces cabe el stock volumétrico (suma de unidades \times volumen unitario para un rubro determinado) en la asignación de espacio en bodega para un rubro, en un trimestre determinado. Por ejemplo si el indicador de frecuencia es 9, quiere decir que el stock propuesto por la política llena 9 veces su espacio en bodega en el trimestre.

El indicador de frecuencia es clave en la propuesta de solución de este trabajo, ya que entrega una noción del abastecimiento de los productos en el tiempo, apoyando las decisiones sobre asignación de productos y gestiones de compra. Si bien, no permite calendarizar ni es clara su factibilidad con los procesos de compra, entrega un apoyo respecto si una política de abastecimiento es crítica o no en términos de la capacidad disponible. Por ejemplo, para indicadores de frecuencia mayores, la respectiva política rebasa en dimensiones proporcionales su asignación de capacidad: esto entrega un apoyo a la compra de productos, ya que al ser el indicador de frecuencia alto las opciones son distribuir los productos en las bodegas de las sucursales que tienen indicadores de frecuencia menores o bien gestionar compras sincronizadas de tiempos de respuesta del proveedor bajos.

4.2.3. Modelo de despliegue

En la figura 4.2, se presenta un despliegue tentativo de cómo debiera ser la interfaz de presentación de la solución (es tentativo, ya que en el último capítulo se ahonda mayormente en estos detalles).

Como se aprecia en el modelo de despliegue, a partir de los datos entregados por los modelos construídos en las secciones anteriores, se deben tomar 2 decisiones: la decisión de política de stock (decisión 1) en la cual el agente

Figura 4.2: Despliegue tentativo de interfaz. Se señalan las decisiones D1 y D2 que son los espacios modificables por las áreas comercial y de operaciones. El resto de la información se construye en base a los datos y modelos presentados en las secciones anteriores.

Módulo de Planificación de Stock		
Año Actual	<input type="text" value="<Año>"/> (y)	
Sucursal:	<input type="text" value="<Nombre Sucursal>"/> (i)	
Trimestre:	<input type="text" value="<Trimestre>"/> (t)	
SKU:	<input type="text" value="<Código SKU>"/> (j)	
Descripción:	<input type="text" value="<Descripción SKU>"/>	
Variables de Capacidad:		
Rubro	<input type="text" value="rubro si j está en rubro"/>	Modificable por el área comercial
Frecuencia de Abastecimiento	<input type="text" value="f(i,rubro,t)"/>	
Información Comercial		
Pronóstico de Venta	<input type="text" value="V^(y+1,i,j,t)"/>	
Venta año anterior	<input type="text" value="V(y,i,j,t)"/>	
Error porcentual pronóstico	<input type="text" value="e(i,j,t)"/>	
Política de Abastecimiento	<input type="text" value="S(y+1,i,j,t)"/> D1	
Chequeo Logístico (D2)	Acepta <input type="checkbox"/> Rechaza <input type="checkbox"/> Sugiere <input type="checkbox"/> En caso de sugerir: <input style="width: 100px; height: 20px;" type="text" value="<Texto o número>"/>	Modificable por operaciones

comercial visualiza la sugerencia entregada por el modelo en base a la estructura presentada en la sección 4.2.1. y puede, eventualmente, modificarla en base a su juicio comercial; si no la modifica, se mantendrá el valor que entrega el modelo. Si la modifica, el valor se actualiza en la base de datos y se recalculan las variables de Capacidad (en particular, el indicador de frecuencia). De esta manera, puede ir manejando la frecuencia de abastecimiento para su política.

La segunda decisión (Decisión 2) a tomar corresponde a la aceptación o rechazo de la política de abastecimiento propuesta por el área comercial. Esta decisión es tomada por los agentes de operaciones, y esta puede ser:

- Aceptar la política propuesta: en este caso, el operador logístico considera válida la propuesta de stock del agente comercial, en base a su juicio operacional e información de la bodega que él dispone, haciendo inmediatamente ejecutable la decisión 1.

- Rechazar la política propuesta: en este caso, el operador logístico rechaza la política según su criterio operacional e información disponible. En base a esto, se pueden hacer comités para evaluar los casos rechazados o generar conversaciones y acuerdos entre ambas áreas.
- Sugerencia: en este caso, el operador logístico sugiere un valor diferente al de la política (o no), y puede argumentar su posición en un cuadro de texto. También puede entregar comentarios desde su visión en la fase operativa del negocio.

Con un despliegue ordenado de la información necesaria para planificar, se mejora inmediatamente la planificación, se incorporan variables operacionales y comerciales, se implementa un sistema que apoye las decisiones y se permite definir las políticas de forma coordinada entre los departamentos. Al respecto de la implementación de esta solución y sus impactos organizacionales, el capítulo 5 contiene un desarrollo más extenso de estas menciones.

4.3. Resultados y Sugerencias

A continuación, se presentan los resultados de los modelos anteriores testados con información del año 2010 y 2011.

El primer cálculo que se realizaba para el modelo de capacidad es la asignación de espacio en las bodegas. Por ejemplo, en el cuadro 4.3 se presentan los resultados de la asignación de espacio para la sucursal de San Fernando. Las asignaciones para las otras sucursales del estudio, se pueden ver en el Anexo K.

Cabe destacar que para el caso de las bodegas de químicos, por acuerdos entre las líneas de Fertilizantes y Fitosanitarios, el espacio en la bodega se distribuye 50% para Fertilizantes, y 50% para Fitosanitarios. Esto es para todas las bodegas de químicos de la empresa. Lo anterior, no quita que producto de los resultados posteriores este acuerdo de capacidad entre ambas unidades sea cuestionable.

Calculado el espacio asignado para cada rubro, el cálculo siguiente es determinar la frecuencia de abastecimiento por rubro $f_{i,rubro,t}^{y+1}$, comprobando la po-

Cuadro 4.3: Ejemplo de asignación de volúmenes utilizando el modelo de asignación porcentual de capacidad, sucursal San Fernando. En la columna de porcentajes, se muestra el valor de $r_{i,rubro,t}^{y+1}$ (porcentaje asignado), y en la de volúmenes, el espacio asignado $Q_{i,rubro,t}^{y+1} = r_{i,rubro,t}^{y+1} Q_i$

San Fernando		1er Trimestre		2do Trimestre		3er Trimestre		4to Trimestre	
	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	
Alimentos (E)	17,4%	807,74	18,8%	871,04	13,6%	632,68	14,1%	656,24	
Lubricantes (G)	3,5%	163,28	2,1%	95,85	1,4%	66,57	1,2%	55,66	
Mercaderías (J)	24,4%	1130,80	24,8%	1152,74	26,7%	1238,67	21,5%	999,92	
Repuestos (H)	4,2%	196,03	4,2%	195,21	4,7%	218,18	5,2%	239,64	
Riego (I)	42,2%	1958,94	37,9%	1759,56	43,5%	2019,13	48,9%	2270,57	
Semillas (C)	0,3%	15,47	3,8%	174,52	1,5%	69,88	0,6%	29,12	
Veterinaria (D)	7,9%	368,73	8,4%	392,08	8,5%	395,88	8,4%	389,86	
TOTAL (Bod. Central)	100%	4641,00	100%	4641,00	100%	4641,00	100%	4641,00	

	% (r)	1er Trimestre	% (r)	2do Trimestre	% (r)	3er Trimestre	% (r)	4to Trimestre
		[m3]		[m3]		[m3]		[m3]
Fertilizantes (B)	50%	364	50%	364	50%	364	50%	364
Fitosanitarios (A)	50%	364	50%	364	50%	364	50%	364
TOTAL (Bod. Químicos)	100%	728	100%	728	100%	728	100%	728

lítica de stock sugerida en el modelo, en términos volumétricos $\sum_{j \in rubro} S_{ijt}^{y+1} VU_j$, con la capacidad calculada por rubro $Q_{i,rubro,t}^{y+1}$. En el cuadro 4.4 se presentan los resultados de este indicador para las sucursales de Rancagua y Curicó.

Con estos resultados, se puede visualizar cuántas veces el stock de la política llena las bodegas. Según ese número, lo correcto es realizar el abastecimiento parcelado dependiendo de cuánto sea la frecuencia. Por ejemplo, un rubro que tiene frecuencia 8 en un trimestre, implica que la política agregada llena la bodega cada 1,5 semanas en promedio. En este sentido, se recalca que el indicador de frecuencia no necesariamente calendariza la compra, ya que esto depende de la factibilidad para comprar de esa forma.

Un análisis resultante de la información de frecuencia es que parece razonable cuestionar los acuerdos de espacio en bodega existentes entre los rubros de fertilizantes y fitosanitarios, para algunas sucursales en estudio. Por ejemplo, en la sucursal de Rancagua, las condiciones de la demanda que subyacen desde la política de stock muestran frecuencias mayores en fitosanitarios que en fertilizantes, a excepción del tercer trimestre; en este sentido, se puede reajustar el espacio de forma proporcional, a fin de reducir los indicadores de frecuencia en el rubro de fitosanitarios. Este reajuste, a priori, puede ser realizado de forma proporcional, recalculando el porcentaje asignado en base al stock volumétrico agregado ($r \approx \frac{SVA_{fitosanitarios}}{SVA_{fitosanitarios} + SVA_{fertilizantes}}$, análogamente para fertilizantes)

Cuadro 4.4: Indicador de frecuencias para Rancagua y Curicó, calculado en base al stock volumétrico agregado (SVA) dividido en la capacidad asignada. El resto de las sucursales, ver anexo L

Rancagua	1er Trimestre			2do Trimestre			3er Trimestre			4to Trimestre		
	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia
	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u
Alimentos (E)	2942,95	464,72	6,33	3796,16	350,84	10,82	5435,75	448,48	12,12	4616,22	391,32	11,80
Fertilizantes (B)	3475,34	630,00	5,52	12323,40	630,00	19,56	29345,76	630,00	46,58	4723,60	630,00	7,50
Fitosanitarios (A)	6841,03	630,00	10,86	25424,32	630,00	40,36	10484,39	630,00	16,64	16194,75	630,00	25,71
Lubricantes (G)	281,07	141,98	1,98	569,29	123,22	4,62	569,40	134,86	4,22	392,85	144,00	2,73
Mercaderías (J)	4852,53	849,34	5,71	3844,78	710,07	5,41	5890,19	840,57	7,01	5273,51	894,76	5,89
Repuestos (H)	67,38	120,43	0,56	51,53	103,23	0,50	60,87	118,32	0,51	96,91	127,67	0,76
Riego (I)	29634,59	2030,10	14,60	1953,63	2012,48	0,97	11963,83	1856,38	6,44	21976,33	2096,04	10,48
Semillas (C)	185,32	141,22	1,31	1052,44	480,15	2,19	510,49	385,20	1,33	349,40	172,61	2,02
Veterinaria (D)	262,47	230,21	1,14	360,76	198,01	1,82	151,61	194,20	0,78	285,96	151,59	1,89

Curicó	1er Trimestre			2do Trimestre			3er Trimestre			4to Trimestre		
	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia
	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u
Alimentos (E)	2588,97	1362,91	1,90	5273,20	1487,52	3,54	5689,59	1264,36	4,50	3135,56	1445,17	2,17
Fertilizantes (B)	6453,34	2584,00	2,50	8664,56	2584,00	3,35	4352,71	2584,00	1,68	8974,60	2584,00	3,47
Fitosanitarios (A)	5348,98	2584,00	2,07	12476,79	2584,00	4,83	10234,53	2584,00	3,96	9685,56	2584,00	3,75
Lubricantes (G)	483,38	239,91	2,01	337,85	221,40	1,53	327,29	207,09	1,58	1067,64	235,16	4,54
Mercaderías (J)	3747,23	1643,11	2,28	2193,39	1562,24	1,40	2519,71	1731,60	1,46	5587,29	1770,34	3,16
Repuestos (H)	186,66	271,89	0,69	278,55	275,45	1,01	515,45	286,38	1,80	333,90	292,88	1,14
Riego (I)	1766,70	7837,54	0,23	2574,57	7092,17	0,36	1842,31	7049,91	0,26	1855,31	7496,74	0,25
Semillas (C)	785,94	398,89	1,97	11002,39	1179,31	9,33	457,49	1257,01	0,36	253,92	506,15	0,50
Veterinaria (D)	444,54	757,75	0,59	334,45	693,92	0,48	297,22	715,64	0,42	1117,81	765,56	1,46

Este indicador **permite negociaciones internas en el área comercial**: por ejemplo, hay rubros donde la frecuencia es menor a 1 en un trimestre. En esos casos, la política de stock genera capacidad ociosa, por lo que se puede otorgar espacio a otros rubros donde la frecuencia es mayor, y reajustar las asignaciones de capacidad en base a acuerdos internos.

Otra de las ventajas del indicador es que **se puede realizar comparaciones con otras sucursales y apoyar la política de transferencias**. Por ejemplo, en el cuadro 4.4. podemos apreciar que los indicadores de frecuencia de Rancagua son evidentemente más altos que los de Curicó, al ser Curicó una bodega de mayor dimensión. En este sentido, una recomendación que apoya el sistema construido es mantener el stock de Rancagua (donde el $f > 8$ por ejemplo) en las bodegas de Curicó, cuando la frecuencia es demasiado alta: un ejemplo de esto, es el rubro de riego, que en el primer trimestre tiene una frecuencia de 14,60 en Rancagua y 0,23 en Curicó.

También, el indicador **apoya directamente el proceso de compra**: al conocerse la frecuencia de abastecimiento necesaria, la compra de productos se puede manejar según este estándar. Incluso, pueden manejarse estrategias de compra con los proveedores cuando los indicadores de frecuencia son muy

altos: por ejemplo, el caso de Fitosanitarios del segundo trimestre en Rancagua (Cuadro 4.4) tiene frecuencia 40,36: esto quiere decir que se debe realizar un abastecimiento 40 veces en un trimestre. En este sentido, al momento de comprar los productos de este rubro para Rancagua conviene negociar con los proveedores estrategias de VMI (Vendor Managed Inventory: es decir, que el proveedor maneje inventarios del cliente en su bodega), que permitan generar capacidad adicional para este abastecimiento.

En resumen, el modelo elaborado en esta propuesta se hace cargo de la problemática logística de Copeval en sus diversas dimensiones:

- En la dimensión de **planificación**, se ha demostrado que la propuesta permite realizar una planificación de política de stock en base a información de ventas. Además, la solución es dinámica y aplicable en cualquier instante de tiempo.
- En la dimensión **operacional**, la solución hace partícipe al área de operaciones del proceso de planificación, mediante el chequeo logístico; Además, entrega información de capacidad de bodegas y contrarresta mediante indicadores de frecuencia las políticas de stock.
- En la dimensión **comercial**, la solución permite a los agentes comerciales planificar el abastecimiento, apoya el proceso de compra, la planificación de transferencias y las negociaciones internas de espacio en bodega con indicadores de frecuencia. Además, entrega una sugerencia de stock modificable y flexible al cálculo de frecuencia.
- En la dimensión **organizacional**, la herramienta mejora la coordinación entre los departamentos de gestión comercial y operacional, haciéndolos partícipes del proceso de planificación y almacenamiento, y mejorando la gestión en estos procesos claves del negocio.

4.4. Aplicación de modelos y sistema de apoyo a la coordinación y gestión

Es claro que la herramienta diseñada en este trabajo constituye una versión completamente primaria, un prototipo si se quiere señalar. En realidad, el potencial de los modelos estudiados radica en las posibilidades que tienen de ser mejorados y constituir una poderosa fuente de conocimiento para el negocio.

La herramienta propuesta tiene potenciales aplicaciones en lo que respecta al control de gestión de inventarios. Una dimensión de planificación seriamente abordada desde pronósticos de ventas y políticas de stock permiten las siguientes situaciones para los procesos logísticos:

- La planificación de stocks y los pronósticos traen las ventajas de poseer información guía respecto de situaciones futuras: en este sentido, permite alinear la gestión de productos en los diferentes procesos de la cadena logística (compra, recepción, almacenamiento, venta y despacho) y generar programas: esto relacionado directamente a la implementación de los objetivos estratégicos de la compañía.
- Adicionalmente, la programación de stocks permite el control posterior de las políticas de abastecimiento. En efecto, los resultados de la programación en ejecución son perfectamente medibles y por ende, evaluables. En este sentido, corresponderá testear por medio de análisis de desviaciones las diferencias entre el stock proyectado (política) por medio de la programación y lo que realmente se ejecute posterior al plan. De esta forma, se hace una conexión entre los planes de stock y los presupuestos, generando una integración entre diversas áreas de gestión, alineando de forma coherente el proceso de gestión de inventarios. La dimensión de análisis de desviaciones es una mejora al sistema actual propuesto de fácil implementación.
- La herramienta está diseñada para solucionar los conflictos de coordinación entre los departamentos que participan del proceso logístico de Co-peval. Y no sólo lo hace en términos de diseño de acuerdos, como se ha señalado en las secciones anteriores: también constituye una herramienta que por medio de la programación de inventarios puede generar un

mecanismo de incentivos orientados en base a la estrategia de la compañía (disponibilidad y despacho). Con un análisis de desviaciones descrito en base al modelo, la herramienta permite enfocar incentivos en virtud de una cultura de coordinación entre las áreas, respondiendo a ser una empresa enfocada en cumplir sus objetivos de forma alineada entre los departamentos comerciales y operacionales.

En base a lo anterior, se plantea un mecanismo de incentivos en base al análisis de desviaciones, que debe considerar las siguientes características:

- La planificación actual espera que los actores involucrados incorporen su juicio experto a los pronósticos, de acuerdo a su conocimiento sobre el mercado y el negocio. En este sentido, las desviaciones de la situación real con lo programado deben respaldarse con incentivos en la medida que justifiquen un beneficio operacional y/o comercial. Si los incentivos son sólo en función de resultados comerciales, se volverá a caer en una situación de descoordinación entre los 2 departamentos y los planes que entregue el modelo propuesto en este proyecto no serán útiles. De esta manera, ante desviaciones no justificadas en un beneficio directo a la gestión de stocks, se plantea incentivar a conservar y respetar los planes coordinados resultantes del sistema de apoyo.
- En consecuencia, es conveniente realizar “gestión de las justificaciones”; entendiendo que no todas las justificaciones sean consideradas como válidas o beneficiosas. En caso contrario, existirán incentivos del personal involucrado a justificar todas las desviaciones del plan en base a beneficios no válidos.

5. Directrices sobre implementación de propuesta

5.1. Directrices sobre implementación del sistema de apoyo

En el capítulo anterior se presentó la propuesta de solución a las problemáticas en los procesos logísticos de Copeval. En particular, se hizo un diseño de interfaz (despliegue) tentativo que soporta los modelos de capacidad y planificación efectuados, y se señaló también las ventajas particulares de la interfaz presentada. El objetivo de esta sección es entregar directrices acerca de cómo implementar este despliegue en los sistemas de información actuales de Copeval.

Un primer análisis que permite guiar la implementación de un sistema es analizar los casos de uso de la interfaz propuesta. Para esto, se utilizará como guía la clásica metodología de casos de uso y modelamiento UML¹, que permite dar claridad sobre los requerimientos del sistema:

- Actores:
 - Subgerente Comercial: cuyo rol respecta al control total de las tareas de planificación de stocks, compras, negociaciones técnicas y distribución de los productos de su respectivo rubro. Adicionalmente evalúa introducción de nuevos productos, generación de nuevos mercados y reporta resultados del rubro directamente a los directores y la gerencia general.
 - Logístico Sucursal: Encargado del abastecimiento descentralizado, controla directamente la recepción y despacho de productos desde la bodega a su cargo, además de solicitudes de productos (sobre

¹Sigla en inglés de Unified Modelling Language, es el lenguaje de modelado de sistemas de software más utilizado actualmente. Una de sus principales herramientas de modelamiento es el análisis de casos de uso.

todo cuando los stocks son bajos). Maneja nociones de capacidad en las bodegas.

- **Asistente Comercial:** está encargado de gestionar los requerimientos de compra de la subgerencia respectiva, además de realizar los planes de abastecimiento.
- **Jefe de Sucursal:** es el encargado del funcionamiento general de la sucursal, en términos operacionales, administrativos, comerciales y de recursos humanos. Realiza controles al logístico de sucursal respecto a sus funciones y también sugiere en la política de abastecimiento de la sucursal que tiene a cargo.

■ **Casos de uso:**

● **Caso de uso 1:** Chequeo Logístico

- *Actores involucrados:* Logístico Sucursal
- *Propósito:* Chequear la política sugerida por el sistema, o la modificación de esta que realice previamente un agente comercial, para una entrada determinada (sucursal, trimestre, sku).
- *Tipo:* Primario
- *Descripción:* El Logístico de la sucursal Chequea la política de stock sugerida aceptando, rechazando o realizando una nueva sugerencia, para una entrada dada (sucursal, trimestre, sku).

● **Caso de uso 2:** Consultar sugerencia de política de stock

- *Actores involucrados:* Logístico Sucursal, Asistente Comercial, Jefe Sucursal, Subgerente Comercial.
- *Propósito:* Consultar la política de stock sugerida por el sistema para una entrada (sucursal, trimestre, sku) o input en particular.
- *Tipo:* Primario.
- *Descripción:* Los actores involucrados pueden realizar consultas sobre la política de stock del próximo año para un input en particular. Basta con que ellos ingresen el input que buscan.

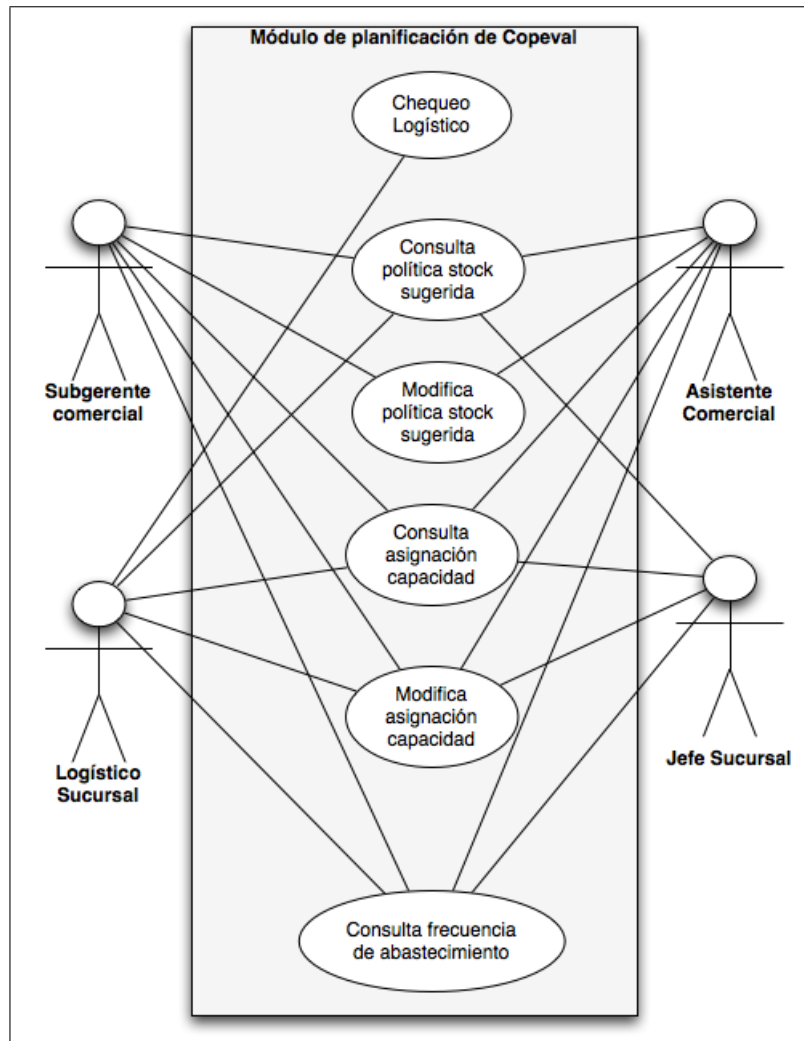
● **Caso de uso 3:** Modificar sugerencia política de stock

- *Actores involucrados:* Subgerente Comercial, Asistente Comercial.
- *Propósito:* Modificar la sugerencia de stock propuesta por el sistema, para una entrada (sucursal, trimestre, sku) dada.

- *Tipo:* Primario.
- *Descripción:* Los actores involucrados pueden modificar la propuesta de stock entregada por el sistema para el próximo período, en base a su criterio comercial u otra información que ellos dispongan, para un input dado (sucursal, trimestre, sku).
- **Caso de uso 4:** Consultar asignación de capacidad en bodegas por rubro/trimestre.
 - *Actores involucrados:* Logístico Sucursal, Asistente Comercial, Jefe Sucursal, Subgerente Comercial
 - *Propósito:* Consultar el espacio (m3) asignado por el sistema para cada rubro en alguna bodega determinada, en un período (trimestre) particular.
 - *Tipo:* Secundario
 - *Descripción:* Los actores pueden consultar y visualizar cuánto espacio se asigna a cada rubro en una bodega/trimestre determinado. Además pueden ver el porcentaje de asignación de espacio.
- **Caso de uso 5:** Modificar asignación de capacidad en bodegas.
 - *Actores involucrados:* Subgerente Comercial, Jefe Sucursal, Logístico Sucursal, Asistente Comercial
 - *Propósito:* Modificar el espacio (m3) asignado por el sistema para cada rubro en alguna bodega determinada, en un período (trimestre) particular.
 - *Tipo:* Secundario
 - *Descripción:* Los actores pueden modificar cuánto espacio se asigna a cada rubro en una bodega/trimestre determinado. Además pueden ver la reasignación de los espacios restantes y analizar las variaciones en indicadores de frecuencia.
- **Caso de uso 6:** Consultar frecuencia de abastecimiento de un rubro.
 - *Actores involucrados:* Subgerente Comercial, Jefe Sucursal, Logístico Sucursal, Asistente Comercial
 - *Propósito:* Visualizar la frecuencia de abastecimiento de un rubro en particular, para una bodega/trimestre dada.
 - *Tipo:* Secundario

- *Descripción:* Los actores pueden consultar los indicadores de frecuencia para un rubro-bodega-trimestre en particular, o ver los indicadores de frecuencia de varios rubros a la vez.

Figura 5.1: Diagrama UML del sistema propuesto



En general, la implementación de esta solución pasa por temas básicos de implementación de un sistema. Todos los datos requeridos para que los modelos funcionen y calculen están disponibles en los reportes que actualmente maneja la interfaz Qlikview. En este sentido, el costo de programación es relativamente bajo, ya que los moldes esenciales están programados en esta interfaz (capa de datos): es decir, todos los cambios que se requieren se deben llevar a cabo en la **capa de presentación de los datos** y en la **capa de negocio** (donde va la

programación de los modelos). Se sugiere diseñar un despliegue que considere los casos de uso enunciados en este análisis y esté integrado a la plataforma actual (Qlikview) para abaratar costos de programación y diseño.

5.2. Implementación en términos organizacionales

Al involucrar una solución tecnológica en la organización, es fundamental considerar el factor organizacional, factor clave para el funcionamiento adecuado de la solución. Para una implementación exitosa en términos organizacionales, se deben considerar las 4 aristas de la gestión de cambio producto de la inclusión del sistema propuesto:

- **Arista Cultural:** Para la implementación de la solución propuesta en Copeval, se debe inculcar en los actores involucrados la importancia del proceso de planificación y almacenamiento como un elemento clave de valor para la organización. En este sentido, es relevante generar un espacio de presentación del elemento tecnológico como una mejora, mencionando las ventajas al momento de realizar los planes de abastecimiento, la gestión de compras y los procesos de almacenamiento.
- **Arista de Personas:** Actualmente, las personas que participan de los procesos de planificación y gestión de almacenamiento conocen muy bien el trabajo que realizan; en este sentido, el enfoque de personas está lejos de considerar nuevos equipos de trabajo. El objetivo de la arista de personas en esta gestión de cambio en particular debe ser el de integrar a los equipos actuales a participar de la solución propuesta, realizando las capacitaciones que sean pertinentes.
- **Arista de Estructura interna de la organización:** La propuesta de solución entregada a Copeval en este trabajo no requiere cambios importantes en términos de estructura organizacional, ya que es una solución ligada directamente a las prácticas que se llevan a cabo por distintos actores. Además, la solución presenta como una de sus ventajas la mejora en la coordinación de los departamentos de gestión comercial y gestión operacional, por lo que no se requiere (ni se justifica) creación de nuevos departamentos dentro de la organización.

- **Arista de Tecnología Propuesta:** Tal como se ha señalado en capítulos anteriores, el sistema diseñado constituye un apoyo a la gestión de inventarios actual de la empresa. Es una herramienta complementaria y no sustitutiva de los sistemas antiguos (y probados) dentro de la organización. En este sentido, todo lo que entrega el sistema se constituye como una sugerencia modificable.

6. Conclusiones Finales del Trabajo

6.1. Conclusiones

El desarrollo de este trabajo se basó en un método científico generalizado y utilizado en cualquier nivel de estudio de casos y problemáticas de Ingeniería. Este método científico consta de 5 etapas fundamentales: estas 5 etapas son exactamente la estructura de este trabajo, por lo que las conclusiones son, para cada etapa, las siguientes:

- Análisis de la situación actual (observable): tal como se señaló en el primer capítulo de este estudio, en la entrada al análisis del funcionamiento logístico y la gestión de inventarios se observaron situaciones de colapso en la capacidad de los almacenes de Copeval en estudio (6ta y 7ma Región, en el tercer y cuarto trimestre de 2011), además de descoordinaciones interdepartamentales en los procesos de planificación del abastecimiento a sucursales; situaciones que generan pérdida de valor en 2 actividades claves del negocio de Copeval, como lo son la planificación de stocks y la gestión de inventarios. Se reconoce que las situaciones observadas constituyen un dolor importante para el desempeño del negocio de Copeval, por estas razones expuestas.
- Diagnóstico (Causas): En el segundo capítulo de este estudio, se realizó un análisis cualitativo de la situación actual de la empresa, que permitió derivar en las causas de las problemáticas detectadas en los procesos de gestión logística. Mediante un enfoque causa-efecto se detecta que el problema de gestión de stocks (cuyo efecto observable es el colapso en la capacidad de las bodegas) tiene como principales causas una incorrecta planificación del abastecimiento (soportada en la deficiente información utilizada en los planes, además del uso incorrecto de la planificación ac-

tual), un sistema de información que no apoya la planificación (al poseer un enfoque e integración de los datos no acorde al proceso en cuestión) y el desinterés organizacional en mejorar el proceso de planificación actual.

- Reconocimiento del problema: En el tercer capítulo de este trabajo, el enfoque fundamental es detectar en la información disponible, situaciones adversas que permitan reconocer cuantitativamente la existencia de un problema en la gestión del inventario. Mediante modelos probabilísticos basados en correlaciones de stock y ventas, se pudo cuantificar una gran cantidad de casos en rubros y sucursales donde las probabilidades de quiebre y sobrestock superaron el estándar de la industria (7%). En base a esto se reconoce la existencia de un problema en la gestión de los inventarios de Copeval. Adicionalmente, el modelo propuesto representa una manera de mostrar la importancia de la problemática de la empresa en términos de su gestión, ya que los resultados reflejan que los problemas de descoordinación entre los departamentos producen de forma subyacente un desalineamiento con los objetivos estratégicos de la compañía, basados en disponibilidad de productos y buen despacho.
- Propuesta de solución: el cuarto capítulo del trabajo incluyó la propuesta de solución, atacando las causas (gestionables) de los problemas detectados en los capítulos anteriores. Se plantea un modelo de política de abastecimiento en base a un pronóstico de ventas y se contrarresta los resultados con un análisis de capacidad de las bodegas en estudio. Los resultados del modelo permitieron detectar situaciones en donde la frecuencia de abastecimiento de productos eran demasiado altas versus la satisfacción de la demanda. Estos casos, que hasta el planteamiento de la solución eran posiblemente situaciones de colapso en las bodegas, ahora son anticipadamente gestionables en la planificación del abastecimiento o en el plan de compras, tal como se sugiere desde el análisis. De esta forma, el sistema propuesto apoya la gestión de 2 actividades claves en la cadena de valor de Copeval: planificación y almacenamiento, constituyendo una mejora importante a la situación actual de la empresa. Además, la solución permite desde su génesis, determinar mediciones para controlar la gestión en base a las desviaciones futuras que pudieran producirse desde la planificación: con este análisis, es posible entregar directrices sobre mecanismos de incentivos que faciliten el alineamiento de las áreas involucradas en busca de cumplir los objetivos estratégicos de la compañía.

- Implementación: el quinto capítulo del trabajo entrega el modelamiento por casos de uso del sistema de apoyo a la gestión de inventarios, además de antecedentes relevantes asociados a la gestión de cambio que subyace desde la introducción de nuevas tecnologías en la organización. Se concluye que el elemento cultural es esencialmente relevante, ya que las personas deben conocer las ventajas y el valor que otorga la nueva tecnología a los procesos donde están involucradas.

Considerando el desarrollo del proyecto, se señala que el estudio realizado cumple los objetivos iniciales que motivaron su ejecución, estableciendo una herramienta que apoya directamente los procesos de planificación de la empresa. Si bien el análisis fue acotado a sucursales de la sexta y séptima región, una ventaja importante de los modelos planteados es que son expandibles a todas las sucursales de la empresa y aplicables en organizaciones que presenten entre sus actividades claves de negocio la planificación y el almacenamiento de productos.

6.2. Recomendaciones al proyecto y la empresa asesorada

En primer orden, se presentan las siguientes recomendaciones a la empresa asesorada, en virtud de lo desarrollado en este trabajo:

- Se sugiere mejorar la estructura actual de datos en términos de registros, consolidación y completitud. Si bien, los datos existentes para el desarrollo de este proyecto pudieron lograr la construcción del sistema y el cumplimiento de los objetivos, es preciso señalar que una base de datos con registros más completos de ventas y stock (más desagregados), o incluso variables de clima y precios, permitirían eventualmente el desarrollo de modelos predictivos más específicos y con mayor capacidad de acierto para las expectativas comerciales. La sugerencia es meramente completar la estructura de datos actual.
- En segundo orden, es preciso actualizar la información sobre volumen unitario de productos. La base de datos disponible sobre esto actualmente presenta vacíos, sobre todo en lo que respecta a productos introducidos en el último tiempo.

- En tercer orden, se sugiere completar la información respecto a procesos logísticos, para permitir una mejor gestión global de ellos. Tal como se diagnostica en el capítulo 2 de este trabajo, una deficiencia que presenta la empresa asesorada es la falta de mediciones respecto a sus procesos logísticos. En este sentido, es importante que la empresa empiece a obtener métricas para la gestión de estos procesos: por ejemplo, mediciones de tiempos de entrega (lead time), mediciones de tiempos de flota, mediciones de quiebre de stock en sucursales, cuantificación de los procesos de introducción de nuevos productos, entre otras.

Respecto al proyecto, se destaca que lo presentado en este trabajo corresponde a una primera fase del proyecto: esto ya que el desarrollo de un sistema de apoyo a la gestión de inventarios puede incluir varias fases posteriores que mejoren de manera exitosa la implementación y el desempeño de la herramienta. En virtud de esto, se recomienda para las siguientes fases del proyecto consideraciones como:

- **Integrar a los resultados de la planificación mediciones de rentabilidad:** en su primera fase, la herramienta no integra variables de rentabilidad (retorno, margen) en la gestión y planificación de productos. Sin embargo, en una segunda fase del proyecto se puede integrar de manera simple mediciones de rentabilidad: por ejemplo, se puede priorizar la planificación de stocks en base a rankings de productos según su porcentaje de retorno o margen. Por ejemplo, priorizar la planificación de los productos Top-100 o Top-50 de cada rubro.
- **Integrar a los resultados de la planificación expectativas comerciales:** actualmente las expectativas de crecimiento en ventas o lanzamiento de nuevos productos en base a las necesidades de mercado se basan en juicios de expertos en el negocio agroindustrial (vendedores a terreno, subgerentes y fuerza de ventas especialista). En este sentido, una mejora al proyecto en fases posteriores sería integrar un complemento que incluya de forma numérica o cualitativa los juicios de expertos a la planificación, para así, al utilizar la herramienta en fase inicial sean consideradas las expectativas comerciales dentro del proceso de planificación y programación de inventarios.

- **Mejorar la capacidad predictiva y de acierto del modelo actual:** Si bien el modelo de predicción de ventas utilizado en esta primera fase es una herramienta recomendada para predicción a corto plazo y con buena capacidad de acierto en este tipo de casos, de la recomendación de mejora al soporte de datos subyace la sugerencia de mejorar la herramienta predictiva, intentando modelos con más rezagos, variables de influencia o mecanismos de mayor complejidad y efectividad, como redes neuronales, modelos lineales generalizados, metodologías multivariantes, entre otros.

Bibliografía

1. KOTLER, Philip y KELLER, Kevin Laneco. Marketing Management. Prentice Hall, 12th Edition, 2006. 816 p. ISBN 0-13-600998-0.
2. JOHNSON, Michael. Service Level Management: What you Need to Know For It Operations Management. Tebbo, 1st Edition, 2011. 518 p. ISBN-13 978-0131457577.
3. GOÑI Garrido, Jaime. Estados Financieros Consolidados de Copeval. Publicación al 31 de Diciembre de 2010. 50 p.
4. BANCO CENTRAL DE CHILE, Informe de Cuentas Nacionales, cuarto trimestre 2011 [En línea]. Publicaciones trimestrales, Diciembre 2011. [fecha de consulta: Abril 2012]. http://www.df.cl/prontus_df/site/artic/20120319/asocfile/20120319161348/cuentasnacionales_cuarto_trimestre2011_bcentral.pdf
5. CISCO Systems, Inc. Service Level Management: Best Practices White Paper. [En línea]. Cisco Documents, Octubre 2005. [fecha de consulta: Diciembre 2011]. Disponible en: http://www.cisco.com/en/US/tech/tk869/tk769/technologies_white_paper09186a008011e783.shtml
6. BOSCH Máximo, HILGER, Rafael y SCHILKRUT Ariel, La medición de faltantes en la góndola [En línea]. 2004. [fecha de consulta: Abril 2012] Disponible en: <http://www.dii.uchile.cl/~ceges/>

7. FIGUEROA López, José y SÁNCHEZ Ceballos, Jorge. Análisis Situacional de la gestión operativa de almacenes, Universitat Politècnica de Catalunya [En línea]. 2004. [fecha de consulta: Abril 2012] Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/3079>

8. JIMÉNEZ, José Felipe, GÁZQUEZ, Juan Carlos, SÁNCHEZ, Raquel, La capacidad predictiva en los métodos Box-Jenkins y Holt-Winters: una aplicación al sector turístico [En línea]. 2006. [Fecha de consulta: Agosto 2012] Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2150087>

Anexos

Anexo A: Información Financiera de Copeval S.A. separada en Filiales

Información general sobre resultados	Copeval S.A.	Copeval Agroindustrias	Copeval Capacitación	Copeval Servicios	FIP	Eliminación	Consolidado
Ingresos de las actividades ordinarias	173.357.110	42.396.570	146.824	6.271.083	976.265	-23.119.115	200.028.737
Gastos de Administración	-11.344.030	-405.736	-12.529	-228.457	-	-	-11.990.752
Gastos por intereses	-5.165.181	-676.230	-186	-252.355	-	-	-6.093.952
Ganancia bruta	18.620.249	2.482.026	84.815	973.332	701.822	-88.955	22.773.289
Total ganancia (pérdida) del segmento antes de impuesto a la renta	4.244.151	1.439.721	72.100	479.249	701.822	-2.187.275	4.749.768
Total (gasto) ingreso por impuesto a la renta	-194.560	-135.151	-7.215	-32.793	-	-	-369.719
Activos corrientes totales por segmentos	120.834.370	10.073.959	297.003	4.995.594	5.018.234	-14.266.225	126.952.935
Activos no corrientes por segmentos	30.831.127	22.765.923	52	3.321.802	-	-13.196.379	43.722.525
Pasivos corrientes totales por segmentos	92.831.287	17.968.271	35.477	6.014.420	74.973	-14.266.225	102.658.203
Pasivos no corrientes totales por segmentos	27.800.334	5.309.273	470	919.161	-	-	34.029.238
Índice de liquidez por segmentos	1,30	0,56	8,37	0,83	66,93	-	1,24
Propiedades, Planta y Equipo por segmentos	14.776.294	22.721.573	-	3.095.146	-	-	40.593.013
Total activos del segmento	151.665.497	32.839.882	297.055	8.317.396	5.018.234	-	170.675.460
Total pasivos del segmento	120.631.621	23.277.544	35.947	6.933.581	74.973	-	136.687.441

Anexo B: Ficha Técnica de COPEVAL S.A.

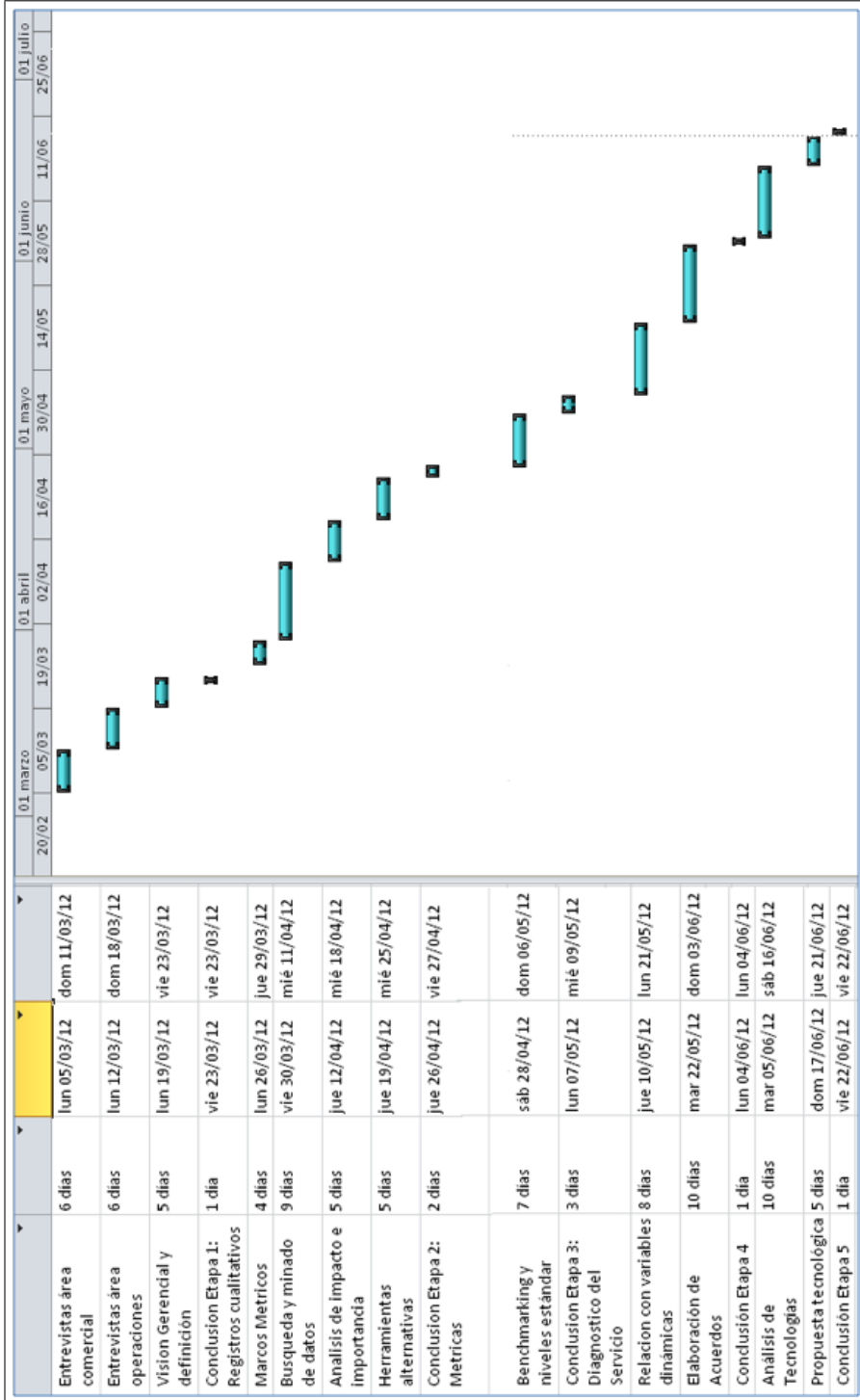
- Nombre o Razón Social : Compañía Agropecuaria COPEVAL S.A.
- R.U.T. : 81.290.800-6
- N° Registro de Valores : 828
- Domicilio Casa Matriz : Avda. Manuel Rodríguez N°1099
- Tipo de Sociedad : Sociedad Anónima Abierta
- Comuna : San Fernando
- Ciudad : San Fernando
- Región : Libertador Bernardo O´Higgins
- Código postal : San Fernando, Casilla 301.
- Casilla electrónica : copeval@copeval.cl
- Página WEB : www.copeval.cl
- Teléfono Casa Matriz : 072-740300
- Fax Casa Matriz : 072-740301

Anexo C: PIB por clase de actividad Económica (Informe cuentas nacionales, Banco Central (cuarto trimestre 2011))

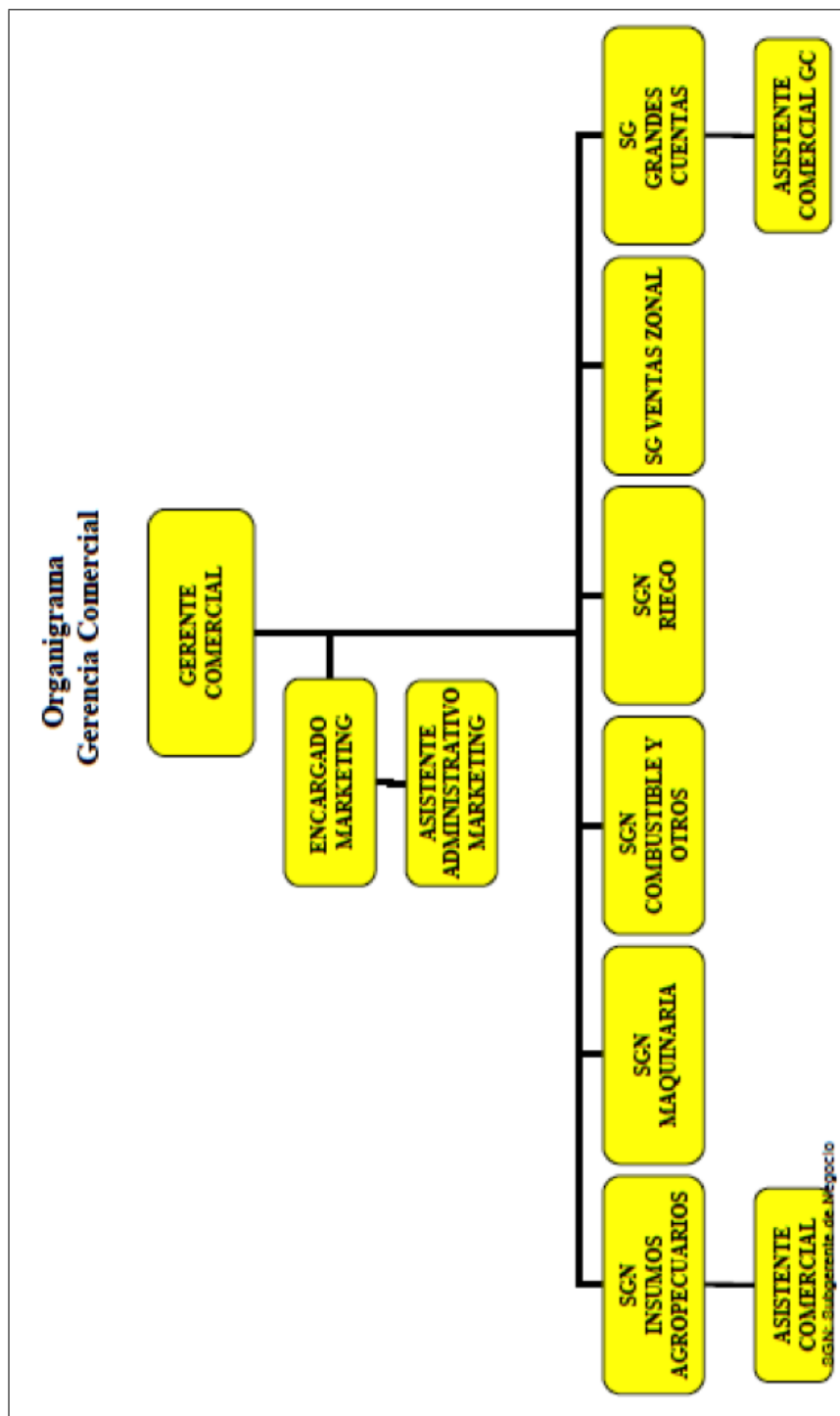
Producto interno bruto por clase de actividad económica, anual, precios corrientes
(Millones de pesos)

Ítem	2008	2009	2010 (1)	2011 (2)
Agropecuaria-silvícola	2.711.891	2.738.801	3.133.628	3.328.749
Pesca	405.094	427.991	367.417	424.545
Minería	13.164.592	12.670.391	17.743.751	18.262.657
Minería del cobre	12.007.282	11.649.569	16.444.018	16.190.770
Otras actividades mineras	1.157.310	1.020.821	1.299.732	2.071.888
Industria manufacturera	10.506.172	10.892.426	11.879.514	13.129.927
Alimentos	2.238.860	2.720.168	2.871.254	3.123.930
Bebidas y tabaco	1.490.980	1.599.232	1.677.786	1.898.666
Textil, prendas de vestir y cuero	345.926	277.052	293.534	315.070
Madera y muebles	576.377	448.309	479.730	419.276
Celulosa, papel e imprentas	1.427.606	1.253.284	1.599.003	1.593.821
Refinación de petróleo	529.011	649.591	675.330	964.591
Química, caucho y plástico	1.574.291	1.582.585	1.686.469	1.963.145
Minerales no metálicos y metálica básica	875.130	627.481	704.003	858.837
Productos metálicos, maquinaria y equipos y otros	1.447.991	1.734.724	1.892.406	1.992.590
Electricidad, gas y agua	2.496.997	3.006.976	2.614.175	2.829.820
Construcción	6.891.485	7.197.372	7.896.178	8.916.291
Comercio	7.916.055	7.438.493	8.609.870	9.467.766
Restaurantes y hoteles	1.250.229	1.402.018	1.684.913	1.917.615
Transporte	4.462.918	4.162.644	4.662.730	4.906.137
Comunicaciones	1.856.790	1.980.734	2.175.018	2.319.387
Servicios financieros	4.868.571	5.088.370	5.168.184	5.049.548
Servicios empresariales	11.443.187	12.077.695	13.821.731	15.655.893
Servicios de vivienda	4.600.617	5.105.411	5.444.770	6.021.032
Servicios personales (3)	9.502.672	10.562.648	11.491.118	12.793.180
Administración pública	3.808.922	4.410.047	4.831.021	5.207.342
PIB a costo de factores	85.888.192	89.162.018	101.524.018	110.229.891
Impuesto al valor agregado	7.386.977	7.173.512	8.194.360	9.347.632
Derechos de importación	572.764	463.631	653.046	655.081
PIB a precios de mercado	93.847.932	96.799.161	110.371.423	120.232.603

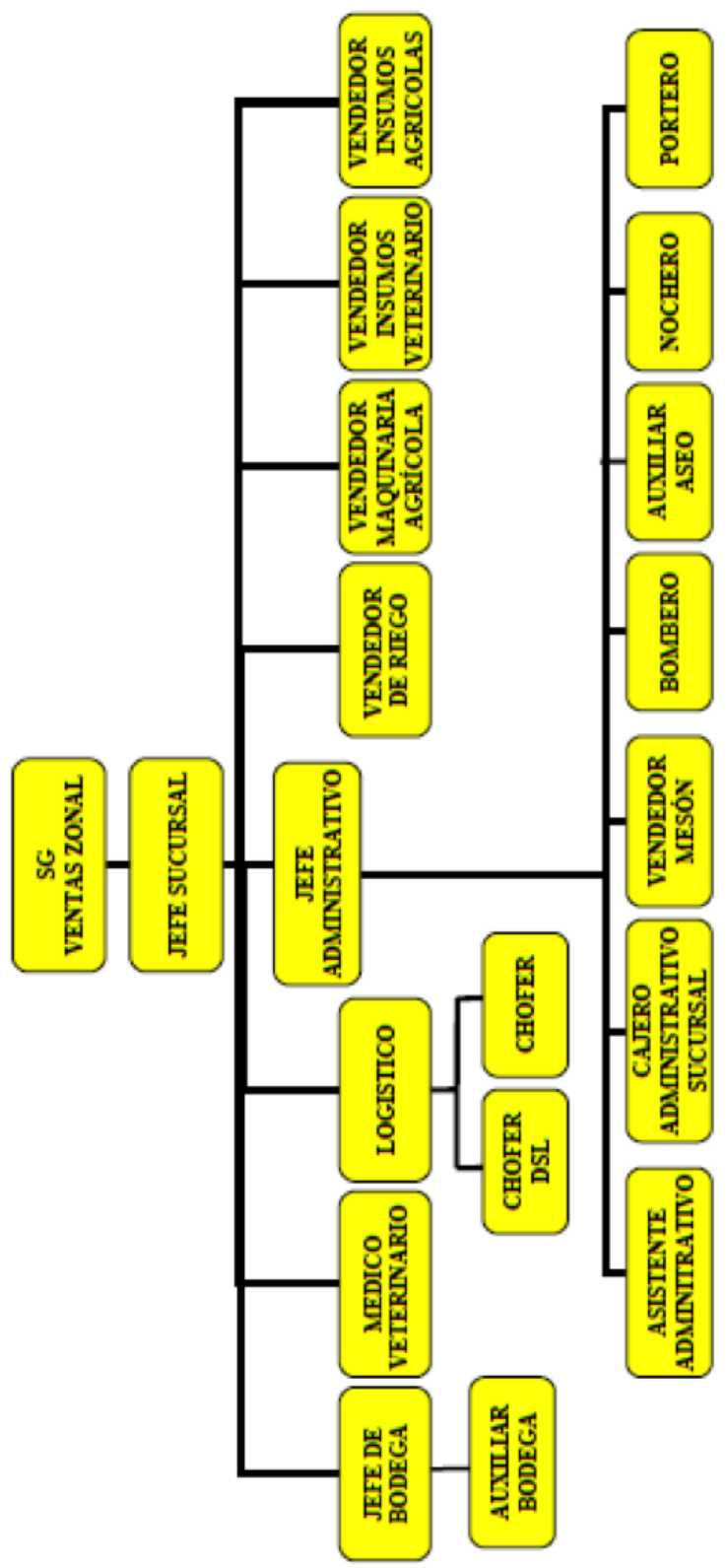
Anexo D: Carta Gantt del Proyecto



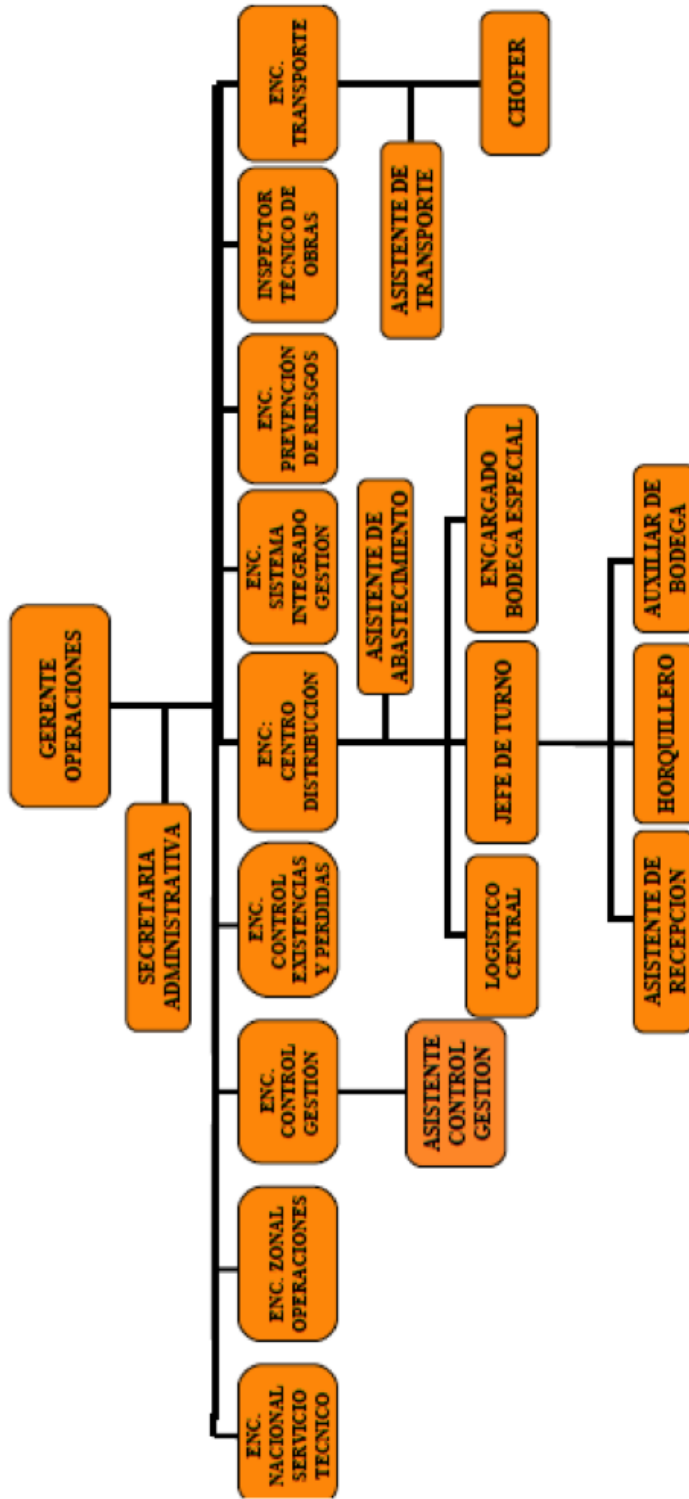
Anexo E: Organigramas de Copeval



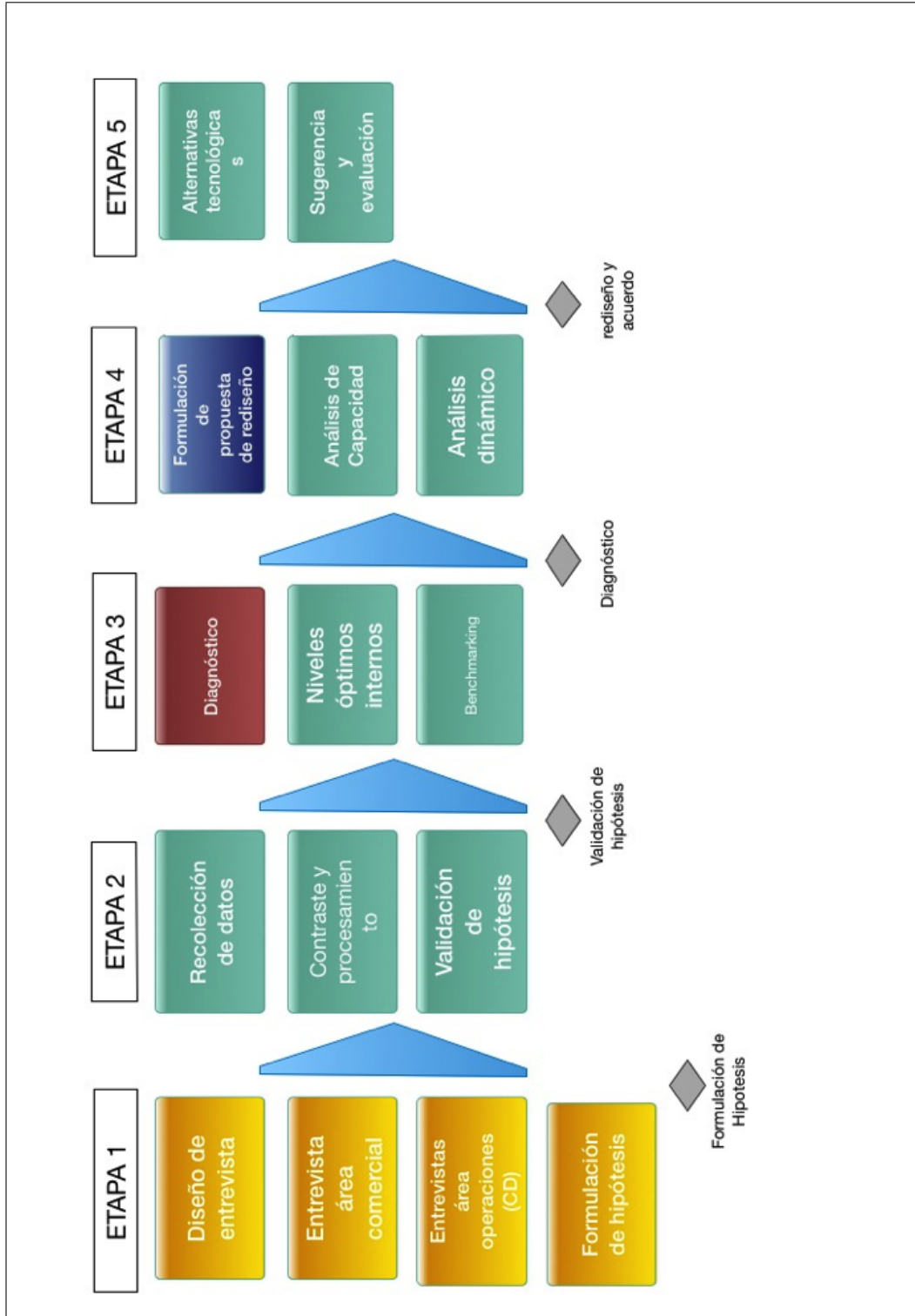
Organigrama Sucursal Tipo



**Organigrama
Gerencia Operaciones**



Anexo F: Roadmap de ejecución del proyecto



Anexo G: Índice de Correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson corresponde a un índice que mide la relación lineal entre 2 variables cuantitativas.

En el caso de que se esté estudiando dos variables aleatorias x e y sobre una población estadística; el coeficiente de correlación de Pearson se simboliza con la letra $\rho_{x,y}$, siendo la expresión que nos permite calcularlo:

$$\rho_{X,Y} = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{E[(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)]}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Donde:

- σ_{XY} es la covarianza de (X, Y)
- σ_X es la desviación típica de la variable X
- σ_Y es la desviación típica de la variable Y

Análogamente:

$$\rho_{xy} = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{n \sigma_x \sigma_y} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}}$$

Interpretación

El valor del índice de correlación varía en el intervalo $[-1, 1]$:

- Si $\rho = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si $0 < \rho < 1$, existe una correlación positiva.
- Si $\rho = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.

- Si $-1 < \rho < 0$, existe una correlación negativa.
- Si $\rho = -1$, existe una correlación negativa perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

Fuente:

<http://mathworld.wolfram.com/CorrelationCoefficient.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_correlaci%C3%B3n_de_Pearson

Anexo H: Modelo auto-regresivo y estimación por MCO

Para el pronóstico de Ventas trimestrales de un SKU en una sucursal, se utilizó un modelo auto-regresivo de primer orden, un tipo de proceso de series de tiempo cuya forma matemática es:

$$V_{t,y} = a + bV_{t,y-1} + e_t$$

Donde t corresponde al trimestre, y al año, a y b son constantes a determinar y e_t es un término de error que se conoce como innovación o shock. En general este término de error representa la información que se añade al proceso en cada instante de tiempo. Para estimar el valor de a_y y b_y consideraremos la forma lineal del proceso: al ser un proceso lineal, se puede utilizar un método de regresión conocido como mínimos cuadrados ordinarios, que permite a través de un cálculo matricial obtener el valor de los parámetros buscados.

En general, se dispone de información de 2 años para calibrar el modelo: $V_{t,2010}$ y $V_{t,2011}$, para todo trimestre t . De esta forma se definen los vectores

$$\overrightarrow{V_{2010}} = \begin{bmatrix} V_{1,2010} \\ V_{2,2010} \\ V_{3,2010} \\ V_{4,2010} \end{bmatrix} \text{ y } \overrightarrow{V_{2011}} = \begin{bmatrix} V_{1,2011} \\ V_{2,2011} \\ V_{3,2011} \\ V_{4,2011} \end{bmatrix}.$$

La estimación por Mínimos cuadrados ordinarios señala que si se tiene un modelo lineal con n variables explicativas $x_i, 0 < i \leq n$ y una variable dependiente $y_t, 0 < t \leq m$:

$$y_t = b_1x_{t,1} + b_2x_{t,2} + \dots + b_nx_{t,n} + e_t$$

y m realizaciones de cada una de las variables explicativas (es decir, $0 < t \leq m$),

los vectores $X_1 = \begin{bmatrix} x_{1,1} \\ x_{2,1} \\ \dots \\ x_{m,1} \end{bmatrix}, X_2 = \begin{bmatrix} x_{1,2} \\ x_{2,2} \\ \dots \\ x_{m,2} \end{bmatrix}, \dots, X_n = \begin{bmatrix} x_{1,n} \\ x_{2,n} \\ \dots \\ x_{m,n} \end{bmatrix}$ construyen la matriz

$\mathbb{X}_{m \times n} = [X_1, X_2, \dots, X_n]$. Considerando el vector $Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_m \end{bmatrix}$, El estimador de los

parámetros que minimiza el error cuadrático medio del modelo es el estimador

de mínimos cuadrados ordinarios, que satisface la siguiente igualdad:

$$\widehat{\beta}_{MCO} = (\mathbb{X}^T \mathbb{X})^{-1} \cdot \mathbb{X}^T \cdot Y$$

Es decir, la matriz inversa del producto matricial entre la matriz traspuesta de \mathbb{X} y \mathbb{X} , multiplicada (matricialmente) por la traspuesta de \mathbb{X} . Finalmente el resultado, se multiplica por el vector de variable dependiente Y . Dimensionalmente $(\mathbb{X}^T \mathbb{X})^{-1}$ es una matriz cuadrada de dimensión $n \times n$; al multiplicar por \mathbb{X} la nueva dimensión es $n \times m$. Finalmente en el producto por Y queda un vector $\widehat{\beta}_{MCO}$ de dimensión $n \times 1$, cuyas componentes son los parámetros $\widehat{b}_1, \dots, \widehat{b}_n$ estimados. Si el modelo incluye un intercepto, es decir,

$$y_t = a + b_1 x_{t,1} + b_2 x_{t,2} + \dots + b_n x_{t,n} + e_t$$

, con $a \in \mathbb{R}$, lo único que cambia es la matriz \mathbb{X} , a la que se le agrega un vector de unos de m filas,

$$\mathbb{X} = [\vec{1}, X_1, X_2, \dots, X_n]$$

En este sentido el vector $\widehat{\beta}_{MCO}$ aumentará su dimensión a $n + 1 \times 1$ y sus componentes serán, análogamente, los parámetros $\widehat{a}, \widehat{b}_1, \dots, \widehat{b}_n$ estimados.

Aplicando esto a nuestro modelo inicial, $V_{t,y} = a + bV_{t,y-1} + e_t$, los parámetros a y b quedarán estimados según la siguiente igualdad:

$$\begin{bmatrix} \widehat{a} \\ \widehat{b} \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ V_{1,2010} & V_{2,2010} & V_{3,2010} & V_{4,2010} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & V_{1,2010} \\ 1 & V_{2,2010} \\ 1 & V_{3,2010} \\ 1 & V_{4,2010} \end{bmatrix} \right)^{-1} \dots$$

$$\cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ V_{1,2010} & V_{2,2010} & V_{3,2010} & V_{4,2010} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{1,2011} \\ V_{2,2011} \\ V_{3,2011} \\ V_{4,2011} \end{bmatrix}$$

Con este método se estiman los parámetros del modelo de pronóstico de ventas, para cada SKU/sucursal.

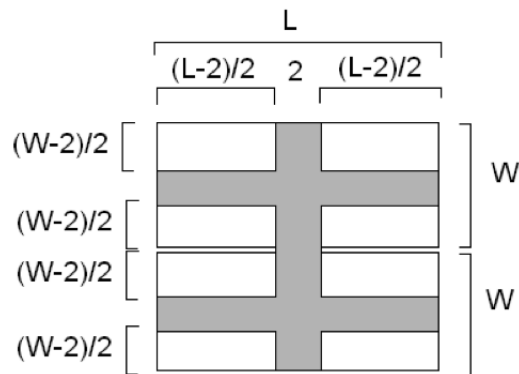
Fuentes:

- **Econometría I: Transparencias preparadas por Lola Robles y Juan Ángel Jiménez, UCM - Curso 2008-2009.** www.ucm.es/info/ecocuan/Ectr_Ap/Ectr1-LR-JAJ-Tema1.pdf
- **Procesos autorregresivos (AR): Apuntes para Doctorado 2007-2008 Predicción en sistemas de energía eléctrica. Grupo de Sistemas de Energía Eléctrica (GSEE), Universidad de Castilla – La Mancha.** www.uclm.es/area/gsee/aie/doctorado/Javier/tema3.pdf

Anexo I: Cálculo de Capacidad de Bodegas

Primer cálculo de capacidad: Bodega de sucursal Rengo

- Bodega Central: Layout

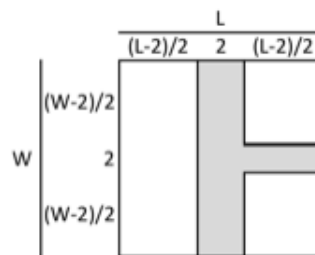


Dimensiones: Largo $L = 43$ metros, Ancho $W = 15$ metros, Alto: $h = 6$ metros

Superficie disponible: $A = Total - Pasillos = L \cdot 2W - (2 * (2 * L - 2 * 2 * \frac{W-2}{2})) = 1290[m^2] - 224[m^2] = 1066[m^2]$

Volumen bodega central: $V = Ah = 1066[m^2] \cdot 6[m] = 6396[m^3]$

- Bodega Quimicos: Layout



Dimensiones: Largo $L = 13$ metros, Ancho $W = 14$ metros, Alto: $h = 6$ metros

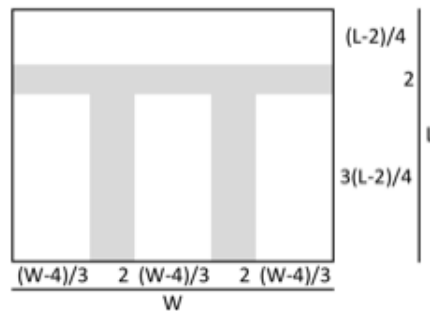
Superficie disponible: $A = Total - Pasillos = LW - (2W + \frac{L-2}{2} \cdot 2) = 182[m^2] - 39[m^2] = 143[m^2]$

Volumen bodega químicos: $V = Ah = 143[m^2] \cdot 6[m] = 858[m^3]$

- Vitrina Máquinas: Superficie : $19 \times 5 = 95[m^2]$
- Patio: Superficie: $50 \times 22 = 1100[m^2]$

Segundo cálculo de capacidad: Bodega de sucursal San Fernando

- Bodega Central: Layout

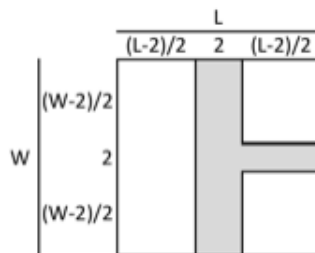


Dimensiones: Largo $L = 53$ metros, Ancho $W = 16$ metros, Alto: $h = 7$ metros

Superficie disponible: $A = Total - Pasillos = LW - (2W + 2 \cdot 2 \cdot \frac{3(L-2)}{4}) = 848[m^2] - 185[m^2] = 663[m^2]$

Volumen bodega central: $V = Ah = 663[m^2] \cdot 7[m] = 4641[m^3]$

- Bodega Químicos: Layout



Dimensiones: Largo $L = 10$ metros, Ancho $W = 14$ metros, Alto: $h = 7$ metros

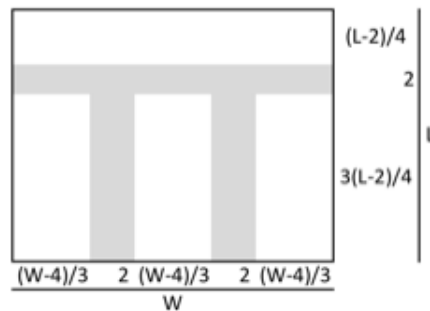
Superficie disponible: $A = Total - Pasillos = LW - (2W + \frac{L-2}{2} \cdot 2) = 140[m^2] - 36[m^2] = 104[m^2]$

Volumen bodega químicos: $V = Ah = 104[m^2] \cdot 7[m] = 728[m^3]$

- Vitrina Máquinas: Superficie : $35 \times 19 = 665[m^2]$
- Patio: Superficie: $0[m^2]$

Tercer cálculo de capacidad: Bodega de sucursal Rancagua

- Bodega Central: Layout

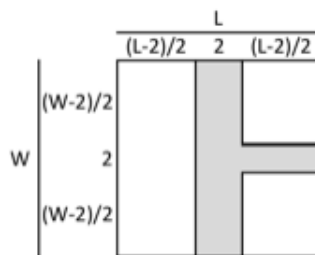


Dimensiones: Largo $L = 53$ metros, Ancho $W = 16$ metros, Alto: $h = 6$ metros

Superficie disponible: $A = Total - Pasillos = LW - (2W + 2 \cdot 2 \cdot \frac{3(L-2)}{4}) = 848[m^2] - 185[m^2] = 663[m^2]$

Volumen bodega central: $V = Ah = 663[m^2] \cdot 6[m] = 3978[m^3]$

- Bodega Químicos: Layout



Dimensiones: Largo $L = 16$ metros, Ancho $W = 16$ metros, Alto: $h = 7$ metros

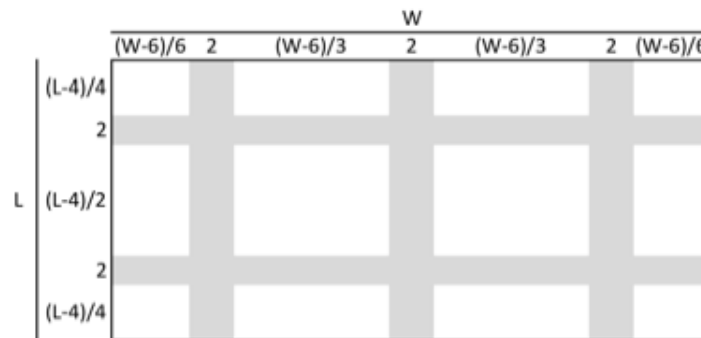
Superficie disponible: $A = Total - Pasillos = LW - (2W + \frac{L-2}{2} \cdot 2) = 256[m^2] - 46[m^2] = 210[m^2]$

Volumen bodega químicos: $V = Ah = 210[m^2] \cdot 6[m] = 1260[m^3]$

- Vitrina Máquinas: Superficie : $15 \times 6 = 90[m^2]$
- Patio: Superficie: $20 \times 20 = 400[m^2]$

Cuarto cálculo de capacidad: Bodega de sucursal Curicó

- Bodega Central: Layout

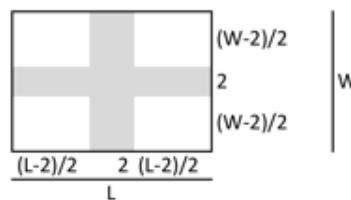


Dimensiones: Largo $L = 50$ metros, Ancho $W = 40$ metros, Alto: $h = 8$ metros

Superficie disponible: $A = Total - Pasillos = LW - (3(2L + 4(\frac{W}{3} - 2))) = 2000[m^2] - 436[m^2] = 1564[m^2]$

Volumen bodega central: $V = Ah = 1564[m^2] \cdot 8[m] = 12512[m^3]$

- Bodega Químicos: Layout



Dimensiones: Largo $L = 36$ metros, Ancho $W = 21$ metros, Alto: $h = 8$ metros

Superficie disponible: $A = Total - Pasillos = LW - (2W + 2 \cdot \frac{(L-2)}{2} \cdot 2) = 756[m^2] - 110[m^2] = 646[m^2]$

Volumen bodega químicos: $V = Ah = 646[m^2] \cdot 8[m] = 5168[m^3]$

- Vitrina Máquinas: Superficie : $30 \times 6 = 180[m^2]$
- Patio: Superficie: $48 \times 40 = 1920[m^2]$

Anexo J: Método de aproximación de Volumen Unitario para SKU Faltantes

Tal como se señala en el capítulo 4, sección 4.2.2., existe cerca de un 30% de SKUs de los cuales no se tiene información acerca de su volumen. Sin embargo, si se cuenta con información del stock con el que contaban durante los períodos 2010 y 2011.

Para esto, se consultó con personal logístico para que entregase una visión aproximada de en qué períodos del año las bodegas se encontraban a máxima capacidad (llenas). Todas las personas consultadas señalaron que las bodegas centrales se encontraban llenas en Octubre y las de químicos en Julio.

En base a esto, consideremos A el conjunto de SKUs para los cuales se conoce su volumen unitario VU_j , y B el conjunto de SKUs para los cuales no se conoce el volumen unitario (Con $A \cap B = \emptyset$). Sea $S_{ij,2010}$ el stock para la sucursal i , SKU j en **octubre 2010**, para SKUs que pertenecen a los rubros de bodega central (Alimentos, Lubricantes, Mercaderías, Repuestos, Riego, Semillas, Veterinaria). Sea Q_i la capacidad de la bodega central en la sucursal i . Primero se estima el volumen sobrante que debe involucrar a los SKUs tipo B :

$$Q_{i,B} = Q_i - \sum_{j \in A} S_{ij,2010} VU_j$$

Posteriormente se calcula el volumen que ocupan todas las unidades del SKU j tipo B de manera proporcional (lote), en la sucursal i ($V_{i,j \in B}$):

$$V_{i,j \in B} = \frac{S_{i,j \in B,2010}}{\sum_{j \in B} S_{i,j,2010}} Q_{i,B}$$

Como nos interesa conocer el volumen unitario de los SKUs tipo B , se utiliza una fórmula de promedio ponderado entre las sucursales: es decir, calculamos el volumen promedio que ocupan los lotes del SKU $j \in B$ en las 4 sucursales en estudio, $\forall j \in B$:

$$\overline{V}_{j \in B} = \frac{\sum_i V_{i,j \in B} S_{i,j \in B,2010}}{\sum_i S_{i,j \in B,2010}}$$

En las sucursales donde el SKU no se encuentra, $V_{i,j \in B} = S_{i,j \in B,2010} = 0$. De esta forma, el volumen unitario aproximado del SKU $j \in B$ es

$$VU_{j \in B} = \frac{\overline{V_{j \in B}}}{\sum_i S_{i,j \in B,2010}}$$

Para la bodega de químicos, el método de aproximación es análogo, considerando stocks del mes de Julio y capacidades de bodega de químicos.

Cabe destacar que la estimación se está haciendo sobre los datos del 2010, que están más consolidados que los datos del 2011.

Anexo K: Resultados asignación de espacio en bodegas por rubro.

Asignación San Fernando

San Fernando		1er Trimestre		2do Trimestre		3er Trimestre		4to Trimestre	
	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	
Alimentos (E)	17,4%	807,74	18,8%	871,04	13,6%	632,68	14,1%	656,24	
Lubricantes (G)	3,5%	163,28	2,1%	95,85	1,4%	66,57	1,2%	55,66	
Mercaderías (J)	24,4%	1130,80	24,8%	1152,74	26,7%	1238,67	21,5%	999,92	
Repuestos (H)	4,2%	196,03	4,2%	195,21	4,7%	218,18	5,2%	239,64	
Riego (I)	42,2%	1958,94	37,9%	1759,56	43,5%	2019,13	48,9%	2270,57	
Semillas (C)	0,3%	15,47	3,8%	174,52	1,5%	69,88	0,6%	29,12	
Veterinaria (D)	7,9%	368,73	8,4%	392,08	8,5%	395,88	8,4%	389,86	
TOTAL (Bod. Central)	100%	4641,00	100%	4641,00	100%	4641,00	100%	4641,00	

	% (r)	1er Trimestre	% (r)	2do Trimestre	% (r)	3er Trimestre	% (r)	4to Trimestre
		[m3]		[m3]		[m3]		[m3]
Fertilizantes (B)	50%	364	50%	364	50%	364	50%	364
Fitosanitarios (A)	50%	364	50%	364	50%	364	50%	364
TOTAL (Bod. Químicos)	100%	728	100%	728	100%	728	100%	728

Asignación Rancagua

Rancagua		1er Trimestre		2do Trimestre		3er Trimestre		4to Trimestre	
	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	
Alimentos (E)	11,7%	464,72	8,8%	350,84	11,3%	448,48	9,8%	391,32	
Lubricantes (G)	3,6%	141,98	3,1%	123,22	3,4%	134,86	3,6%	144,00	
Mercaderías (J)	21,4%	849,34	17,8%	710,07	21,1%	840,57	22,5%	894,76	
Repuestos (H)	3,0%	120,43	2,6%	103,23	3,0%	118,32	3,2%	127,67	
Riego (I)	51,0%	2030,10	50,6%	2012,48	46,7%	1856,38	52,7%	2096,04	
Semillas (C)	3,6%	141,22	12,1%	480,15	9,7%	385,20	4,3%	172,61	
Veterinaria (D)	5,8%	230,21	5,0%	198,01	4,9%	194,20	3,8%	151,59	
TOTAL (Bod. Central)	100%	3978	100%	3978	100%	3978	100%	3978	

	% (r)	1er Trimestre	% (r)	2do Trimestre	% (r)	3er Trimestre	% (r)	4to Trimestre
		[m3]		[m3]		[m3]		[m3]
Fertilizantes (B)	50%	630	50%	630	50%	630	50%	630
Fitosanitarios (A)	50%	630	50%	630	50%	630	50%	630
TOTAL (Bod. Químicos)	100%	1260	100%	1260	100%	1260	100%	1260

Asignación Curicó

Curicó		1er Trimestre		2do Trimestre		3er Trimestre		4to Trimestre	
	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	
Alimentos (E)	10,9%	1362,91	11,9%	1487,52	10,1%	1264,36	11,6%	1445,17	
Lubricantes (G)	1,9%	239,91	1,8%	221,40	1,7%	207,09	1,9%	235,16	
Mercaderias (J)	13,1%	1643,11	12,5%	1562,24	13,8%	1731,60	14,1%	1770,34	
Repuestos (H)	2,2%	271,89	2,2%	275,45	2,3%	286,38	2,3%	292,88	
Riego (I)	62,6%	7837,54	56,7%	7092,17	56,3%	7049,91	59,9%	7496,74	
Semillas (C)	3,2%	398,89	9,4%	1179,31	10,0%	1257,01	4,0%	506,15	
Veterinaria (D)	6,1%	757,75	5,5%	693,92	5,7%	715,64	6,1%	765,56	
TOTAL (Bod. Central)	100%	12512	100%	12512	100%	12512	100%	12512	

	% (r)	1er Trimestre	% (r)	2do Trimestre	% (r)	3er Trimestre	% (r)	4to Trimestre
		[m3]		[m3]		[m3]		[m3]
Fertilizantes (B)	50%	2584	50%	2584	50%	2584	50%	2584
Fitosanitarios (A)	50%	2584	50%	2584	50%	2584	50%	2584
TOTAL (Bod. Químicos)	100%	5168	100%	5168	100%	5168	100%	5168

Asignación Rengo

Rengo		1er Trimestre		2do Trimestre		3er Trimestre		4to Trimestre	
	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	% (r)	[m3]	
Alimentos (E)	18,0%	1068,34	17,4%	1030,06	17,9%	1060,22	20,0%	1182,10	
Lubricantes (G)	2,8%	163,62	2,7%	160,34	2,4%	139,69	2,6%	154,16	
Mercaderias (J)	36,6%	2166,71	39,2%	2323,79	33,1%	1961,49	28,5%	1689,99	
Repuestos (H)	3,3%	194,04	5,6%	332,49	6,3%	371,18	6,7%	396,49	
Riego (I)	29,7%	1757,48	24,3%	1441,38	26,3%	1558,23	30,8%	1826,10	
Semillas (C)	1,0%	59,48	2,9%	170,28	7,7%	453,83	4,1%	244,37	
Veterinaria (D)	8,7%	512,98	7,8%	464,31	6,4%	378,01	7,3%	429,44	
TOTAL (Bod. Central)	100%	5923	100%	5923	100%	5923	100%	5923	

	% (r)	1er Trimestre	% (r)	2do Trimestre	% (r)	3er Trimestre	% (r)	4to Trimestre
		[m3]		[m3]		[m3]		[m3]
Fertilizantes (B)	50%	450	50%	450	50%	450	50%	450
Fitosanitarios (A)	50%	450	50%	450	50%	450	50%	450
TOTAL (Bod. Químicos)	100%	900	100%	900	100%	900	100%	900

Anexo L: Resultados indicador de frecuencias por rubro en cada sucursal.

Asignación San Fernando

San Fernando	1er Trimestre			2do Trimestre			3er Trimestre			4to Trimestre		
	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia
	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u
Alimentos (E)	2697,15	807,74	3,34	4739,21	871,04	5,44	6932,12	632,68	10,96	7153,22	656,24	10,90
Fertilizantes (B)	242,40	364,00	0,67	3243,12	364,00	8,91	5671,65	364,00	15,58	3677,32	364,00	10,10
Fitosanitarios (A)	2343,00	364,00	6,44	5373,25	364,00	14,76	3241,49	364,00	8,91	2114,23	364,00	5,81
Lubricantes (G)	602,63	163,28	3,69	671,37	95,85	7,00	271,55	66,57	4,08	345,90	55,66	6,21
Mercaderías (J)	9261,35	1130,80	8,19	5445,53	1152,74	4,72	5421,61	1238,67	4,38	9393,69	999,92	9,39
Repuestos (H)	278,99	196,03	1,42	472,15	195,21	2,42	206,26	218,18	0,95	334,15	239,64	1,39
Riego (I)	1833,90	1958,94	0,94	3590,90	1759,56	2,04	3092,61	2019,13	1,53	3554,92	2270,57	1,57
Semillas (C)	36,87	15,47	2,38	217,08	174,52	1,24	1192,46	69,88	17,06	59,02	29,12	2,03
Veterinaria (D)	539,00	368,73	1,46	352,17	392,08	0,90	431,30	395,88	1,09	384,30	389,86	0,99

Asignación Rancagua

Rancagua	1er Trimestre			2do Trimestre			3er Trimestre			4to Trimestre		
	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia
	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u
Alimentos (E)	2942,95	464,72	6,33	3796,16	350,84	10,82	5435,75	448,48	12,12	4616,22	391,32	11,80
Fertilizantes (B)	3475,34	630,00	5,52	12323,40	630,00	19,56	29345,76	630,00	46,58	4723,60	630,00	7,50
Fitosanitarios (A)	6841,03	630,00	10,86	25424,32	630,00	40,36	10484,39	630,00	16,64	16194,75	630,00	25,71
Lubricantes (G)	281,07	141,98	1,98	569,29	123,22	4,62	569,40	134,86	4,22	392,85	144,00	2,73
Mercaderías (J)	4852,53	849,34	5,71	3844,78	710,07	5,41	5890,19	840,57	7,01	5273,51	894,76	5,89
Repuestos (H)	67,38	120,43	0,56	51,53	103,23	0,50	60,87	118,32	0,51	96,91	127,67	0,76
Riego (I)	29634,59	2030,10	14,60	1953,63	2012,48	0,97	11963,83	1856,38	6,44	21976,33	2096,04	10,48
Semillas (C)	185,32	141,22	1,31	1052,44	480,15	2,19	510,49	385,20	1,33	349,40	172,61	2,02
Veterinaria (D)	262,47	230,21	1,14	360,76	198,01	1,82	151,61	194,20	0,78	285,96	151,59	1,89

Asignación Curicó

Curicó	1er Trimestre			2do Trimestre			3er Trimestre			4to Trimestre		
	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia
	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u
Alimentos (E)	2588,97	1362,91	1,90	5273,20	1487,52	3,54	5689,59	1264,36	4,50	3135,56	1445,17	2,17
Fertilizantes (B)	6453,34	2584,00	2,50	8664,56	2584,00	3,35	4352,71	2584,00	1,68	8974,60	2584,00	3,47
Fitosanitarios (A)	5348,98	2584,00	2,07	12476,79	2584,00	4,83	10234,53	2584,00	3,96	9685,56	2584,00	3,75
Lubricantes (G)	483,38	239,91	2,01	337,85	221,40	1,53	327,29	207,09	1,58	1067,64	235,16	4,54
Mercaderías (J)	3747,23	1643,11	2,28	2193,39	1562,24	1,40	2519,71	1731,60	1,46	5587,29	1770,34	3,16
Repuestos (H)	186,66	271,89	0,69	278,55	275,45	1,01	515,45	286,38	1,80	333,90	292,88	1,14
Riego (I)	1766,70	7837,54	0,23	2574,57	7092,17	0,36	1842,31	7049,91	0,26	1855,31	7496,74	0,25
Semillas (C)	785,94	398,89	1,97	11002,39	1179,31	9,33	457,49	1257,01	0,36	253,92	506,15	0,50
Veterinaria (D)	444,54	757,75	0,59	334,45	693,92	0,48	297,22	715,64	0,42	1117,81	765,56	1,46

Asignación Rengo

Rengo	1er Trimestre			2do Trimestre			3er Trimestre			4to Trimestre		
	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia	SVA	Cap. Asignada	Frecuencia
	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u	[m3]	[m3]	s/u
Alimentos (E)	8483,47	1068,34	7,94	7917,02	1030,06	7,69	7369,68	1060,22	6,95	8848,83	1182,10	7,49
Fertilizantes (B)	5973,73	449,97	13,28	4133,29	449,97	9,19	3437,64	449,97	7,64	7543,09	449,97	16,76
Fitosanitarios (A)	3812,30	449,97	8,47	13599,02	449,97	30,22	11979,68	449,97	26,62	7808,73	449,97	17,35
Lubricantes (G)	422,00	163,62	2,58	403,98	160,34	2,52	325,11	139,69	2,33	273,82	154,16	1,78
Mercaderías (J)	4170,21	2166,71	1,92	3285,56	2323,79	1,41	4684,54	1961,49	2,39	8754,50	1689,99	5,18
Repuestos (H)	83,22	194,04	0,43	119,09	332,49	0,36	100,59	371,18	0,27	63,53	396,49	0,16
Riego (I)	16654,65	1757,48	9,48	355,15	1441,38	0,25	20134,04	1558,23	12,92	51834,22	1826,10	28,39
Semillas (C)	43,41	59,48	0,73	330,90	170,28	1,94	608,80	453,83	1,34	75,73	244,37	0,31
Veterinaria (D)	1134,78	512,98	2,21	1092,90	464,31	2,35	991,85	378,01	2,62	1366,32	429,44	3,18