

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

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE COMPRA Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS EMPRESA PLZ

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN
INGENIERÍA DE NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

ALFREDO EMILIANO VEGA CURIHUINCA

PROFESOR GUÍA:
DENIS SAURÉ VALENZUELA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
PATRICIO WOLFF ROJAS
ENRIQUE BRAVO CASTRO

SANTIAGO DE CHILE
2018

RESUMEN

PLZ es una empresa que se dedica a la venta de artículos de oficina, escolares y de artes, rubro extendidamente conocido como librerías, sus operaciones comenzaron con un local en el año 2006 y hoy cuenta con 5 puntos de venta distribuidos en 3 regiones de Chile, más una bodega central de abastecimiento. Su propuesta de valor apunta a ofrecer todo lo necesario en un solo lugar, con una atención personalizada y con precios más bajos que el de las grandes cadenas. La empresa posee cerca de 3.500 productos y sus ventas en el año 2017 bordearon los CLP\$MM 1.000. El principal objetivo de la empresa es duplicar su cantidad de sucursales en un periodo de 2 años, no obstante, no se han generado aperturas desde el año 2014.

Una de principales causas de la postergación del plan de expansión son los problemas operacionales, que han consumido parte de las ganancias y del capital de inversión de la empresa. En la actualidad la empresa no cuenta con una metodología o herramienta para estimar sus niveles de compra o para programar sus despachos, esto provocó que en el año 2017 existieran pérdidas atribuibles a ventas no realizadas por quiebres de stock valuadas en CLP\$MM 140, además, de un sobrestock de productos inmovilizados en bodega de aproximadamente CLP\$MM 300.

El objetivo del proyecto consiste en diseñar e implementar a agosto de 2018 un modelo de compra y distribución de productos, que permita estimar los niveles de compra por producto con un error de a lo más un 15% del valor real, para luego definir qué, cuánto y cuándo despachar hacia cada punto, de venta de forma de evitar quiebres y sobre stock de productos.

Se utilizó la metodología Ingeniería de Negocios para desarrollar un análisis top down de la empresa, identificando y caracterizando los procesos que debían ser intervenidos. A partir de este análisis se propone incorporar 4 lógicas de negocios que serán el soporte del rediseño de los procesos de compras y despacho. La primera lógica consiste en un modelo que estima la demanda de un periodo a partir de las ventas históricas en dicho periodo; la segunda lógica consiste en un pronóstico de demanda en base a la combinación lineal de 3 modelos de predicción: medias móviles ponderadas; suavizado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad; regresión lineal con ajuste estacional; la tercera lógica consiste en la incorporación de stock de seguridad para los productos que generan las mayores ventas; la cuarta lógica consiste en un modelo de programación lineal entera que busca cumplir con la demanda proyectada en cada local al mínimo costo.

Se simuló el desempeño del modelo para el periodo Enero-Marzo 2018 y se comparó con los resultados reales de la empresa en el mismo tiempo. El modelo obtuvo un MAPE de un 10,47%, versus un 30,12% de la situación real. Además, el modelo logró disminuir a CLP\$MM 11 las pérdidas asociadas a quiebres, versus CLP\$MM 38 de la situación real. Por último, el modelo consiguió disminuir el sobreabastecimiento a CLP\$MM 26, versus CLP\$MM 32 de la situación real. Al evaluar el proyecto a un plazo de 5 años, se obtuvo un VAN de CLP\$MM 92, una TIR de 134%, un periodo de recuperación de capital de 10 meses y un índice de rentabilidad de 6,5.

A partir de los resultados exhibidos se concluye el éxito del modelo propuesto. Se espera que las mejoras expuestas serán el pilar de un proceso de expansión basado en la excelencia operacional.

DEDICATORIA

*A mi madre Carmen Gloria, sin tu esfuerzo y apoyo incondicional,
nada de esto hubiese sido posible.*

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi familia, que son lo que más amo y hacen que mi vida tenga sentido. A mi Madre Carmen Gloria, que con rigurosidad y amor me ha llevado por el camino del esfuerzo y la perseverancia. A mis Hermanos Esteban y Rodolfo, quienes son mis fieles compañeros y siempre han creído en mí. A mi Padre Luis, que me ha querido y apoyado sin pedir nada a cambio. A mi pareja Mónica, por acompañarme y amarme desde hace tantos años. A mi Tata Emiliano, por motivarme desde el colegio, donde me pagaba 100 pesos por cada 7 que obtenía.

A Ana Maria y Laura, por acompañarme y creer en mi desde el momento de la postulación. A todos los profesores que contribuyeron en mi formación académica, en especial a Cinthya Vergara que fue mi tutora durante el primer año, al profesor Ezequiel Muñoz, quien me ayudó a encausar mi proyecto de tesis y a mi profesor guía Patricio Wolff, quien me apoyó cada vez que requerí de su ayuda.

A Rodrigo y Álvaro, por confiar en mí y permitirme realizar mi tesis en su empresa.

Por último, quiero agradecer a Jacinta, por acompañarme y darme ánimos en cada momento que lo necesité, sé que siempre estarás ahí.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO	1
1.1 Historia	1
1.2 Descripción General de la Empresa.....	1
1.3 Antecedentes de la Industria.....	4
1.3.1 Estructura de la industria	4
1.3.2 Fuerzas de Porter	4
1.4 Problema Identificado.....	5
1.5 Objetivos y Resultados Esperados del Proyecto	6
1.5.1 Objetivo General.....	7
1.5.2 Objetivos Específicos	7
1.5.3 Resultados Esperados	7
1.6 Alcance	7
1.7 Riesgos Potenciales	8
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	10
2.1 Metodología de Ingeniería de Negocios.....	10
2.2 Metodología de Macroprocesos	11
2.3 Metodologías de Predicción	14
2.3.1 Media Móvil	14
2.3.2 Media Móvil Ponderada	14
2.3.3 Regresión Lineal – Mínimos Cuadrados Ordinarios	14
2.3.4 Regresión Lineal con Ajuste de Estacionalidad	15
2.3.5 Suavizado Exponencial.....	16
2.3.6 Suavizado Exponencial con Ajuste de Tendencia.....	16
2.3.7 Suavizado Exponencial con Ajuste de Tend. y Est., Versión aditiva.....	17
2.3.8 Suavizado Exponencial con Ajuste de Tend. y Est., Versión Multiplicativa.....	18
2.3.9 ARIMA(p, d, q)	19
2.3.10 Redes Neuronales	20
2.3.11 Support Vector Machine.....	21
2.4 Metodologías de Programación y Cuantificación de Despachos	21
2.4.1 Programación Entera Mixta.....	22
2.5 Teoría de Inventarios	22
2.5.1 Análisis ABC.....	22
2.5.2 Stock de Reserva o de Seguridad	23
2.6 Indicadores de Ajuste	24
2.6.1 MAD: Mean Absolute Deviation	24
2.6.2 TS: Tracking Signal.....	24
2.6.3 MAPE: Mean Absolute Percentage Error	25
CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS.....	26

3.1	Visión	26
3.2	Misión.....	26
3.3	Estructura de la Empresa	26
3.4	Posicionamiento Estratégico.....	26
3.5	Objetivos Estratégicos y Tácticos	27
3.6	Modelo de Negocios	28
3.6.1	Propuesta de Valor	28
3.6.2	Segmentos de Clientes.....	28
3.6.3	Relaciones con los Clientes	28
3.6.4	Canales	28
3.6.5	Actividades Claves	29
3.6.6	Recursos Claves.....	29
3.6.7	Socios Claves.....	30
3.6.8	Fuentes de Ingreso	30
3.6.9	Estructura de Costos	30
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL		31
4.1	Arquitectura de Procesos	31
4.2	Modelamiento Detallado de Procesos	34
4.2.1	Nivel A3: Compra, Distribución y Venta de Productos	35
4.2.2	Nivel A32: Administrar Relación Con el Proveedor.....	37
4.2.3	Nivel A33: Gestión de Bodega y Reposición de Mercadería.....	39
4.3	Modelamiento BPMN	42
4.3.1	Programar Compras y Definir Proveedor	42
4.3.2	Planificación de Bodega y Despachos.....	45
4.4	Diagnóstico de la Situación Actual	46
4.4.1	Problemas Proceso Programar Compras y Definir Proveedor	46
4.4.2	Problemas Proceso Planificación de Bodega y Despachos	48
4.5	Cuantificación del Problema	48
4.5.1	Cuantificación Sobreabastecimiento	48
4.5.2	Cuantificación Quiebres de Stock	49
CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS.....		50
5.1	Patrón de Negocio	50
5.2	Direcciones de Cambio.....	51
5.2.1	Estructura de la Empresa y Mercado	52
5.2.2	Anticipación	52
5.2.3	Coordinación	53
5.2.4	Prácticas de Trabajo.....	53
5.2.5	Integración de Procesos Conexos	54
5.2.6	Mantenimiento Consolidado de Estado	54
5.3	Diseño Detallado de Procesos TO BE.....	55
5.3.1	Rediseño Proceso Programar Compras y Definir Proveedor	56
5.3.2	Rediseño Proceso Planificación de Bodega y Despachos	62
5.4	Diseño de Lógica de Negocios	64
5.4.1	Detección Quiebres de Stock.....	64
5.4.2	Pronóstico de Demanda.....	67

5.4.3	Stock de Reserva o de Seguridad	73
5.4.4	Despacho Óptimo	75
CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO.....		77
6.1	Especificación de Requerimientos.....	77
6.1.1	Requerimientos Funcionales.....	77
6.1.2	Requerimientos No Funcionales.....	79
6.2	Diseño de la Aplicación.....	80
6.2.1	Casos de Uso	80
6.2.2	Diagrama de Secuencia	81
6.2.3	Diagramas de Clases.....	82
CAPÍTULO 7: GESTIÓN DEL CAMBIO		83
7.1	Contexto de la Empresa.....	83
7.1.1	Trabajadores	83
7.1.2	Problemas Organizaciones Actuales	83
7.2	Análisis de los Principios de Diseño	84
7.2.1	Sentido de Cambio	84
7.2.2	Gestión del Poder	84
7.2.3	Estados de Ánimo.....	85
7.3	Caracterización del Cambio.....	85
7.3.1	Elementos de Conservación.....	85
7.3.2	Cambios y Resultados Deseado.....	86
7.4	Estrategia Comunicacional	86
CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DEL PROYECTO		88
8.1	Análisis Retrospectivo.....	88
8.1.1	Presentación Metodología y Datos.....	88
8.1.2	Resultados Obtenidos	91
8.2	Análisis Económico del Proyecto.....	94
8.2.1	Definición de Beneficios, Inversión y Costos	94
8.2.2	Tasa de Descuento.....	96
8.2.3	Supuestos Flujo de Caja	96
8.2.4	Flujo de Caja e Indicadores Financieros.....	98
8.2.5	Análisis de Sensibilidad	99
CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES.....		100
9.1	Trabajo Realizado y Resultados	100
9.2	Comparación Proyecto Frente ERP	102
9.3	Lecciones Aprendidas.....	103
9.3.1	Metodología Ingeniería de Negocios.....	103
9.3.2	De la Empresa.....	103
9.3.3	Brechas Entre la Teoría y la Práctica.....	104
9.4	Trabajos Futuros	105
CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA		106
CAPÍTULO 11: ANEXOS.....		107

11.1	Código Predicción de Demanda	107
11.1.1	Importar Librerías.....	107
11.1.2	Función MAPE.....	107
11.1.3	Función Suavización Exponencial Triple.....	108
11.1.4	Función Regresión Lineal con Ajuste Estacional.....	109
11.1.5	Función Media Móvil Ponderada	109
11.1.6	Función Reemplazar Quiebres de Stock.....	110
11.1.7	Implementación Métodos	110
11.2	Código de Despacho Óptimo.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de sucursales.....	2
Figura 2. Ventas totales año 2017	2
Figura 3. Histograma de precios.....	3
Figura 4. Metodología Ingeniería de Negocios	11
Figura 5. Ejemplo de Macroprocesos y sus conexiones.....	13
Figura 6. Notación IDEF0	14
Figura 7. Esquema redes neuronales	20
Figura 8. Hiperplano SVM.....	21
Figura 9. Evolución nivel de inventario, producto con quiebre y stock de reserva.....	24
Figura 10. Estructura de la empresa	26
Figura 11. Modelo delta de Hax	27
Figura 12. Fotografía local Rancagua.....	29
Figura 13. Arquitectura de negocio Nivel A0	31
Figura 14. Arquitectura de Macroprocesos	32
Figura 15. Arquitectura de negocio nivel A3: Compra, distribución y venta de productos.....	35
Figura 16. Arquitectura de negocio nivel A32: Administrar relación con el proveedor	38
Figura 17. Arquitectura de negocio nivel A33: Gestión de bodega y reposición de mercadería ..	40
Figura 18. Procesos de programar compras y definir proveedor.....	42
Figura 19. Procesos de Planificación de bodega y despachos	45
Figura 20. Patrón de Negocios 6: Uso óptimo de recursos	51
Figura 21. Arquitectura de negocio TO BE nivel A3: Compra, distribución y venta de productos	55
Figura 22. Arquitectura de negocio TO BE nivel A32: Administrar relación con el proveedor...	56
Figura 23. Procesos de programar compras y definir proveedor TO BE	57
Figura 24. Proceso Ejecutar modelo de pronóstico de demanda TO BE	58
Figura 25. Proceso Ejecutar modelo de despacho óptimo TO BE	60
Figura 26. Arquitectura de negocio TO BE nivel A33: Gestión de bodega y reposición de mercadería	62
Figura 27. Proceso Planificación de bodega y despachos TO BE.....	63
Figura 28. Ejemplo proyección sin limpiar quiebres de stock	65
Figura 29. Ejemplo algoritmo de detección de quiebres previo reemplazo	66
Figura 30. Ejemplo algoritmo de detección de quiebres posterior al reemplazo	67
Figura 31. Implementación algoritmo de detección de quiebres en SKU 840.....	67
Figura 32. Correlograma SKU 840.....	71
Figura 33. Distribución de ventas acumuladas.....	74
Figura 34. Diagramas de casos de usos	80
Figura 35. Diagrama de secuencia.....	81
Figura 36. Diagrama de clases.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Detalle Arquitectura - Nivel A1	32
Tabla 2. Detalle Arquitectura - Nivel A2	33
Tabla 3. Detalle Arquitectura - Nivel A3	33
Tabla 4. Detalle Arquitectura - Nivel A4	34
Tabla 5. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A31 Administración de la relación con el cliente	36
Tabla 6. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A32 Administrar relación con el proveedor....	36
Tabla 7. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A33 Gestión de bodega y reposición de mercadería	37
Tabla 8. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A34 Ejecución de administración de bodega y reposición de mercadería.....	37
Tabla 9. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A321 Especificación de requerimientos de productos	38
Tabla 10. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A322 Programar compras y definir proveedor	39
Tabla 11. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A323. Seguimiento de órdenes de compra....	39
Tabla 12. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A331 Incorporación de nuevos productos	40
Tabla 13. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A332 Planificación de bodega y despachos..	41
Tabla 14. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A333 Decidir ejecución de administración de bodega y despacho.....	41
Tabla 15. Variables de diseño: Estructura de la empresa y mercado	52
Tabla 16. Variables de diseño: Anticipación.....	52
Tabla 17. Variables de diseño: Coordinación.....	53
Tabla 18. Variables de diseño: Prácticas de trabajo	53
Tabla 19. Variables de diseño: Integración de procesos conexos	54
Tabla 20. Variables de diseño: Mantención consolidad de estado	54
Tabla 21. Consideración modelos de predicción.....	68
Tabla 22. Comparación MAPE para diferentes métodos de predicción SKU 840.....	72
Tabla 23. Comparación promedio MAPE para diferentes métodos de predicción	73
Tabla 24. Segmentación de productos por su nivel de ventas	74
Tabla 25. Mapa de poder del proyecto	84
Tabla 26. Estados de ánimo.....	85
Tabla 27. Narrativas de estratégica comunicacional	87
Tabla 28. Ejemplo agrupación ventas históricas	89
Tabla 29. Ejemplo estructura pronóstico de demanda Enero-Marzo 2018	90
Tabla 30. Comparación ajuste situación inicial y modelos	91
Tabla 31. Comparación ajuste situación inicial y modelos por periodo.....	92
Tabla 32. Comparación ajuste situación inicial y modelos por segmentos	93
Tabla 33. Comparación económica situación inicial y modelos	94

Tabla 34. Beneficios del proyecto	95
Tabla 35. Inversión del proyecto	95
Tabla 36. Costos del proyecto	95
Tabla 37. Cálculo tasa de descuento.....	96
Tabla 38. Flujo de caja	98
Tabla 39. Indicadores financieros.....	99
Tabla 40. Sensibilidad indicadores financieros	99

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

En este capítulo se presenta a la empresa y a la industria en la que se desenvuelve, los problemas que la empresa posee y la descripción del proyecto de tesis.

1.1 Historia

La empresa nació en el año 2006, como un emprendimiento de dos hermanos y su madre, dedicado a la comercialización de accesorios para la mujer, como carteras, bolsos y otros. Después de esta primera incursión, la familia decidió probar suerte en el rubro de la venta de artículos escolares en distintas ferias libres de la comuna de Santiago. Con el paso de los años ese rubro se transformaría en la principal línea de negocio de la empresa.

En el año 2008 Papelápiz consiguió abrir su primera sucursal ubicada en el persa Biobío, ofreciendo artículos de oficina, escolares y de artes durante los fines de semana. Después de cerca de dos años Papelápiz cambia su locación hasta la comuna de la Florida.

A comienzos del año 2014 Papelápiz comienza un proceso de expansión, generando dos aperturas de locales, una en Puerto Montt y otra en Rancagua. A mediados del mismo año se concretan las aperturas de los segundos locales de Santiago y Rancagua. Paralelamente para sustentar y abastecer las nuevas sucursales, la empresa incorpora una bodega ubicada en la comuna de Macul a comienzo del año 2015.

Dada la forma en que nació la empresa y en la que ha crecido, han plasmado en la familia un sentimiento de superación, en donde todo es posible en base a trabajo duro y esfuerzo.

1.2 Descripción General de la Empresa

La empresa familiar PLZ se dedica a la comercialización de artículos de oficina, escolares y de artes, rubro extensamente conocido como librerías. PLZ cuenta con cinco puntos de venta, distribuidos en tres regiones de Chile, dos en la comuna de Rancagua, dos en la comuna de Santiago y una en la comuna de Puerto Montt, además, cuenta con una bodega central de almacenamiento y distribución en la comuna de Macul, en la Figura 1 se puede apreciar la distribución geográfica de las sucursales. Adicionalmente, en los meses de alta demanda correspondientes a Febrero y Marzo la empresa abre sucursales temporales en diferentes “Expo Escolares” [1].



Figura 1. Distribución de sucursales

Durante el 2017 la empresa tuvo ventas cercanas a los CLP\$MM 1.000, con una marcada estacionalidad que va desde el 15 de febrero a fines de marzo producto de las compras de útiles escolares. Adicionalmente, existen otros dos peak de venta durante agosto que corresponde al comienzo del segundo semestre escolar y durante diciembre que corresponde al período de navidad. En la Figura 2 se presenta el detalle de las ventas por mes del año 2017.

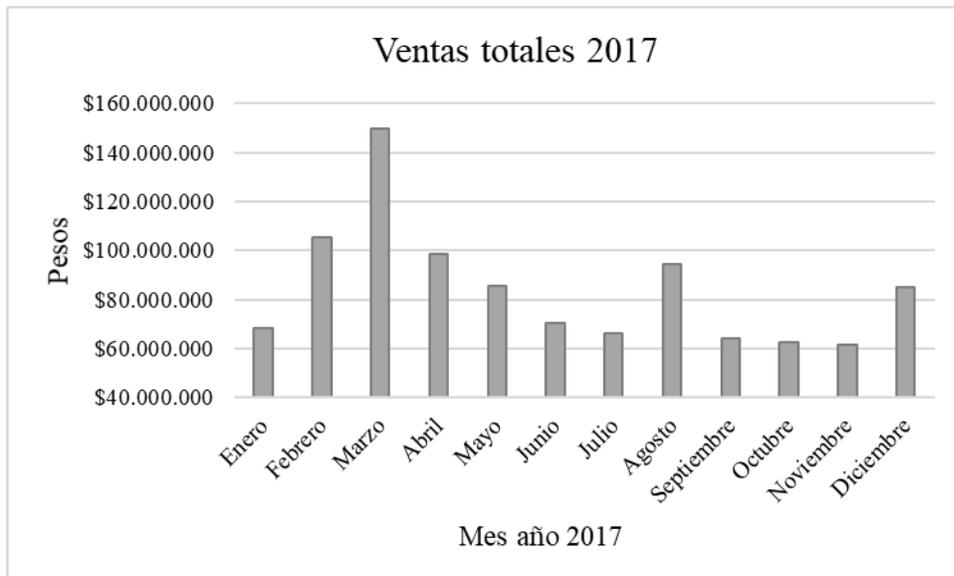


Figura 2. Ventas totales año 2017

PLZ se caracteriza por ofrecer productos a bajos precios, esto se refleja en que el 94% de sus cerca de 3.500 SKU¹ poseen un precio de venta menor a los CLP\$ 3.000. En la Figura 3 se presenta el histograma de precios. La columna de la izquierda representa la cantidad de SKU que existen en cada intervalo de precios y la columna derecha representa el porcentaje acumulado de SKU menores o iguales a dicho intervalo de precios.

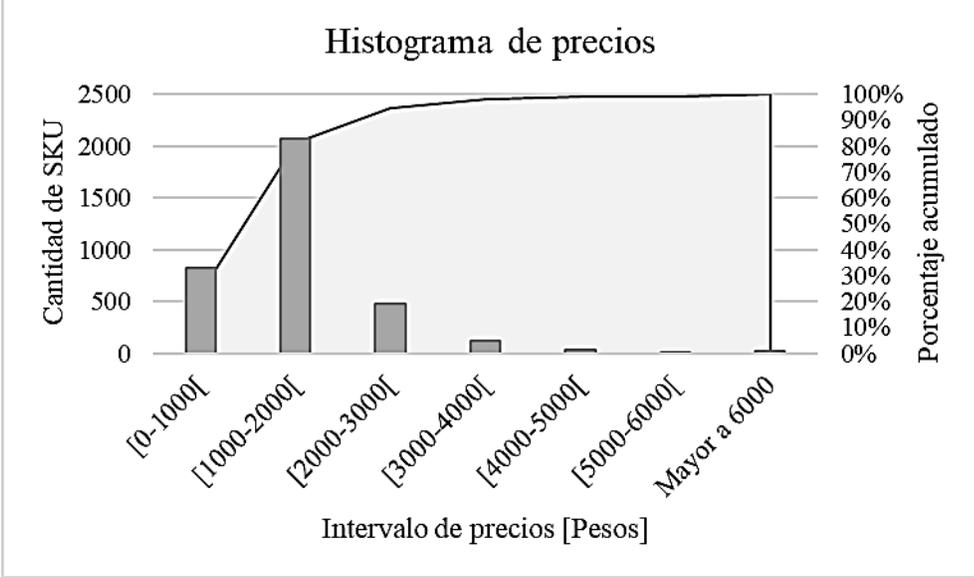


Figura 3. Histograma de precios

La razón por la que PLZ puede ofrecer precios bajos radica en que gran parte de sus compras corresponden a productos de temporadas anteriores, con descuentos que van desde el 25% al 60% del precio original de compra. Es importante destacar que estos productos se encuentran en óptimas condiciones y además no son de segunda categoría. Los grandes proveedores de artículos de oficina, escolares y de artes buscan diferenciar su propuesta, ofreciendo diseños y temáticas que van acorde a las tendencias del momento, de igual forma los grandes compradores de productos como lo son los retail exigen productos diferentes y llamativos continuamente. Estos hechos ocasionan que los proveedores no puedan vender productos de temporadas pasadas a los grandes compradores, por lo que se ven en la necesidad de ofrecer su sobrestock de productos de temporadas pasadas a comercios que estén interesados, como por ejemplo PLZ. Cabe mencionar que los proveedores ofrecen estas ofertas solo a comienzos de enero de cada año, por lo que, si la empresa compra un volumen menor al necesario, tendrá que adquirir el volumen adicional a precios normales, perdiendo el margen extra de ganancias.

¹ Stock Keeping Unit: Identificador único de producto

1.3 Antecedentes de la Industria

1.3.1 Estructura de la industria

El mercado de los artículos de oficina, escolares y de artes se encuentra compuesto por tres tipos de empresas:

- **Supermercados:** Gracias a su gran tamaño y volúmenes de compra posee un alto poder de negociación con los proveedores. En general no poseen grandes catálogos de productos, se enfocan en productos básicos y homogéneos. Los precios dependen del target que posea cada cadena de supermercados.
- **Grandes empresas especializadas:** Grandes cadenas de librerías, que cuentan con un número significativo de puntos de venta. Se pueden dividir en dos subcategorías de acuerdo al lugar en que encuentran:
 - **Dentro de centros comerciales o strip center:** Apuntan a un target de mayores ingresos, se caracteriza por ofrecer una gama amplia de productos a precios superiores al retail.
 - **En zonas de alto flujo de personas:** Se caracterizan por estar en el camino de un gran número de personas, poseen una amplia gama de productos a precios similares o menores a los del supermercado.
- **Pequeñas empresas especializadas:** Tiendas que generalmente poseen una o dos sucursales, poseen bajo poder de negociación frente a los proveedores, lo que se traduce en precios no competitivos o pequeños márgenes de ganancia.

1.3.2 Fuerzas de Porter

A continuación, se presenta el análisis del nivel de competitividad de la industria a través de las 5 fuerzas de Porter:

- **Poder de negociación de los proveedores:** El mercado de los productos de oficina, escolares y de artes se caracteriza por poseer una amplia gama de productos con diferentes calidad y precio. Sin embargo, para todos los productos de alguna marca perteneciente a un segmento Calidad-Precio existe un sustituto de similares características Calidad-Precio, este hecho disminuye el poder de los proveedores aun cuando posean licenciamiento de marcas.

Poder de negociación: BAJO.

- **Amenaza de Nuevos Competidores:** Una de las principales barreras de entrada a esta industria corresponde a la inversión inicial necesaria para la adecuación del punto de venta y la adquisición de productos, lo que reduce los incentivos a pequeños o medianos empresarios a apostar por el rubro.

Amenazada de nuevos competidores: BAJO.

- **Amenaza de Sustitutos:** Los productos que se venden en esta industria poseen altos niveles de sustitución, esto se debe a que para cada producto que posee características Calidad-Precio, existe un producto de la competencia de similares características. Este hecho se transfiere a las empresas que comercializan estos productos. Es común observar que los clientes posean preferencias por ciertas marcas y productos, no así por el lugar en que los adquiere.

Amenaza de sustitutos: ALTA.

- **Poder de Negociación de los Compradores:** PLZ se dedica a la venta al detalle de productos, por lo que los clientes compran pequeños volúmenes y no se encuentran agrupados, esto disminuye el poder de negociación que poseen los compradores.

Poder de negociación de los compradores: BAJO.

- **Rivalidad del sector:** En el mercado existe una alta competencia proveniente de tres flancos: retail, grandes cadenas, pequeños negocios. Dentro de las diferentes empresas existe poca diferenciación en los productos ofrecidos, lo que se traduce en que el cliente puede encontrar lo que busca (precios o características) en más de un lugar. Además, en épocas de alta demanda existe ofertas por parte del retail, lo que de cierta manera obliga al resto del comercio a bajar los precios para ser competitivos.

Rivalidad del sector: ALTA

1.4 Problema Identificado

Ofrecer precios atractivos y aun así obtener márgenes considerables fueron factores que permitieron un rápido crecimiento en los primeros años de PLZ, sin embargo, sus propios dueños han evidenciado que para mantener el ritmo de crecimiento el margen no es el único elemento relevante, ya que la empresa no ha podido crecer en los últimos cuatro años debido a que las ganancias no generan el sustento suficiente para la apertura de nuevos locales. De hecho, en los últimos cuatro años la empresa ha aumentado su nivel de ventas en cerca de un 38%, sin embargo, sus ganancias solo han aumentado en un 8%. Gran parte de este efecto es explicado por deficiencias en los procesos de abastecimiento y distribución de productos. A continuación, se detallan cuáles son estos problemas y cuáles son sus consecuencias.

1. Metodología para estimar niveles de compra: La empresa no posee una metodología cuantitativa para estimar sus niveles de compra, más aún, no toma en cuenta los volúmenes de ventas de temporadas pasadas para determinar el tamaño de compra actual. Las compras son basadas únicamente en los juicios de cada jefe de local y el juicio del jefe de compras. La falta de una metodología cuantitativa ha provocado quiebres de stock y sobreabastecimiento en cada uno de los locales.
2. Metodología de despacho: Todos los productos que la empresa adquiere son despachados a la bodega central, desde este lugar se abastecen a todos los puntos de venta. La empresa posee una política de abastecimiento reactiva, en base solicitudes de reabastecimiento desde

los puntos de venta, generalmente se espera a que exista un volumen alto de solicitud de reposición de mercadería para realizar el despacho y así maximizar el uso del espacio del vehículo. No obstante, al realizar la espera de solicitudes de mercadería se ocasionan quiebres de stock en los puntos de venta, aun cuando la empresa los cuenta con los productos en bodega para realizar el despacho.

En síntesis, la empresa posee problemas para determinar los volúmenes y el momento de compra de cada uno de sus productos y problemas para entregar los productos en el momento adecuado a cada uno de los puntos de venta, ocasionando quiebres de stock o sobreabastecimiento en los locales de venta.

Las consecuencias de los quiebres de stock son las siguientes:

- Pérdidas monetarias por no venta: Según estimaciones de los jefes de local, existen pérdidas de ventas cercanas al 10%. En los siguientes capítulos se profundizará en este punto y se entregará una aproximación cuantitativa basada en datos transaccionales de los puntos de venta.
- Daño reputacional: Es probable que el cliente que no encontró el producto que buscaba no vuelva a comprar otra vez en la tienda.
- Si el quiebre de stock es en temporada alta implica fuera del periodo de descuento de los proveedores, lo que disminuye el margen de ganancia.

Por otro lado, las consecuencias del sobreabastecimiento son:

- Problema de liquidez: Existe menos flujo de efectivo debido a los productos sin vender, estos productos se pueden encontrar en la bodega central de abastecimiento o en las bodegas de cada local. Los problemas de liquidez afectan la empresa de forma global, ocasionando problemas como: riesgo de pago de salarios, disminución de capital de trabajo para la compra de productos, disminución de capital de inversión para la apertura nuevos locales.
- Aumenta los riesgos de mermas y robos: La empresa posee pocos mecanismos de trazabilidad de productos, por lo que al existir un gran volumen de mercadería es difícil detectar variaciones anómalas en los stock. Por otro lado, al aumentar el tiempo de los productos en bodega aumenta el riesgo de daño o merca por consecuencia del movimiento dentro de la bodega.

1.5 Objetivos y Resultados Esperados del Proyecto

El proyecto busca resolver cinco preguntas claves del negocio:

1. ¿Qué productos se deben comprar?
2. ¿Cuánto se debe comprar de cada producto?
3. ¿Cuándo se debe distribuir desde la bodega central hacia los puntos de venta?
4. ¿Qué se debe distribuir desde la bodega central hacia los puntos de venta?

5. ¿Cuánto se debe distribuir desde la bodega central hacia los puntos de venta?

Para esto se desarrollarán una serie de herramientas operacionales y tecnológicas que facilitarán la toma de decisiones de la empresa, permitiendo en el mediano plazo sustentar el crecimiento deseado.

1.5.1 Objetivo General

Diseñar e implementar a agosto de 2018 un modelo de compra y distribución de productos, que permita estimar los niveles de compra por producto con un error de a lo más un 15% del valor real, para luego definir qué, cuánto y cuándo despachar hacia cada punto de venta de forma de evitar quiebres y sobre stock de productos.

1.5.2 Objetivos Específicos

Para dar soporte al objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos, con igual fecha de despliegue que el objetivo principal:

1. Desarrollar modelo de predicción de demanda.
2. Desarrollar modelo de distribución óptima.
3. Definir inventario base para productos de mayor relevancia.
4. Rediseñar los procesos de compras y distribución de productos.
5. Implementar herramienta de control de inventario

1.5.3 Resultados Esperados

1. Disminuir al menos un 70% los quiebres de stock.
2. Aumentar las ventas en al menos un 5%, atribuible a las ventas perdidas por quiebres de stock.
3. Disminuir el inventario base de la empresa.
4. Estandarizar los procesos de abastecimiento y despacho.
5. Semiautomatizar actividades críticas, como lo es la determinación de la estimación de la demanda y la programación de los despachos.
6. Disminuir los costos asociados a despacho de mercaderías

1.6 Alcance

El proyecto abarcará:

- Semiautomatización de los procesos de compras y despacho, de forma de poder responder las preguntas ¿Qué y cuánto comprar? y ¿Qué, cuánto y cuándo despachar?

- Desarrollo y calibración de modelo de predicción de demanda.
- Desarrollo y calibración de modelo de distribución óptima.
- Definir inventarios de seguridad para productos con mayor relevancia y definir cuáles son esos productos.
- Análisis retrospectivo para validar utilidad del modelo.
- Desarrollar capacitaciones a los trabajadores.

Queda fuera del alcance del proyecto:

- Definir momento de compra: El proyecto no busca imponer una fecha de compra de productos, los modelos entregarán el stock mínimo que debe existir previo al despacho, de forma de contar con los insumos suficientes para cubrir la demanda proyectada en cada local. Esto permite que en el caso que existan productos con precios convenientes se puedan comprar para más de un periodo.
- Automatización de la gestión del inventario en locales.
- Paquetizar² los modelos en una aplicación completa.

1.7 Riesgos Potenciales

1. Riesgos organizacionales: Existe el riesgo que la propuesta de rediseño no se adapte a la cultura de la empresa. Cabe destacar que las nuevas prácticas incorporan un carácter profesional, lo que se contrapone con el modelo actual que se rige por el juicio experto. Como plan de mitigación se utilizará el desarrollo de alianzas con los líderes de cada unidad, demostrándoles las ventajas de incorporar lógicas de negocios apoyadas con tecnologías en su trabajo diario.
2. Falta de conocimientos tecnológicos: En la actualidad la empresa solo cuenta con un software de gestión, el programa de punto de venta, en él se registran todas las ventas realizadas en cada uno de los locales. Por lo que el contacto de los trabajadores con herramientas tecnológicas no es muy amplio. Esto puede provocar que exista miedo o rechazo por parte de los trabajadores a utilizar una herramienta nueva. Como plan de mitigación se generarán diferentes capacitaciones que tendrán contacto con las herramientas. Como material de respaldo a las capacitaciones se registrará audiovisualmente el uso de las herramientas. Por último, se tendrá en consideración el contexto organizacional de la empresa al momento de elegir las herramientas tecnológicas, de tal forma de facilitar el soporte y mantenimiento de las lógicas desarrolladas.

² Se considera paquetización a la creación de un software que incluya todas las lógicas desarrolladas de forma independiente

3. **Riesgo de ajuste modelo predictivo:** Existe el riesgo de que el modelo posea una capacidad de predicción decreciente en el tiempo si no se realizan monitoreos recurrentes a través del tiempo. Las consecuencias de un modelo predictivo con un alto nivel de error son quiebres y sobreabastecimientos de productos. Como medida de mitigación a este riesgo, se realizarán revisiones trimestrales del nivel de ajuste del modelo, para corregir o ajustar los parámetros en caso de que sea necesario.
4. **No contar con un inventario fidedigno para ejecutar modelos:** El inventario real de la empresa es un dato relevante para los procesos de compras y despacho. Esto se debe a que el inventario inicial es un input para el modelo de despacho óptimo, que es el que entrega el plan de despacho y listado de compras. Por esta razón si no se cuenta con un inventario fidedigno, se comprará más o menos de lo indicado y por tanto se generarán quiebres de stock o sobreabastecimiento. Como medida de mitigación a este problema se generará una plantilla de control de inventario de productos que salen e ingresan a bodega, el cual se ajustará de forma trimestral con un inventario físico. De esta forma se creará un control de inventario y se contará con un inventario real para poder ejecutar los modelos.
5. **Problema con la data para generar pronósticos:** Para poder realizar pronósticos de demanda se debe contar la data histórica de dicho fenómeno, sin embargo, la empresa no posee antecedentes de la demanda, solo cuenta con datos históricos sobre ventas. Cabe destacar que la venta solo es igual a la demanda en el caso que no existan quiebres de stock, lamentablemente, las ventas si poseen quiebres por lo que no son un buen estimador de la demanda. Para solucionar este problema se propone desarrollar un modelo que detecte quiebres de stock en las ventas históricas y reemplace dichos valores por un estimador, dicho modelo entregará una aproximación de la demanda y se podrán generar pronósticos a partir de ella. A partir de este punto, queda en evidencia que los resultados de la predicción de demanda estarán supeditados a la calidad del modelo que detecta y reemplaza los valores de los periodos con quiebres. Como medida de control se generarán elementos de validación para ratificar que existe consistencia entre los resultados del modelo y los quiebres reales en cada local.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se entregan los elementos teóricos y conceptuales que permiten dar respuestas a las problemáticas planteadas en este trabajo de tesis.

2.1 Metodología de Ingeniería de Negocios

La metodología de ingeniería de negocios desarrollada por Óscar Barros[2], entrega un marco de conceptual para el desarrollo de proyectos de mejora continua. Posee la cualidad de integrar la gestión de empresas, la arquitectura empresarial, el rediseño de procesos y las tecnologías de información. Esta metodología está compuesta por seis etapas que siguen una lógica top-down, comenzando con definiciones a nivel macro hasta llegar al detalle:

1. **Planteamiento Estratégico:** Corresponde a las definiciones estratégicas de la empresa, debe responder a las preguntas: ¿Qué es lo que la empresa persigue? ¿Qué diferencia a la empresa de la competencia? ¿Hacia dónde se dirige la empresa y cuáles son sus objetivos? Los elementos que guían estas preguntas son:
 - Análisis interno y de entorno competitivo: Misión, visión, Análisis FODA, 5 Fuerzas de Porter.
 - Conceptualización del planteamiento: Estrategias de Porter, Modelo delta de Hax.
 - Diseño: Objetivos estratégicos, Balanced Scorecard (BSC) y Mapa estratégico.
2. **Definición del modelo de negocios:** Corresponde a la definición de la oferta de valor que se desea entregar al cliente y de los elementos que permiten desarrollar dicha oferta. Una herramienta para plasmar el modelo de negocios es el modelo Canvas desarrollado por Osterwalder.
3. **Diseño de Arquitectura de Procesos:** Corresponde a la operacionalización del modelo de negocios. No genera una descripción secuencial de actividades, sino que describe cuáles son los tipos de procesos dentro de la empresa, cómo se relacionan y cómo dependen entre ellos. Se utilizará la arquitectura de Macroprocesos desarrolladas por Óscar Barros [3], bajo una notación IDEF0.
4. **Diseño Detallado de Procesos:** Corresponde al desarrollo y secuencial en detalle de los procesos necesarios para cubrir las necesidades de la arquitectura de procesos. Posee un orden lógico secuencial y [4]utiliza BPMN para la modelación de los procesos.
5. **Diseño Aplicación TI:** Corresponde al diseño de herramientas tecnológicas que puedan dar soporte a las necesidades de la empresa detectadas en las etapas previas. Se deben definir: los casos de usos necesarios, los requerimientos funcionales y no funcionales de la herramienta, etc.
6. **Construcción e Implementación:** Corresponde al desarrollo de la herramienta tecnológica en conjunto con la implementación dentro de la organización.

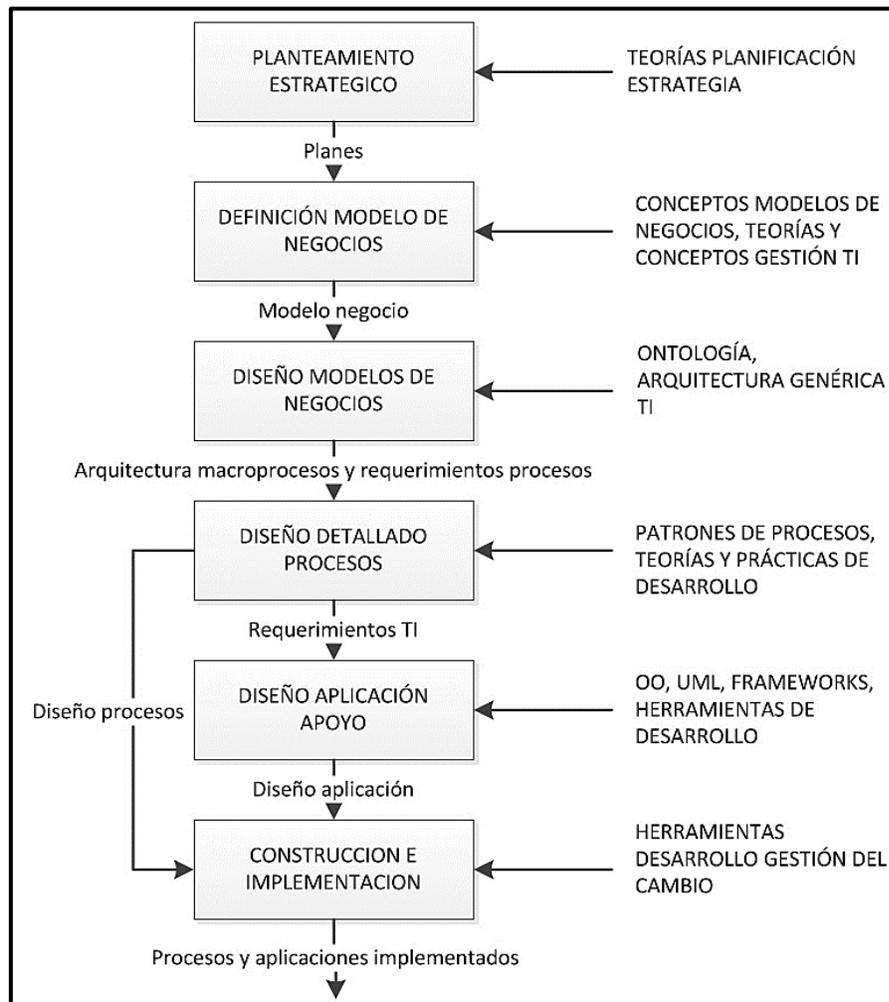


Figura 4. Metodología Ingeniería de Negocios

2.2 Metodología de Macroprocesos

Esta metodología desarrollada por Óscar Barros [3] define patrones de procesos estándares basados en mejores prácticas, no entrega secuencias de procesos, sino que define cuales son los tipos de procesos que toda empresa debería tener y cuáles deberían ser sus interrelaciones. Estos patrones de procesos se pueden instanciar a cualquier tipo de organización.

Se distinguen cuatro patrones de Macroprocesos:

1. Macro 1 Cadena de valor: Son el conjunto de procesos que permiten llevar a cabo la producción del bien o servicio que se quiere entregar al cliente. Da cuenta del core del negocio. Esta Macro está compuesta por cuatro procesos:
 - a. Administración de la relación con el cliente
 - b. Administración de la relación con proveedores
 - c. Gestión de producción y entrega

- d. Producción y entrega
 - e. Mantenimiento de estado
2. Macro 2 Desarrollo de nuevas capacidades: Representa al conjunto de procesos que permitirán crear y mantener en el tiempo ventajas competitivas, además, de mejorar continuamente el negocio. Esta Macro responde a la necesidad de crear nuevas capacidades que permitan cumplir los objetivos estratégicos de la empresa. Esta Macro está compuesta por cuatro procesos:
- a. Evaluación de necesidad de nueva capacidad
 - b. Gestión, diseño y construcción de nueva capacidad
 - c. Diseño y construcción de nueva capacidad
 - d. Mantenimiento de estado
3. Macro 3 Planificación del negocio: Incluye el conjunto de procesos que definen la estrategia de la organización. Se define y desarrollan la misión, visión, objetivos de la organización, Balanced Scorecard, desarrollo de planes y programas que permitirán cumplir con las metas propuestas. Esta Macro está compuesta por cuatro procesos:
- a. Definir el concepto del negocio y visión
 - b. Gestionar el desarrollo de la estrategia
 - c. Desarrollo de la estrategia
 - d. Mantenimiento de estado
4. Macro 4 Gestión de recursos habilitadores: Son el conjunto de procesos de apoyo que son necesarios para que los procesos core que se encuentran dentro de la Macro 1 operen de forma correcta. Esta Macro está compuesta por cuatro procesos:
- a. Obtener recurso
 - b. Decidir manejo de recurso
 - c. Decidir transferencia de recurso
 - d. Ingreso, manejo y transferencia de recursos
 - e. Mantenimiento de estado

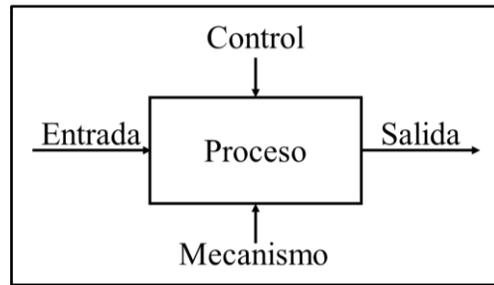


Figura 6. Notación IDEF0

2.3 Metodologías de Predicción

A continuación, se presentan diferentes técnicas de predicción que pueden ser utilizadas para generar pronósticos de demanda.

2.3.1 Media Móvil

La media móvil [4] es un estimador que se obtiene al calcular el promedio simple de los últimos n períodos previos. Si A_t es el valor de la serie para el período t y F_{t+1} es la predicción de la serie para el período $t+1$ utilizando n períodos, entonces la media móvil para el período $t+1$ es:

$$F_{t+1} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_{t+1-i}$$

2.3.2 Media Móvil Ponderada

Al igual que en la media móvil, la media móvil ponderada [4] utiliza los n períodos previos para generar una predicción, sin embargo, la media móvil ponderada permite incorporar pesos diferenciados para cada período. Si A_t es el valor de la serie para el período t , w_t el peso del período t y F_{t+1} es la predicción de la serie para el período $t+1$ utilizando n períodos, entonces la media móvil ponderada para el período $t+1$ es:

$$F_{t+1} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot A_{t+1-i}, \quad \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Los pesos w_i se pueden obtener utilizando técnicas de optimización lineal, que busquen aquellos pesos w_i que minimicen el error de predicción.

2.3.3 Regresión Lineal – Mínimos Cuadrados Ordinarios

El método de regresión lineal [4] se basa en el modelo de mínimos cuadrados ordinarios, que busca encontrar aquella recta que minimiza el error cuadrático de la estimación.

Se define una recta de la forma:

$$Y = a + b \cdot X$$

Donde X representa a una variable independiente e Y representa a una variable que depende de X . Los parámetros a y b representan respectivamente al coeficiente de posición y pendiente de una recta.

El modelo que permite encontrar a la recta que minimiza el error cuadrático es:

$$\text{Min}_{a,b} \sum_{i=1}^n (y_i - a - b \cdot x_i)^2$$

Este modelo entrega una forma explícita de calcular los parámetros que constituyen la función lineal:

$$a = \bar{y} - b\bar{x}, \quad b = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum(x_i - \bar{x})^2}$$

2.3.4 Regresión Lineal con Ajuste de Estacionalidad

La Regresión Lineal con Ajuste de Estacionalidad [5] permite incorporar los efectos estacionales en el modelo de regresión lineal. Formalmente, se puede afirmar que una serie posee un comportamiento estacional si se cumple que:

$$x(i) \approx x(i + k \cdot t), \forall i, t.$$

Donde k representa el largo del ciclo estacional.

En otras palabras, si la serie es estacional, se deberían observar valores similares si se comparan los datos separados en t veces el largo estacional (descontando los efectos de tendencia).

Para incorporar el efecto estacional a la regresión lineal se deben seguir los siguientes pasos:

1. Identificar el largo de la estacionalidad, es decir, cada cuanto se repite el ciclo estacional.
2. Agrupar los datos de forma que la estacionalidad se anule. Por ejemplo, si un set de datos posee registros mensuales y poseen una estacionalidad de 12 meses, es decir, cada 12 meses se observan comportamientos similares en los datos, estos se deben agrupar en periodos anuales.
3. Generar regresión lineal a nivel agregado. En el ejemplo, se debe generar la regresión a nivel anual.
4. Calcular las proporciones históricas de cada periodo desagregado con respecto al total. En el ejemplo, corresponde calcular la proporción relativa de cada mes con respecto al total.
5. El pronóstico a nivel desagregado será el resultado de multiplicar el resultado de la regresión agrupada por el valor de la proporción histórica del periodo desagregado. En el ejemplo, para obtener el pronóstico para cada mes se debe multiplicar el pronóstico de la regresión para el año correspondiente por la proporción histórica del mes en cuestión.

2.3.5 Suavizado Exponencial

Otro método que puede ser utilizado para generar predicciones es la suavización exponencial [5], este método incorpora los errores de predicción del período anterior. La ecuación de este modelo es:

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

Donde:

- A_t : Valor real de la serie para el período t .
- F_t : Predicción realizada para el período t .
- α : Constante de suavización, con $0 \leq \alpha \leq 1$.
- F_{t+1} : Predicción para el período $t+1$.

El valor de α puede ser obtenido a través de un modelo de optimización, de tal forma de encontrar aquel α que minimiza el error de predicción en el set de entrenamiento, como error de predicción se puede utilizar el MAPE u otro.

2.3.6 Suavizado Exponencial con Ajuste de Tendencia

Esta derivación del modelo de suavizado exponencial o también llamado método de Holt [5] incorpora la tendencia que posee la serie de datos, lo que permite obtener mejores resultados de predicción en casos que los set de datos posean tendencia de crecimiento o decrecimiento. Las ecuación de este modelo son 3:

- Serie suavizada exponencialmente o nivel actual:

$$X_t = \alpha \cdot A_t + (1 - \alpha) \cdot (X_{t-1} + Y_{t-1})$$

- Tendencia:

$$Y_t = \beta \cdot (X_t - X_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot Y_{t-1}$$

- Pronóstico:

$$F_{t+p} = X_t + p \cdot Y_t$$

Donde:

- A_t : Valor real de la serie para el período t .
- X_t : Valor suavizado para el período t .
- Y_t : Tendencia para el período t .
- α : Constante de suavización para el nivel, con $0 \leq \alpha \leq 1$.
- β : Constante de suavización para la tendencia, con $0 \leq \beta \leq 1$.
- p : Cantidad de períodos futuros a pronosticar.

- F_{t+p} : Predicción para el período $t + p$.

Al igual que en la suavización exponencial, los valores de α y β pueden ser obtenidos a través de un modelo de optimización que busque aquellos α y β que minimicen el error de predicción en el set de entrenamiento, como error de predicción se puede utilizar el MAPE u otro.

2.3.7 Suavizado Exponencial con Ajuste de Tendencia y Estacionalidad, Versión aditiva

Este modelo también denominado método de Holt-Winters o suavización exponencial triple versión aditiva [6], incorpora los comportamientos cíclicos de estacionalidad al modelo de suavizado exponencial con tendencia. Se denomina versión aditiva ya que el efecto estacional es aplicado aditivamente. Las ecuación de este modelo son 4:

- Serie suavizada exponencialmente o nivel actual:

$$X_t = \alpha \cdot (A_t - Z_{t-L}) + (1 - \alpha) \cdot (X_{t-1} + Y_{t-1})$$

- Tendencia:

$$Y_t = \beta \cdot (X_t - X_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot Y_{t-1}$$

- Estacionalidad:

$$Z_t = \gamma \cdot (A_t - X_t) + (1 - \gamma) \cdot Z_{t-L}$$

- Pronóstico:

$$F_{t+p} = X_t + p \cdot Y_t + Z_{t-L+p}$$

Donde:

- A_t : Valor real de la serie para el período t .
- X_t : Valor suavizado para el período t .
- Y_t : Tendencia para el período t .
- Z_t : Estacionalidad para el período t .
- α : Constante de suavización para el nivel, con $0 \leq \alpha \leq 1$.
- β : Constante de suavización para la tendencia, con $0 \leq \beta \leq 1$.
- γ : Constante de suavización para la estacionalidad, con $0 \leq \gamma \leq 1$.
- p : Cantidad de períodos futuros a pronosticar.
- L : Largo de la estacionalidad.
- F_{t+1} : Predicción para el período $t + p$.

2.3.8 Suavizado Exponencial con Ajuste de Tendencia y Estacionalidad, Versión Multiplicativa

Esta versión del modelo de Holt-Winters incorpora los efectos de la estacionalidad de forma multiplicativa [6]. Las ecuación de este modelo son 4:

- Serie suavizada exponencialmente o nivel actual:

$$X_t = \alpha \cdot \frac{A_t}{Z_{t-L_t}} + (1 - \alpha) \cdot (X_{t-1} + Y_{t-1})$$

- Tendencia:

$$Y_t = \beta \cdot (X_t - X_{t-1}) + (1 - \beta) \cdot Y_{t-1}$$

- Estacionalidad:

$$Z_t = \gamma \cdot \frac{A_t}{X_t} + (1 - \gamma) \cdot Z_{t-L}$$

- Pronóstico:

$$F_{t+p} = (X_t + p \cdot Y_t) \cdot Z_{t-L+p}$$

Donde:

- A_t : Valor real de la serie para el período t .
- X_t : Valor suavizado para el período t .
- Y_t : Tendencia para el período t .
- Z_t : Estacionalidad para el período t .
- α : Constante de suavización para el nivel, con $0 \leq \alpha \leq 1$.
- β : Constante de suavización para la tendencia, con $0 \leq \beta \leq 1$.
- γ : Constante de suavización para la estacionalidad, con $0 \leq \gamma \leq 1$.
- p : Cantidad de períodos futuros a pronosticar.
- L : Largo de la estacionalidad.
- F_{t+1} : Predicción para el período $t + p$.

2.3.9 ARIMA(p, d, q)

Los modelos autorregresivos integrados de media móvil³ [6] se basan en la idea de que el comportamiento de una serie de datos depende o se relaciona del comportamiento previo que mostró la serie. El modelo ARIMA posee tres componentes:

- AR(p) (Autorregresivo): Esta componente del modelo busca explicar el comportamiento futuro de la serie en base a los datos históricos y sus correlaciones. El parámetro p hace referencia a la cantidad de rezagos o periodos previos que serán considerados para explicar el periodo en estudio. Los valores del periodo i serán ponderados por la autocorrelación de orden $t-i$ correspondiente.
- I(d) (Integrado): Para poder utilizar modelos autorregresivos es necesario que la serie sea estacionaria. En el caso que la serie no posea un comportamiento estacional, se debe diferenciar hasta que se aprecie un conducta estacional, el número de veces que se diferenció la serie es el parámetro d modelo. Tanto para el modelo AR(p) como para el MA(q) se utiliza la serie diferenciada.
- MA(q) (Medias Móviles): Esta componente del modelo incorpora los errores de predicción de los periodos anteriores. El parámetro q hace referencia a la cantidad de rezagos de errores a considerar. De forma análoga al modelo AR(p), los errores del periodo i serán ponderados por la autocorrelación de orden $t-i$ de los errores.

Formalmente, se define un modelo ARIMA(p, d, q) como:

$$\hat{X}_t = \sum_{i=1}^p \rho_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t$$

Donde:

- \hat{X}_t : Representa el pronóstico para el periodo t .
- X_t : Valor de la serie en el periodo t , diferenciada d veces.
- ε_t : Error de predicción en el periodo t .
- ρ_i : Autocorrelación de orden i de los datos.
- θ_i : Autocorrelación de orden i de los errores.
- p : Orden del modelo autorregresivo o cantidad de rezagos de datos a considerar.
- q : Orden del modelo de medias móviles o cantidad de rezagos de errores a considerar.

³ Traducción de AutoRegresive Integrated Moving Average

2.3.10 Redes Neuronales

Las redes neuronales [7] son un modelo de aprendizaje supervisado, es decir, utiliza el set de datos para optimizar sus parámetros y así minimizar el error de predicción en el set de entrenamiento.

Como su nombre bien introduce, el modelo se basa en el comportamiento y funcionamiento de neuronas. Si bien las neuronas poseen una baja capacidad de procesamiento individual, su gran virtud proviene de las conexiones entre estas.

La lógica detrás del modelo es que una neurona recibe y envía señales eléctricas a las neuronas de su vecindad. Para generar el proceso de envío de señales una neurona recibe señales de otras neuronas, las cuales pondera con diferentes pesos, obteniendo una suma ponderada de las diferentes señales, luego cada neurona tiene un umbral o función de activación, que define cuáles serán las condiciones que debe poseer la suma ponderada para que se emita una señal.

En la Figura 7 se puede observar un esquema del funcionamiento de las redes neuronales. En este esquema existen n señales de entradas que son la analogía de conexión de neuronas, cada señal de entrada posee un peso el cual se pondera con su respectiva señal, de esta forma se obtiene la Unión Sumadora que corresponde a la suma de los pesos por sus respectivas señales. Finalmente existe una función de activación, que define bajo qué características de la unión sumadora permitirá una señal de salida y .

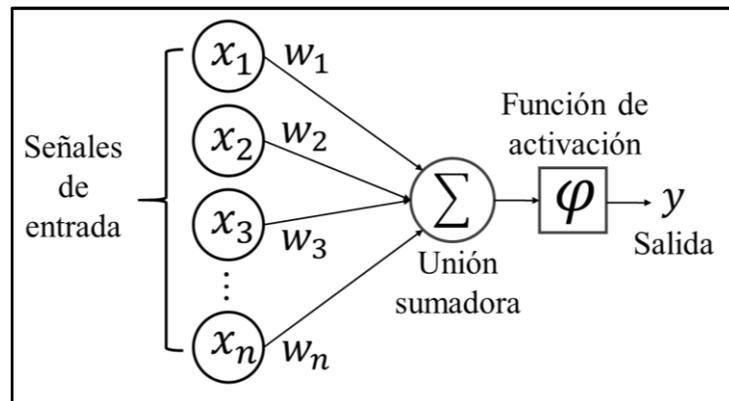


Figura 7. Esquema redes neuronales

Sea el vector de pesos $w = (w_1, \dots, w_n)^t$ que pondera al vector de entrada $x = (x_1, \dots, x_n)^t$, sea la Unión Sumadora $U(x) = \sum w_i x_i$. La Función de Activación se puede clasificar a partir de su continuidad:

- Caso no continuo: Este tipo de función sigue un comportamiento de función parte entera, en donde la función de activación entrega dos posibles resultados.

$$\text{Función de activación}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } U(x) \geq b \\ -1 & \text{si } U(x) < b \end{cases}$$

Donde b es el umbral o grado de inhibición

- Caso Continuo: En este caso la función de activación permite respuestas graduales. La función seleccionada para la función de activación debe ser diferenciable.

$$\text{Función de activación}(x) = \frac{1}{1 + e^{-U(x)}}$$

Finalmente, para determinar los valores de los pesos w_i se deben desarrollar modelos de optimización que permitan disminuir el error en la predicción.

2.3.11 Support Vector Machine

La Máquina de Vectores de Soporte⁴ [8] al igual que las redes neuronales son un modelo de aprendizaje supervisado. Este método suele utilizarse para regresiones y problemas de clasificación

La idea detrás de este método subyace en encontrar hiperplanos que separen al set de datos en clases diferentes, como se aprecia en la Figura 8. Los hiperplanos son encontrados a través de métodos de optimización que buscan maximizar tanto la clasificación de la clase de los datos como la distancia entre las diferentes clases, a esta distancia se le conoce como margen. Los vectores de soporte son construidos a partir de los puntos que se encuentran en la frontera de cada clase frente al hiperplano, por tanto, los vectores de soporte son paralelos al hiperplano.

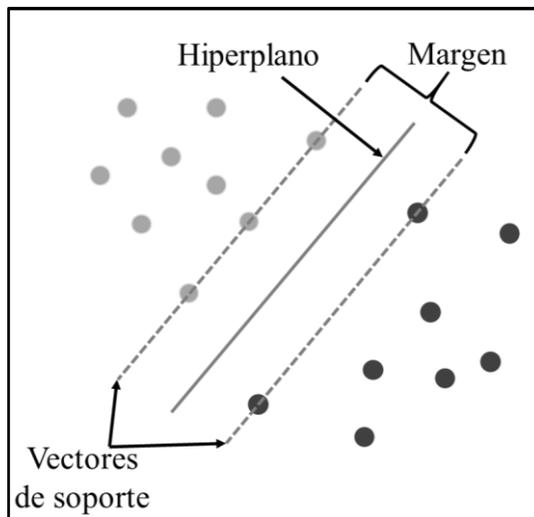


Figura 8. Hiperplano SVM

2.4 Metodologías de Programación y Cuantificación de Despachos

A continuación, se presenta la Programación entera Mixta, técnica que permite modelar y optimizar diferentes problemas operacionales, en particular, se utilizará para el desarrollo de la programación y cuantificación de los despacho.

⁴ SVM por sus siglas en inglés

2.4.1 Programación Entera Mixta

La programación entera mixta [9] busca resolver problemas de optimización donde sus variables pueden ser, continuas, enteras o binarias. Los problemas de optimización poseen la siguiente estructura:

1. Parámetros: Los parámetros son valores que son inamovibles dentro del modelo. Comúnmente sirven para expresar capacidades, cotas máximas, costos, etc.
2. Variables: Son los valores que se deben determinar con el fin de encontrar una solución óptima.
3. Restricciones: Estas son las limitaciones que poseen las variables. En un problema de programación entera una restricción es que la naturaleza de las variables sea entera.
4. Función objetivo: La función objetivo corresponde a la expresión matemática que representa lo que se desea optimizar, en base a esta se busca la combinación de las variables que puedan optimizar (maximizar o minimizar la función objetivo).

Sin pérdida de generalidad, cualquier problema de programación lineal se puede representar de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} & \underset{s.t.}{\text{Minimizar}} \quad c^T x + d^T y + e^T z \\ & Ax + By + Cz \leq b \\ & x \in \mathbb{Z}_+^n \\ & y \geq 0 \\ & z \in \{0,1\} \end{aligned}$$

2.5 Teoría de Inventarios

La teoría de inventarios entrega un marco de trabajo que permite determinar volúmenes de compra, considerando los tiempos de despachos, costos de quiebres de stock, costos de sobreabastecimientos y costos de distribución asociados. A continuación, se presentan herramientas que permiten llevar a cabo la administración y gestión del inventario.

2.5.1 Análisis ABC

El método de Análisis ABC [4] consiste en la categorización del inventario en tres grupos: A, B y C. Los artículos perteneciente al segmento B son más importantes que los productos del segmento C, a su vez, los artículos pertenecientes al segmento A son más importantes que los productos del segmento B. La importancia suele definirse en términos del margen o ingresos totales asociados a las ventas de cada producto.

El análisis ABC se basa en el principio de Pareto [10] que declara que para un gran número de fenómenos se cumple que: “El 80% de las consecuencias puede ser explicado por el 20% de las causas”. A partir de este principio se definen las tres categorías como:

- Categoría A: Esta categoría corresponde a los productos de mayor valor para el negocio. El 20% de los productos genera entre el 60%-80% de los beneficios.
- Categoría B: Esta categoría corresponde a los productos de valor intermedio para el negocio. El 30% de los productos genera entre el 15%-25% de los beneficios.
- Categoría C: Esta categoría corresponde a los productos de menor valor para el negocio. El 50% de los productos genera entre el 5%-15% de los beneficios.

Esta segmentación permite identificar cuáles son los productos esenciales del negocios, a partir de esto se pueden definir medidas de gestión de inventario diferenciadas, como por ejemplo, stock de seguridad solo para los productos de la Categoría A.

2.5.2 Stock de Reserva o de Seguridad

El stock de reserva o de seguridad [11] corresponde al nivel adicional⁵ de insumos que se deben comprar o distribuir con el fin de evitar quiebres de stock. Los desabastecimientos pueden ser ocasionados por: errores en los pronósticos, incremento anómalo en la demanda, variabilidad en los tiempos de despacho de los proveedores, variabilidad en los tiempos de distribución interna.

El stock de seguridad puede ser calculado de la siguiente forma:

$$\text{Stock de seguridad} = Z_{\alpha} \sqrt{E(L)\sigma_D^2 + (E(D))^2\sigma_L^2}$$

Donde:

- Z_{α} : Es el nivel de servicio deseado, corresponde a la inversa de la distribución normal estándar.
- $E(L)$: Esperanza de los tiempos de reabastecimiento.
- σ_D : Desviación estándar de la demanda para cada periodo.
- $E(D)$: Esperanza de la demanda para cada periodo.
- σ_L : Desviación estándar de los tiempos de reabastecimiento.

En la Figura 9 se presenta un ejemplo del nivel de inventario para un producto que cuenta con stock de reserva. En el ejemplo se aprecia como el stock de reserva permite prolongar las ventas del producto, disminuyendo las pérdidas monetarias por productos no vendidos.

⁵ Con respecto a las demanda esperada

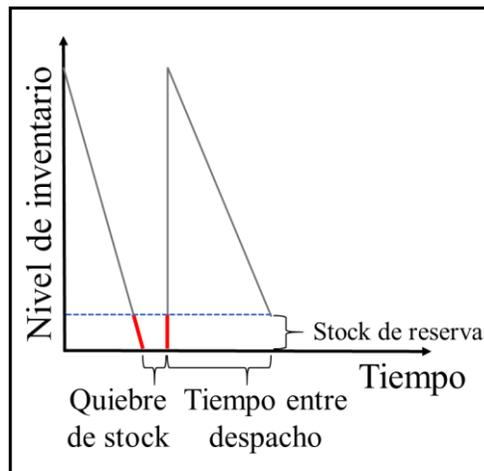


Figura 9. Evolución nivel de inventario, producto con quiebre y stock de reserva

2.6 Indicadores de Ajuste

Los indicadores de ajuste corresponden a métricas que permiten evaluar el desempeño de los modelos de predicción, para esto se comparan los valores observados con los propuestos por el modelo. A continuación, se presentan diferentes indicadores de ajuste que utilizan diferentes formas de comparación.

2.6.1 MAD: Mean Absolute Deviation

La desviación absoluta media [4] es un indicador de ajuste, que permite medir que tan cerca se encuentra un modelo predictivo de los datos reales del modelo. Si A_t es el valor de la serie para el período t , F_t es la predicción realizada para el período t y n la cantidad de períodos. Entonces:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n},$$

Como el MAD es el promedio de los errores absolutos, se busca que los modelos posean el menor MAD posible. Uno de los problemas de este indicadores, es que no detecta errores sistemáticos de predicción.

2.6.2 TS: Tracking Signal

El indicador de ajuste TS [4] permite detectar los errores sistemáticos de predicción, es decir, detecta aquellas predicciones que o sobre o subestiman el valor real. Si A_t es el valor de la serie para el período t , F_t es la predicción realizada para el período t y n la cantidad de períodos. Entonces:

$$TS = \frac{\sum_{t=1}^n A_t - F_t}{MAD},$$

Es deseado valores de TS cercanos a cero, lo que evidencia que no hay errores sistemáticos. Si $TS > 0$ puede existir una subestimación del pronóstico y si $TS < 0$ puede existir una sobreestimación del pronóstico.

2.6.3 MAPE: Mean Absolute Percentage Error

El MAPE [12] es un indicador de ajuste que permite incorporar cuanto es el error con respecto al valor real, elementos que el MAD y TS no considera. Si A_t es el valor de la serie para el período t , F_t es la predicción realizada para el período t y n la cantidad de períodos. Entonces:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|A_t - F_t|}{A_t}}{n}$$

Es deseado valores de MAPE cercanos a cero.

CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS

En este capítulo se presenta la información estratégica de la empresa y el desarrollo del modelo de negocios.

3.1 Visión

“Lograr presencia en todo Chile, no solo en las grandes ciudades, democratizando el acceso a los mejores productos a precios convenientes”.

3.2 Misión

“Somos una empresa que piensa en y por nuestros clientes, nos preocupa negociar los mejores precios con nuestros proveedores para así ofrecer a nuestros clientes productos accesibles. Democratizando el acceso a los artículos de oficina, escolares y de artes”.

3.3 Estructura de la Empresa

En la Figura 10 se puede observar que la empresa sigue una estructura funcional, en donde cada área bajo el gerente general posee una jefatura:

- Jefatura de compras: Se encarga de determinar los volúmenes de compra, negociar con los proveedores y analizar la incorporación de nuevos productos.
- Jefatura de bodega y abastecimiento: Se encarga de mantener la bodega y realizar los procesos de despacho a los puntos de venta.
- Coordinador comercial: Se encarga de coordinar los diferentes puntos de venta, supervisa el orden de los locales, la atención y los stock de productos.

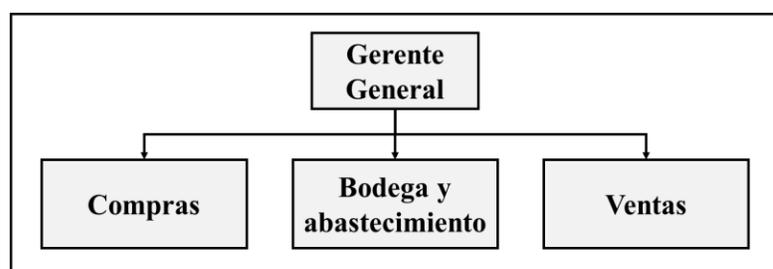


Figura 10. Estructura de la empresa

3.4 Posicionamiento Estratégico

Como queda evidenciado en la misión y visión, la empresa busca entregar a los clientes productos a precios accesibles, no se menciona que los productos serán exclusivos, tampoco se habla de generar sinergias, ni mucho menos lograr capturar al cliente. Esto se debe principalmente a las características del mercado, en donde existe un alto grado de sustitución.

De acuerdo a esto el posicionamiento estratégico según Hax [13] es “Mejor producto liderazgo en costos”. No obstante, unos de los objetivos estratégicos de mediano-largo plazo es posicionarse en pueblos pequeños, transformándose en la opción más conveniente precio-distancia. Una vez una empresa se establece en un mercado pequeño, no habrá incentivos al ingreso de otro gran competidor, ya que el volumen de ventas no permite sustentar dos cadenas. En otras palabras, la empresa aspira a una consolidación del sistema con el cliente y a un Lock-Out de competidores, según Hax esta estrategia es “Consolidación del sistema acceso restringido”. Para mantener esta estrategia será necesario crear fuertes y nuevos vínculos con proveedores que permitan mantener precios bajos, además de optimizar la cadena operacional.

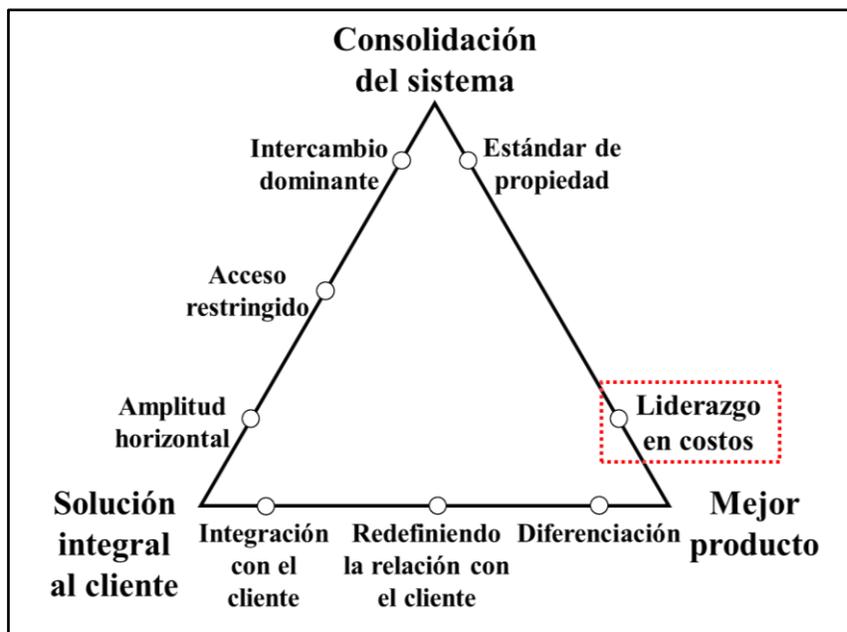


Figura 11. Modelo delta de Hax

3.5 Objetivos Estratégicos y Tácticos

Los objetivos de la empresa poseen un alcance de corto-mediano plazo y poseen características de expansión en nivel de ventas y puntos de atención. Los objetivos son⁶:

1. Obtener durante el 2018 un aumento de al menos un 15% del nivel de ventas con respecto al 2017.
2. Poseer 8 locales de venta a finales del 2019.
3. Aumentar el valor del ticket promedio 2018 en un 20% en comparación al 2017.

⁶ Definidos en Diciembre 2017

3.6 Modelo de Negocios

El modelo de negocios de la empresa será desarrollado según el modelo Canvas creado por Osterwalder.

3.6.1 Propuesta de Valor

“Nuestros clientes pueden confiar que en PLZ siempre encontrarán los productos que buscan, ya sean artículos escolares, de arte u oficina, esto lo haremos con una atención personalizada y a precios convenientes.”

Se aprecian tres pilares centrales en la propuesta de valor:

- Precios bajos: Se busca que el cliente pueda encontrar precios más baratos que en el retail o en otras tiendas del rubro.
- Atención personalizada: Se busca entregar una atención que evoque las tiendas de barrio. Ofreciendo un servicio junto con la venta del producto.
- Variedad de productos y Stock garantizado: Se busca que el cliente pueda encontrar todo lo que busca en un solo lugar, evitándole la molestia de tener que buscar negocio por negocio el producto que busca.

3.6.2 Segmentos de Clientes

Los clientes de PLZ son principalmente mujeres entre 25 y 42 años de edad, pertenecen a un grupo socioeconómico C2, C3 Y D, es decir, son clientes que comúnmente son denominados clase media, esto se debe a dos factores:

- Ubicación de tiendas: Las tiendas se ubican en comunas donde la mayor parte de la población residencial y flotante pertenece a la clase media [14].
- Set de productos: La gran mayoría de los productos que ofrece PLZ no son de marcas premium, se caracterizan por ser una buena alternativa precio-calidad. El 94% de los productos ofrecidos posee una tarifa menor a \$3.000 y el 99% es menor a \$5.000.

3.6.3 Relaciones con los Clientes

Se busca fidelizar al cliente a través del trabajo empático, pensando en y por él, ofreciéndole todo en un solo un lugar y a precios bajos. En los locales de venta existen vendedores que serán los asesores de cada cliente, orientándolos en sus necesidades y búsquedas. A partir de este servicio se espera que el boca a boca sea el principal motor de la difusión de la empresa.

3.6.4 Canales

El principal canal para ofrecer y dar a conocer el servicio de PLZ son sus locales de venta. Todos los locales poseen el logo de la empresa e información de los otros locales de venta.



Figura 12. Fotografía local Rancagua

3.6.5 Actividades Claves

Las actividades claves para entregar la propuesta de valor son:

- **Gestión de inventarios:** Esta actividad hace referencia al desarrollo de inventarios en los locales de venta y en la bodega central. La empresa no cuenta con un sistema de control de stock, por lo que es recurrente realizar procesos de inventarios para definir niveles de stock, que son uno de los principales insumos para definir los niveles de compra.
- **Compra de productos:** Esta actividad hace referencias a las acciones que van desde establecer los niveles de compra de cada producto, generar las negociaciones con los proveedores y realizar la compra.
- **Despacho de productos desde bodega hacia locales de venta:** Esta actividad hace referencia a actividades como: definir lista de productos a despachar a cada local, recoger mercadería desde la bodega, despacho y entrega de productos.
- **Administración de locales de venta:** Esta actividad consiste en todos los procesos ligados a la administración del local, como reposición de mercadería, limpieza, venta y atención al público.

3.6.6 Recursos Claves

Los recursos claves para poder entregar la propuesta de valor son los siguientes:

- **Trabajadores:** Los trabajadores son un recurso clave para la empresa, ya que son la cara visible de la empresa y permiten entregar la oferta de valor al cliente. Dentro de estos se distinguen: vendedores, jefes de local, bodegueros.
- **Infraestructura:** La infraestructura necesaria está compuesta por los locales de venta y la bodega.

- Vehículos de transporte de mercadería: Vehículos que permiten realizar labores de reposición de mercadería.
- Software de punto de Venta: El software de punto de venta es la única herramienta de gestión que la empresa posee. Este software permite registrar los detalles de toda venta realizada, incluyendo datos como: Fecha, productos, cantidad, precio. Este software permite obtener reportes de gestión como: productos más vendidos, total de ventas, detalle de productos vendidos, entre otros.

3.6.7 Socios Claves

Los principales socios claves de la empresa son los proveedores, estos ofrecen productos en consignación, lo que ha permitido operar sin contar con un capital propio de trabajo, evitando escenarios de quiebra. Muchas de estas relaciones poseen más de 10 años.

3.6.8 Fuentes de Ingreso

Al igual que el común de los retail PLZ obtiene sus ingresos a través de la venta de productos en sus diferentes sucursales.

3.6.9 Estructura de Costos

La estructura de costos es la siguiente:

- Sueldo personal: La empresa cuenta con un jefe por local, un jefe de bodega, un jefe de compras, un coordinador comercial, 4 bodegueros, cerca de 20 vendedores en temporada baja y 35 en temporada alta.
- Pago a proveedores: Pago a proveedores por compra de productos.
- Gastos de operación: Gastos como arriendo de inmuebles, gastos básicos (agua, electricidad, etc.), leasing de vehículos, costos de transporte (bencina, peajes y tag) y viáticos.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL

Para describir la situación inicial de la empresa se utilizarán los Macroprocesos de Óscar Barros para modelar la arquitectura de sus procesos y BPMN⁷ para modelar el detalle. La descripción se desarrollará bajo una óptica top-down, es decir, desde lo global hacia lo puntual.

4.1 Arquitectura de Procesos

En la Figura 13 se aprecia el nivel cero de la arquitectura de la empresa, en ella se pueden distinguir los elementos de entrada, control, mecanismos y salidas.

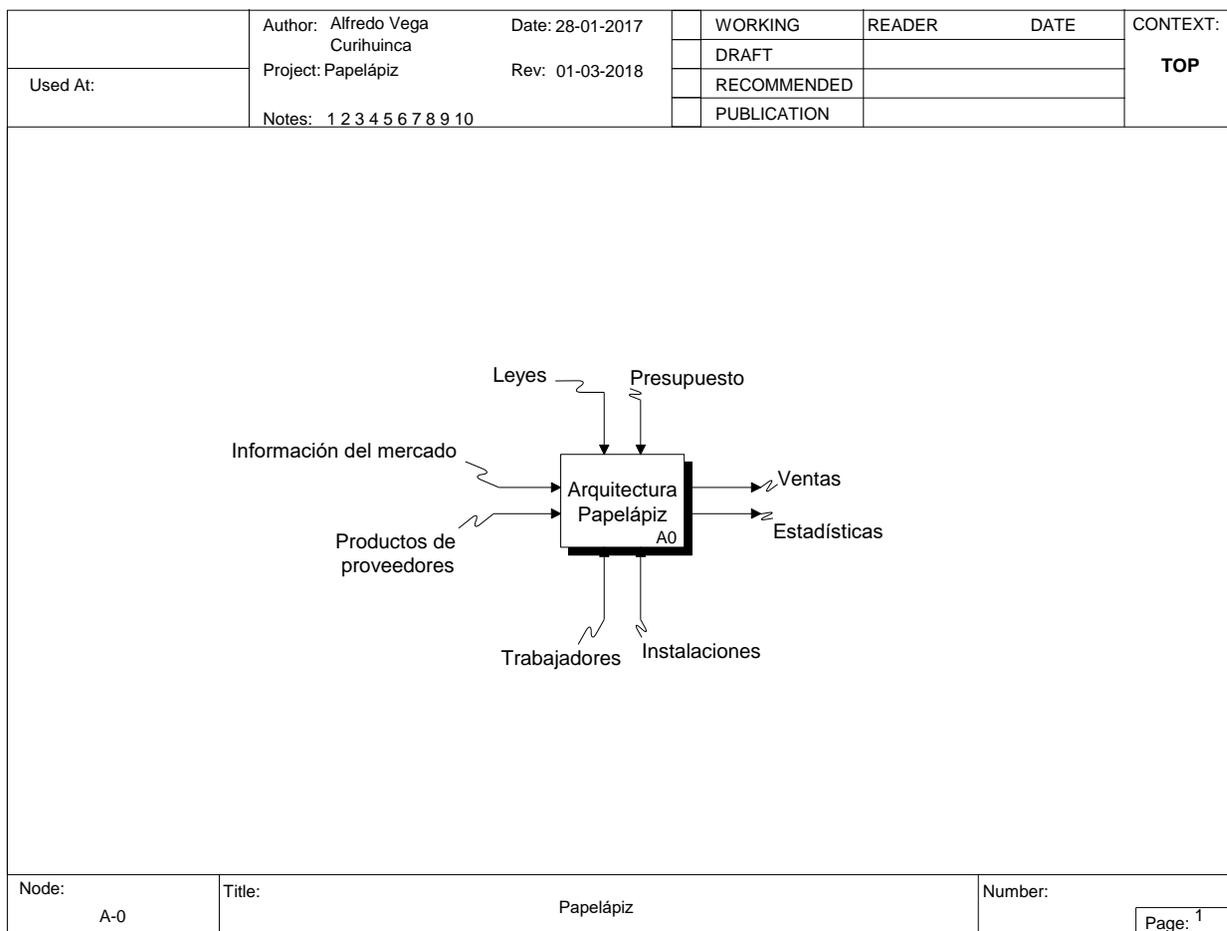


Figura 13. Arquitectura de negocio Nivel A0

Luego, la Figura 14 representa el desglose del Nivel A0, en ella se pueden observar los elementos característicos de los Macroprocesos instanciados a la organización.

⁷ Siglas en inglés de Business Process Model and Notación

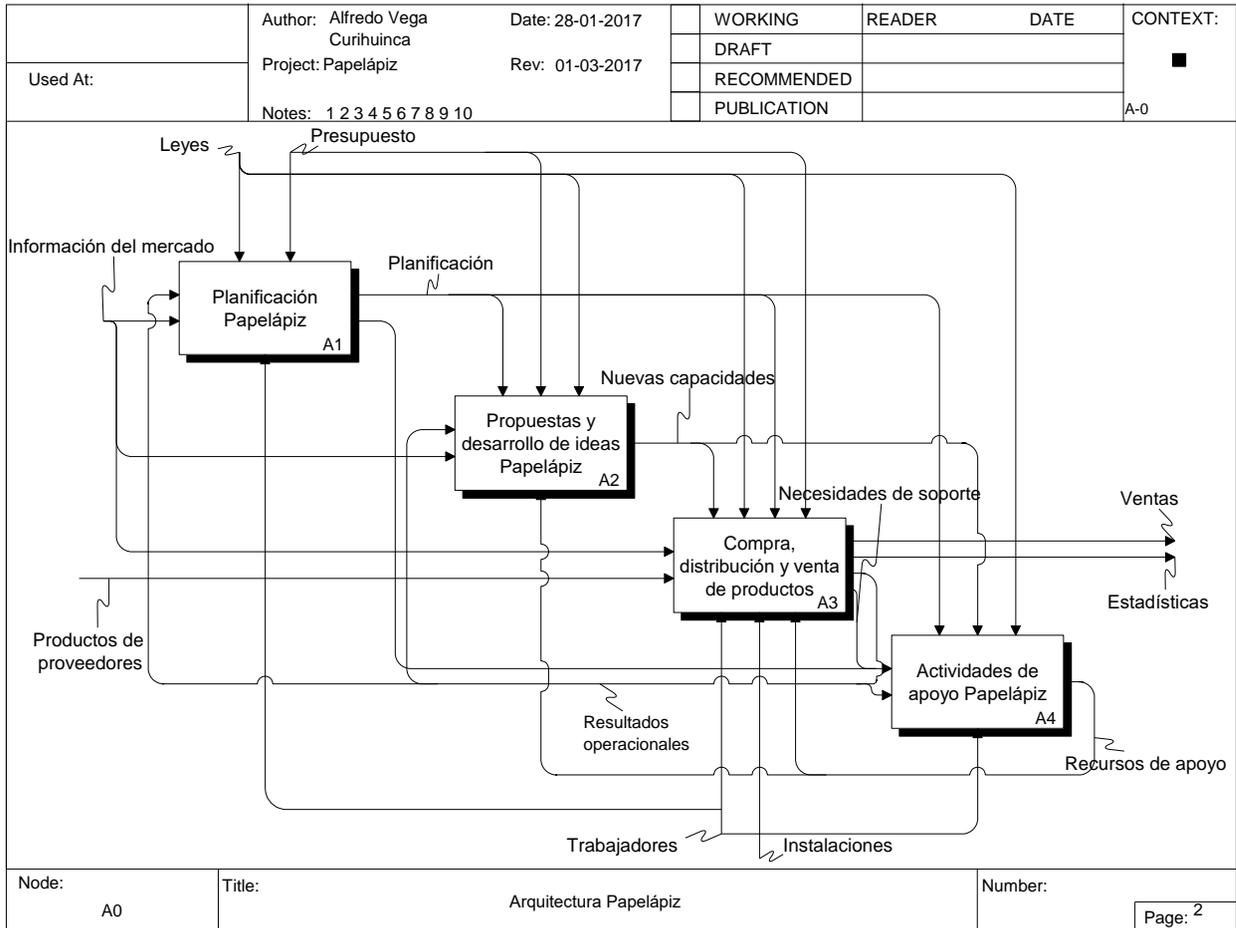


Figura 14. Arquitectura de Macroprocesos

Tabla 1. Detalle Arquitectura - Nivel A1

Descripción	Este Macroproceso hace referencia a la Macro 3 de Óscar Barros, en esta se desarrollan y definen los elementos estratégicos que darán rumbo a la organización.
Entradas	Las entradas necesarias para desarrollar la planificación del negocio son la información del mercado, es decir, tendencias, estacionalidades, etc. Por otro lado, son necesario los resultados operacionales de periodos anteriores.
Controles	Se deben respetar dos controles para el desarrollo de la planificación, estos son las leyes vigentes y el presupuesto con el que cuentan para el periodo a planificar.
Mecanismos	Se utilizan elementos de la Macro 4, es decir, recursos no pertenecientes al core del negocio. Se distinguen elementos como personas y TI.

Salidas	Este Macroproceso entrega los lineamientos del negocio que permitirán conseguir los objetivos planteados. Se distinguen elementos como: metas de ventas, definición de público objetivo, determinación de crecimiento de sucursales, determinación de tipos de productos a vender, definición de actividades de apoyo como por ejemplo contabilidad. Por último, detecta si los procesos, actividades y recursos son los idóneos para dar soporte al cumplimiento de los objetivos, en caso de no ser así se definen las necesidades de nuevas capacidades que será el plan de la Macro 2.
----------------	--

Tabla 2. Detalle Arquitectura - Nivel A2

Descripción	Este Macroproceso hace referencia a la Macro 2 de Óscar Barros, por lo que en ella se encuentran los procesos que permiten desarrollar nuevas capacidades e iniciativas.
Entradas	Las entradas de esta Macro son los resultados operacionales de periodos anteriores y la información de mercado. Cabe destacar que estos son los principales input para proponer o desarrollar una iniciativa dentro de la empresa.
Controles	Los controles necesarios para desarrollar esta macro son: planificación entregada por la Macro 1, el presupuesto disponible y las leyes vigentes.
Mecanismos	Los mecanismos que dar soporte a esta tarea son los entregados por la Macro 4.
Salidas	Este Macroproceso entrega nuevas iniciativas o desarrollo de nuevas capacidades que serán incorporadas a la cadena de valor o en las actividades de apoyo de la organización. Cabe destacar que la empresa posee pocas iniciativas de este carácter.

Tabla 3. Detalle Arquitectura - Nivel A3

Descripción	Este Macroproceso hace referencia a la Macro 1 de Óscar Barros, en ella se encuentran la mayoría de los procesos que crean valor, de ahí la comparación con la cadena de valor de Porter. Los elementos que lo componen son: administración de la relación con el cliente, administración de la relación con el proveedor, gestión de bodega y reposición de mercadería y por último la ejecución de administración de bodega y reposición de mercadería.
Entradas	Las entradas para esta Macro son la información de mercado, en ella se tangibilizan hechos como tendencias de mercado y cambios en la demanda de

	productos. Además, se considera entrada los productos que los proveedores venden.
Controles	Los controles que rigen esta Macro son: el presupuesto con el que se realizaran las compras, las nuevas capacidades creadas en la Macro 2, la planificación de negocio desarrollada en la Macro 3 y por último las leyes vigentes.
Mecanismos	En esta Macro se utiliza mecanismos de apoyo como trabajadores, instalaciones y recursos y capacidades provistas por la macro 4.
Salidas	Los resultados de esta macro corresponden a las ventas de los productos, estadísticas sobre los procesos de venta y compra, requerimientos de necesidades de soporte y resultados operacionales que serán analizados dentro de la Macro 1.

Tabla 4. Detalle Arquitectura - Nivel A4

Descripción	Este Macroproceso hace referencia a la Macro 4 de Óscar Barros, en esta se pueden encontrar todas las actividades o procesos que son un apoyo para que se puedan llevar a cabo el resto de las Macro. Si bien sus componentes no pertenecen a la cadena de valor, posee actividades que son necesarias para que el negocio funcione.
Entradas	Las entradas de esta Macro corresponden necesidades de soporte de otras Macros y resultados operaciones de la cadena de valor.
Controles	Los controles que se deben cumplir en esta Macro son: presupuesto, las nuevas capacidades creadas en la Macro 2, la planificación de negocio desarrollada en la Macro 3 y por último las leyes vigentes.
Mecanismos	Los principales mecanismos para que esta Macro se pueda desarrollar son las instalaciones de la empresa.
Salidas	Los resultados de esta Macro son los recursos de apoyo que darán soporte a las diferentes unidades de la empresa.

4.2 Modelamiento Detallado de Procesos

Para un mayor comprensión del funcionamiento y necesidades actuales de la empresa, se modelará la Macro 1: Compra, distribución y venta de productos. Luego, siguiendo la misma lógica se modelará a detalle un nivel de profundidad adicional, con el fin de establecer el origen de los problemas detectados.

4.2.1 Nivel A3: Compra, Distribución y Venta de Productos

Esta macro comúnmente es denominada cadena de valor, ya que en ella se encuentran la cadena de procesos que permiten crear y entregar el valor al cliente. Bajo esta lógica, se detalla la Macro 1 ya que en ella se encuentran los procesos relacionados con la determinación del momento y el volumen de compra de cada SKU que son aquellos que se desean intervenir: La Macro 1 se presenta en la Figura 15. Esta Macro está compuesta por cuatro procesos:

- Administración de la relación con el cliente
- Administrar relación con el proveedor
- Gestión de bodega y reposición de mercadería
- Ejecución de administración de bodega y reposición de mercadería

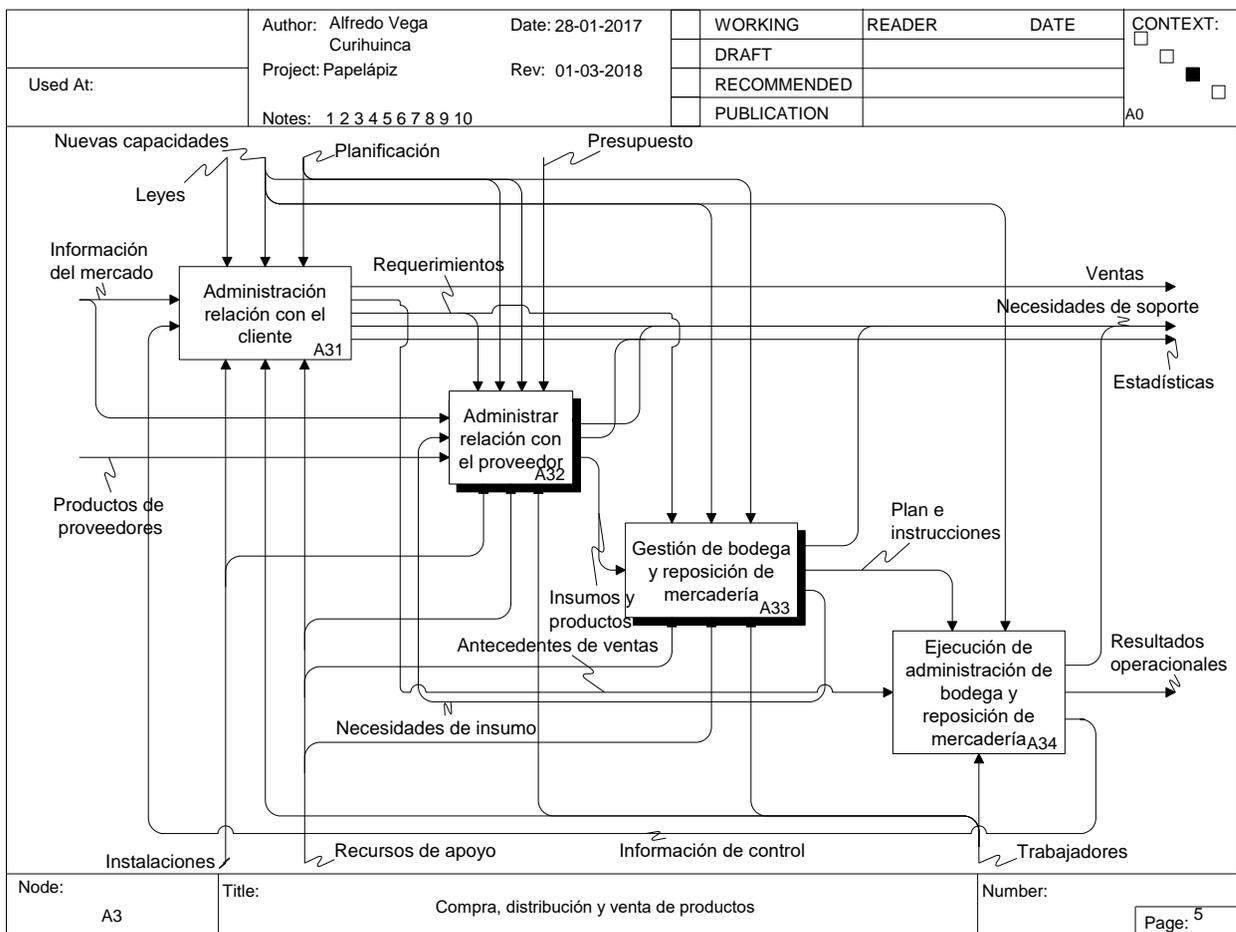


Figura 15. Arquitectura de negocio nivel A3: Compra, distribución y venta de productos

Tabla 5. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A31 Administración de la relación con el cliente

Descripción	En este proceso se desarrollan las actividades necesarias para entender el mercado y sus necesidades. También incluye los procesos de venta y de validación de satisfacción por parte del cliente o usuario.
Entradas	Las entradas de este proceso son la información del mercado, la cual es necesaria para entender las necesidades del cliente. La otra entrada corresponde a la información de control entregada por la ejecución.
Controles	Los controles que rigen este proceso son: leyes vigentes, la planificación del negocio y las nuevas capacidades desarrolladas.
Mecanismos	Los mecanismos necesarios para este proceso son: instalaciones, recursos de apoyo y los trabajadores.
Salidas	Los resultados de este proceso son: Ventas asociadas a los productos, antecedentes de las ventas, este flujo hace referencia a la información resultante de las ventas. Los otros resultados son: Requerimientos de productos, necesidades de soporte y estadísticas operacionales.

Tabla 6. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A32 Administrar relación con el proveedor

Descripción	En este proceso se desarrollan las actividades relacionadas con la definición de las especificaciones de los requerimientos de los insumos. Además, se encuentra la programación, monitoreo y realización de la compra de productos.
Entradas	Las entradas de este proceso son la información del mercado, necesaria para definir qué, cuándo y cuántos productos comprar. Otra entrada relevante son las necesidades de insumos provenientes de la operación.
Controles	Los controles que rigen este proceso son los requerimientos de mercadería provenientes de los clientes, las nuevas capacidades desarrolladas, la planificación del negocio y el presupuesto que restringirá el volumen de compra.
Mecanismos	Los mecanismos que se identifican en este proceso son las instalaciones, recursos de apoyo y trabajadores.
Salidas	Las principales salidas de este proceso son los insumos y productos que serán vendidos en las tiendas. Otras salidas son las necesidades de soporte y estadísticas.

Tabla 7. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A33 Gestión de bodega y reposición de mercadería

Descripción	En este proceso se realizan las actividades necesarias para programar el abastecimiento desde la bodega central hacia los locales de venta.
Entradas	La entrada de este proceso son los insumos y productos que necesitan ser despachados desde la bodega.
Controles	Los controles que rigen este proceso son los requerimientos de productos desde los locales, las nuevas capacidades y la planificación sobre el negocio.
Mecanismos	Los mecanismos sobre este proceso son los recursos de apoyo y los trabajadores.
Salidas	Las salidas de este proceso son las necesidades de insumo, estas aparecen en la medida que la bodega baje sus niveles de mercadería o que no existan insumos suficientes para dar respuestas a las necesidades del negocio. Además, otros resultados son el plan de reposición y necesidades de soporte.

Tabla 8. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A34 Ejecución de administración de bodega y reposición de mercadería

Descripción	En este proceso se llevan a cabo las actividades de abastecimiento y reposición de mercadería.
Entradas	La entrada de este proceso corresponde a las necesidades de insumo de los locales de venta.
Controles	Los controles presentes son las nuevas capacidades desarrolladas y el plan de abastecimiento.
Mecanismos	El principal mecanismo de este proceso corresponde a los trabajadores.
Salidas	Las salidas de este proceso son resultados operacionales, información de control y necesidades de soporte.

4.2.2 Nivel A32: Administrar Relación Con el Proveedor

Este proceso es parte de la Macro 1, en él se desarrollan procesos como la definición del volumen y de momento de compra, así como también la definición del proveedor entre otros. Está compuesto por tres procesos:

- Especificaciones de requerimientos de productos

- Programar compras y definir proveedor
- Seguimientos de órdenes de compra

En la Figura 16, se destaca el proceso *Programar compras y definir proveedor*, en él radican los problemas asociados a la determinación del volumen y el momento de compra.

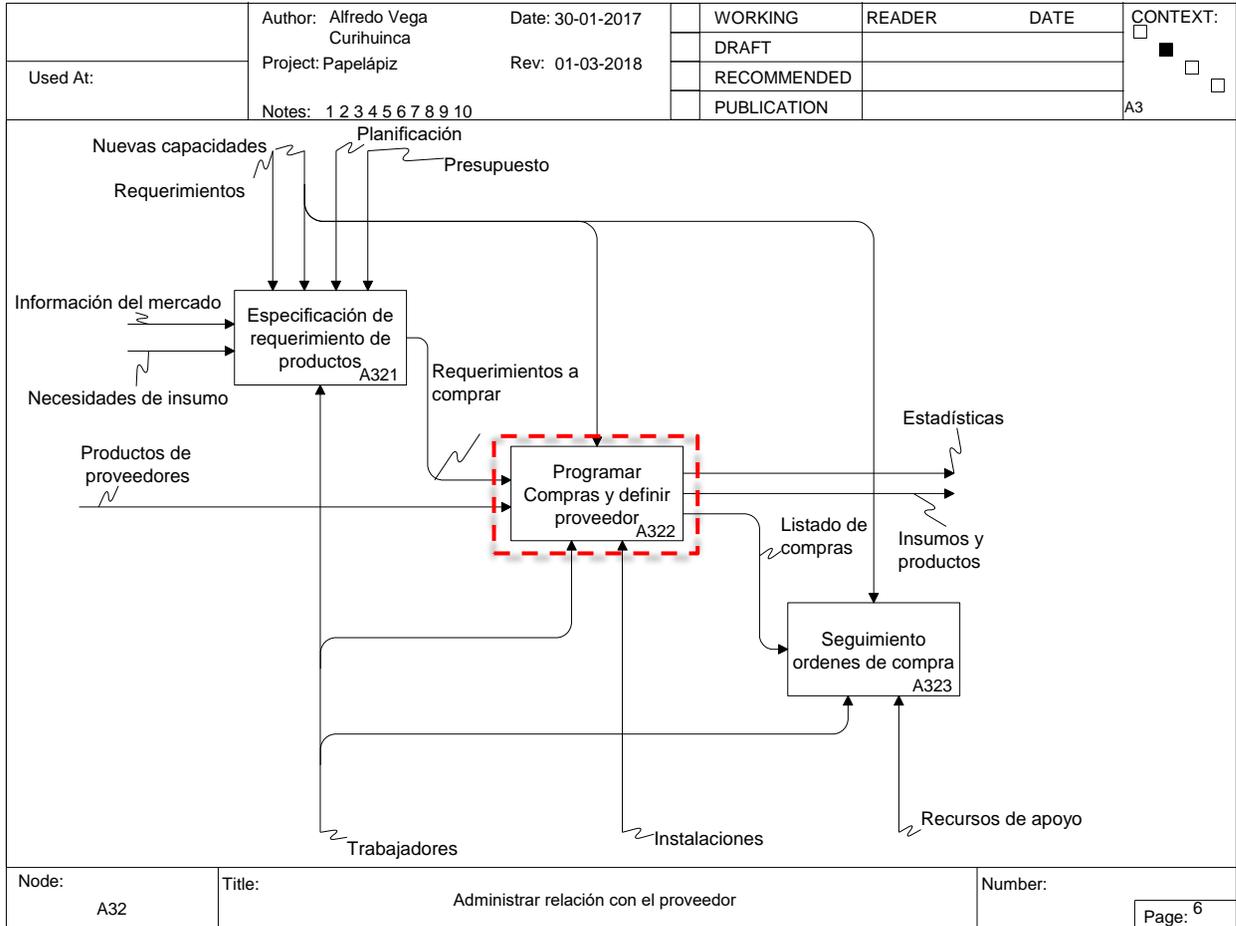


Figura 16. Arquitectura de negocio nivel A32: Administrar relación con el proveedor

Tabla 9. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A321 Especificación de requerimientos de productos

Descripción	En este proceso se definen que tipos de productos de comprar, las variables en juego son: marcas, precio, proveedores, etc.
Entradas	Las entradas de este proceso son la información del mercado y las necesidades de insumo provenientes de la operación.

Controles	Los controles de este proceso son los requerimientos de productos, la generación de nuevas capacidades, la planificación del negocio y el presupuesto de compras de productos.
Mecanismos	El principal mecanismo para desarrollar este proceso son los trabajadores.
Salidas	La salida de este proceso define los requerimiento de los productos a comprar.

Tabla 10. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A322 Programar compras y definir proveedor

Descripción	En este proceso se definen qué, cuándo y cuánto se comprará de cada producto.
Entradas	Como principal input se tiene los requerimientos de los productos a comprar y los productos de los proveedores.
Controles	El principal control de este proceso es el presupuesto de compra.
Mecanismos	Los mecanismos de este proceso son los trabajadores y las instalaciones.
Salidas	Las salidas de este proceso son el listado de compras, los insumos y productos físicos; y por último estadísticas.

Tabla 11. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A323. Seguimiento de órdenes de compra

Descripción	Este proceso tiene como fin el monitoreo de las órdenes de compra realizadas.
Entradas	La entrada de este proceso corresponde al listado de compras realizadas.
Controles	El control de este proceso es el presupuesto, ya que se debe velar por una coherencia entre lo gastado y los productos que llegan a la bodega.
Mecanismos	Los mecanismos para desarrollar este proceso corresponden a los trabajadores y recursos de apoyo.
Salidas	Esta tarea no presenta salidas.

4.2.3 Nivel A33: Gestión de Bodega y Reposición de Mercadería

Este proceso también es parte de la Macro 1, en él se desarrollan procesos como la recepción de productos en la bodega, la programación de los despachos y la planificación de la gestión de la bodega. Está compuesto por tres procesos:

- Incorporación de nuevos productos

- Planificación de bodega y despachos
- Decidir ejecución de administración de bodega y despacho

En la Figura 17 se destaca el proceso *Planificación de bodega y despachos*, ya que en él radican los problemas asociados a la determinación del momento y volumen óptimo de despacho de productos desde la bodega hacia los puntos de venta.

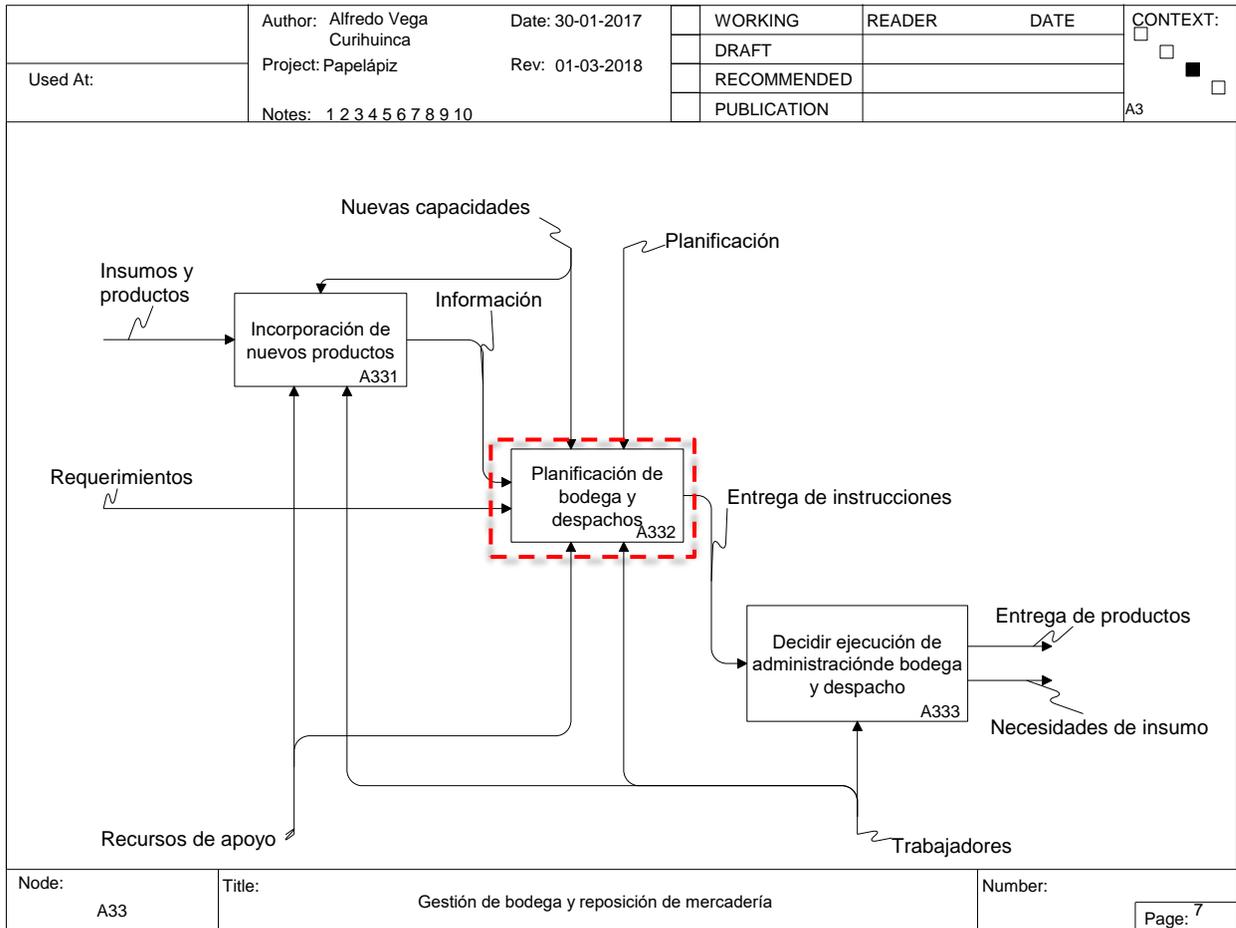


Figura 17. Arquitectura de negocio nivel A33: Gestión de bodega y reposición de mercadería

Tabla 12. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A331 Incorporación de nuevos productos

Descripción	Este proceso incluye acciones como recepción de mercadería en bodega, con sus respectivas validaciones.
Entradas	La entrada de este proceso son los insumos y productos comprados en los procesos previos.
Controles	Los controles que rigen este proceso son la generación de nuevas capacidades desarrolladas previamente.

Mecanismos	Los mecanismos utilizados corresponden a los recursos de apoyo.
Salidas	Las salidas de este proceso corresponden a información sobre los productos en bodega.

Tabla 13. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A332 Planificación de bodega y despachos

Descripción	En este proceso se planifica el orden y administración de la bodega. Además, se desarrollan los procesos relacionados con el despacho de productos desde la bodega hasta los puntos de venta, es decir, se programa qué, cuánto y cuándo se deben despachar los productos.
Entradas	Las entradas de este proceso corresponden a requerimientos de productos e información de productos en la bodega.
Controles	Los controles sobre este proceso corresponden a la planificación del negocio y la generación de nuevas capacidades.
Mecanismos	Los mecanismos de este proceso corresponden a recursos de apoyo y los trabajadores.
Salidas	La salida de este proceso corresponde a la planificación de las entregas, es decir, la definición de qué productos se despacharán, indicando cuánto de cada uno y además cuándo se hará.

Tabla 14. Detalle Arquitectura de negocio - Nivel A333 Decidir ejecución de administración de bodega y despacho

Descripción	En este proceso se ejecuta el despacho de productos desde la bodega hasta los puntos de venta.
Entradas	Instrucciones sobre qué, cuánto y cuando se debe realizar el despacho de productos a cada local.
Controles	No presenta controles.
Mecanismos	Los mecanismos son los trabajadores y los recursos de apoyo.
Salidas	La salida de este proceso corresponde a la entrega de los productos en cada uno de los locales de venta, además, también entrega información sobre las necesidades de productos luego de disminuir el inventario en bodega.

4.3 Modelamiento BPMN

Para evidenciar a cabalidad la necesidad de intervenir los procesos relacionados con el momento y dimensionamiento del volumen de compra, junto con los procesos concernientes a la determinación del momento y cantidad a despachar de cada producto hacia los puntos de venta, se modelarán en detalle utilizando BPMN los procesos *Programar compras y definir proveedor* y *Planificación de bodega y despachos*.

4.3.1 Programar Compras y Definir Proveedor

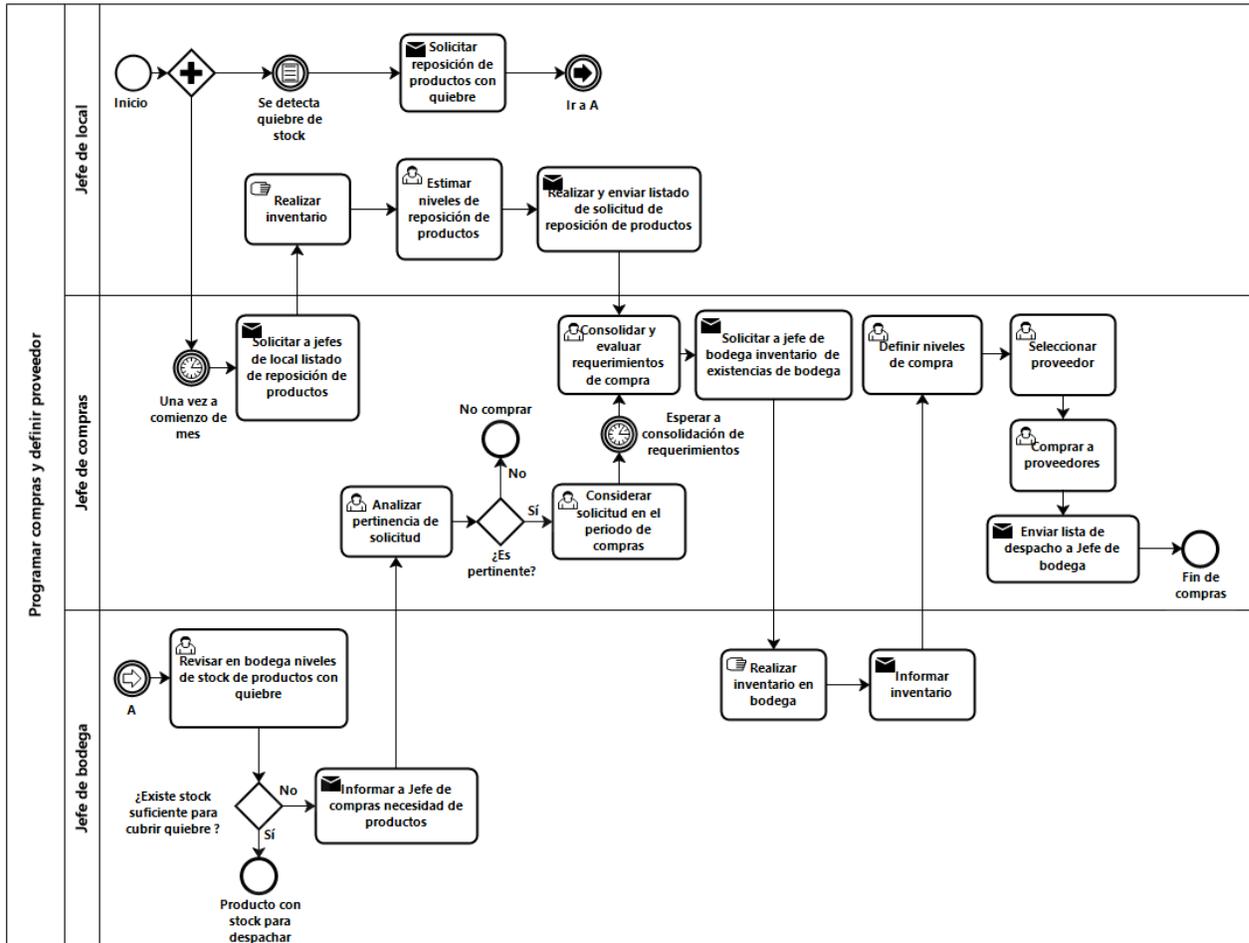


Figura 18. Procesos de programar compras y definir proveedor

- Evento de inicio: El proceso se inicia una vez al mes o en caso de que algún jefe de local detecte algún quiebre de stock.
- ◆ Compuerta paralela: El flujo toma dos direcciones, éstas corresponden a las compras regulares mensuales y la otra a la solicitud de abastecimiento extraordinario debido a un quiebre de stock.
- ⌚ Evento de temporización: El proceso de compras se realiza una vez al mes, este proceso comienza aproximadamente el 25 de cada mes.

 Solicitar a jefes de local listado de reposición de productos: El jefe de compras envía un correo a cada jefe de local, solicitando un lista que detalle que productos y cantidad necesidad para el periodo.

 Realizar inventario: Cada jefe de local realiza un inventario aproximado de cuáles son las existencias del local.

 Estimar niveles de reposición de productos: A partir del inventario realizado y su conocimiento del negocio, cada jefe de local estima el nivel necesario de reposición. La estimación generalmente es en base a la cantidad vendida el mes anterior, sin embargo, no existe una regla definida. Esta aproximación es a nivel de SKU relevante para cada jefe de local, es decir, el jefe de local solo estimará lo que él considera que debe ser abastecido.

 Realizar y enviar listado de solicitud de reposición de productos: Luego de realizada la estimación de reposición de productos, cada jefe de local envía su lista de solicitud de reposición de productos al jefe de compras. El tiempo transcurrido entre que el jefe de compras solicita las listas de reposición y ésta es enviada es de aproximadamente 5 días.

 Evento condicional: Este evento condicional se activa cuando un jefe de local detecta algún quiebre de stock.

 Solicitar reposición de productos con quiebre: El jefe de local envía un correo al jefe de bodega solicitando reposición del producto con quiebre. Esta solicitud responde a un carácter de urgencia.

 Revisar en bodega niveles de stock de productos con quiebre: El jefe de la bodega revisa si el producto solicitado se encuentra en existencias

 ¿Existe stock suficiente para cubrir quiebre? Dependiendo si existe el stock suficiente se tomarán diferentes acciones.

 Producto con stock para despachar: En el caso que sí exista stock suficiente en bodega para cubrir el requerimiento el proceso culmina.

 Informar a Jefe de compras necesidad de productos: En el caso que no exista stock suficiente para cubrir la solicitud de quiebre de stock, el jefe de bodega reenvía la solicitud hacia el jefe de compras.

 Analizar pertinencia de solicitud: El jefe de compras analiza si la solicitud es pertinente. No existe una regla de negocios explícita, el jefe de compras utiliza su conocimiento del negocio para determinar si las características de la solicitud presenta algún tipo de inconsistencia.

 ¿Es pertinente? Dependiendo si el jefe de local considera pertinente la solicitud se tomarán diferentes acciones.

 No comprar: En el caso que el jefe de compras considere que la solicitud no es pertinente, este no realizará la compra de este producto.

-  Considerar solicitud en el periodo de compras: En el caso que el jefe de compras considere que la solicitud es pertinente incluirá el requerimiento de compra en la siguiente proceso de compras.
-  Esperar a consolidación de requerimientos: La solicitud de reposición por quiebre de stock debe esperar a
-  Consolidar y evaluar requerimientos de compra: Los primeros días de cada mes el jefe de compras evalúa la lista de requerimientos de cada local, en este proceso puede mantener, aumentar o disminuir el nivel solicitado por cada local, para esto no existe una regla de negocios clara, sin embargo, el jefe de compras compara las solicitudes con las realizadas en periodos anteriores. Finalmente, el jefe de compras consolida en una lista única todos los requerimientos.
-  Solicitar a jefe de bodega inventario de existencias de bodega: El jefe de compras solicita al jefe de bodega un inventario aproximado de los SKU en el listado consolidado de requerimientos.
-  Realizar inventario en bodega: El jefe de bodega realiza un inventario visual de los SKU solicitados. Este inventario no busca ser preciso, su fin es definir el orden de magnitud del stock por SKU. El jefe de bodega debe responder en un periodo máximo de 2 días.
-  Informar inventario: Una vez el jefe de bodega realizó el inventario lo informa al jefe de compras.
-  Definir niveles de compra: El jefe de compras define el nivel de compras para cada SKU como: $Compras_i = Requerimientos_i - Inventario_i + Delta_i$, donde cada producto posee un delta diferente, el cual es definido por el jefe de compras sin una regla de negocios definida.
-  Seleccionar proveedor: El jefe de compras realiza un proceso de cotización, en donde solicita a diferentes proveedores sus catálogos de precios. En base a los precios define cual será el proveedor para cada producto.
-  Comprar a proveedores: El jefe de compras envía un listado con los SKU solicitados y la cantidad respectiva asociada.
-  Enviar lista de despacho a Jefe de bodega: El jefe de compras genera una nómina que detalla cuáles serán los productos y sus respectivas cantidades a despachar a cada local. Esta nómina se envía al jefe de bodega, quien es el responsable de realizar el proceso de picking⁸.

⁸ Proceso de preparación de pedidos.

4.3.2 Planificación de Bodega y Despachos

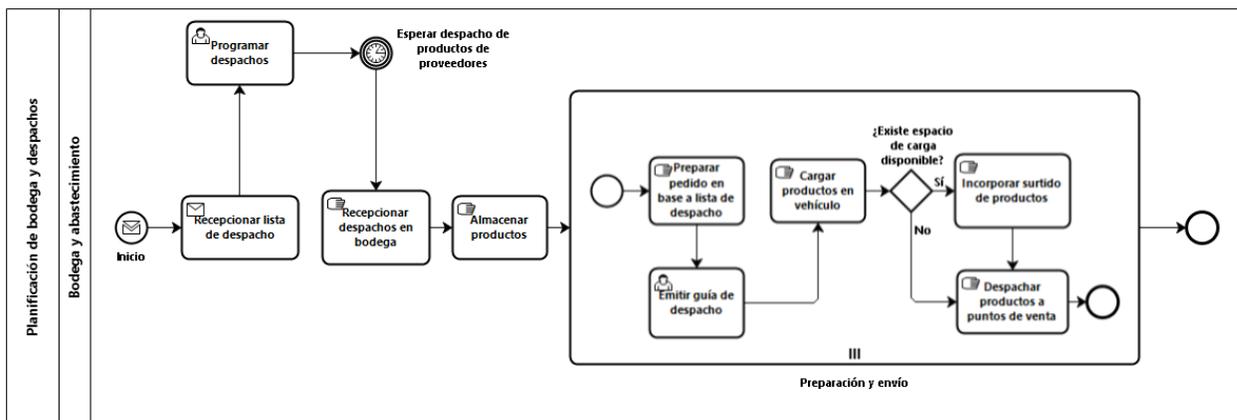


Figura 19. Procesos de Planificación de bodega y despachos

● Evento de Inicio: Este proceso comienza con el mensaje enviado por el jefe de compras, que incluye la lista de despacho.

☑ Recepcionar lista de despacho: El jefe de bodega recibe el listado de despacho, este documento contiene el detalle de los productos y sus cantidades que deben ser despachados a cada local.

☑ Programar despachos: El jefe de bodega programa genera un programa de despachos, considerando fechas tentativas de despacho de proveedores. En esta programación el jefe de local estima la cantidad de viajes necesarios para despachar todos los productos. El resultado de este proceso es un itinerario de despachos.

⌚ Esperar despacho de productos de proveedores: Para proceder con los despachos, el jefe de bodega debe esperar que los proveedores despachen los productos a la bodega para seguir con el proceso de despacho.

☑ Recepcionar despachos en bodega: El jefe de bodega recibe el despacho realizado por los proveedores. En este proceso se realizan tareas de cuadratura contra factura, revisión de calidad de productos entre otros.

☑ Almacenar productos: El jefe de local ordena a su equipo quitar los productos de la entrada de la bodega, los productos son almacenados en algún sitio libre de la bodega.

☑ Preparación y envío: Este subproceso es realizado para cada uno de los locales, es decir, se realiza 5 veces. Está compuesto por:

☑ Preparar pedido en base a lista de despacho: El jefe de bodega ordena a su equipo comenzar con el proceso de picking de productos, hasta cumplir con la totalidad de la lista de despacho para el local establecido.

☑ Emitir guía de despacho: El jefe de bodega debe emitir la guía de despacho que incluye el detalle de todos los productos que salen desde la bodega.

 Cargar productos en vehículo: El equipo de bodega realiza la carga con los productos a despachar al local establecido.

 ¿Existe espacio de carga disponible? Dependiendo si existe espacio disponible el jefe de bodega puede tomar diferentes acciones.

 Incorporar surtido de productos: En caso de que luego de realizar la carga de productos aún exista espacio de carga disponible, el jefe de bodega incorpora un surtido de productos. Este surtido de productos no se rige bajo ninguna regla de negocios y responde a la necesidad de obtener el máximo provecho al costo del transporte.

 Despachar productos a puntos de venta: Finalmente se procede al despacho de los productos hacia los diferentes locales de venta.

 Fin

4.4 Diagnóstico de la Situación Actual

Al analizar la arquitectura de procesos de la organización, se puede observar que no existen faltas de conexiones entre las diferentes macros, de hecho, existen conexiones de retroalimentación entre la Macro 1 y la Macro 2, que permite entre otras cosas la incorporación de nuevas capacidades a la cadena de valor. Otro ejemplo de este hecho es que existen conexiones entre la Macro 3 y la Macro 1, en donde la cadena de valor entrega información para que la Macro 3 pueda tomar decisiones estratégicas, sin embargo, ¿Este flujo de información es oportuno y correcto? A nivel de Macroprocesos solo se puede afirmar que existe una conexión, no la calidad de esta.

Entonces ¿Dónde radican los problemas?

Para responder esta pregunta es necesario recordar que los Macroprocesos nos permiten entender qué tipo de conexiones existen entre los diferentes procesos de las organizaciones, sin embargo, no permiten conocer a detalle cómo son estas conexiones, aún más, no permite saber si el “cómo” se está realizando de forma correcta. Por esta razón es necesario analizar el detalle de cómo se desarrollan los procesos, es decir, se deben analizar los modelos BPMN.

4.4.1 Problemas Proceso Programar Compras y Definir Proveedor

1. Estimación manual de una gran cantidad de SKU: Dado que la solicitud de productos es un proceso manual y que PLZ cuenta con cerca de 3.500 productos, incentivan a que los jefe de local no realicen una solicitud de reposición para cada uno de los 3.500 códigos y que solo se enfoquen solo en los productos de mayor rotación, esto genera quiebres en productos de menor volúmenes de venta.
2. Estimación de reposición de productos basada en juicio experto: El jefe de local estima según su experiencia previa cuanto es lo que debe solicitar de reposición de cada SKU. Algunos jefes de local consideran lo vendido el mes anterior a la hora de realizar una solicitud, sin embargo, no utiliza ninguna herramienta cuantitativa para realizar su

estimación. Cabe destacar que utilizar lo vendido el mes anterior no es un buen indicador, debido a la gran estacionalidad que presenta el negocio.

3. Incertidumbre acerca de la fecha de despacho de productos: El jefe de local no tiene certeza de cuánto tiempo transcurrirá entre el momento en que él solicita el pedido hasta que le despachan los productos, este tiempo es en promedio de 3 semanas, pero han existido ocasiones que ha tomado un mes completo. Este hecho ocasiona que los jefes de local abulten los pedidos para cubrir periodos largos sin abastecimiento, sin embargo, el jefe de compras al analizar los pedidos y encontrarse con aumentos sobre los valores normales, puede disminuir el volumen a despachar. Esto genera un clima de desconfianza entre el jefe de compras y los jefe de local.
4. Evaluación de requerimientos jefe de compras: El jefe de local tiene las atribuciones de aumentar, mantener, disminuir o suprimir una solicitud de un producto. Es decir, existe una segunda estimación en base a juicio experto para definir si el volumen de reposición es el correcto. Es común escuchar reclamos por parte de los jefes de local sobre que no reciben los productos que ellos solicitan, por su parte el jefe de compras se defiende diciendo que le piden productos que no se venden o cantidades irrisorias que jamás serán vendidas.
5. Tiempo de reposición de mercadería: Como ya se dijo el tiempo de reposición es de cerca de 3 semanas, lo que provoca que en el caso que exista un quiebre de stock de algún producto en fechas cercanas a las de solicitud de mercadería, pasarán casi 3 semanas sin tener ese producto para el cliente.
6. No existe un sistema de inventario: Cada vez que se necesita realizar una compra es necesario solicitar un inventario a los locales de venta para definir qué productos deben ser abastecidos, luego el jefe de bodega debe realizar un inventario para definir cuanto es necesario comprar para cumplir con el abastecimiento. Estos inventarios son aproximaciones y no reflejan la cantidad real de productos en existencias. No contar con un inventario real deja abierta las posibilidad a robos y estafas indetectables, ya que no hay forma de llevar una traza de los productos en bodega ni en los locales.
7. No existe un registro de quiebres de stock: A nivel de tecnología PLZ solo cuenta con un sistema de registro transaccional, el cual registra los productos vendidos en cada una de las boletas. Sin embargo, como se dijo anteriormente la empresa no cuenta con un sistema de gestión de inventarios, por lo que no existe un sistema que cuadre la entrada y salida de productos, ni mucho menos una herramienta que detecte cuando las existencia de productos están bajas o con quiebres. La única forma de detectar un quiebre de stock es cuando un trabajador de local se percata y levanta las alertas. En caso de que el jefe de local no consideré esta alerta a la hora de realizar la solicitud de reposición el producto seguirá con quiebre.

4.4.2 Problemas Proceso Planificación de Bodega y Despachos

1. Condicionantes para despachar: Queda en evidencia que para realizar el envío de productos hacia los locales de venta los productos deben estar previamente en la bodega, por lo que, si por alguna razón el proveedor sufre demoras en el despacho, esto retrasará la cadena de abastecimiento hacia los puntos de venta, pudiendo ocasionar quiebres de stock en los puntos de venta.
2. Incorporar productos en espacio disponible: El jefe de la bodega cuenta con la autorización de los dueños de la empresa de incorporar productos al despacho en caso de que exista espacio disponible en el vehículo de despacho. Es común que este surtido de productos posea baja rotación y que lleve mucho tiempo en bodega, es decir, son productos que no poseen una buena venta. Este hecho sumado a que muchas veces el jefe de compras decide no comprar todo el surtido solicitado por los jefes de local, se traduce en que el jefe de local no recibe lo que solicitó.

4.5 Cuantificación del Problema

Tanto los quiebres de stock como el sobreabastecimiento de productos ocasionan innegable problemas financieros, sin embargo, dada la falencia de sistemas de gestión y control interna, la empresa no posee una cuantificación precisa sobre la cantidad de millones de pesos que poseen inmovilizados en bodega, ni mucho menos cuantos son los millones de pesos que pierden por ventas no realizadas por quiebres de stock.

Por lo que para obtener un primer acercamiento a los órdenes de magnitud de cada una de estas cifras se consultó a los jefe de locales y jefe de bodega. Luego, para definir el volumen aproximado de los productos inmovilizado de la bodega se realizó un inventario, el cual fue utilizado como input para el modelo de optimización que se presentará más adelante. Por otro lado, para definir las pérdidas asociadas a ventas no realizadas por quiebres de stock se utilizó la data transaccional para detectar patrones anómalos que puedan ser atribuidos a quiebres de stock.

4.5.1 Cuantificación Sobreabastecimiento

- Juicio experto: Se entrevistó al jefe de bodega quien lleva trabajando más de 6 años en la empresa. Según su juicio experto el cree que existen cerca de CLP\$MM 400 inmovilizados, pero teme que el monto pueda disminuir por grandes cantidades de productos con mermas.
- Inventario: Se tomó la opción de realizar un inventario de las existencias en bodega, ya que permitiría conocer el estado de los productos que llevan más de dos años guardados, además, esta información es fundamental a la hora de definir los volúmenes de compra. Los resultados del inventario fueron que existían CLP\$MM 300 en productos en bodega, de estos cerca de CLP\$MM 200 corresponden a productos de baja rotación. Tal como había expresado el jefe de bodega existían muchos productos que no podían ser comercializados por su mal estado.

4.5.2 Cuantificación Quiebres de Stock

- Juicio experto: Se entrevistó a cada uno de los jefe de local acerca de sus estimaciones de ventas perdidas por quiebres de stock. Según sus juicios expertos, existe cerca de un 10% de ventas perdidas asociadas a clientes que solicitan un producto y este no posee stock.
- Análisis cuantitativo: Debido a que la empresa no cuenta con sistemas que puedan registrar quiebres de stock, se utilizaron los datos transaccionales de venta para identificar un posible quiebre. La idea detrás de esta técnica es establecer que existe un quiebre de stock en todos aquellos periodos en dónde se evidencie una disminución considerable del nivel de venta en comparación a los periodos adyacentes. Luego, para los periodos en donde se establece un quiebre, se debe reemplazar el valor del periodo en cuestión por el menor valor de los periodos adyacente. Finalmente, bajo esta técnica se determinó que existen pérdidas en ventas atribuibles a quiebres de stock por un monto cercano a los CLP\$MM 140 anuales, equivalentes a un 14% de las ventas totales del 2017. El detalle de esta metodología se encuentra en el subcapítulo *5.4.1 Detección quiebres de stock*.

CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS

En este capítulo se presentan los elementos que permiten llevar a cabo el proceso de cambio, se incorporan elemento de variables de cambio, rediseño de procesos y diseño de lógicas de negocios.

5.1 Patrón de Negocio

El profesor Óscar Barros [2] propone el uso de Patrones de Negocios, los cuales, según sus palabras modelan de forma básica las estructuras y las relaciones que deben existir en un negocio para que funcione correctamente. Aún más, el Patrón de Negocios permite de forma simple graficar la forma en que el negocio apalancará la estrategia, dejando en evidencia posibles brechas que deben ser cubiertas. De esta forma se genera un acercamiento a las Capacidades necesarias para dar cumplimiento a la estrategia.

Como ya se analizó en el capítulo de estrategia, la empresa posee un posicionamiento de Liderazgo en costos, por lo que el Patrón de Negocios que mejor se adapta a las necesidades de la empresa es el *Patrón de negocios 6: Uso óptimo de recursos*. Este Patrón busca potenciar las siguientes estrategias y modelos de negocios:

- Posicionamiento estratégico basado en la estrategia de mejor producto, versión eficacia operacional.
- Modelo de negocio basado en ofrecer un excelente producto o servicio a precios bajos.

En la Figura 20 se presenta el Patrón de Negocios 6, en ella se pueden observar que para poder cumplir con una estrategia de Liderazgo en costos es necesario analizar el uso de los recursos, realizar modelos de que permitan optimizar el uso de estos y finalmente rediseñar e implementar estas mejoras en el flujo de valor. Queda en evidencia la necesidad de desarrollar modelos que permitan optimizar el uso de recursos.

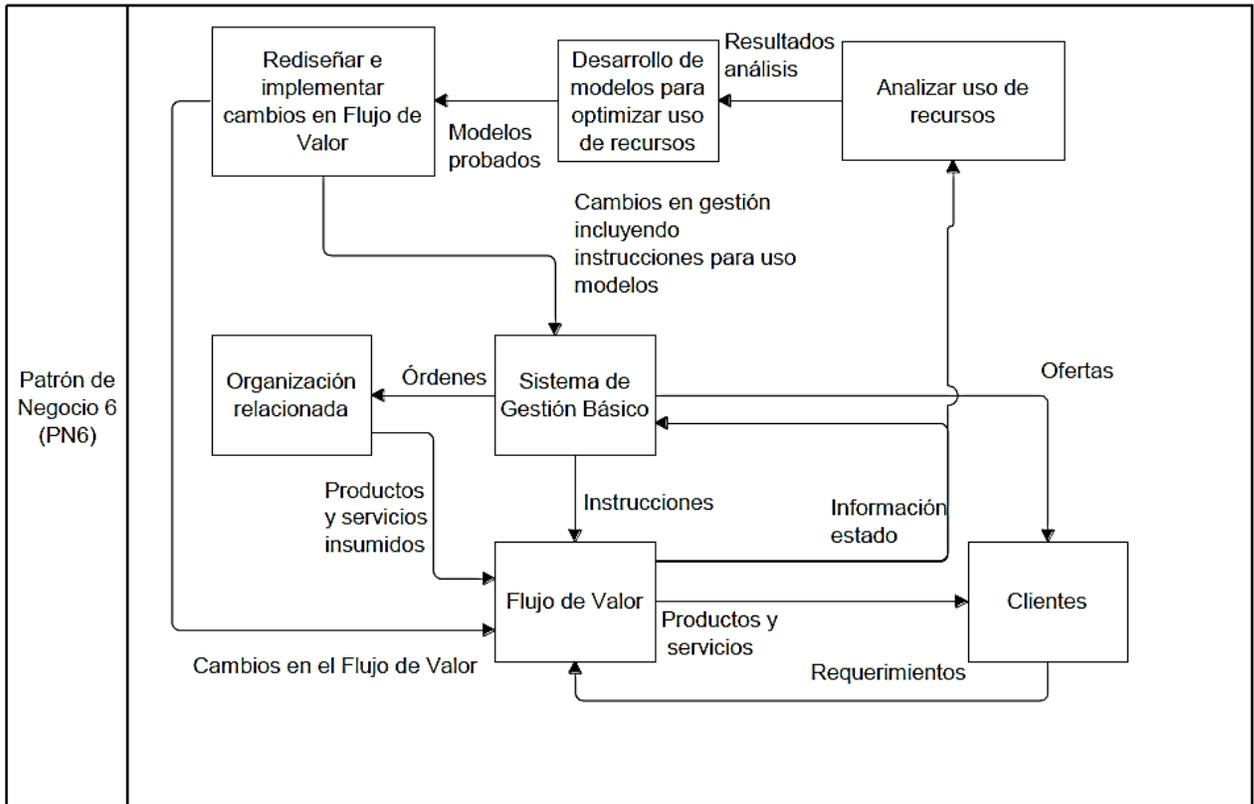


Figura 20. Patrón de Negocios 6: Uso óptimo de recursos

5.2 Direcciones de Cambio

Las direcciones de cambio son un conjunto de variables que caracterizan los ámbitos en los cuáles se llevará a cabo el rediseño de procesos, permitiendo evidenciar cuál es la situación inicial y deseada en diferentes ámbitos de la empresa. Estas variables están agrupadas en 7 categorías:

1. Estructura de la Empresa y Mercado
2. Anticipación
3. Coordinación
4. Prácticas de Trabajo
5. Integración de procesos conexos
6. Mantenimiento consolidada de Estado

A continuación, se detalla cada una de las variables de diseño junto con la situación inicial y la propuesta luego del desarrollo del proyecto.

5.2.1 Estructura de la Empresa y Mercado

Tabla 15. Variables de diseño: Estructura de la empresa y mercado

Variable de diseño	Actual	Propuesto
Servicio integral al cliente	No	No
Lock-In sistémico	No	No
Integración con proveedores	No	No
Estructura interna: centralizada o descentralizada	Descentralizada	Descentralizada
Toma de decisiones: centralizada o descentralizada	Descentralizada con respecto a las compras.	Centralizada con respecto a las compras, con lógicas de negocios claras y automatizadas.

5.2.2 Anticipación

Tabla 16. Variables de diseño: Anticipación

Variable de diseño	Actual	Propuesto
Modelos predictivos de demanda de productos	No	Modelo que permite estimar cuanto se venderá de cada producto en un horizonte de 3 meses.
Planificación de compras	No existen reglas de negocios definidas.	Modelo permitirá definir cuánto se debe comprar de cada producto.
Planificación de operaciones de distribución	Parcial, con un horizonte de planificación de 1 semana.	Modelo permitirá una planificación con un horizonte de 3 meses.

5.2.3 Coordinación

Tabla 17. Variables de diseño: Coordinación

Variable de diseño	Actual	Propuesto
Reglas	Falencia total de reglas a la hora de realizar procesos claves.	Automatización de reglas de negocios vinculadas con la determinación de volúmenes de compra y despacho
Jerarquías	Uso extensivo debido a la falta de reglas definidas.	Disminución de uso de jerarquías debido a la automatización de decisiones
Colaboración	Uso extensivo debido a que las tareas de compras y abastecimiento requieren la colaboración de diferentes áreas del negocio.	En menor medida, se utilizará para generar ajustes a los modelos automatizados
Partición	No existe partición.	Mantener

5.2.4 Prácticas de Trabajo

Tabla 18. Variables de diseño: Prácticas de trabajo

Variable de diseño	Actual	Propuesto
Lógica de negocios automatizada o semiautomatizada	No	Modelo de predicción de demanda automatizado que entregará un listado de compras
Lógica de apoyo a actividades tácitas	No	Revisión y ajustes a modelos predictivos
Procedimientos de comunicación e integración	No	Visualización de listado de compras y lista de despacho por local
Lógica y procedimientos de	No	Incorporación de metodología para detectar quiebres de stock. Control

medición de desempeño y control		sistemático de la capacidad de predicción del modelo y lo errores asociados
---------------------------------	--	---

5.2.5 Integración de Procesos Conexos

Tabla 19. Variables de diseño: Integración de procesos conexos

Variable de diseño	Actual	Propuesto
Proceso aislado	No. Sin embargo, la conexión es deficiente	Conexión de información oportuna y de calidad. Modificación del “Como”
Todos o la mayor parte de los procesos de un Macroproceso	Si, sin embargo, el problema es la calidad de las conexiones	Conexión de información oportuna y de calidad. Modificación del “Como”
Dos o más Macroprocesos interactúan	Si, sin embargo, el problema es la calidad de las conexiones	Conexión de información oportuna y de calidad. Modificación del “Como”

5.2.6 Mantención Consolidada de Estado

Tabla 20. Variables de diseño: Mantención consolidad de estado

Variable de diseño	Actual	Propuesto
Datos propios	Si principalmente en planillas de cálculo	Eliminación de uso de planillas de cálculo para determinación de volumen de compra y programación de despachos.
Integración de datos con otros datos de la empresa	No	Integración manual, se utilizarán datos transaccionales de los puntos de venta para ajustar modelos de predicción

Integración de datos con sistemas de empresas externas	No	No
--	----	----

5.3 Diseño Detallado de Procesos TO BE

El proyecto no plantea un rediseño radical en la arquitectura de la empresa, esto se debe principalmente a que los cambios necesarios responden a procesos existentes que no se desarrollan de forma correcta, es decir, el problema no radica en “que” se hace, sino en el “cómo” se hace. Los cambios propuestos en la Arquitectura responden a conexiones de información necesarias para poder incorporar las mejores prácticas.

En la Figura 21 se aprecia la arquitectura de negocio TO BE nivel A3: Compra, distribución y venta de productos, en ella se destaca en rojos los nuevos flujos de conexión que serán utilizados tanto en el modelo de pronóstico de demanda como en el modelo de despacho óptimo. Estos flujos corresponden a datos transaccionales de venta y datos de despachos históricos de productos hacia los puntos de venta.

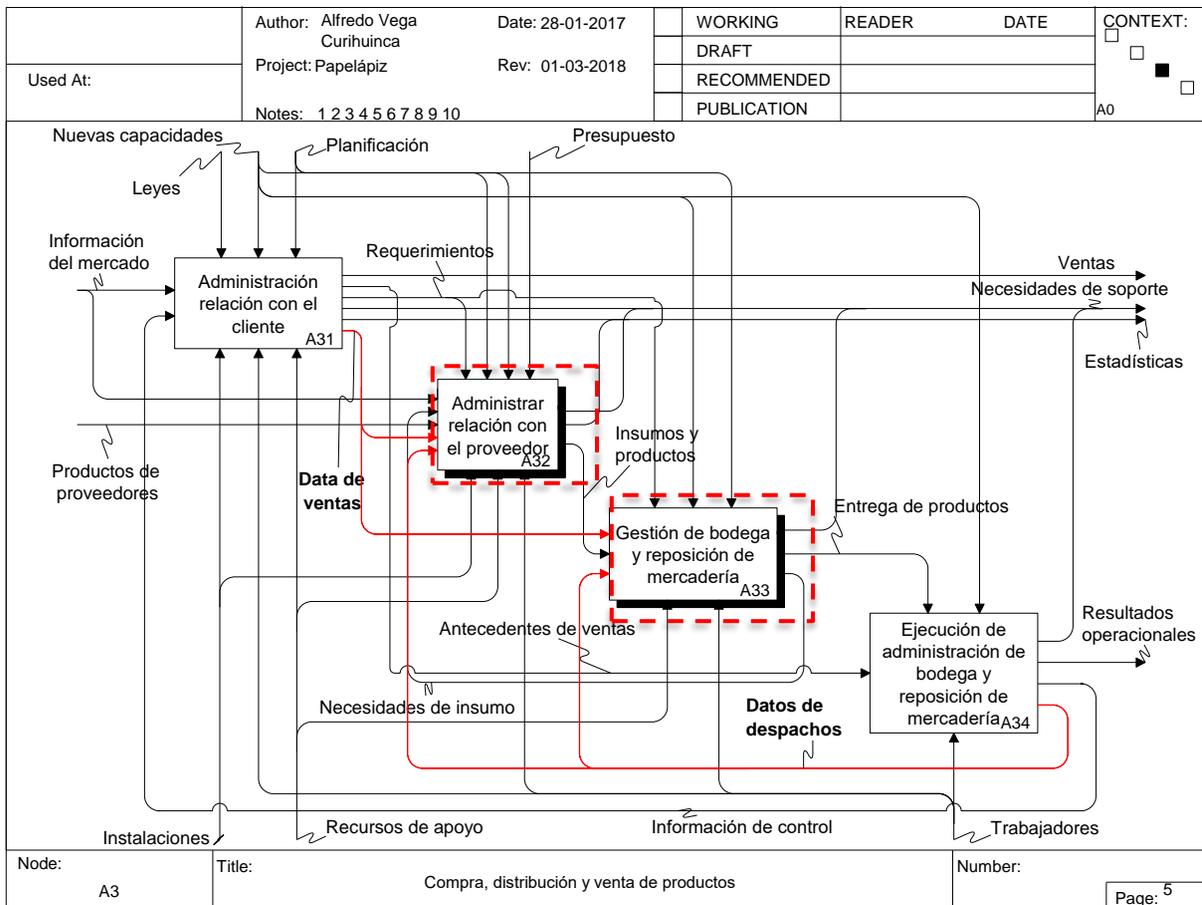


Figura 21. Arquitectura de negocio TO BE nivel A3: Compra, distribución y venta de productos

En los siguientes subcapítulos se presentan los niveles de la arquitectura que serán intervenidos en conjunto con la propuesta de rediseño de sus procesos.

5.3.1 Rediseño Proceso Programar Compras y Definir Proveedor

En la Figura 22 se aprecia la arquitectura de negocio TO BE nivel A32: Administrar relación con el proveedor, en ella se puede observar la incorporación de la nueva conexión data de ventas, que será utilizada en los modelos que existen en el proceso *programar compras y definir proveedor*.

Como se planteó con anterioridad, no existen cambios significativos a nivel de arquitectura. Esto se explica en que en el modelo inicial sí existía un proceso de *programar compras y definir proveedor*, pero en este no se utilizaba toda la información necesaria y por tanto no se desarrollaba en la forma correcta. La intervención no busca crear un proceso nuevo, sino crear capacidades a través de la optimización de el “cómo” se desarrolla este proceso.

Los nuevos flujos buscan entregar los datos necesarios para calibrar los modelos de pronóstico de demanda y despacho óptimo que se encuentran dentro de *programar compras y definir proveedor*.

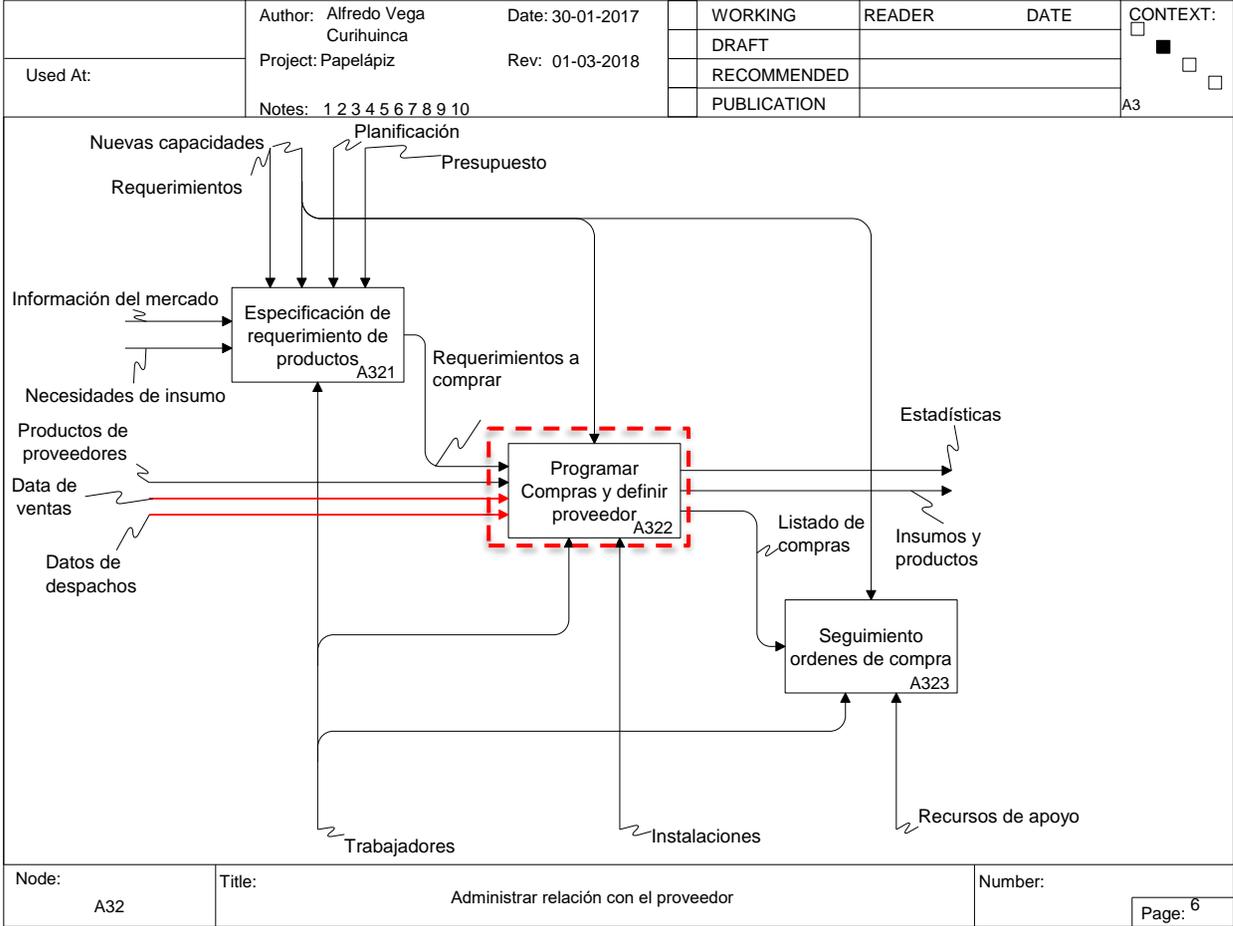


Figura 22. Arquitectura de negocio TO BE nivel A32: Administrar relación con el proveedor
 A continuación, se presenta el rediseño del proceso “Programar compras y definir proveedor”.

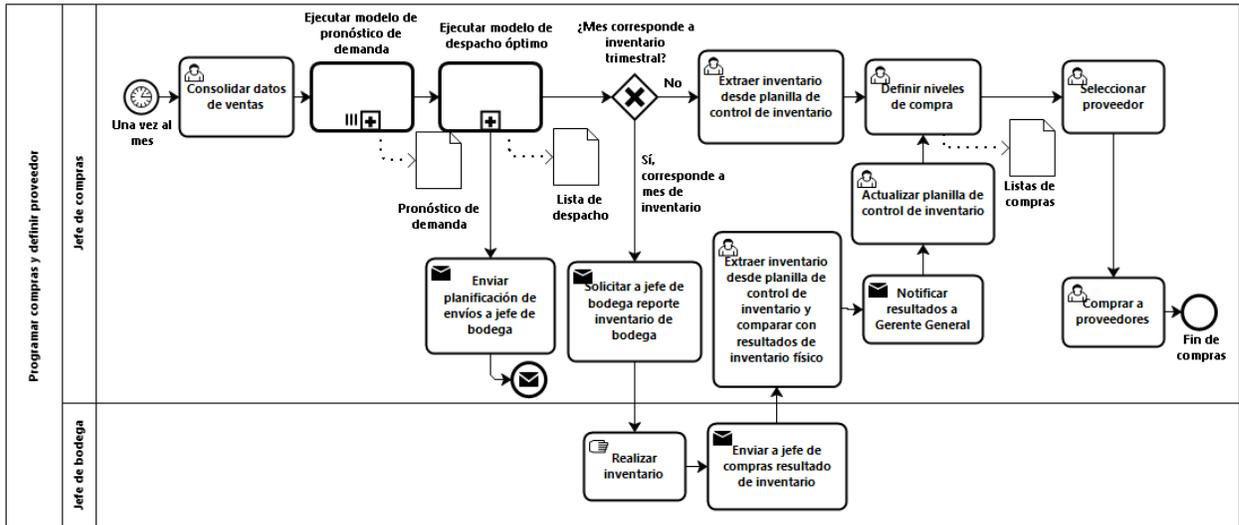


Figura 23. Procesos de programar compras y definir proveedor TO BE

🕒 Una vez al mes: Los primeros días de cada mes comienza el proceso de programar compras y definir el proveedor.

📁 Consolidar datos de ventas: El jefe de compras debe consolidar las ventas históricas de cada local y agruparlas por SKU, local e intervalo de tiempo (dos intervalos de igual tamaño por mes). El resultado de este proceso es un input para el proceso *Ejecutar modelo de pronóstico de demanda*.

📁 Ejecutar modelo de pronóstico de demanda: Este subproceso incluye la ejecución y funcionamiento del modelo de pronóstico de demanda. El resultado de este proceso es un archivo que incluye el pronóstico de demanda con un horizonte de tres meses. Este proceso se debe ejecutar una vez por cada local. En la Figura 24 se aprecia el detalle del subproceso. Este subproceso está compuesto por:

🟢 Inicio Simple

📁 Preparar ejecución código: El jefe de compras debe contar con el archivo consolidado de ventas y lo debe guardar en el directorio del modelo.

📁 Ejecutar código: El jefe de compras debe iniciar la ejecución del código.

📁 Identificar quiebres: Este proceso identifica para cada SKU los periodos en donde existieron quiebres.

📁 Reemplazar quiebres: Este proceso reemplaza el valor del periodo con quiebre por el menor valor de ventas de los periodos adyacentes. La importancia de este proceso radica en que, si se ejecutarán los modelos de predicción con datos de ventas con quiebres, pronosticaría ventas menores de las reales y por tanto se volverían a generar quiebres.

📁 Ejecutar 3 modelos de predicción: Para cada SKU se ejecuta los modelos de media móvil ponderada, regresión lineal con ajuste de tendencia y suavización exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad, versión aditiva.

Optimizar MAPE con combinación lineal de pronósticos: Se realizará una combinación lineal entre los tres pronósticos previamente descritos, de tal forma de minimizar el MAPE en el set de entrenamiento.

Retornar pronóstico: El modelo retorna el pronóstico de demanda por SKU para un horizonte de tres meses.

Fin Simple

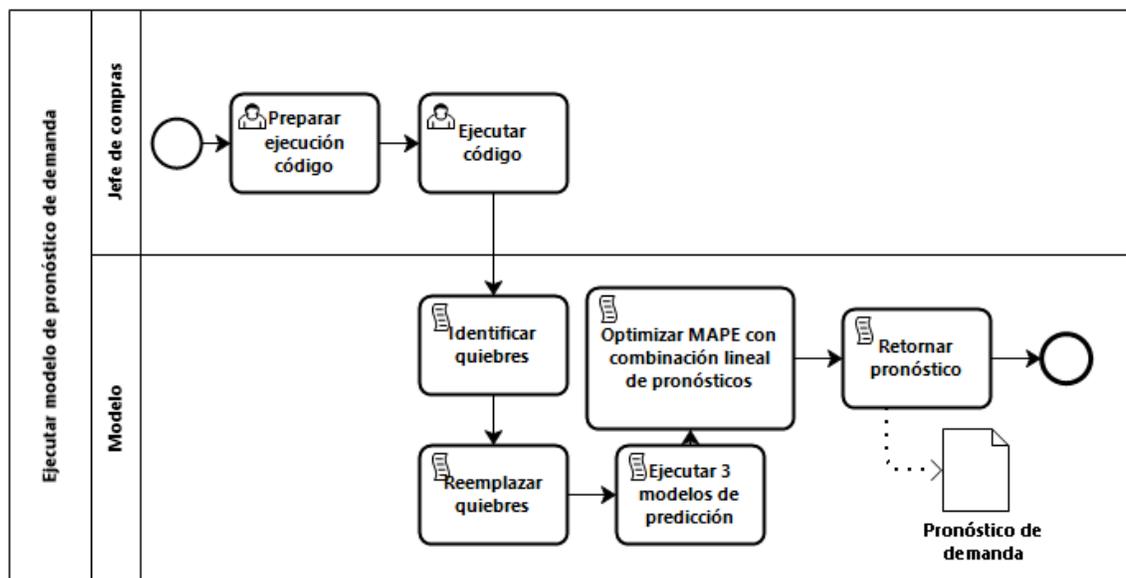


Figura 24. Proceso Ejecutar modelo de pronóstico de demanda TO BE

Pronóstico de demanda: Archivo con pronóstico de demanda por local

Ejecutar modelo de despacho óptimo: Este subproceso incluye la ejecución del modelo de despacho óptimo. El resultado de este proceso es un archivo que incluye la cantidad de viajes que debe realizar el vehículo de despacho por periodo hacia cada local, los productos y las cantidades que deben despachar. En la Figura 25, se aprecia el detalle del subproceso. Este subproceso está compuesto por:

Inicio Simple

Extraer datos de despacho de productos hacia locales desde planilla de control de inventario: Desde esta planilla se extraen los datos del último inventario inicial y todos los movimientos de productos.

Calcular inventario: El jefe de compras debe calcular el inventario de los locales para cada SKU a partir de los datos extraídos del proceso anterior. El cálculo se debe realizar de la siguiente forma:

$$\text{Inventario} = \text{Último inventario} - \text{ventas desde último inventario} + \text{ingresos desde último inventario}.$$

◆ ¿Mes corresponde a inventario trimestral?

☑ Solicitar a jefes de local reporte inventario: Se ejecutarán inventarios en los locales de venta cada tres meses. Con esta revisión se busca crear mecanismos de control frente a descuadres considerables en el Stock. El jefe de compras solicita realizar el inventario a cada jefe de local.

☑ Realizar inventario: El jefe de local realiza el inventario en su local

☑ Enviar a jefe de compras resultado de inventario: El jefe de local reporta el inventario al jefe de compras.

☑ Comparar resultados con inventario calculado: El jefe de compras compara el inventario físico con el inventario calculado y genera un informe del resultado del inventario. El resultado del inventario en locales será el punto de partida para la ejecución del modelo en los siguientes dos meses en los que no se realizará inventario físico.

☑ Notificar resultados a Gerente General: El jefe de compras debe notificar el resultado del inventario en los locales, detallando los niveles de descuadratura en caso de que existiesen.

☑ Preparar ejecución código: El jefe de compras debe consolidar los datos de inventarios de los locales y pronóstico de demanda en el directorio definido.

☑ Ejecutar código: El jefe de compras ejecuta el código.

☑ Ejecutar modelo de optimización: Se ejecuta el modelo de optimización de despacho.

☑ Retornar planificación: El modelo retorna la combinación de viajes y productos a enviar que minimiza el costo sujeto a las restricciones de cumplir con la demanda.

☐ Lista de despacho: Archivo con cantidad de viajes por periodo a cada local, los productos y cantidades que se deben despachar a cada local en cada intervalo de tiempo.

○ Fin Simple

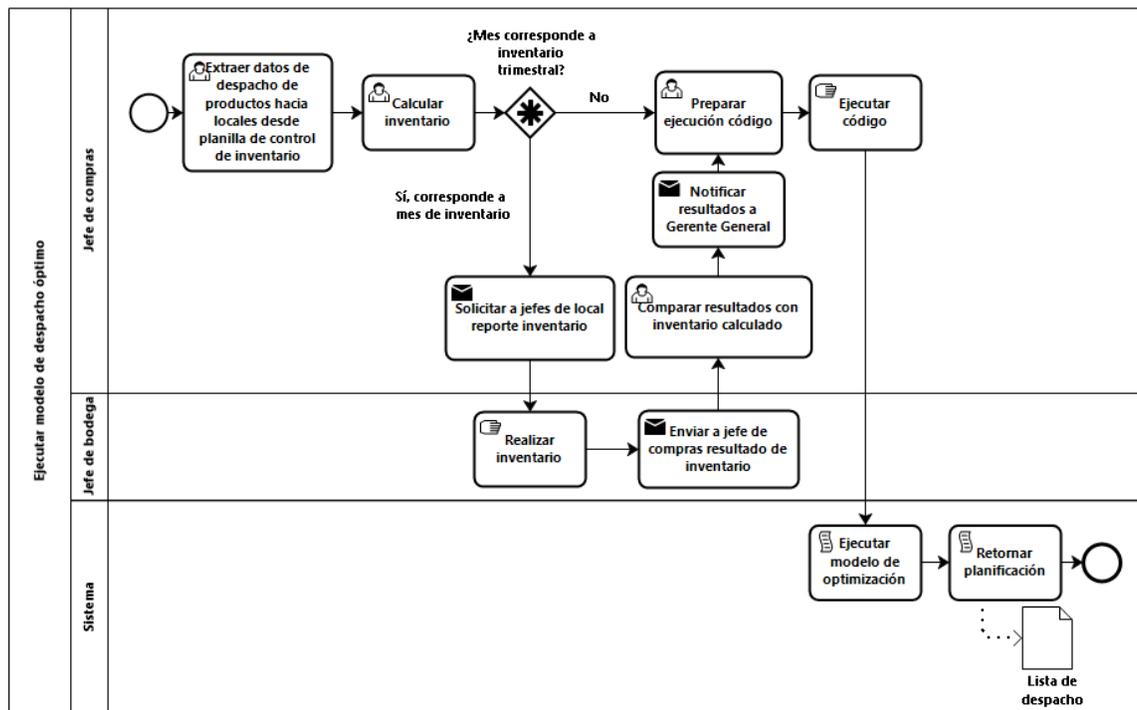


Figura 25. Proceso Ejecutar modelo de despacho óptimo TO BE

📄 Lista de despacho: Archivo con cantidad de viajes por periodo, los productos y cantidades que se deben despachar a cada local en cada intervalo de tiempo.

📧 Enviar planificación de envíos a jefe de bodega: El jefe de compras debe enviar el archivo lista de despacho al jefe de bodega, este insumo será utilizado para la planificación de despachos.

🛑 Mensaje de Fin: Evento de fin que incluye un mensaje para iniciar el proceso *Planificación de bodega y despachos*.

💡 ¿Mes corresponde a inventario trimestral?

📧 Solicitar a jefe de bodega reporte inventario de bodega: Se ejecutarán inventarios en bodega cada tres meses. Con esta revisión se busca crear mecanismos de control frente a descuadres considerables en el Stock. El jefe de compras solicita realizar el inventario de bodega al jefe de bodega.

📄 Realizar inventario: El jefe de bodega realiza el inventario de bodega. Este proceso consiste en realizar una revisión y conteo de todos los productos en existencias.

📧 Enviar a jefe de compras resultado de inventario: EL jefe de local envía el resultado del inventario al jefe de compras.

📄 Extraer inventario desde planilla de control de inventario y comparar con resultados de inventario físico: La planilla de control de inventario, es una planilla de cálculo que permite conocer el inventario actual de la bodega. Esta plantilla se construye a partir de un inventario inicial, al que luego se le adicionan las entradas y descuentan las salidas de productos de bodega a

nivel de SKU. El jefe de local extrae el stock registrado en la planilla de cálculo y compara los resultados con el inventario realizado por el jefe de compras. Los objetivos de este proceso son:

- Creación de un mecanismo de control que identifique descuadres en el nivel de inventario y tomar medidas correctivas.
- Contar con un inventario real para ejecutar el modelo de despacho óptimo.

 Notificar resultados a Gerente General: El jefe de compras debe enviar un informe al gerente general con los resultados del inventario, detallando los niveles de descuadratura en caso de que existiesen.

 Actualizar planilla de control de inventario: El jefe de compras debe actualizar el inventario en la planilla de control de inventarios. De esta forma cada 3 meses la planilla de control de inventario reflejará el real inventario en la bodega.

 Extraer inventario desde planilla de control de inventario: En caso de que en el mes en curso no corresponda realizar inventario, el jefe de compras debe extraer el inventario desde la planilla de control de inventario, el cual refleja el stock el momento. Este proceso tiene asociado los errores que se puedan haber cometido en la actualización de la planilla de control de inventario.

 Definir niveles de compra: El jefe de compras debe analizar cuáles son los despachos programados para los siguientes 3 meses, con esta información debe programar cuánto y cuándo comprar de cada producto, de tal forma de abastecer todo lo necesario para realizar los despacho en el momento dispuesto, con la restricción de que los productos se deben encontrar en bodega al menos 15 días antes del despacho programado. El resultado de este proceso es la lista de compras. Cabe destacar que el proyecto de tesis busca definir qué y cuánto comprar, pero deja en libertad el momento en el cual se debe realizar la compra, con la única restricción, que los productos deben estar en bodega 15 días antes que se realice el despacho. Los beneficios de este procesos son:

- Distribuir la carga de trabajo del equipo de bodega.
- Permitir al jefe de compras abastecer de productos para más de un periodo, en el caso que él considere que el precio de los productos es conveniente en el momento de compra.
- Se asegura el abastecimiento de los productos necesarios para cumplir con la demanda proyectada.

 Listas de compras: Lista que incluye cuánto se debe comprar de cada producto y en qué momento.

 Seleccionar proveedor: El jefe de compras cotiza con diferentes proveedores y selecciona por precio cual será el proveedor para cada producto.

 Comprar a proveedores: El jefe de compras envía un listado con los SKU solicitados y la cantidad respectiva asociada.

 Fin de compras

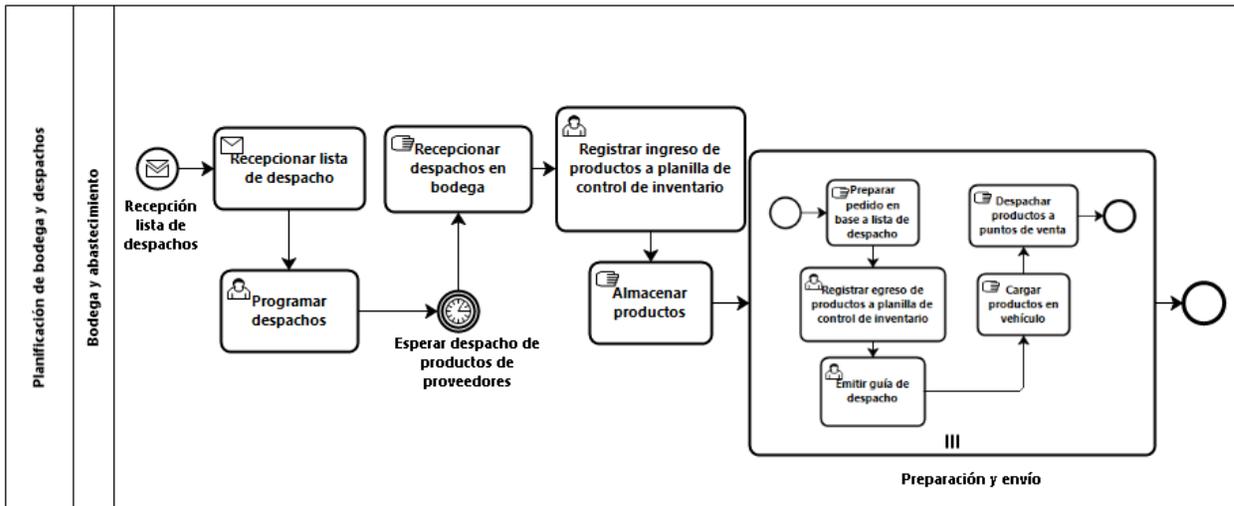


Figura 27. Proceso Planificación de bodega y despachos TO BE

- ✉ **Recepción lista de despachos:** Este proceso comienza con el envío de la lista de despacho por el jefe de compras.
- ✉ **Recepcionar lista de despacho:** El jefe de compras recibe la lista de compras. Este listado detalla la cantidad de viajes por periodo, los productos y cantidades que se deben despachar a cada local en cada intervalo de tiempo.
- ✉ **Programar despachos:** En este proceso el jefe de compras debe planificar los despachos a cada local, definiendo los días y el orden en los cuales se harán los despachos, cumpliendo con la lista de despacho.
- ⌚ **Esperar despacho de productos de proveedores**
- ✉ **Recepcionar despachos en bodega:** El jefe de bodega recibe el despacho realizado por los proveedores. En este proceso se realizan tareas de cuadratura contra factura, revisión de calidad de productos entre otros.
- ✉ **Registrar ingreso de productos a planilla de control de inventario:** El jefe de bodega registra en la plantilla de control de inventario el ingreso de los productos a la bodega.
- ✉ **Almacenar productos:** El jefe de local ordena a su equipo quitar los productos de la entrada de la bodega, los productos son almacenados en algún sitio libre de la bodega.
- ✉ **Preparación y envío:** Este subproceso es realizado para cada uno de los locales, es decir, se realiza 5 veces. Está compuesto por:
 - **Inicio Simple**
 - ✉ **Preparar pedido en base a lista de despacho:** El jefe de bodega ordena a su equipo comenzar con el proceso de picking de productos, hasta cumplir con la totalidad de la lista de despacho para el local establecido.

 Registrar egreso de productos a planilla de control de inventario: El jefe de bodega registra en la planilla de control de inventario el egreso de productos a la bodega.

 Emitir guía de despacho: El jefe de bodega debe emitir la guía de despacho que incluye el detalle de todos los productos que salen desde la bodega.

 Cargar productos en vehículo: El equipo de bodega realiza la carga con los productos a despachar al local establecido.

 Despachar productos a puntos de venta: Finalmente se procede al despacho de los productos hacia los diferentes locales de venta.

 Fin Simple

 Fin Simple

5.4 Diseño de Lógica de Negocios

En el siguiente subcapítulo se describen las lógicas de negocio que sustentan el rediseño de procesos, el valor que agrega cada una y sus principales resultados. A continuación, se presentan las cuatro lógicas de negocio desarrolladas.

5.4.1 Detección Quiebres de Stock

Las consecuencias que produce un quiebre de stock son variadas, dentro de las más relevantes se pueden mencionar:

- Deterioro de marca: Con alta probabilidad un cliente no volverá a comprar si no encuentra lo que busca [15].
- Pérdidas monetarias por ventas no realizada.
- Frustraciones en el equipo de cada local.

Dado este contexto, se vuelve totalmente necesario prevenir los quiebres de stock, sin embargo, la empresa no posee las herramientas necesarias para anticipar o identificar un quiebre, ni mucho menos cuantificar la ventas perdidas asociadas al quiebre. Una forma de abordar los problemas de quiebres de stock es utilizar modelos de pronósticos de demanda que permitan disminuir el error de estimación del volumen de abastecimiento.

Los modelos de pronóstico de demanda utilizan data histórica de la demanda para generar predicciones, sin embargo, la empresa no posee datos de la demanda. La empresa solo cuenta con los datos de ventas históricas, los cuales serían igual a la demanda en el caso que no existieran quiebres de stock⁹. Es de es de esperar que si la información utilizada para calibrar los modelos es

⁹ Solo si se vende todo lo que se demanda la demanda es igual a las ventas

deficiente, los modelos posean un poder de predicción bajo. Los datos de ventas serán obtenidos del software de punto de venta que registra cada transacción realizada en los locales.

¿Qué ocurrirá si se corren modelos de predicción de demanda con datos históricos de venta que poseen quiebres de stock?

La respuesta es simple, el modelo generará un pronóstico asumiendo que lo que se vendió en la data histórica corresponde a la venta total, por lo que el pronóstico estará truncado por el quiebre de stock. Para evidenciar esta situación se plantea un ejemplo que se observa en la Figura 28, este producto en promedio ha tenido ventas cercanas a 100 unidades mensuales, pero en los meses de marzo y septiembre 2016 sufrió quiebres de stock. En ausencia de otra información, todos los modelos de pronósticos de demanda que fueron presentados en el marco teórico realizarían algo similar a lo que se observa a la Figura 28, es decir, proyectar el patrón detectado en el futuro, incluyendo los quiebres de stock.

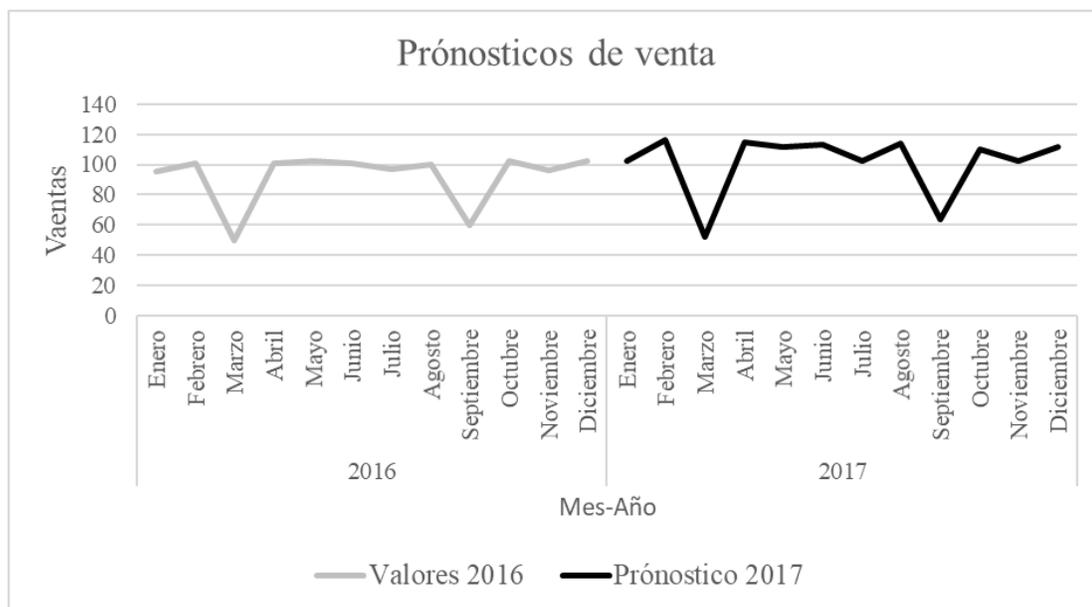


Figura 28. Ejemplo proyección sin limpiar quiebres de stock

Queda entonces en evidencia, que es necesario implementar un mecanismo que reemplace los valores de venta en los periodos con quiebres de stock, antes de realizar cualquier técnica de predicción de demanda.

La metodología propuesta para identificar los quiebres fue la siguiente:

1. Para cada mes se crearon dos intervalos de fechas con la misma cantidad de días, en caso de meses con cantidad de días impares se procede a dividir las ventas del días central del mes en partes iguales, luego se agruparon las ventas por SKU en dichos intervalos, es decir para cada producto existen 24 registros en el año. Se utilizó este nivel de agregación debido a que, si se utilizaba una agregación de ventas semanales existían productos con niveles de venta muy bajo, por lo que la disminución de venta puede responder al fenómeno propio de la distribución de la demanda y no a un quiebre. Por otro lado, si se utilizaba un nivel de

agregación mensual, existía una atenuación de la magnitud de los quiebres, por lo que eran aún más complejo identificar el fenómeno de quiebre.

- Identificar cuándo las ventas de un intervalo eran menores al 30% del promedio de los periodos adyacentes y atribuir la baja a un quiebre. Se utilizó el 30% debido a que un jefe de local poseía registros de los quiebres de stock de su local y al cruzar esta información con los intervalos de agrupación, se detectó que si el valor del intervalo en estudio era menor al 30% del promedio de los intervalos adyacentes, este periodo cuadraba con un quiebre de stock registrado en un 85% de los casos. En la Figura 29 se aprecia un ejemplo del algoritmo, en ella se destacan el valor promedio de los intervalos adyacentes y el 30% del promedio. En este ejemplo el intervalo i representa un intervalo con quiebre.

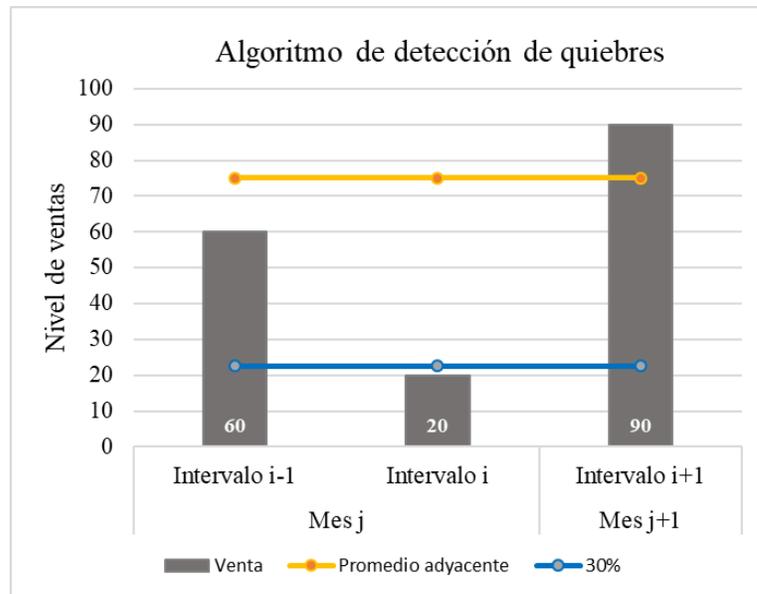


Figura 29. Ejemplo algoritmo de detección de quiebres previo reemplazo

- Por último, se debe definir qué valor reemplazará las ventas del intervalo que posee quiebre. Para esto se barajaron diferentes opciones, entre las que más destacaron se encuentran: menor valor entre los intervalos adyacentes y la media de ventas entre todos los intervalos del año. Se decidió reemplazar el valor del intervalo con quiebre por el menor valor entre los intervalos adyacentes, debido a que gran parte de los productos poseen estacionalidades marcadas y por otro lado, los cambios de demanda a nivel de quincena no son bruscos, por lo que el menor valor entre los periodos adyacentes resulta ser el mejor estimador. En la Figura 30 se muestra el valor del intervalo con quiebre posterior al reemplazo, se observa que el nuevo valor concuerda con el nivel de ventas del periodo anterior.

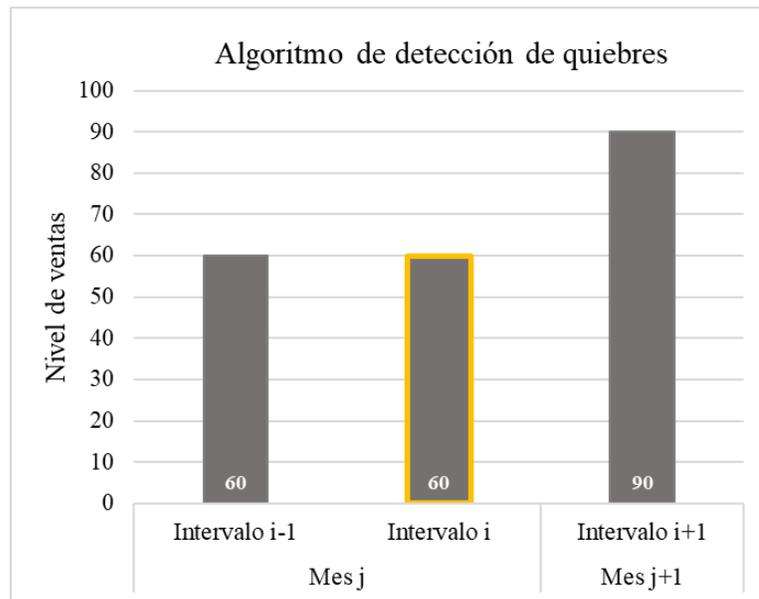


Figura 30. Ejemplo algoritmo de detección de quiebres posterior al reemplazo

A continuación, en la Figura 31 se presenta la implementación del algoritmo de detección de quiebres a las ventas del año 2016 y 2017 del SKU 840. En color gris se observa las ventas reales y en color amarillo las ventas corregidas. Al aplicar esta técnica se logró identificar un 17,6% de ventas perdidas por quiebres de stock.

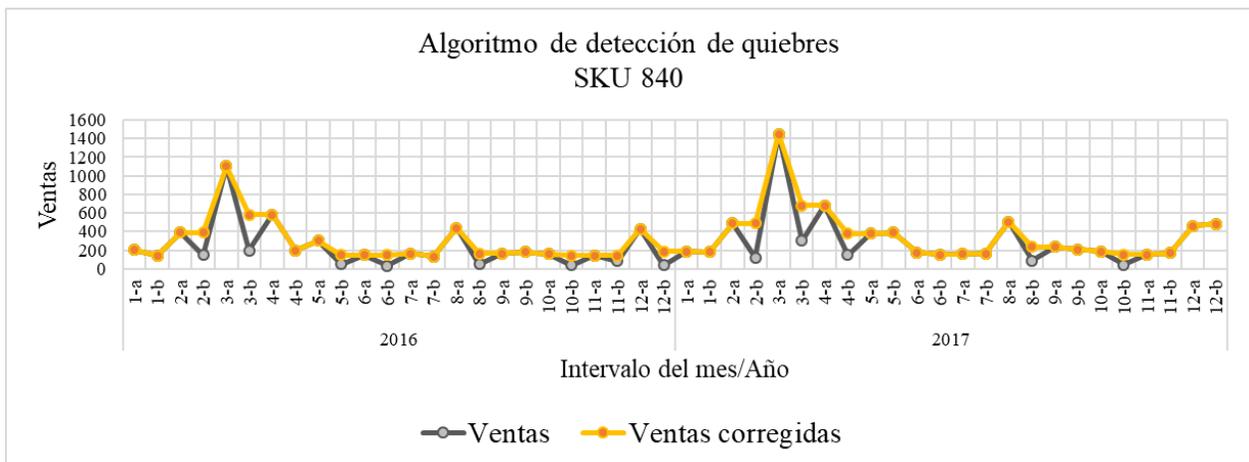


Figura 31. Implementación algoritmo de detección de quiebres en SKU 840

En el subcapítulo 11.1.6, se puede encontrar la implementación de esta lógica de negocios en el lenguaje de programación Python.

5.4.2 Pronóstico de Demanda

El pronóstico de demanda es la herramienta principal en el rediseño de los procesos de compra y abastecimiento, ya que creará nuevas capacidades que profesionalizarán actividades que antes solo se basaban en el juicio experto.

En el marco teórico se describieron once técnicas de predicción de demanda, sin embargo, al tomar en cuenta las características de la empresa y de sus trabajadores, la información disponible, el ajuste de cada técnica, las ventajas y desventajas de cada modelo, solo se eligieron 3 métodos para generar la predicción. A continuación se detalla la consideración de cada modelo.

Tabla 21. Consideración modelos de predicción

Técnica	¿Será utilizada?	Razón
Medía móvil	No	Posee bajo nivel de ajuste frente a data con estacionalidad. No se anticipa a variación importantes.
Medía móvil ponderada	Sí	Permite ponderar de forma diferenciada el peso de cada rezago al momento de realizar la predicción, por lo que se adecua a datos estacionales.
Regresión lineal	No	Posee bajo nivel de ajuste frente a data con estacionalidad. Aunque posee la ventaja de capturar tendencias.
Regresión lineal con ajuste de estacionalidad	Sí	Permite ajustar la regresión lineal con la estacionalidad histórica de los datos. Por lo que es capaz de predecir estacionalidad y tendencia.
Suavizado exponencial	No	Tiene bajo nivel de ajuste, debido a que solo considera el error y valor del periodo anterior para generar una predicción.
Suavizado exponencial con ajuste de tendencia	No	Si bien incorporar la tendencia de la serie, no permite incorporar la presencia de tendencia.
Suavizado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad, versión aditiva	Sí	Considera tanto estacionalidad como tendencia para generar predicciones.
Suavizado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad, versión multiplicativa	No	No posee grandes ciencias a nivel de ajuste con su versión aditiva.

ARIMA(p,d,q)	No	Sirve solo para series estacionales, en caso de que no lo sean, se debe diferenciar d veces la serie hasta que presente un patrón estacional. Por otro lado existen solo 48 registros para cada SKU, lo que está en el umbral de lo aceptable para obtener buenos resultados. Finalmente, posee la desventaja de generar pronósticos solo para un periodo.
Redes Neuronales y Support Vector Machine	No	Estos métodos requieren de una data mayor para poder ser calibrados. Requieren de conocimientos técnicos para evitar el sobreajuste en el set de entrenamiento. Además, se debe generar un modelo para cada periodo de predicción. Finalmente, al tomar en cuenta las características del trabajador que ejecutará los modelos, estas metodologías escapan de las capacidades que él posee, por lo que en caso de requerirse un ajuste, no existirá dentro de la empresa personal calificado capaz de resolver la necesidad.

A continuación, se detallarán la lógica utilizada para generar el pronóstico de demanda a nivel de cada SKU.

1. El software de punto de venta solo posee registros transaccionales desde el año 2016. Para el proyecto de tesis se tuvo acceso a las ventas a nivel de SKU y local, desde Enero de 2016 hasta Marzo de 2018. Se utilizará como set de entrenamiento el periodo 2016-2017 y como set de prueba el periodo comprendido entre Enero y Marzo de 2018.
2. Los datos de ventas se agruparon a nivel de 2 intervalos de igual longitud por mes, por las razones ya expuestas el subcapítulo 5.4.1. Esto equivale a que cada SKU posea 48 registros en el set de entrenamiento y 6 registros en el set de prueba.
3. Se utilizará el MAPE como indicador de ajuste de los modelos, ya que permite medir el error porcentual del pronóstico con respecto al valor real.
4. La empresa no cuenta con un modelo previo de predicción, por lo que el ajuste de la predicción no podrá ser comparado frente a una situación inicial. Sin embargo, se realizará una comparación completa del proyecto frente a la situación inicial en el CAPÍTULO 8:.
5. Los tres modelos se ejecutan para cada SKU de forma independiente.
6. El código del modelo se encuentra en los anexos, capítulo 11.1.
7. Características de cada modelo:

- Regresión lineal con ajuste estacionalidad: El modelo se ejecuta con los datos del set de entrenamiento, con esto el modelo entrega predicción para los 48 intervalos del set de entrenamiento y para los 6 intervalos del set de prueba. Sin embargo, el modelo puede ser modificado para realizar pronósticos para n periodos, con n entero mayor o igual a 1.
- Media móvil ponderada: La media móvil ponderada posee tantos parámetros como rezagos se quiera considerar, por ejemplo, si se desea tomar una media móvil de 48 rezagos, se deben definir los pesos para cada uno de ellos. Sin embargo, si se desean considerar 48 rezagos, el primer pronóstico será para el primer intervalo de Enero 2018, es decir, no existirá ningún pronóstico en el set de entrenamiento que permita determinar si los valores de los pesos escogidos son los correctos. Para evitar este problema se considerarán solo 24 rezagos para generar la predicción, de esta forma se podrán generar pronósticos para todos los intervalos del 2017 y validar si la elección de los pesos fue la correcta. Para no dejar la elección de los pesos en base al juicio experto, se desarrolló un PPL¹⁰ que busca minimizar el error en el set de entrenamiento¹¹. El modelo fue el siguiente:
 - Índices:
 - I : Conjunto con el número total de periodos. Va desde $[1, 2, \dots, 48]$
 - $I2$: Conjunto con los periodos en el cual se puede correr el modelo. $L \in [N + 1, N + 2, \dots, 48]$, con N el número de rezagos.
 - L : Conjunto con el número de rezagos. $L \in [1, \dots, N]$, con N el número de rezagos.
 - Parámetros
 - D_i con $i \in I$: Ventas en el periodo i .
 - Variables
 - P_l con $l \in L$: Pesos para el periodo l .
 - Y_i con $i \in I$: Error de sobrestimación para el periodo i .
 - Z_i con $i \in I$: Error de subestimación para el periodo i .
 - Restricciones
 - $\sum_{l \in L} P_l = 1$, la suma de los pesos debe sumar 1.
 - $\forall i \in I2: Z_i \geq D_i - (\sum_{l \in L} P_l \cdot D_{i-l})$
 - $\forall i \in I2: Y_i \geq (\sum_{l \in L} P_l \cdot D_{i-l}) - D_i$
 - Función objetivo
 - *Minimizar* $\sum_{i \in I} Y_i + Z_i$

La ventaja de este simple método se vislumbra al analizar los correlogramas de las series de datos. En palabras simples un correlogramas gráfica cómo se comporta la autocorrelación de una serie considerando diferentes números de rezagos. En la

¹⁰ PPL: Problema de programación lineal

¹¹ No se utilizó el MAPE, puesto que es un indicador no lineal y un PPL no admite funciones objetivos no lineales

Figura 32, se aprecia la gran correlación que existe al considerar 24 rezagos. Esto prueba que aquellos SKU que posean un comportamiento estacional, podrán ser proyectados con una sencilla media móvil ponderada de 24 rezagos.

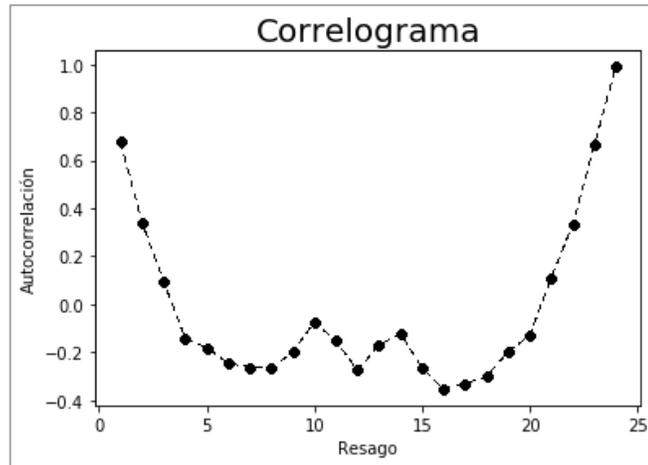


Figura 32. Correlograma SKU 840

Luego, al obtener los 24 parámetros asociados al peso de cada rezago que minimizan el error en el set de entrenamiento, se pueden calcular las predicción para los 24 intervalos del 2017 y para los 6 intervalos del set de prueba.

- Suavizado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad, versión aditiva: Este modelo posee 3 parámetros que deben ser definidos, la constante de nivel, la constante de tendencia y la constante de suavización, estos parámetros definen la importancia que poseen estos 3 elementos en el pronóstico. Para definir estos parámetros de forma óptima se recurrió a un método de optimización que reduce el MAPE en el set de entrenamiento, pero a diferencia de la media ponderada, no fue necesario desarrollar un PPL, ya que este tipo de problema ya se encuentra desarrollado en Python, en el método SLSQP [16]. Luego, al obtener los 3 parámetros que minimizan el MAPE en el set de entrenamiento, se pueden calcular las predicción para los 48 intervalos del set de entrenamiento y para los 6 intervalos del set de prueba.
8. Luego de generar los pronósticos para el set de entrenamiento y el de prueba, se procede a calcular el MAPE para cada pronóstico en el set de prueba, pero solo para los periodos en donde todos los modelos poseen pronósticos, es decir, para los periodos del año 2017. En este punto se debe definir cuál de los 3 pronósticos será utilizado como pronósticos para los 6 intervalos del 2018. La idea natural sería utilizar aquel que posea menor MAPE en el set de entrenamiento, sin embargo, nada asegura que el que tuvo mejor desempeño en el set de entrenamiento, posea a su vez los mejores resultados en el set de prueba, esto puede ocurrir por ejemplo, cuando los modelos realizan un sobreajuste en el set de entrenamiento. Para evitar los efectos de este problema, se tomó la decisión de realizar una combinación lineal entre los 3 pronósticos. Se buscó aquella combinación lineal que minimice el MAPE

en el set de entrenamiento, para esto se utilizó nuevamente el método SLSQP de Python. Si bien los pesos de cada modelo se determinan mediante una herramienta de optimización, se acotó de forma diferenciada el dominio de cada peso, ya que al dejar sin restricción los intervalos de los pesos se creaba un sobreajuste en el set de prueba. El dominio de pesos se definió a través de prueba y error dentro del set de prueba. Finalmente la restricción del dominio es:

- Peso Suavizado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad, versión aditiva $\in [-0.4,0.4]$
 - Peso Regresión lineal con ajuste de tendencia $\in [0,1]$
 - Media móvil ponderada $\in [-0.3,0.3]$
9. Para probar la teoría del sobre ajuste de algunos modelos, se segmentó el set de entrenamiento en dos, un set de entrenamiento* con el cual serían entrenados los modelo y un set de prueba* con el que serían testeados, en una proporción 9:1 respectivamente. En la Tabla 22 se pueden observar los MAPE para los 3 métodos de predicción más el de la combinación lineal para el SKU 840. Se observa que el método que posee un mejor desempeño en el set de entrenamiento* logra el peor desempeño en el set de prueba*. Por su parte la combinación lineal obtiene un resultado bastante similar al segundo mejor pronóstico en el set de entrenamiento.

Tabla 22. Comparación MAPE para diferentes métodos de predicción SKU 840

Método	Promedio MAPE Set entrenamiento*	Promedio MAPE Set de prueba*
Combinación lineal	2,28%	10,46%
Suavizado exponencial con ajuste de tendencia y estacionalidad, versión aditiva	0,86%	17,79%
Regresión lineal con ajuste de tendencia	4,20%	6,01%
Media móvil ponderada	10,34%	10,04%

Siguiendo con la evaluación de los modelos en una segmentación del set de entrenamiento se presenta la Tabla 23, en ella se observa la comparación del promedio¹² de los MAPE, entre el método que mejor se ajustó en el set de entrenamiento* versus la combinación

¹² Se calculó el MAPE para cada pronóstico de cada SKU y luego se calculó el promedio de esos MAPE

lineal, en ella se aprecia que la combinación lineal posee un mejor ajuste tanto en el set de prueba* como en el de entrenamiento*, además, la brecha entre ambos métodos casi se triplica en el set de prueba*, lo que ratifica la hipótesis del sobreajuste. Además, la combinación lineal posee un TS de 0,73, lo que muestra que la predicción no posee errores sistemáticos de sobre o subajuste.

Tabla 23. Comparación promedio MAPE para diferentes métodos de predicción

Método	Promedio MAPE Set entrenamiento*	Promedio MAPE Set de prueba*
Combinación lineal	9,30%	10,09%
Método con menor MAPE en el set de entrenamiento	12,34%	19,06%

5.4.3 Stock de Reserva o de Seguridad

En los capítulos previos se manifestó que una de las variables que definen la calidad del pronóstico de demanda, corresponde a los datos que se le suministra al modelo para su entrenamiento. De la misma forma se presentó un mecanismo para detectar los quiebres de stock y reemplazar las ventas de los periodos con quiebres. Por tanto, el pronóstico de demanda estará sujeto al desempeño del mecanismo de detección y reemplazo de quiebres.

Por otro lado, la demanda es a una variable aleatoria, por lo que siempre existirá un factor estocástico en ella, por tanto, todos los modelos de predicción tendrán asociados un error. Esto se traduce en que el modelo desarrollado de igual formas ocasionará quiebres de stock, sin embargo, existen mecanismo para protegerse o disminuir el efecto de estos eventos, uno de ellos es el stock de reserva o stock de seguridad.

Si bien existen diferentes técnicas para determinar el stock de reserva, éstas no serán usada, ya que para poder utilizarlas se deben conocer variables como el tiempo medio de despacho de los proveedores y los tiempos de despacho hacia locales, datos de los cuales no se tienen antecedentes. Sin embargo, dadas las evidentes ventajas que conlleva implementar esta lógica, se implementará para los productos más importantes un stock de reserva con un método alternativo.

Para definir el set de productos más importantes, se calculó la contribución de ventas de cada producto con respecto a las ventas totales. En Figura 33, se presenta un gráfico Pareto de la cantidad de productos en comparación a la contribución en ventas acumulada que representan, en él se observa que el 20 % de los productos que generan mayor contribución generan cerca del 60% de las ventas.

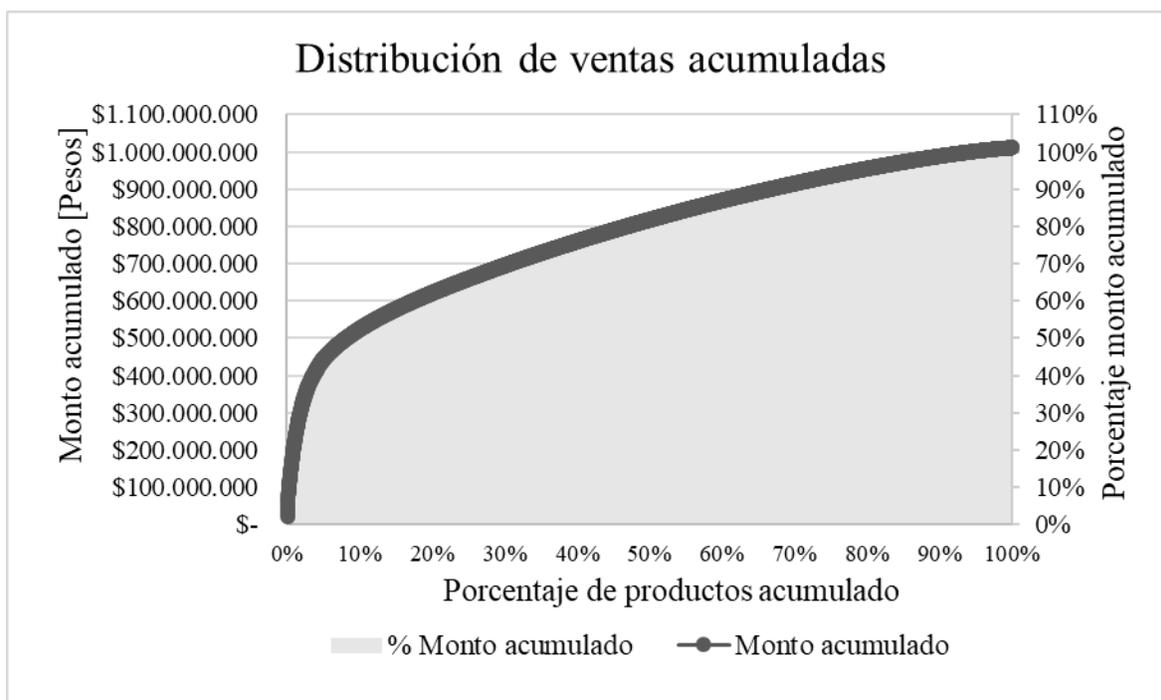


Figura 33. Distribución de ventas acumuladas

En Tabla 24, se presenta el análisis de los productos y sus contribuciones en nivel de venta, en él se aprecia que el Segmento A, que posee el 20% de los productos con mayor monto de ventas equivalen al 61,5% de las ventas de la empresa. El Segmento B que representa el siguiente 30% de los mejores productos genera el 19,4% de las ventas. Por último, el segmento C, que representa el 50% de los productos con menores ventas, genera el 19,1% de las ventas. Finalmente a partir de esta información se decide crear un stock de reserva para los 712 productos del Segmento A, ya que son los más relevantes para el negocio.

Tabla 24. Segmentación de productos por su nivel de ventas

	Porcentaje de productos acumulados	Cantidad de productos	Monto del grupo	Porcentaje de contribución del grupo
Segmento A	[0%-20%]	712	\$621.369.990	61,5 %
Segmento B]20%-50%]	1.068	\$196.353.410	19,4 %
Segmento C]50%-100%]	1.780	\$193.193.810	19,1 %

Para definir el tamaño del stock de reserva se probaron con diferente combinaciones y se analizó el impacto que ocasiona en el MAPE del set de entrenamiento. Utilizando esta técnica exploratoria, se obtuvo que un stock de reserva de un 8 % en los productos del Segmento A, lograba disminuir el MAPE de los productos Segmento A de los periodos con quiebres desde un 14,04% a un 11,12%.

Por otra parte, aumentó el MAPE de los productos Segmento A de los periodos con sobreabastecimiento desde un 17,82 % a un 20,32%.

5.4.4 Despacho Óptimo

El último eslabón de las herramientas implementadas corresponde a un método que permite optimizar la programación de los despachos. Esta lógica nace de la evidencia, que no basta con tener un buen método de predicción de demanda, si luego los productos no son despachados en forma oportuna a los puntos de venta. Este es un problema latente en la empresa, comúnmente cuando existen quiebres de stock y los jefes de local piden reposiciones de emergencia, el jefe de bodega revisa las provisiones y se encuentra con que posee los niveles suficientes para abastecer la emergencia.

Para dar solución a esta necesidad se propone desarrollar un problema de programación lineal entera, que busque satisfacer las necesidades de demanda en los locales minimizando el costo de transporte. A continuación se presenta el modelo.

Conjuntos:

- TIEMPO: Conjunto con los periodos en los cuales se desarrollará la programación.
- SKU: Conjunto con los SKU que identifican a cada producto.
- LOCALES: Conjunto con los locales.

Parámetros

- $CT_j \{j \in LOCALES\}$:
Costo de movilizar el vehículo de carga hacia el local j .
- $DEM_{i,j,t} \{i \in SKU, j \in LOCALES, t \in TIEMPO\}$:
Demanda de producto i , en el local j , en el periodo t .
- $SR_{i,j,t} \{i \in SKU, j \in LOCALES, t \in TIEMPO\}$:
Stock de reserva del producto i , en el local j , en el periodo t .
- $CA_j \{j \in LOCALES\}$:
Capacidad total de almacenamiento del local j , expresada en unidades de volumen.
- CV :
Capacidad del vehículo de transporte, expresada en unidades de volumen.
- $VO_i \{i \in SKU\}$:
Volumen aproximado del producto i .
- $ININ_{i,j} \{i \in SKU, j \in LOCALES\}$:
Inventario inicial del producto i , en el local j .

Variables

- $D_{i,j,t} \{i \in SKU, j \in LOCALES, t \in TIEMPO\}$:
Cantidad a despachar desde bodega del producto i , hacia el local j , en el periodo t .
- $VI_{j,t} \{j \in LOCALES, t \in TIEMPO\}$:
Cantidad de viajes que realizará el vehículo de transporte, hacia el local j , en el periodo t .

- $INV_{i,j,t}$ $\{i \in SKU, j \in LOCALES, t \in TIEMPO\}$:
Cantidad de inventario del producto i , que permanecerá en el local j , entre el periodo t y $t+1$.

Restricciones

- Naturaleza de las variables:
 - $\forall i, j, t: D_{i,j,t} \in \mathbb{N}_0$
 - $\forall j, t: VI_{j,t} \in \mathbb{N}_0$
 - $\forall i, j, t: INV_{i,j,t} \in \mathbb{N}_0$
- Continuidad en el stock: La suma entre la cantidad de productos abastecida al comienzo del periodo t y la cantidad que se encuentra en inventario desde el periodo anterior, debe ser igual a la suma de la demanda del periodo, el stock de reserva y el inventario que se guardará para el periodo $t+1$.

$$\forall i, j, t : D_{i,j,t} + INV_{i,j,t-1} = DEM_{i,j,t} + SR_{i,j,t} + INV_{i,j,t}$$

- Cantidad de viajes a cada local por periodo:

$$\forall j, t : VI_{j,t} \geq \frac{\left(\sum_{i \in SKU} D_{i,j,t} * VO_i \right)}{CV}$$

- Capacidad máxima de almacenamiento en locales:

$$\forall j, t: \sum_{i \in SKU} (D_{i,j,t} + INV_{i,j,t-1}) \leq CA_j$$

- Stock inicial en locales:

$$\forall i, j: INV_{i,j,0} = ININ_{i,j}$$

Función objetivo:

Se busca minimizar el costo asociado al transporte de los productos

$$\text{Minimizar} \sum_{j \in LOCALES, t \in TIEMPO} CT_j \cdot VI_{j,t}$$

La variable $D_{i,j,t}$ entregará la cantidad que se debe despachar de cada producto, por cada local y por cada periodo. Esta variable será el insumo para que el jefe de bodega pueda generar la planificación e itinerario de despachos.

CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO

En esta sección se presentan las características que deben poseer las herramientas tecnológicas propuestas. Si bien la paquetización de los diferentes modelos en un único software no se considera dentro del alcance del proyecto de tesis, de igual forma se presentarán las características del apoyo tecnológico, ya que se espera que una vez probadas las capacidades de los modelos se contrate a un programador que pueda paquetizar los diferentes modelos, estos costos se encuentran dentro de la evaluación económica.

6.1 Especificación de Requerimientos

6.1.1 Requerimientos Funcionales

1. Detección de quiebres: Este modelo utiliza reglas de negocios para determinar si existen quiebres de stock en cada periodo, además, permite reemplazar el valor de ventas del periodo con quiebre por otro representativo de la demanda del intervalo. En resumen, entrega una aproximación de la demanda de un periodo en base a las ventas de dicho intervalo¹³. Los detalles de este procesos son:
 - Inputs: Planilla de cálculo con las ventas por SKU agrupadas en los intervalos descritos en capítulos anteriores. En la vertical se deben encontrar los SKU y los intervalos de tiempo en la horizontal. Estos datos se obtienen con esta estructura al exportar las ventas históricas desde el sistema de punto de venta
 - Outputs: Planilla de cálculo con la estimación de demanda por SKU agrupadas en los intervalos descritos en capítulos anteriores, esta planilla posee la misma cantidad de registros que el archivo original. En la vertical se deben encontrar los SKU y los intervalos de tiempo en la horizontal.
 - Desarrollo: Esta lógica se desarrolló en el lenguaje de programación Python, versión 3.6.4 a través del entorno de desarrollo Jupyter Notebook¹⁴. El detalle del código se puede encontrar en la sección de anexos 11.1.6.
2. Pronóstico de demanda: Este modelo posee 3 técnicas para generar pronósticos de demanda, se utiliza el set de entrenamiento para ajustar sus parámetros y reducir el MAPE en dicho set. Luego que se ajustaron los parámetros para las tres técnicas, se realiza una combinación lineal entre estas, de tal forma de minimizar el MAPE del set de entrenamiento. Finalmente, se pronóstica utilizando la combinación lineal. Los detalles de este procesos son:

¹³ En el caso que en todo momento existiesen productos para responder a la demanda, la demanda sería igual a las ventas, en caso contrario la demanda siempre será mayor que las ventas.

¹⁴ https://jupyter-notebook-beginner-guide.readthedocs.io/en/latest/what_is_jupyter.html

- Inputs: Planilla de cálculo con la estimación de demanda por SKU agrupadas en los intervalos descritos en capítulos anteriores. En la vertical se deben encontrar los SKU y los intervalos de tiempo en la horizontal. Esta planilla de cálculo debe poseer 24 meses de historia para cada SKU.
 - Outputs: Planilla de cálculo con la proyección de demanda por SKU agrupadas en los intervalos descritos en capítulos anteriores. En la vertical se deben encontrar los SKU y los intervalos en la horizontal. La proyección de demanda entrega datos para los siguientes 3 meses a la data de entrada del modelo.
 - Desarrollo: Esta lógica se desarrolló en el lenguaje de programación Python , versión 3.6.4 a través del entorno de desarrollo Jupyter Notebook. El detalle del código se puede encontrar en la sección de anexos 11.1.
3. Stock de reserva: Esta lógica calcula un stock de seguridad para los 3 meses que se generó la predicción, para los productos Segmento A, que son el 20% de los productos que generan las mayores ventas. El stock de reserva por periodo corresponde al 8% de la demanda proyectada para dicho periodo.
- Inputs: Planilla de cálculo con los productos Segmento A y planilla de cálculo con la demanda proyectada.
 - Outputs: Planilla de cálculo con el stock de seguridad para cada SKU perteneciente al segmento A y para cada uno de los intervalos en los que se generó la predicción. En la vertical se deben encontrar los SKU y los intervalos en la horizontal.
 - Desarrollo: Esta lógica se realiza a través de Excel, se debe calcular para cada periodo y SKU el 8% de las ventas proyectadas, solo para los productos Segmento A.
4. Despacho óptimo: Este modelo entrega el detalle de los productos que deben ser despachados en cada periodo, de forma de abastecer a los locales con la mercadería necesaria para cumplir con la demanda proyectada y al mínimo costo.
- Inputs: Planilla de cálculo con la proyección de demanda, planilla de cálculo con los stock de seguridad para cada periodo, stock inicial de las sucursales, costo de movilización para generar el despacho a cada sucursal, capacidad total de almacenamiento de cada local, capacidad de carga del vehículo de transporte, volumen aproximado de cada producto.
 - Outputs: Planilla de cálculo con los despachos a cada local y periodo, planilla de cálculo con el detalle de los productos y sus cantidades que se deben despachar a cada local en cada periodo.

- Desarrollo: El modelo de programación lineal entera se resolvió a través del motor de optimización Gurobi¹⁵, versión 3.0.3

6.1.2 Requerimientos No Funcionales

Los requerimientos no funcionales apuntan a la paquetización de los modelos.

- Tiempo total de ejecución no debe tomar más de 15 minutos.
- Usabilidad: Que sea fácil de utilizar para usuarios no técnicos.
- Interfaz: Debe poseer una interfaz clara y simplificada.
- Customización: Debe permitir generar predicciones para un horizonte de al menos 3 meses, idealmente se debe proyectar un año completo. Esta debe ser una opción del modelo.

¹⁵ <http://www.gurobi.com/products/features-benefits>

6.2 Diseño de la Aplicación

6.2.1 Casos de Uso

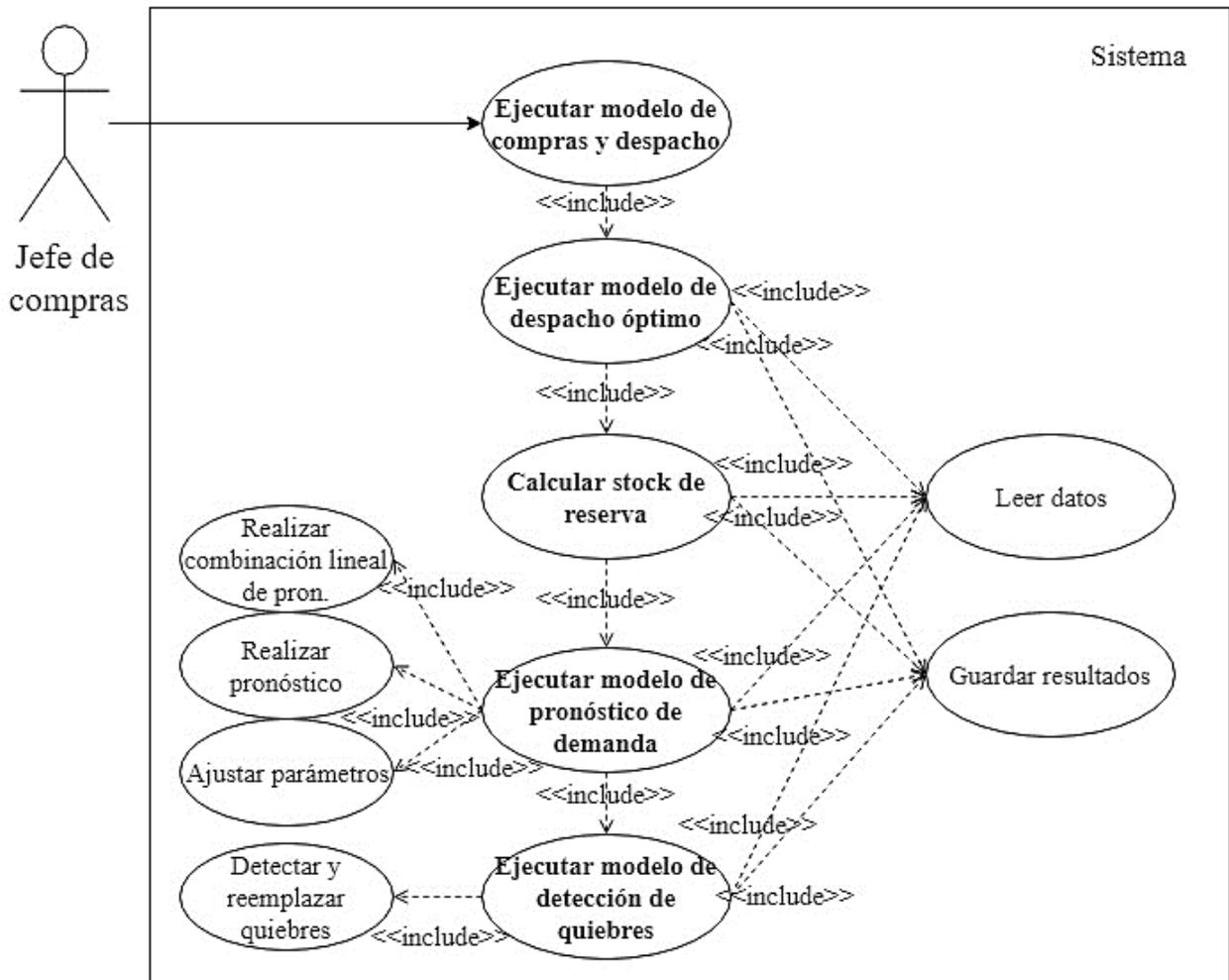


Figura 34. Diagramas de casos de usos

En la Figura 34 se presenta el diagrama de casos de usos unificado del sistema, es decir, representa el diagrama de casos de uso luego de la paquetización. Se aprecia observa que el jefe de compras solo deberá ejecutar el modelo de compras y despacho, este a su vez llamará a los métodos necesarios para poder retornar la información deseada, sin necesidad de ejecutar de forma individual cada modelo.

6.2.2 Diagrama de Secuencia

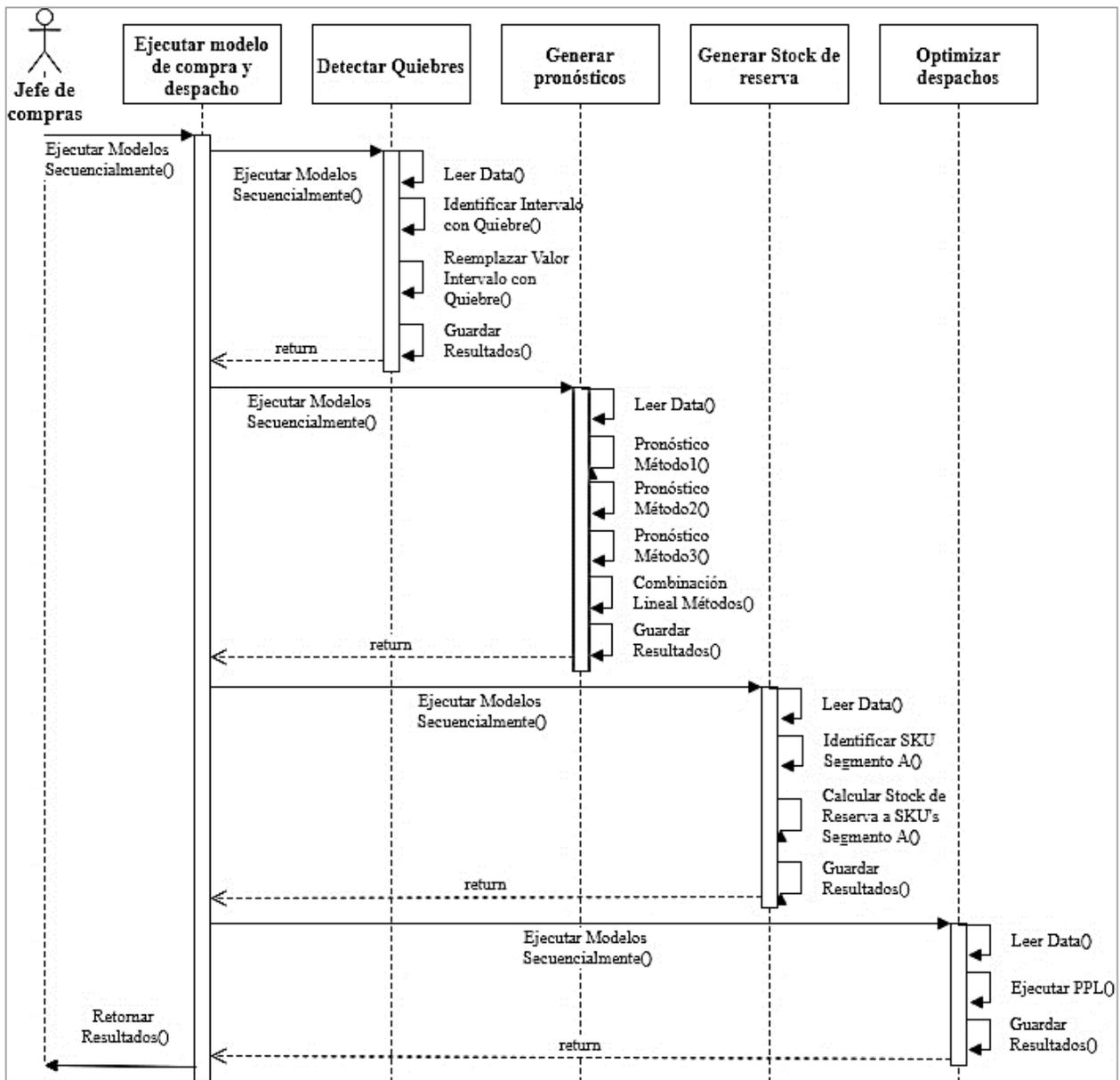


Figura 35. Diagrama de secuencia

En la Figura 35, se presenta el diagrama de secuencias unificado, en él se observa que los diferentes modelos son ejecutados de forma secuencial, en donde primero se ejecutan los métodos de detectar quiebres, luego los de generar pronósticos, luego los de generar stock de reserva y finalmente los de optimizar despachos. La ventaja de esta estructura es que el jefe de compras no deberá ejecutar individualmente los diferentes modelos, sino solo ejecutar un método que inicia en cascada al resto. De esta forma se eliminará el trabajo manual de estructurar los datos para la ejecución de cada modelo.

6.2.3 Diagramas de Clases

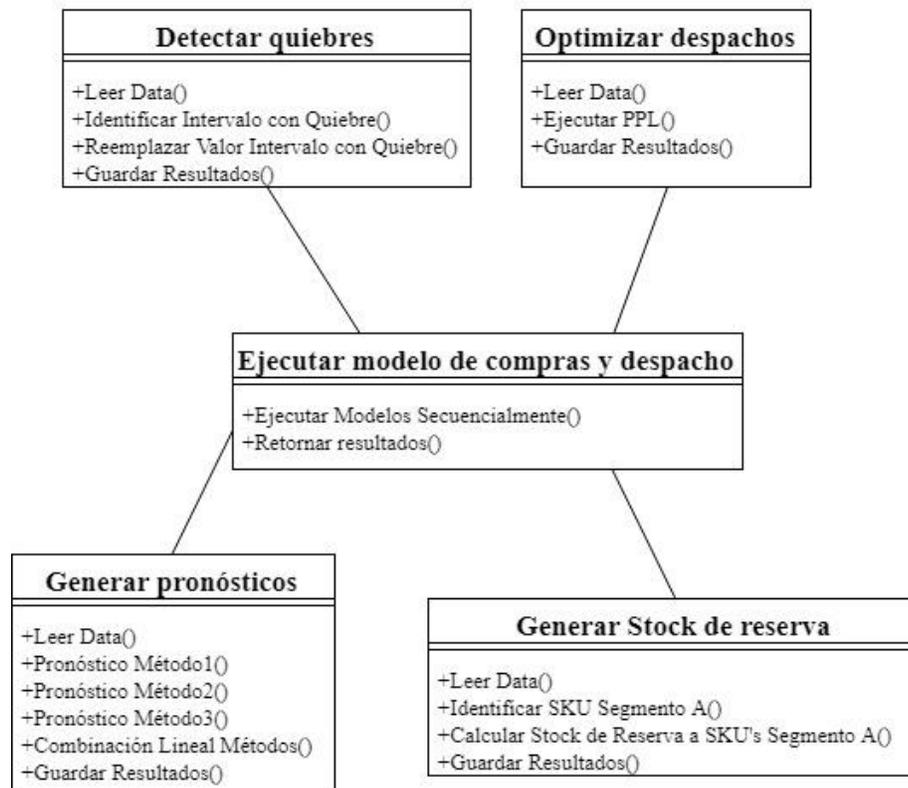


Figura 36. Diagrama de clases

La Figura 36 presenta el diagrama de clases del modelo unificado, en él se puede observar los diferentes métodos que posee cada clase. Se generó una clase para cada lógica de negocios.

CAPÍTULO 7: GESTIÓN DEL CAMBIO

En este capítulo se busca entregar antecedentes organizacionales de la empresa, que permitan entender cuáles son las dimensiones más importantes de la gestión del cambio que deben ser abordadas para garantizar el desarrollo del proyecto.

7.1 Contexto de la Empresa

7.1.1 Trabajadores

Cada local posee de 2 a 6 trabajadores integrales¹⁶ en temporada baja y de 5 a 12 en temporada alta, más un jefe de local por sucursal. Lo que se traduce en cerca de 20 trabajadores integrales en temporada baja y 35 en temporada alta. Además, en bodega se encuentra el jefe de bodega más 4 bodegueros, el jefe de compras, el coordinador comercial y los hermanos dueños de la empresa. Adicionalmente, la madre y el tío de los hermanos rotan entre los locales de Santiago y Rancagua supervisando y realizando tareas de jefe de local.

La mayoría de los trabajadores de la empresa no poseen estudios superiores, sin embargo, los jefes de local poseen experiencia en ventas o en gestión de inventarios. El jefe de compras es administrador público y el coordinador comercial es sociólogo. Por parte de la familia solo el hermano mayor posee estudios superiores, es contador.

7.1.2 Problemas Organizaciones Actuales

Los principales problemas organizacionales que la ha sufrido son:

1. No existían canales oficiales de comunicación: En el caso que un jefe de local tuviese un problema de cualquier índole, no existía un responsable de responder a las inquietudes ni a canalizarlas. Los jefes de local generaban llamadas telefónicas a los hermanos, a la madre y al tío en busca de ayuda y muchas veces no obtenían respuesta. Para solucionar este problema se creó el puesto de coordinador comercial, el cual debe coordinar y monitorear a los jefe de los locales. Para este puesto se ascendió al mejor de los jefes de local.
2. Intromisión en la administración de cada local: Es común observar que tanto el tío y la madre de los dueños critiquen y desacrediten las ordenes de los jefes de local frente a todos los trabajadores, además, existen ocasiones en que los jefes de local siguen las ordenes de la madre y el tío, y luego los hermanos les llaman la atención a los jefes de local por seguir esas órdenes. Estos hechos provocan gran frustración en los jefes de local, ya que no los desacreditan continuamente.
3. Problema de volumen de compras entre jefe de compras y jefes de local: Como ya se detalló previamente, los jefes de local solicitan un listado con los productos que ellos consideran

¹⁶ Trabajador que realiza tanto labores de venta, reposición de producto, limpieza entre otros.

que deben ser reabastecidos y el jefe de compras evalúa los volúmenes que estos solicitan, pudiendo reducir, mantener o aumentar el volumen solicitado. Esto se traduce en que en innumerables ocasiones los jefes de local no reciben lo solicitado, generando quiebres de stock y disminución en las ventas. Finalmente, los jefes de local son reprendidos cuando existen disminuciones en los nivel de ventas. Estos eventos han generado un quiebre entre los jefes de locales y el jefe de compra.

4. El jefe de compras se siente colapsado al realizar el proceso de compras solo: El jefe de compras es el encargado de cotizar y compras más de 3.500 SKU en un año, siente que está solo y que toda la responsabilidad es de él cuando no compra todo lo necesario.

7.2 Análisis de los Principios de Diseño

7.2.1 Sentido de Cambio

La importancia del cambio radica en el dolor que ha significado para los dueños no poder continuar con el proceso de expansión agresivo que vivió la empresa su a fines del 2014. Ellos no entienden por qué no han podido seguir creciendo si realizan las cosas exactamente igual que antes, incluso de acuerdo a sus palabras han mejorado la gestión. A nivel de los trabajadores es relevante por los roces que genera el proceso de compras entre el jefe de compras y los jefes de local.

7.2.2 Gestión del Poder

En la Tabla 25 se presenta el detalle de los tipos de poderes e intereses que presentan los principales intervinientes del proyectos. Con esta información se pueden caracterizar los drivers que mueven a los diferentes actores de la empresa.

Tabla 25. Mapa de poder del proyecto

Actor	Rol	Tipo de poder	Intereses
Hermano Mayor	Gerente general: Toma decisiones estratégicas y de planificación de la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Autoridad formal ▪ Conocimiento ▪ Financiero 	Aumentar las ganancias
Hermano Menor	Apoya los despachos de productos, busca opciones de lugares donde vender productos con baja rotación y busca productos nuevos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Autoridad formal 	Ver crecer la empresa
Jefe de compras	Encargado de realizar las compras para.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Autoridad formal 	Poder realizar bien su trabajo
Jefe de bodega	Encargado de administrar la bodega y los despachos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Autoridad formal 	No perder su trabajo

Jefes de local	Administrar local	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Autoridad formal 	Poder contar con los elementos para poder realizar bien su trabajo
Coordinador comercial	Coordinar y dirigir equipo comercial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Articulación ▪ Autoridad formal ▪ Conocimiento 	Ayudar y apoyar a los jefes de local

7.2.3 Estados de Ánimo

Otro elemento importante en los procesos de cambio es identificar cuáles son los estados de ánimo que poseen los actores relevantes ligados al cambio, de esta forma se pueden generar propuestas diferenciadas para que ellos tomen el cambio en sus manos. En la Tabla 26 se pueden observar los estados de ánimo de los principales actores de la empresa y del proyecto.

Tabla 26. Estados de ánimo

Actor	Estado de ánimo
Hermano Mayor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disposición a implementar cambios que mejoren los resultados financieros. ▪ Cautela frente al proyecto.
Hermano Menor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ansioso de ver resultados. ▪ Confianza en que la empresa crecerá.
Jefe de compras	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Frustración por la relación con los jefes de local. ▪ Miedo de que mejoras reemplacen su labor.
Jefe de bodega	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Confianza en su trabajo, no cree que el proyecto afecte sus labores cotidianas.
Jefes de local	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resignación, sienten que no tienen las herramientas para poder administrar de buena forma su local. ▪ Esperanzados que el proyecto les permita tener surtidos sus locales.
Coordinador comercial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esperanzado que con el proyecto puedan mejorar las relaciones entre el jefe de compras y los jefe de local.

7.3 Caracterización del Cambio

7.3.1 Elementos de Conservación

Todo proyecto de cambio debe considerar elementos de conservación, ya que en ellos se rescatan buenas prácticas que caracterizan a la organización, esto contribuye a generar un ambiente de confianza en el proceso, probando que no se desea destruir, sino mejorar el trabajo actual.

Dentro de las cosas que se quiere conservar es el sentido de esfuerzo y perseverancia que han permitido construir la empresa, sobre estos pilares se desea construir el proceso de mejora.

Por otro lado se busca mantener el sentido de colaboración entre jefes de local, entre ellos se generan procesos de sinergia y retroalimentación para poder mejorar el desempeño de cada local. A partir de este punto se desea expandir el trabajo colaborativo intra e entre unidades.

Por último, se buscará conservar la forma en que los dueños realizan las compras, como se detalló en los capítulos previos, la empresa puede ofrecer precios bajos ya que puede comprar grandes volúmenes a bajos precios durante los meses de Febrero de cada año. El modelo propuesto no busca definir cuándo se deben realizar las compras, solo define lo que debe existir en bodega en cada periodo. En base a esto el jefe de compras puede abastecer a la empresa para más de un periodo si es que encuentra productos a precios convenientes.

7.3.2 Cambios y Resultados Deseado

El proyecto persigue implementar herramientas para minimizar los quiebres de stock en los puntos de venta y sobreabastecimiento en bodega en estos procesos se ven vinculados los jefes de local, el jefe de compras y el jefe de bodega. Los cambios buscados son de segundo orden, lo que quiere decir que son cambios estructurales en la forma en que trabajan e interactúan las personas.

Los cambios de segundo orden esperados son:

- Registro de egresos e ingresos de productos en bodega.
- Los jefes de local ya no deberán pedir reposición de productos.
- El jefe de compras ya no podrá aplicar su juicio para modificar los pedidos de reabastecimiento.
- El jefe de bodega no incorporará surtidos extras cada vez que existan despachos hacia los locales.
- El jefe de compras será el encargado de ejecutar los modelos de forma mensual. Además, contará con un ayudante para el proceso de cotización y compras de productos.

7.4 Estrategia Comunicacional

A partir del diagnóstico realizado se propone establecer una estrategia comunicacional diferenciada, que busque motivar y hacer parte a los actores relevantes del proyecto. La Tabla 27 incluye el core de los speech que se utilizarán con cada actor.

Tabla 27. Narrativas de estratégica comunicacional

Actor	Narrativa
Hermano Mayor	“Implementar el modelo de compras y abastecimiento permitirá reducir los quiebres de stock y el sobreabastecimiento, esto aumentará las ventas y generará más liquidez, lo que te permitirá desarrollar un plan de crecimiento en el mediano plazo.”
Hermano Menor	“Implementar el modelo de compras y abastecimiento permitirá reducir los quiebres de stock en los locales, de esa forma el cliente siempre encontrará todo lo que busca en un solo lugar. Además, permitirá aumentar las ventas y así generar nuevas aperturas.”
Jefe de compras	“Implementar el modelo de compras y abastecimiento te permitirá ahorrar días de trabajo en los que debías estimar a mano los volúmenes de compra para cada producto, además, reducirá los riesgos de quiebres de stock, lo que mejorará la relación con los jefes de local. Por último, el proyecto contempla la incorporación de un asistente de compras, él que te ayudará a agilizar tus procesos”.
Jefe de bodega	“Implementar el modelo de compras y abastecimiento te permitirá contar con los productos 15 días antes que realices el despacho, de esta forma podrás distribuir la carga laboral de tu equipo, evitando las sobrecargas laborales en días que llegan y salen productos desde la bodega. Además contarás con una lista de despacho con un horizonte de 3 meses, lo que te permitirá planificar con tiempo los itinerarios de despachos y a tu equipo”.
Jefes de local	“Implementar el modelo de compras y abastecimiento te permitirá disminuir los quiebres de stock en tu local, además, ya no tendrás que realizar la solicitud a detalle de los productos que deseas reabastecer, el sistema analizará los volúmenes de venta de cada producto y en base a eso te realizaremos abastecimiento”.
Coordinador comercial	“Implementar el modelo de compras y abastecimiento permitirá reducir los roces entre el jefe de compras y los jefe de local, además, se reducirán los quiebres de stock, por lo que los jefe de local tendrán una tarea menos a cuesta”.

CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta los resultados del proyecto y se realiza una evaluación en términos económicos y de rendimiento de las mejoras propuestas.

8.1 Análisis Retrospectivo

El proyecto se testeará a través de un análisis retrospectivo, esta técnica se basa en utilizar un set de datos históricos para analizar los efectos del proyectos. Se utilizará esta técnica por tres razones:

1. Los dueños de la empresa prefieren analizar la efectividad del rediseño en un ambiente de prueba antes de instaurar el modelo completo. Una de las causas de esta condición, es que el modelo requiere entre otras cosas un inventario inicial en bodega, el cual debe ser realizado por una empresa externa, para evitar que los trabajadores sean sus propios entes fiscalizadores. El costo de este inventario en bodega posee un costo cercano a los CLP\$MM 5, lo que escapa de las provisiones de la empresa.
2. Para poder evaluar los resultados de un intervención proyecto siempre se debe contar con un contrafactual[17], es decir, se debe poder comparar los escenarios con y sin proyecto. En el caso que se realice un plan piloto, implica necesariamente que los trabajadores cambiarán la forma de realizar aquellas prácticas que se detallan en el rediseño, por tanto, no existirá ningún registro de las decisiones que se hubiesen tomado en el caso sin proyecto relacionadas con los procesos de compra y despacho, además, como en la situación inicial estas prácticas carecían de reglas de negocios, los resultados de las decisiones no se pueden simular. En resumen, al desarrollar un plan piloto incorporando el rediseño de proceso, no se sabría cuál sería el resultado de la operación en el caso sin proyecto. Por esta razón un piloto probaría el funcionamiento del rediseño, pero no permitiría realizar una comparación de cuanto mejor o peor se está con respecto a la situación sin proyecto.
3. Para poder validar que todos los elementos del rediseño de procesos funcionan correctamente se debe esperar un tiempo de ajuste en la organización, esto sumado a que los pronósticos son realizados con un horizonte de 3 meses, conllevan que se debe esperar al menos tres meses de funcionamiento del proyecto para analizar el real desempeño de la intervención, periodo que escapa del alcance de esta memoria.

8.1.1 Presentación Metodología y Datos

Para poder realizar el análisis retrospectivo se utilizarán diferentes fuentes de datos, estos permitirán simular en base a registros reales el desempeño del rediseño de proceso y las lógicas de negocio.

Los datos utilizados son:

1. Ventas históricas: Se utilizarán las ventas históricas por SKU desde Enero 2016 a Marzo 2018. Se segmentará la data en dos, la primera corresponde a un set para entrenar los

modelos y el otros set para probar los modelos El set de entrenamiento utilizará la data desde Enero 2016 a Diciembre 2017, por su parte el set de prueba estará compuesto por la data de Enero 2018 a Marzo 2018. Las ventas se extraen desde el sistema de punto de venta, poseen 5 atributos y las ventas son registradas como filas en el archivo. Los atributos son:

- a. Local: identificador de cada sucursal
- b. Fecha: Fecha en formato DD/MM/AAAA HH:MM:SS
- c. Número de boleta: Registro que muestra a que número de boleta correspondió la venta.
- d. SKU: Código de identificación único por productos
- e. Cantidad: Cantidad de unidades vendidas del SKU en la boleta.

Luego de la extracción de datos, las ventas se agruparán a nivel de SKU en dos intervalos de igual cantidad de días por mes. El primer intervalo incluirá las ventas desde el inicio del mes hasta el punto del día intermedio, el segundo intervalo considerará el resto de las ventas del mes. En caso de que el mes posea una cantidad de días impar, se dividirá las ventas del día central del mes y se repartirán en partes iguales entre los dos intervalos. En la Tabla 28, se presenta un ejemplo de la forma en que se deben agrupar los datos para poder ejecutar los modelos. 1° Ene representa el primer intervalo de Enero de 2016, 2° Ene representa el segundo intervalo de Enero 2016, de esa forma se deben leer todos los registros.

Tabla 28. Ejemplo agrupación ventas históricas

	2016				...	2017			
	1° Ene	2° Ene	1° Feb	2° Feb	...	1° Nov	2° Nov	1° Dic	2° Dic
SKU 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SKU 2	X	X	X	X	X	X	X	X	X
⋮									

2. Inventario bodega y en locales: En la situación inicial el jefe de compras solicita mensualmente al jefe de bodega y a los jefes de locales que realicen inventarios en sus bodega y locales respectivamente. Se utilizará el inventario de bodega realizado por los trabajadores a finales de Diciembre del año 2017. Este inventario da cuenta del stock aproximado¹⁷ por cada SKU.
3. Guías de despacho: Se utilizarán para medir las cantidades de productos abastecida en el periodo comprendido entre Enero-Marzo 2018, además, permitirá cuantificar la cantidad de despachos realizados en el periodo

¹⁷ Como se detalló en el capítulo de análisis de situación actual, la empresa no desarrolla inventarios exhaustivo. Solo tiene como finalidad medir órdenes de magnitud del inventario.

La metodología utilizada es:

1. Calibración de modelos con data histórica de ventas comprendidas en el periodo Enero 2016-Diciembre 2017.
2. Luego de calibrar los modelos se ejecutarán en orden secuencial las 4 lógicas de negocios que sustentan el modelo para el periodo Enero-Marzo 2018. El orden de ejecución de las lógicas de negocios y sus resultados¹⁸ serán los siguiente:
 - a. Detección quiebres de stock: Detecta y reemplaza los quiebres de stock del periodo 2016 y 2017. Este modelo retorna una base que representa cuales hubiesen sido las ventas a nivel de SKU, en caso de que no hubiesen existido quiebres de stock. En otras palabras, retorna una estimación de la demanda para el periodo 2016-2017.
 - b. Pronóstico de demanda: Este modelo utiliza la información entregada por el modelo anterior para generar y retornar un pronóstico de demanda a nivel de SKU para el periodo Enero-Marzo 2018. Cabe destacar que este resultado presentará la estructura representada en la Tabla 29.

Tabla 29. Ejemplo estructura pronóstico de demanda Enero-Marzo 2018

	2018					
	1° Ene	2° Ene	1° Feb	2° Feb	1° Mar	2° Mar
SKU 1						
SKU 2						
⋮						

- c. Stock de reserva: Esta lógica utiliza la demanda proyectada en el modelo anterior para calcular el stock de seguridad de los productos Segmento A¹⁹. Esta método retorna el stock de reserva para cada SKU en cada uno de los 6 intervalos del periodo Enero-Marzo 2018.
- d. Despacho óptimo: Este modelo utiliza diferentes fuentes de información para poder entregar el listado de despacho. Dentro de los parámetros que se le debe entregar al modelo se encuentra el pronóstico de demanda, el stock de reserva y el inventario inicial. Existen otros parámetros que no deberían ser modificados en iteraciones para otros periodos, estos son: costo de movilización, capacidad de almacenamiento de los locales, capacidad del vehículo de transporte y el volumen de los productos. Finalmente, este modelo retornará el detalle de los productos y sus cantidades que se deben despachar a cada local en cada uno de los 6 periodos comprendidos entre Enero-Marzo 2018.

¹⁸ Resultados a nivel conceptual

¹⁹ Son aquellos productos que generan el mayor porcentaje de las ventas

3. Luego, se asumirá que el jefe de compras generó el proceso de abastecimiento en forma correcta, lo que se traduce en que compró todo lo detallado en la lista de despacho, respetando el plazo máximo de abastecimiento de 15 días previos al despacho. Por último, se asume que el jefe de bodega realizó el despacho del total de los productos a cada local en el tiempo determinado según la lista de despacho.
4. Cabe recordar que la empresa no posee una herramienta para obtener los quiebres de stock, por lo que se aplicará la lógica de detección de quiebres de stock explicada en el subcapítulo 5.4.1 para obtener los quiebres reales del periodo Enero-Marzo 2018.
5. Dado que la empresa no posee un pronóstico de demanda establecido, no existe un indicador de ajuste para la situación inicial. Sin embargo, se asumirá que el pronóstico que la empresa realizó corresponde a los despachos realizados en el periodo Enero-Marzo 2018. Bajo estos supuestos, el MAPE se calculará a partir de los despachos realizados (pronóstico) y lo que resulte de la detección de quiebres de stock (aproximación de demanda).
6. Finalmente, se compararán los resultados reales evidenciados versus los simulados en base a la metodología recién expuesta para el periodo Enero-Marzo 2018.

8.1.2 Resultados Obtenidos

Para el análisis de los ajustes de los modelos se utiliza como indicador el MAPE, ya que permite medir el error porcentual de la estimación.

Para efectos del análisis se consideró la situación inicial, el modelo sin stock de seguridad y el modelo con stock de seguridad.

En la Tabla 30 se presenta la comparación de los ajustes de la situación inicial y de los modelos desarrollados. Al comparar la situación inicial y el modelo con stock de seguridad, se concluye que existe una disminución considerable del error de predicción, casi a su tercera parte. Se observa que incluir un stock de seguridad aumenta el MAPE en 54 puntos bases.

Tabla 30. Comparación ajuste situación inicial y modelos

MAPE situación inicial	MAPE modelo sin stock de seguridad	MAPE modelo con stock de seguridad
30,12%	9,93%	10,47%

En la Tabla 31 se presenta el MAPE por periodo de la situación inicial y de los modelos. Se concluye que en la situación inicial no posee periodos con mejor ajuste. Con respecto a los modelos se aprecia que son estables en el tiempo, con variaciones menores a los 60 puntos base. Por último, el modelo sin stock de reserva en general posee un mejor ajuste que modelo con stock de reserva, con diferencias en promedio variables que van desde 40 a 70 puntos base.

Tabla 31. Comparación ajuste situación inicial y modelos por periodo

	MAPE					
	1° Ene	2° Ene	1° Feb	2° Feb	1° Mar	2° Mar
Situación inicial	28,31%	30,36%	33,04%	31,02%	30,59%	27,41%
Modelo sin stock de reserva	10,33%	10,17%	9,67%	9,64%	9,96%	9,80%
Modelo con stock de reserva	10,73%	10,69%	10,18%	10,32%	10,51%	10,42%

La Tabla 32 presenta información sobre el ajuste por segmentos para la situación inicial y para ambos modelos. El análisis se desarrolló para el Segmento A, que corresponde al segmento de los productos más importantes. Se observa, que al considerar un stock de seguridad en el Segmento A, se cumple la lógica que aumenta el MAPE en dicho modelo. El modelo sin Stock de seguridad posee un MAPE de un 10,99% en el segmento A y el modelo con Stock de seguridad posee un MAPE de un 13,72%, lo que representa un aumento significativo de 273 puntos bases.

Adicionalmente, se calculó el MAPE para los periodos con sobreabastecimiento y para los periodos con quiebres de stock. De forma de poder cuantificar de forma diferenciada los errores de sobre y subestimación. Al analizar el *MAPE Promedio periodos con sobreabastecimiento* para el Segmento A, se observa que existe un aumento de 284 puntos base en el error si se considera un stock de reserva, esto quiere decir que al considerar un stock de seguridad se aumenta el sobreabastecimiento. Por otro lado al analizar el *MAPE Promedio periodos con quiebres de stock* para el Segmento A, se observa que existe una disminución de 97 puntos bases en el error si se considera stock de seguridad, esto quiere decir que considerar un stock reserva disminuyen los quiebres de stock. Claramente existe un trade off entre la disminución de los quiebres de stock y el aumento del sobreabastecimiento, al momento de calibrar los modelos en el set de entrenamiento se eligió un valor para el stock de reserva que no incrementase tanto el valor del MAPE de sobreabastecimiento.

Tabla 32. Comparación ajuste situación inicial y modelos por segmentos

	Valores	Segmento A	Otros Segmentos	Total general
Situación inicial	MAPE Promedio	-	-	30,12%
	MAPE Promedio periodos con sobreabastecimiento	-	-	37,69%
	MAPE Promedio periodos con quiebres de stock	-	-	32,93%
Modelo sin stock de reserva	MAPE Promedio	10,99%	9,66%	9,93%
	MAPE Promedio periodos con sobreabastecimiento	17,48%	27,63%	24,80%
	MAPE Promedio periodos con quiebres de stock	12,80%	20,62%	18,81%
Modelo con stock de reserva	MAPE Promedio	13,72%	9,66%	10,47%
	MAPE Promedio periodos con sobreabastecimiento	20,32%	27,63%	25,50%
	MAPE Promedio periodos con quiebres de stock	11,84%	20,62%	18,95%

La Tabla 33 presenta un cuadro comparativo de los costos económicos asociados a la situación inicial y para ambos modelos. Al comparar el modelo con stock de reserva con el modelo sin stock de reserva para el Segmento A, se observa que el stock de seguridad permitió reducir las pérdidas en ventas asociadas a quiebres desde CLP\$MM 12,7 a CLP\$MM 5,2, sin embargo esta disminución se consiguió a costa de aumentar el costo del sobre abastecimiento, pasando de CLP\$MM 10,4 a CLP\$MM 21,9. La incorporación de un stock de reserva de 8% para los productos pertenecientes al Segmento A generó un comportamiento cuasi inversamente proporcional entre los montos de asociados a sobreabastecimiento y quiebres de stock.

Al comparar el modelo con stock de reserva con la situación inicial, se aprecia que el modelo permitió capturar un delta incremental de CLP\$MM 26,7 en ventas y también logró disminuir en CLP\$MM 6,1 el sobreabastecimiento.

Tabla 33. Comparación económica situación inicial y modelos

	Valores	Segmento A	Otros Segmentos	Total general
Situación inicial	Monto asociado a sobreabastecimiento	\$ -	\$ -	\$ 32.820.000
	Monto asociado a quiebres de stock	\$ -	\$ -	\$ 38.185.000
Modelo sin stock de reserva	Monto asociado a sobreabastecimiento	\$ 10.741.140	\$ 4.742.430	\$ 15.483.570
	Monto asociado a quiebres de stock	\$ 12.273.450	\$ 6.176.360	\$ 18.449.810
Modelo con stock de reserva	Monto asociado a sobreabastecimiento	\$ 21.933.340	\$ 4.742.430	\$ 26.675.770
	Monto asociado a quiebres de stock	\$ 5.251.760	\$ 6.176.360	\$ 11.428.120

A partir de los resultados presentados se puede afirmar que el modelo representa una mejora sustancial a la prácticas actuales de la empresa. Incorporar el stock de reserva disminuye el ajuste del modelo, sin embargo, reduce las ventas perdidas asociadas a los quiebres de stock. Finalmente se cree que el modelo que se ajusta mejor a la realidad de la empresa es un modelo con stock de seguridad, ya que minimiza los efectos que ocasiona un quiebre de stock. Si bien el modelo con stock de reserva ocasiona un aumento en el sobreabastecimiento, este no representa un problema mayor al generado por los quiebres, ya que el sobreabastecimiento es capital de trabajo y no se perderá.

8.2 Análisis Económico del Proyecto

8.2.1 Definición de Beneficios, Inversión y Costos

Los beneficios de este proyecto se calcularon como las ventas que se captarán al evitar los quiebres de Stock. A partir de los resultados obtenidos en el análisis retrospectivo, se conoce que existe un incremento en ventas de cerca de CLP\$MM 26 en un horizonte de 3 meses con respecto a la situación inicial, para obtener el incremento anual se extrapolarán esos resultados. Además, el margen promedio²⁰ por producto es de un 40% Aproximadamente. Se incorpora un factor de riesgo del 80%, este factor incorpora los riesgos asociados de incorporar todo el rediseño de forma exitosa. Finalmente, los ingresos anuales se calcularán como:

²⁰ Al considerar el margen en vez de los ingresos extras, el VAN reflejará cuánto dinero real pierde o gana la empresa al implementar el proyecto.

Ingresos anuales =

*Resultado extrapolación * Margen promedio * Factor de riesgo de implementación*

El proyecto provocará otros beneficios, que dada su naturaleza son difíciles de cuantificar, dentro de estos se encuentran: mejora del clima laboral, distribución de cargas de trabajo, disminución de mermas, etc. Estos beneficios no se considerarán dentro del flujo de caja.

Tabla 34. Beneficios del proyecto

Ingresos	Cifras
Aumento de ventas por quiebres de stock evitados en análisis retrospectivo	\$ 26.756.880
Extrapolación anual de aumento en ventas por quiebres de stock evitados en análisis retrospectivo	\$ 107.027.520
Margen promedio por producto	40%
Factor de implementar exitosamente todo el rediseño de procesos	80%
Total ingresos	\$ 34.248.806

Como inversión se considera el sueldo del tesista y un desarrollador que paquetizará las lógicas de negocio desarrolladas por el tesista. Se consideran como inversión y no como costo, ya que son análogos a la una inversión en la compra de un software. Según el SII los software se deprecian en un periodo de 6 años.

Tabla 35. Inversión del proyecto

Inversión		
Ítem	Salario/mes	Meses
Tesista	\$600.000	18
Desarrollador	\$800.000	3
Total	\$13.200.000	

Como costos se considera el salario mensual del nuevo puesto, el ayudante de compras, las mantenciones anuales al software y por último un inventario inicial a la bodega.

Tabla 36. Costos del proyecto

Costos de operación		
Ítem	Salario/Mes	Meses
Ayudante de compras	\$ 500.000	12
Mantención sistema	\$ 200.000	1
Inventario Inicial (año cero)	\$5.000.000	1

Costo anual	\$6.200.000
Costo anual año cero	\$5.000.000

8.2.2 Tasa de Descuento

La tasa de descuento del proyecto fue calculada utilizando CAPM²¹[18]. Dado que no existen datos financieros públicos de empresas del rubro del retail chileno, se realizó el cálculo para la tasa de descuento del proyecto en USA, en donde todos los datos necesarios son públicos. Luego se procedió a aplicar la prima por riesgo país de Chile, para poder utilizarla para la evaluación de este proyecto. Se utilizó el beta desapalancado ya que la empresa invertirá con fondos propios. La fórmula de CAPM utilizada fue:

$$r = r_f + \beta_u(r_m - r_f) + \text{Prima por riesgo país(CDS)}$$

Para este cálculo se utilizó:

Tabla 37. Cálculo tasa de descuento

Cálculo de tasa de descuento (CAPM)	Valor
Tasa libre de riesgo ²²	2,96%
Rentabilidad de Mercado ²³	6,79%
Beta Desapalancado ²⁴	87,00%
Credit Default Swap (CDS) ²⁵	0,54%
Tasa de descuento	6,83%

8.2.3 Supuestos Flujo de Caja

Los supuestos utilizados para desarrollar el análisis:

- Periodo de evaluación de 5 años
- El proyecto se desarrollará con capital propio.
- Se proyecta un crecimiento de las ventas de un 10%, que corresponde al crecimiento promedio de las ventas de los últimos 5 años. Esto implica un crecimiento en los ingresos potenciales asociados a ventas no realizadas.

²¹ CAPM: Capital asset pricing model.

²² : <http://www.market-risk-premia.com/us.html>

²³ <http://www.market-risk-premia.com/us.html>

²⁴ <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

²⁵ <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=462187>

- Impuesto de primera categoría²⁶ 27%.
- No se comprarán equipos computacionales, ya que existen equipos con capacidad ociosa. Tampoco se considerará el costo de oportunidad de estos equipos, ya que el tiempo de uso al mes será de cerca de 10 horas, es decir, utilizará una porción ínfima de la capacidad total.
- Las capacitaciones las realizará el tesista, por lo que no existe un costo adicional.
- La contratación del tesista y el desarrollador no serán considerados como un costo, sino como una inversión. Ya que el trabajo de estos está enfocado en la construcción del software (análogo a la compra de un software).
- Se considera la incorporación de un ayudante de compras, con un costo mensual de 500.000 pesos.
- El software se depreciará en 6 años según el SII.
- La disminución en el sobreabastecimiento no es considerada un ingreso, ya que los sobreabastecimientos de mercadería en el local no se pierden, sino que son almacenados hasta que el producto es vendido.

²⁶ http://www.sii.cl/portales/renta/2016/cambio_tasas1categoria.htm

8.2.4 Flujo de Caja e Indicadores Financieros

Tabla 38. Flujo de caja

Flujo de caja [CLP\$MM]						
Partida	Año 0	2018	2019	2020	2021	2022
Ingresos	\$ -	\$ 34,2	\$ 37,7	\$ 41,4	\$ 45,6	\$ 50,1
Costos	\$ -5,0	\$ -6,2	\$ -6,2	\$ -6,2	\$ -6,2	\$ -6,2
Depreciación	\$ -	\$ -2,2	\$ -2,2	\$ -2,2	\$ -2,2	\$ -2,2
GoP ejercicio anterior	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Utilidad antes de impuesto	\$ -5,0	\$ 25,8	\$ 29,3	\$ 33,0	\$ 37,2	\$ 41,7
Impuestos 27%	\$ 1,4	\$ -7,0	\$ -7,9	\$ -8,9	\$ -10,0	\$ -11,3
Utilidad después de impuesto	\$ -3,7	\$ 18,9	\$ 21,4	\$ 24,1	\$ 27,1	\$ 30,5
Depreciación	\$ -	\$ 2,2	\$ 2,2	\$ 2,2	\$ 2,2	\$ 2,2
GoP ejercicio anterior	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión	\$ -13,2	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor Desecho	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,2
Flujo de caja contable	\$ -16,9	\$ 21,1	\$ 23,6	\$ 26,3	\$ 29,3	\$ 34,9
Van	\$ 92,7					

La Tabla 38 presenta el flujo de caja del proyecto, en ella se observan que el proyecto ocasiona flujos positivos crecientes desde el primer año. El proyecto posee un VAN > 0 de CLP\$MM 92,7, por lo que el proyecto es viable económicamente.

La Tabla 39 muestra un conjunto de indicadores financieros, se observa que el proyecto posee una tasa interna de retorno de un 134%, lo que implica que se debería invertir en el proyecto a menos que exista otra iniciativa que genere un retorno esperado mayor a la TIR. Además, el proyecto posee un periodo de recuperación del capital de 10 meses y por cada peso invertido se obtienen 6,5 de retorno.

Tabla 39. Indicadores financieros

Indicadores financieros	
Aumento de ventas por quiebres evitados primer año	\$ 34.248.806
Tasa de descuento	7%
TIR	134%
PRC [meses]	10
Índice de rentabilidad	6,5
VAN	\$ 92.698.353

La evaluación económica sustenta la relevancia del proyecto, ya que no solo mejorará la eficiencia de los procesos operacionales, sino que generará ingresos netos anuales por sobre CLP\$MM 30, lo que permitirá sustentar un proceso de expansión.

8.2.5 Análisis de Sensibilidad

La Tabla 40 presenta 3 escenarios de sensibilidad, la variable con la que se realizará el análisis de sensibilidad será el monto aumento de ventas por quiebres evitados primer año. El primer escenario muestra el caso con la exigencia mínima que se le debe exigir al proyecto para cubrir los gastos, este monto corresponde a CLP\$MM 8,6. El segundo escenario corresponde al caso en donde el proyecto posee un índice de rentabilidad 2, es decir, por cada peso que se invierte, se retornan 2. El último escenario corresponde al caso en donde el modelo fue implementado obteniendo el 100% del beneficio asociado, es este caso se aprecia un VAN de CLP\$MM 123.

Tabla 40. Sensibilidad indicadores financieros

Indicadores financieros	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Aumento de ventas por quiebres evitados primer año	\$ 8.678.958	\$ 13.326.843	\$ 42.811.008
Tasa de descuento	7%	7%	7%
TIR	7%	35%	172%
PRC [meses]	60	34	8
Índice de rentabilidad	1,0	2,0	8,3
VAN	\$ -	\$ 16.850.000	\$ 123.738.887

CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES

9.1 Trabajo Realizado y Resultados

Los principales cambios que propone el proyecto de tesis es la incorporación de reglas de negocios automatizadas, bajo herramientas tecnológicas semiautomatizadas. Los modelos implementados responden a las necesidades del negocio de Qué y Cuánto comprar y de Qué, Cuánto y Cuándo despachar a cada punto de venta. Según los Patrones de Negocios de Barros [2], desarrollar modelos que permitan optimizar el uso de los recursos permite generar eficiencias operacionales, punto central en empresas que utilizan estrategias de Liderazgo en Costos, esto se debe a que este tipo de empresas no pueden incrementar el precio de los productos para aumentar los márgenes, por lo que su principal herramienta para maximizar las ganancias se basa en la optimización de sus recursos, permitiendo mantener costos bajos. Por esta razón el desarrollo del proyecto apalanca la estrategia de la empresa.

La mayor parte de este trabajo de tesis se ve sustentado en 4 lógicas de negocios, que de forma separada se podrían calificar de sencillas, sin embargo, su trabajo en conjunto logra dar solución a las necesidades actuales de la empresa.

La incorporación de un modelo de detección de quiebres de stock se sustenta en el hecho que no se pueden generar pronósticos de demanda, sin poseer datos históricos de ella. La utilidad del modelo de detección de quiebres es que permite identificar periodos con quiebres de stock y reemplazar los valores de dicho periodo por un estimador, de esta forma el modelo crea un estimador para la demanda. A partir de este modelo se concluye que la empresa posee pérdidas aproximadas de CLP\$MM 140.

El modelo de pronóstico de demanda genera proyecciones en base a la data histórica. Se cree que descartar los modelos de alta complejidad generará incentivos en la empresa a realizar mantenimientos, ya que no serán tan costosos en comparación de contratar a un programador con conocimientos de ciencia de datos. Se cree que uno de los grandes aciertos de esta lógica fue no seleccionar aquel modelo con menor MAPE, ya que esta decisión generalmente iba acompañada de un sobreajuste en el set de entrenamiento y luego disminuía considerablemente su poder de predicción en el set de prueba. Este método logró un MAPE de un 10,09% en el set de entrenamiento. Se cumple con el objetivo específico de desarrollar un modelo de predicción

Si bien el proyecto busca disminuir los quiebres y los sobrestock, para los dueños de la empresa es un dolor más grande perder ventas por desabastecimiento, por lo que se decidió incorporar un stock de seguridad para aquellos productos de mayor importancia. Las ventajas de este modelo es que disminuirá los montos asociados a ventas no realizadas por quiebres de stock. Se cumple con el objetivo específico de definir los inventarios base o de seguridad para productos de mayor relevancia.

Finalmente, se desarrolló un modelo de programación lineal entera que cumple con las restricciones de demanda de cada local al mínimo costo, entregando una programación de los despachos. Se cumple con el objetivo específico de desarrollar un modelo de distribución óptima.

Cabe destacar que se rediseñaron los procesos de compras y distribución de producto, además, se incorporó una planilla de cálculo para controlar el ingreso de productos. Por lo tanto, se cumplen con todos los objetivos específicos.

La gran ventaja de estos 4 modelos en forma conjunta versus solo desarrollar el pronóstico de demanda es que no define lo que el jefe de compras debe comprar cada momento, sino que le entrega un listado de lo que será despachado cada periodo, entregándole la libertad para adelantar compras, lo que permitirá que el cambio sea a favor de uno de los trabajadores con mayores responsabilidades en la empresa. Este punto permite cumplir con parte del objetivo de la tesis: *“definir qué, cuánto y cuándo despachar hacia cada punto de venta de forma de evitar quiebres y sobre stock de productos”*.

Al simular el desempeño del modelo para el periodo Enero-Marzo 2018 se obtuvo un MAPE de un 10,47%, versus un 30,12% de la situación real. Este punto logra cumplir con la totalidad del objetivo de la tesis: *“Diseñar e implementar a agosto de 2018 un modelo de compra y distribución de productos, que permita estimar los niveles de compra por producto con un error de a lo más un 15% del valor real”*

El modelo generó CLP\$MM 11 en pérdidas asociadas a quiebres de stock, versus CLP\$MM 38 de la situación real. Al observar el sobreabastecimiento, el modelo generó CLP\$MM 26, versus CLP\$MM 32 de la situación real. Ambos resultados son una mejora respecto a la situación actual de la empresa.

Al evaluar el proyecto en un horizonte de 5 años, se obtuvo un VAN de CLP\$MM 92, una TIR de 134%, un periodo de recuperación de capital de 10 meses y un índice de rentabilidad de 6,5.

Cabe destacar que en el análisis económico no se pudieron incorporar todos los beneficios que el proyecto ocasiona, ya que existen algunos que son difíciles de cuantificar dada su naturaleza, como lo son la mejora en el clima laboral o la distribución de las cargas de trabajo. Estos beneficios van en directa mejora de las condiciones laborales de los trabajadores, lo que sin duda ayudará a potenciar y a mantener el cambio propuesto.

Por todos los antecedentes anteriormente mencionados, se concluye que el proyecto cumplió con los objetivos y resultados esperados. Por último, se cree que a partir de este rediseño de procesos la empresa podrá en el mediano plazo replantearse la opción de una expansión, pero ahora basado en un modelo confiable de compras y distribución de productos.

9.2 Comparación Proyecto Frente ERP

Dadas las necesidades que se han expuesto en el presente trabajo, no es absurdo pensar en que la implementación de un sistema de planificación de recursos empresariales o ERP²⁷, es la mejor solución a los problemas que afectan a la empresa, sin embargo, se cree que existen una serie de factores que hacen que el proyecto sea una mejor solución. A continuación se detallan:

- El proyecto no es el desarrollo e implementación de un software: Hay que destacar que el trabajo desarrollado no consiste en la creación de un software, el proyecto tiene como objetivo el diseño de un modelo de compras y distribución de productos, para esto se desarrollan cambios a nivel de negocio, cultural, de procesos y tecnológicos. Por lo que la implementación de un ERP solo podría ser una alternativa a este proyecto de tesis en la componente tecnológica, teniendo que desarrollar de igual forma los otros elementos comprendidos en el presente trabajo.
- Alto costo de los ERP: Los ERP poseen un alto costo en comparación a desarrollar un software a la medida [19]. En caso de que el cliente solicite al proveedor de ERP alguna personalización se debe pagar un adicional. Las licencias de ERP poseen costos anuales por el tiempo que se utilice el servicio. Además, como el proyecto trabaja en las áreas de compras y distribución de productos, sería necesario adquirir los módulos de ERP de compras, gestión de inventario y despacho, lo que aumenta el costo de la implementación. Por su parte, la inversión en el desarrollo del software es solo una vez.
- Los ERP son rígidos y las empresas se deben adaptar a ellos: Con el fin de alcanzar la mayor cantidad de clientes con una misma versión del software, los proveedores de ERP ofrecen módulos genéricos, con algunas opciones de personalización sujetas a pagos adicionales.. Dada esta rigidez por parte de los software de ERP las empresas deben adaptar sus procesos, tecnologías y personal para poder realizar la implementación de la herramienta. Gran parte de los fracasos en proyectos de implementación de sistemas ERP yace en la rigidez de este tipo de programa, junto con la baja o nula gestión del cambio. Por su parte el proyecto de tesis comienza con un rediseño de procesos que busca minimizar las labores manuales y la eliminación de juicios expertos, luego de esto, se propone el desarrollo de un software que se adapte a las necesidades a las necesidades de la empresa. Por lo tanto, el proyecto se adapta a las necesidades del negocio, en contraste al ERP que exige que la empresa se ajuste a él.
- El ERP posee más funcionalidades, pero requiere profesionales capacitados: La implementación del ERP tiene la ventaja de entregar mayores funcionalidades que las que ofrece el proyecto, sin embargo, requiere de personal capacitado en la empresa para dar uso a esas herramientas. Por su parte, el proyecto propone que una vez desarrollado el software el encargado solo debe ejecutar la única funcionalidad del sistema, ejecutar la aplicación.

²⁷ Por sus siglas en inglés Enterprise Resource Planning

A partir de los puntos expuestos se cree que dado el momento y contexto en el que se encuentra la empresa es mejor la implementación del proyecto de tesis, ya que se inicia a la empresa en un proceso de profesionalismo, mostrándoles las ventajas de contar con herramientas de gestión. Se cree que con una alta probabilidad la implementación de un ERP terminaría en un fracaso, ya que lo que la empresa requiere en estos momentos no es una aplicación, sino una mejora en las prácticas que rigen los procesos de compras y distribución de productos.

9.3 Lecciones Aprendidas

9.3.1 Metodología Ingeniería de Negocios

Si bien se incorporaron diversas metodologías para la creación de lógicas de negocios, la metodología de ingeniería de negocios tuvo la particularidad de ser transversal a todo el proyecto, permitiendo a través de un orden lógico analizar cada una de sus diferentes fases.

Uno de los principales elementos de la ingeniería de negocios corresponde a los Macroprocesos. El gran aprendizaje de este marco de referencia no radicó en ser una herramienta de rediseño, sino que permite obtener un panorama de la organización a través de la factorización de sus componentes en 4 Macroprocesos. Se cree que a partir de los Macroprocesos se puede entender cuáles son los elementos de la organización y vincular su existencia a la estrategia de la empresa.

Otra de las ventajas de la ingeniería de negocios es la capacidad de ser combinada y apoyada con otras metodologías, por ejemplo Canvas para ejemplificar el modelo de negocios, PCF para generar rediseño en base a buenas prácticas, LEAN para eliminar los procesos que no agregan valor.

Por último, se concluye que una de las principales ventajas de la ingeniería de negocios, es que entrega solo el marco de referencia, no restringe la forma o las características que debe poseer el proceso de rediseño. Por esta razón, dos personas que utilicen de forma independiente la ingeniería de negocios para resolver el mismo problema pueden ofrecer soluciones diferentes, pero para entregar dicha solución deben considerar los mismos elementos estructurales.

9.3.2 De la Empresa

Se evidenció cuales son las ventajas y desventajas de una empresa familiar, dentro de las principales ventajas se encuentra la pasión de los integrantes y el amor por su trabajo. Dentro de las desventaja se encuentra la asignación de puestos claves a familiares pocos calificados, este hecho no solo daña las ejecuciones de las tareas relativas al cargo, sino que perjudica el ambiente de los empleados que lo rodean ya que son ellos los que deben absorber el trabajo extra y muchas veces los llamados de atención.

Por otro lado se pudo observar las necesidades de empresas poco profesionalizadas. En particular PLZ es una empresa con un bajo nivel de preparación a académica, no obstante, gracias a sus buenas habilidades de negociación y de ventas lograron suplir la falencia estudios. Sin embargo, llega un punto en que las habilidades no pueden contra la falta de profesionalismo, estos casos terminan generalmente en dos posibles resultados, en el primero las empresas se comienzan a sumir

en una autodestrucción al forzar crecimientos o eficiencias en su personal sin generar inversión en capacitación de sus trabajadores o en la contratación de mano de obra calificada, esto ocasiona roces dentro de la organización y termina por debilitar el vínculo entre los trabajadores y la empresa. En el segundo caso la empresa decide acotar sus expectativas y mantener o disminuir su tamaño, en esta posición las faltas de profesionalismo pueden ser suplidas por las habilidades innatas de los dueños. Aquí radica la importancia de que las empresas de menor tamaño y poco profesionalizadas asuman que bajo su estructura no serán capaces de mantener un crecimiento sostenible en el tiempo, no sin antes capacitar a sus trabajadores y/o incorporar personal que posea la experiencia y conocimientos técnicos necesarios.

Se cree que las empresas de pequeño tamaño y de bajo nivel profesional, no poseen grandes resistencia al cambio una vez se les propone y evidencia los beneficios asociados de algún proyecto, no obstante, la gran razón por la cual no generan políticas de mejora dentro de la organización es porque estas están fuera de su entendimiento. Sin embargo, se cree que existe un desinterés en los elementos que no formaron parte de la fundación de la empresa, ahí radica una gran barrera.

9.3.3 Brechas Entre la Teoría y la Práctica

Durante el trabajo de tesis se evidenciaron las siguientes diferencias entre la teoría y la práctica en el desarrollo de un proyecto:

- Los modelos teóricos con mejor ajuste no siempre son aplicables: Se evidenció que a la hora de seleccionar un modelo de predicción, no solo se debe tomar en cuenta el ajuste que puede poseer dicho modelo, sino que además se debe tener en cuenta elementos organizacionales, tales como si la empresa poseerá las capacidades para mantener dichos modelos en el tiempo. El caso de PLZ es que si no pueden realizar mantenimiento a bajo costo simplemente dejarán de utilizar los modelos.
- El uso de un método queda condicionado a la existencia de los datos que este requiere: Existe suficiente literatura para resolver los problemas operacionales que la empresa posee, sin embargo, se evidenció que todos los modelos estudiados en el marco teórico asumen que se cuenta con todos los datos necesarios para utilizar dichos modelos. Lamentablemente, uno de los problemas más importantes que la empresa posee es la falta de datos e información, por lo que dentro de los principales desafíos que se debieron afrontar en el desarrollo del proyecto se encuentra la generación de datos para ejecutar los modelos. Si bien se pudieron generar datos para la predicción de demanda, no se pudieron utilizar técnicas para obtener el stock de reserva que propone la literatura, ya que la empresa no cuenta con datos de los tiempos de abastecimiento. Queda en evidencia que algunos elementos que la literatura da por sentado no siempre se cumplen y por consecuencia imposibilitan el uso de metodologías o herramientas.
- El desarrollo y aplicación de un modelo solo es un elemento dentro de un proyecto de mejora continua: Contar con modelos predictivos y de distribución con buen ajuste no garantiza el éxito de un proyecto. Si bien, el modelo o lógica de negocio es un elemento

necesario y fundamental para que un proyecto de esta índole funcione, se deben considerar los elementos de negocio, organizacionales, de procesos y tecnológicos que se encuentran en el ecosistema de la empresa. Las herramientas o tecnologías desarrolladas no son el fin del proyecto, sino un medio para conseguir un objetivo superior.

- Empresas de mediano tamaño utilizan elementos básicos para el desarrollo de sus actividades clave: Se evidenció la falencia de herramientas robustas y de procesos establecidos para el desarrollo de actividades claves de la empresa. Se cree que en la medida que no se trabajen las faltas de Capacidades en empresas de mediano tamaño, estas estarán condenadas a un estancamiento o al fracaso en el mediano-largo plazo.

9.4 Trabajos Futuros

Como trabajos futuros se planea:

- Implementación de modelos predictivos de aprendizaje de máquinas o de inteligencia artificial: Si bien se descartaron estos modelos por factores culturales y de preparación de la empresa, es interesante poder desarrollar estos modelos una vez la empresa posea un tamaño mayor y donde los resultados desarrollados por este proyectos no sean lo suficientemente buenos para la realidad de la empresa. En ese punto sería interesante desarrollar modelos de predicción de quiebres de stock que permitan minimizar el delta restante de las ventas perdidas, además, de desarrollar modelos de predicción de quiebres de stock en góndolas²⁸.
- Desarrollo de herramientas de control de inventario: Dado que PLZ es una empresa en vías de crecimiento y que desea apostar por la apertura de nuevas tiendas, se hace extremadamente necesario contar con procesos de control de inventario que minimice las mermas, robos y otros riesgos asociados. Se plantea como trabajo futuro el desarrollo de lógicas de negocios que permitan generación de inventarios aleatorios para diferentes SKU, generación de alertas en caso de disminución graves de demanda, desarrollo de indicadores de rotación de productos, generación de indicadores de costo por metro cuadrado de inventario, entre otros.
- Automatizar el proceso de ETL entre el software de punto de venta con la paquetización de los modelos desarrollados, esto automatización permitirá disminuir las horas hombre asociadas y eliminar los riesgos de errores al manipular la información en forma manual.

²⁸ Para los locales que poseen esa distribución

CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFÍA

- [1] Punto Prensa, “Expo Escolares de Easton Outlet Mall entre las alternativas más convenientes del mercado”.
- [2] Ó. Barros, Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI. 2015.
- [3] O. Barros, Rediseño de procesos mediante el uso de patrones. 2000.
- [4] Richard B. Chase, F. Robert Jacobs, y Nicholas J. Aquillano, “Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros”, 2009.
- [5] W. J. Stevenson, Operations management, 7th ed. Boston: McGraw-Hill Irwin, 2002.
- [6] C. P. D. Veiga, U. Tortato, y W. V. D. Silva, “Demand forecasting in food retail: a comparison between the Holt- Winters and ARIMA models”, vol. 11, p. 8, 2014.
- [7] J. Velásquez y C. Franco, “Forecasting of time series with trend and seasonal cycle using the airline model and artificial neural networks”, Ingeniería y Ciencia, vol. 8, no 15, pp. 171–189, jun. 2012.
- [8] C.-W. Hsu, C.-C. Chang, y C.-J. Lin, “A Practical Guide to Support Vector Classification”, p. 16.
- [9] Y. Pochet y L. A. Wolsey, Production Planning by Mixed Integer Programming. Springer Science & Business Media, 2006.
- [10] M. E. J. Newman, “Power laws, Pareto distributions and Zipf’s law”, Cities, vol. 30, pp. 59–67, feb. 2013.
- [11] G. D. Eppen y R. K. Martin, “Determining Safety Stock in the Presence of Stochastic Lead Time and Demand”, Management Science, vol. 34, no 11, nov. 1988.
- [12] A. De Myttenaere, B. Golden, B. L. Grand, y F. Rossi, “Mean Absolute Percentage Error for regression models”, Neurocomputing, vol. 192, pp. 38–48, jun. 2016.
- [13] Hax, Arnaldo, The Delta Model Reinventing Your Business Strategy. 2010.
- [14] Ministerio de desarrollo social, “Informe de Desarrollo Social 2016”. 2016.
- [15] Gatica Quintanilla, Loretto Monserrat, “Estudio del comportamiento de los clientes frente a un quiebre de stock y su impacto económico en un supermercado”, Memoria para optar al título de ingeniera civil industrial, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2014.
- [16] scipy.org, “scipy.optimize.minimize — SciPy v1.1.0 Reference Guide”. [En línea]. Disponible en: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.optimize.minimize.html#scipy.optimize.minimize>. [Accedido: 22-ago-2018].
- [17] Dina Pomeranz, “Métodos de evaluación”, *Harvard Business School , Rock Center 213, Soldiers Field Road, Boston*, p. 12, ago-2011.
- [18] E. F. Fama y K. R. French, “The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence”, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 18, nº 3, pp. 25–46, sep. 2004.
- [19] Barrera Chevecich, Bruno Basilio, “Plan de negocio para un software de gestión empresarial orientado a las Mypes”, Tesis para optar al grado de magíster en gestión y dirección de empresas, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2014.

CAPÍTULO 11: ANEXOS

11.1 Código Predicción de Demanda

11.1.1 Importar Librerías

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from statistics import mean
from random import randint, uniform, random
import pandas as pd
import scipy as sp
from scipy.optimize import minimize
from gurobipy import *
```

11.1.2 Función MAPE

```
def MAPE(a,b):# a es el valor real, b pronóstico
    resultado=0
    #a=np.array(a)
    #b=np.array(a)
    dc=0;
    for i in range(len(a)):
        a[i]=float(a[i])
        b[i]=float(b[i])
        if np.isnan(a[i]) or np.isnan(b[i]):
            dc+=0
        else:
            if a[i]==0:
                resultado=resultado
            else:
                resultado=resultado+abs((a[i]-b[i])/a[i])
            dc+=1
    if dc==0:
        return 0
    if dc>0:
        return resultado*100/dc

def MAPETOTAL(param, x):
    sumatodo=[0]*24
    for i in range(0,24):
        sumatodo[i]=param[0]*x[0][i]+param[1]*x[1][i]+param[2]*x[2][i]
    return MAPE(aa[24:-6],sumatodo)
```

11.1.3 Función Suavización Exponencial Triple

```
#Función que entrega el valor inicial de la tendencia, se le debe entregar la data y el largo de la estacionalidad
def tendencia_i(datos, largo):
    suma = 0
    for i in range(largo):
        suma = float(datos[i+largo] - datos[i])/largo + suma
    return suma/largo

#Función que entrega los valores iniciales de la estacionalidad, se le debe entregar la data y el largo de la estacionalidad
def estacionalidad_i(datos, largo):
    estacionalidad = {}
    promedio_estacional = []
    n_est = int(len(datos)/largo)
    # generar estacionalidad
    for j in range(n_est):
        promedio_estacional.append(sum(datos[largo*j:largo*(j+1)])/float(largo))
    # generar valores iniciales
    for i in range(largo):
        dif_sobre = 0
        for j in range(n_est):
            dif_sobre += datos[largo*j+i]-promedio_estacional[j]
        estacionalidad[i] = dif_sobre/n_est
    return estacionalidad

#Función que entrega la suavización exponencial triple(suavización con ajuste de tendencia y estacionalidad)
#Se le deben entregar la data, el largo de la estacionalidad, alpha(parámetro de nivel de la serie),
# beta(parámetro de tendencia de la serie), gamma(parámetro estacional de la serie) y la cantidad de periodos a predecir.
def SET(datos, largo, alpha, beta, gamma, n_pred):
    resultado = []
    estacionalidad = estacionalidad_i(datos, largo)
    for i in range(len(datos)+n_pred):
        if i == 0:
            suavizacion = datos[0]
            tendencia = tendencia_i(datos, largo)
            resultado.append(datos[0])
            continue
        if i >= len(datos):
            m = i - len(datos) + 1
            resultado.append((suavizacion + m*tendencia) + estacionalidad[i%largo])
        else:
            valor = datos[i]
            ultima_suav, suavizacion = suavizacion, alpha*(valor-estacionalidad[i%largo]) + (1-alpha)*(suavizacion+tendencia)
            tendencia = beta * (suavizacion-ultima_suav) + (1-beta)*tendencia
```

```

        estacionalidad[i%largo] = gamma*(valor-suavizacion) + (1-gamma
)*estacionalidad[i%largo]
        resultado.append(suavizacion+tendencia+estacionalidad[i%largo]
)
    return resultado #entrega pronóstico para el set de entrenamiento y el
prueba

#Función que calcula el mape de la predicción de la suavización exponencia
l triple
#triple representa a una tripleta que posee los parámetros del modelo
def MAPEST(triple, x):
    tr=SET(x, 24, triple[0], triple[1], triple[2], 6)
    return MAPE(tr[:-6],x)

```

11.1.4 Función Regresión Lineal con Ajuste Estacional

```

#Esta función que entrega la regresión lineal con ajuste de estacionalidad
, necesita del set de datos y
#la cantidad de periodos a predecir
def RLE(datos,n_pred):
    m1=np.sum(datos[:-24])# deja fuera los últimos 24
    m2=np.sum(datos[24:])#parte tomando desde el registro 25
    pendiente=m2-m1
    pro=[0]*24
    for i in range(0,24):
        pro[i]=(datos[i]+datos[i+24])/np.sum(datos)
    resultado=[0]*48
    for i in range(0,48):
        if i<24:
            resultado[i]=m1*pro[i]
        if i>=24:
            resultado[i]=m2*pro[i-24]
    resultado2=[0]*n_pred
    for i in range(0,n_pred):
        resultado2[i]=(pendiente*2+m1)*pro[i]
    return resultado, resultado2 #entrega resultados para el set de entren
amiento y para los periodos futuros

```

11.1.5 Función Media Móvil Ponderada

```

#n corresponde a la cantidad de rezagos a considerar
#n_pred corresponde a la cantidad de pronósticos a realizar
#pesos es un arreglo con los pesos de cada rezago(el primer valor correspo
nde al primer rezago y así sucesivamente)
def MMP(datos,pesos,n, n_pred):
    resultado=[]
    datoscopia=datos.copy()
    for i in range(0,len(datos)+n_pred):
        if i<n:
            resultado.append(np.nan)
        else:
            suma=0
            for j in range(1,n+1):
                suma=pesos[j-1]*datoscopia[i-j]+suma

```

```

        resultado.append(suma)
        if i+1>len(datos):
            datoscopia.append(suma)
    return resultado
    resultado.append(suma)
    if i+1>len(datos):
        datoscopia.append(suma)
    return resultado

```

11.1.6 Función Reemplazar Quiebres de Stock

```

def Quiebre(xx):
    for i in range(1,len(xx)-1):
        if xx[i-1]+xx[i+1] != 0:
            if ((xx[i]*100/((xx[i-1]+xx[i+1])/2))<=30):
                xx[i]=min(xx[i-1],xx[i+1])
    return xx

```

11.1.7 Implementación Métodos

```

#A continuación se implementarán cada uno de los 3 métodos para cada SKU
#Tanto para la suavización exponencial triple como para la media móvil ponderada
#se buscarán aquellos parámetros que minimicen el MAPE en el set de entrenamiento

#carga de archivo excel
df = pd.read_excel("datapython.xlsx", sheet_name='Hoja2', header=None)
resultados={}
for j in range(0,len(df)):
    print(j)
    aa=df.iloc[j].values.tolist()

    #Método para reemplazar el valor de los quiebres de stock, por el menor valor cercano(periodo previo o siguiente)
    aa=Quiebre(aa)
    ## Suavización exponencial triple

    # Corremos un modelo de optimización que nos permitirá obtener los parámetros que disminuye el MAPE en el set de entrenamiento
    guess = [.5,.5,.5] #inicialización de parámetros
    r = minimize(MAPEST, guess, (aa[:-6],), bounds=[(0,1),(0,1),(0,1)], method='SLSQP') #optimización de parámetros
    parametros=[r.x[0],r.x[1],r.x[2]]
    suavizacion=SET(aa[:-6], 24, parametros[0], parametros[1], parametros[2], 6)

    ##Regresión lineal con ajuste de estacionalidad
    regresiondata,regresionproyeccion= RLE(aa[:-6],6)

    ##Media Móvil ponderada
    aux=aa[:-6]
    pesos=list(range(1,25))

```

```

# Generamos una lista con los periodos para los cuales la MMP no da pr
onóstico
T=list(range(24, 48))
TODO=list(range(0, 48))
m1= Model('Modelo para ajustar pesos MMP')
# Añadimos las variables
p= m1.addVars(pesos,vtype=GRB.SEMICONT,lb=0.0,ub=1.0, name='pesos') #p
esos
z=m1.addVars(TODO,vtype=GRB.SEMICONT,lb=0.0,ub=GRB.INFINITY, name='err
or de subestimacion')# variable para guardar error de subestimación
y=m1.addVars(TODO,vtype=GRB.SEMICONT,lb=0.0,ub=GRB.INFINITY, name='err
or de sobrestimacion')# variable para guardar error de sobrestimación
m1.update()
# Definimos la función objetivo del modelo. (Responder en la tarea a q
ué es equivalente esta función)
m1.setObjective(sum(z[j]+y[j] for j in T), GRB.MINIMIZE)
# Añadimos las restricciones del modelo
m1.addConstr(sum(p[i] for i in pesos)==1,'c0') # que los pesos estén n
ormalizados
m1.addConstrs((z[j]>=aux[j]-sum(p[i]*aux[j-i] for i in pesos) for j in
T ),"c1") #restricción que busca linkear el error de sobreestimación con l
os pesos, de tal forma de encontrar los pesos que minimizan el error
m1.addConstrs((y[j]>=sum(p[i]*aux[j-i] for i in pesos)-aux[j] for j in
T ),"c2")#suma la cantidad de periodos de wei
m1.update()
m1.optimize()
corrida=[p[i].X for i in range(1,25)]
mediamovilponderada=MMP(aa[:-6],corrida,24,6)

#pronóstico final

todo=[suavizacion[24:-6],regresiondata[24:],mediamovilponderada[24:-6]
]
guess = [0,1,0] #inicialización de parámetros
r = minimize(MAPETOTAL, guess, (todo,), bounds=[(-0.4,.4),(0,1),(-0.3,
.3)], method='SLSQP') #optimización de parámetros
parametros2=[r.x[0],r.x[1],r.x[2]]
prediccionfinal=[0]*6
for i in range(0,6):
    prediccionfinal[i]=round(parametros2[0]*suavizacion[48+i]+parametr
os2[1]*regresionproyeccion[i]+parametros2[2]*mediamovilponderada[48+i],0)
    prediccionfinal.append(MAPE(prediccionfinal,aa[48:]))
    resultados[j]=prediccionfinal
#Guardar resultados
dataframe=pd.DataFrame.from_dict(resultados,orient='index')
dataframe.to_csv("Resultados.csv", index=False)

```

11.2 Código de Despacho Óptimo

```

param T>=0;
param S>=0;
param L>=0;

```

```

set TIEMPO:=1..T;
set SKU:=1..S;
set LOCALES:=1..L;

#### Parámetros del modelo ####

    #Costo de transporte de mover el vehículo de carga hacia el local j
param CT{j in LOCALES}>= 0;

    #Demanda de producto i, en el local j en el periodo t
param DEM{i in SKU, j in LOCALES, t in TIEMPO} >= 0;

    #Stock de reserva de producto i, en el local j en el periodo t
param SR{i in SKU, j in LOCALES, t in TIEMPO} >= 0;

    #Capacidad(volumen) de almacenamiento bodega del local j
param CA{j in LOCALES} >= 0;

    #Capacidad(volumen) de vehículo de transporte
param CV >= 0;

    #Volumen del producto i
param VO{i in SKU} >= 0;

    #Inventario inicial en locales
param ININ{i in SKU,j in LOCALES} >= 0;

#### Variables del modelo ####

    #Cantidad a despachar del producto i, hacia el local j, en el periodo
t
var D{i in SKU, j in LOCALES, t in TIEMPO}>=0, integer;

```

```

    #Cantidad de viajes del vehículo de transporte hacia el local j, en el
    periodo t
var VI{j in LOCALES, t in TIEMPO}>=0, integer;

    #Cantidad de stock de producto i que permanecerá en bodega del local
    j, entre el periodo t y t+1
var INV{i in SKU, j in LOCALES, t in TIEMPO}>=0, integer;

#### Función objetivo ####

minimize funcion: sum{j in LOCALES, t in TIEMPO} CT[j]*VI[j,t];

#### Restricciones del modelo

    #Continuidad del stock
subject to R1{i in SKU, j in LOCALES,t in TIEMPO}:
    D[i,j,t]+INV[i,j,t-1] = DEM[i,j,t]+SR[i,j,t]+INV[i,j,t];

    #Cantidad de camiones a utilizar para el despacho
subject to R2{j in LOCALES,t in TIEMPO}:
    VI[j,t] >= (sum{i in SKU} D[i,j,t]*VO[i])/CV;

    #Volumen utilizado en los locales debe ser menor al disponible
subject to R3{j in LOCALES,t in TIEMPO}:
    (sum{i in SKU} (D[i,j,t]+INV[i,j,t-1])*VO[i]) <= CA[j];

    #Stock inicial en locales
subject to R4{i in SKU,j in LOCALES}:
    INV[i,j,0] = ININ[i,j];

```