



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

**REDISEÑO DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE
REPUESTOS DE MAQUINARIA AGRICOLA EN EMPRESA
DEDICADA A LA COMERCIALIZACION DE AGROINSUMOS**

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

EDUARDO JOSE SALAZAR GAMEZ

PROFESOR GUÍA:
EZEQUIEL MUÑOZ KRSULOVIC

MIEMBROS DE LA COMISION:
EDUARDO CONTRERAS VILLABLANCA
EDUARDO OLGUIN MACAYA

SANTIAGO DE CHILE
2019

RESUMEN EJECUTIVO

Coagra S.A. es una de las empresas líderes en el sector de agroinsumos en Chile; y está inserta dentro de la industria de distribución de agroinsumos para la empresa agrícola. En el año 2013, y como parte de su estrategia de expansión en el mercado chileno, la empresa adquiere la distribución exclusiva de la marca de tractores agrícolas Valtra; iniciativa que trajo consigo no solo el reto de la comercialización de estos equipos, sino que el mantenimiento de un completo stock de repuestos; siendo este último rubro uno de los mayores ítems de costo para la línea de productos de maquinaria y repuestos.

Debido al comportamiento probabilístico de la demanda de repuestos, la gestión de un stock de esta naturaleza no es tarea fácil, y ha requerido que Coagra implemente un sistema de inventario que toma en cuenta la diferencia en la incertidumbre del pronóstico de diferentes clases de repuesto, que son clasificados de acuerdo a su frecuencia de consumo; y de acuerdo a esto, diferentes políticas de inventario que determinan el nivel máximo de inventario para cada clase se encuentran establecidas; siendo el objetivo final, la maximización de la rotación del inventario (minimización del nivel de inventario).

Este sistema ha funcionado relativamente bien para la empresa; y sin embargo; presenta como debilidad el hecho de no tomar en consideración el impacto de las escaseces de un determinado ítem, tanto para la empresa en términos de pérdida de ingresos, como para el cliente, para quien el tractor es un bien productivo y la indisponibilidad o merma en sus capacidades técnicas debido a fallas, pueden acarrearle serios costos operativos; y por otra parte, este sistema no logra optimizar el costo total del inventario.

El proyecto que se presenta a continuación plantea el rediseño del proceso de precisión de los requerimientos de compras de repuestos para los tractores de la marca Valtra comercializados por la línea de maquinaria y repuestos de la empresa, y que consta a su vez de varios sub-procesos como lo son: la clasificación, el pronóstico y cálculo de nivel máximo deseado de inventario.

Con esto, y al igual que con el sistema de inventario actual de la empresa, se pretende dar apoyo a la toma de decisiones que surge de dar respuesta a las interrogantes cuáles y cuánto comprar de determinados ítems de repuesto, pero con el objetivo final minimizar el costo total de inventario, compuesto por el costo de compra, el costo de preparación y almacenamiento, y el costo de faltante o quiebre de stock, este último asociado a la potencial pérdida de ingresos de la empresa, y más subjetivamente al nivel de servicio que se le brinda al cliente.

DEDICATORIA

A Dios, a quien he tenido la suerte de tener como guía y compañero fiel en este viaje de la vida desde mi más temprana infancia.

A mi querida madre Pálmenes Gámez quien siempre está presente siendo mi apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por mostrarme el camino que debía seguir para la realización de este trabajo, y por levantarme y darme la fortaleza necesaria en los momentos más difíciles.

A mi querida madre Pálmenes Gámez por el apoyo constante durante todo el tiempo que tomó la realización de este trabajo, por las palabras de aliento, por recordarme constantemente mi objetivo, y por su disposición para escucharme en todo momento.

A mis hermanos Luis A. Salazar y Luis E. Salazar, por la incondicional ayuda prestada para que pudiera elaborar este trabajo con la mayor tranquilidad y éxito posibles.

Al profesor Ezequiel Muñoz Krsulovic por la buena disposición, por su guía, y por su excelente pedagogía, que fueron de gran ayuda para que este trabajo se hiciera una realidad.

A Ana María Valenzuela y Laura Sáez por estar pendientes de mi avance, y por su buena disposición en brindarme la ayuda necesaria cuando lo necesité.

A Francisco Caroca gerente de maquinaria y repuestos de Coagra, por todo el apoyo brindado, y por su disposición para transmitirme su conocimiento y experiencia que fueron de gran ayuda en la elaboración de este trabajo.

A Jaime Cabello jefe de post-venta de maquinaria y repuestos de Coagra, por la valiosa ayuda prestada en todo momento, y por haberme acogido como un compañero y amigo más.

A todo el gran equipo de trabajo del área de maquinaria y repuestos de Coagra que siempre estuvieron dispuestos a tenderme una mano en lo que necesitara.

A todas las personas que de alguna forma contribuyeron en la realización de este proyecto.

A todos ellos, muchas Gracias.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO	1
1.1 ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA	1
1.1.1 <i>Análisis del medio externo (Amenazas):</i>	2
1.1.2 <i>Análisis del medio externo (Oportunidades):</i>	4
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	6
1.2.1 <i>Visión</i>	6
1.2.2 <i>Misión</i>	6
1.2.3 <i>Estructura de la empresa</i>	6
1.2.3.1 <i>Coagra Comercial:</i>	7
1.2.3.2 <i>Coagra Agroindustrial:</i>	7
1.2.3.3 <i>Banagro:</i>	7
1.2.4 <i>Productos Principales:</i>	8
1.2.5 <i>Clientes</i>	8
1.3 PROBLEMA U OPORTUNIDAD IDENTIFICADA.....	8
1.4 OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO.....	9
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	9
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	9
1.4.3 <i>Resultados Esperados</i>	9
1.5 ALCANCE.....	10
1.6 RIESGOS POTENCIALES.....	10
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	12
2.1 METODOLOGÍA DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS.....	12
2.2 LÓGICA DE NEGOCIOS	13
2.1.1 <i>Clasificación Multicriterio</i>	13
2.1.2 <i>Pronóstico</i>	17
2.1.3 <i>Optimización</i>	20
CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS	25
3.1 POSICIONAMIENTO ESTRATÉGICO	25
3.2 BALANCED SCORECARD	25
3.3 MODELO DE NEGOCIOS	26
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL	28
4.1 ARQUITECTURA DE PROCESOS	28
4.2 MODELAMIENTO DETALLADO DE PROCESOS	28
4.2.1 <i>Modelamiento IDEF0</i>	28
4.2.2 <i>Modelamiento BPMN (Opcional)</i>	30
4.3 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	31
4.3.1 <i>Clasificación:</i>	31
4.3.2 <i>Pronóstico:</i>	33
4.3.3 <i>Reaprovisionamiento:</i>	33
4.4 CUANTIFICACIÓN DEL PROBLEMA U OPORTUNIDAD.....	35
CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS	39
5.1 DIRECCIONES DE CAMBIO Y ALCANCE	39
5.2 DISEÑO DETALLADO DE PROCESOS TO BE	40
5.2.1 <i>Diseño en IDEF0</i>	40
5.2.2 <i>Diseño en BPMN</i>	42
5.3 DISEÑO DE LÓGICA DE NEGOCIOS.....	43
5.3.1 <i>Política de inventario y sus parámetros:</i>	44

5.3.2	<i>Clasificación Multi-criterio:</i>	44
5.3.3	<i>Especificación del valor mínimo permitido para k.</i>	48
5.3.4	<i>Especificación de los métodos de pronóstico.</i>	48
5.3.5	<i>Algunas características necesarias de los repuestos.</i>	50
5.3.6	<i>Pronóstico:</i>	51
5.3.7	<i>Reaprovisionamiento:</i>	54
5.3.8	<i>Redondeo:</i>	54
CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO		55
6.1	ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS	55
6.1.1	<i>Requerimientos Funcionales</i>	55
6.1.2	<i>Requerimientos No Funcionales</i>	56
6.2	ARQUITECTURA TECNOLÓGICA	58
6.3	DISEÑO DE LA APLICACIÓN	59
6.3.1	<i>Casos de Uso</i>	59
6.3.2	<i>Diagramas de Secuencia</i>	60
6.3.3	<i>Diagramas de Clases</i>	63
CAPÍTULO 7: GESTIÓN DEL CAMBIO		65
7.1	CONTEXTO DE LA EMPRESA	65
7.1.1	<i>Descripción del tipo de usuario</i>	65
7.1.2	<i>Descripción del equipamiento</i>	65
7.1.3	<i>Descripción del medio ambiente</i>	65
7.1.4	<i>Descripción de la tarea</i>	67
7.2	OBSERVACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN A REALIZAR	67
7.3	ANÁLISIS DE LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO	68
7.3.1	<i>Óptica de Liderazgo y Gestión</i>	68
7.3.2	<i>Estrategia y Sentido</i>	68
7.3.3	<i>Conservación</i>	69
7.3.4	<i>Estados de Animo</i>	69
7.3.5	<i>Comunicaciones</i>	70
7.3.6	<i>Desarrollo de Habilidades</i>	70
7.3.7	<i>Poder</i>	70
7.3.8	<i>Alerta y Consciencia del Proceso</i>	71
7.3.9	<i>Evaluación y Cierre</i>	71
7.4	CARACTERIZACIÓN DEL CAMBIO	72
7.4.1	<i>Descripción del cambio</i>	72
7.4.2	<i>Equipo de Cambio</i>	72
7.4.3	<i>Resultado Deseado</i>	72
7.4.4	<i>Aspectos Organizacionales a Considerar</i>	72
7.4.5	<i>Público objetivo del cambio</i>	73
7.4.6	<i>Elementos para la evaluación del proceso de cambio</i>	73
7.4.7	<i>Estrategias a adoptar por etapa del proceso de cambio</i>	73
7.5	FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO	75
7.5.1	<i>Involucramiento del sponsor</i>	75
7.5.2	<i>Apoyo de los mandos medios y analistas</i>	75
7.5.3	<i>Desarrollo de habilidades</i>	76
7.6	PLAN DE GESTIÓN DEL CAMBIO	76
CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DEL PROYECTO		78
8.1	ANÁLISIS RETROSPECTIVO	78
8.1.1	<i>Presentación de datos</i>	78
8.1.2	<i>Resultados Obtenidos</i>	79
8.2	DEFINICIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS	83
8.2.1	<i>Ingresos por Ventas</i>	83

8.2.2	<i>Gastos de Administración y Ventas</i>	83
8.2.3	<i>Amortización del Activo Intangible</i>	83
8.2.4	<i>Impuesto a las Empresas</i>	84
8.2.5	<i>Inversión Fija</i>	84
8.2.6	<i>Recuperación del Capital de Trabajo</i>	85
8.2.7	<i>Tasa de Descuento</i>	85
8.2.8	<i>Valor Residual del Activo Intangible</i>	85
8.3	FLUJO DE CAJA	86
8.4	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	87
	CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES	88
	CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFIA	92
	CAPÍTULO 11: ANEXOS	94

Indice de Figuras

Figura 1. Mapa Estratégico de Distribuidores.....	2
Figura 2. Importaciones de Maquinaria Agrícola Años 2009 -2018.	5
Figura 3. Líneas de Negocio de Coagra.....	7
Figura 4. Mapa de sucursales y plantas de Coagra S.A.....	7
Figura 5. Metodología de la Ingeniería de Negocios.	12
Figura 6. Método de clasificación de repuestos para industria papelera.....	14
Figura 7. Método de clasificación de repuestos para productos de línea blanca.	15
Figura 8. Valores de corte y categorías del método clasificación SBC.	16
Figura 9. Métodos de pronóstico según valores de corte del método clasificación SBC.....	17
Figura 10. Distribución de probabilidad de la demanda durante el intervalo de protección...22	
Figura 11. Posicionamiento Estratégico de Coagra S.A. Elaboración Propia.	25
Figura 12. Lineamientos Estratégicos Corporativos de Coagra S.A.	26
Figura 13. Modelo de Negocios de Coagra Comercial – Maquinaria y Repuestos. Elaboración Propia.	27
Figura 14. Arquitectura de Procesos de Coagra.....	28
Figura 15. Cadena de Valor – Servicio Técnico.	29
Figura 16. Cadena de Valor – Venta de Repuestos.	29
Figura 17. Administración de Relación con Proveedores.	30
Figura 18. Precisión de requerimientos de repuestos.....	31
Figura 19. Costos mensuales de preparación y almacenaje, stockout, y total del inventario de repuestos entre los años 2015 - 2018.....	37
Figura 20. Costo total mensual vs. service level años 2015 - 2018.	38
Figura 21. Cadena de Valor – Servicio Técnico.	41
Figura 22. Administración de Relación con Proveedores.	42
Figura 23. Precisar requerimientos de repuestos.	43
Figura 24. Clasificación multi-criterio para repuestos de criticidad alta.....	47
Figura 25. Clasificación multi-criterio para repuestos de criticidad media.....	47
Figura 26. Clasificación multi-criterio para repuestos de criticidad baja.....	48
Figura 27. Lógica de negocios del sistema de gestión de repuestos propuesto.	54
Figura 28. Arquitectura Cliente/Servidor de tres (3) capas del sistema ERP SAP.	58
Figura 29. Diagrama de Casos de Uso del sistema de Gestión de Repuestos.....	60
Figura 30. Diagrama de Secuencia - Clasificar.	61
Figura 31. Diagrama de Secuencia - Pronosticar.	62
Figura 32. Diagrama de Secuencia - Reaprovisionar.	63
Figura 33. Diagrama de Clases.....	64
Figura 34. Estructura del grupo de trabajo para la gestión de repuestos del área de maquinaria y repuestos.....	66
Figura 35. Matriz poder-interés del proyecto.	71
Figura 36. Costos mensuales de compras, preparación y almacenaje, stockout, y total del inventario de repuestos del modelo propuesto entre los años 2015 y 2018.	81
Figura 37. Costo total mensual modelo actual vs. costo total mensual modelo propuesto entre los años 2015 y 2018.....	82
Figura 38. Flujo de Caja del Proyecto (Cifras en M \$).	86

Indice de Tablas

Tabla 1: Análisis de la dinámica Competitiva de la Industria de Distribución de Agroinsumos (Porter).	4
Tabla 2: Riesgos potenciales del proyecto.	10
Tabla 3: Tabla de Clasificación de Repuestos.....	32
Tabla 4: Políticas de Inventario Gestión de Repuestos Coagra Maquinaria.	34
Tabla 5: Sistema de Gestión de Inventario de Repuestos de Coagra.....	35
Tabla 6: Costos anuales de compra, preparación y almacenaje, faltante, y total del inventario de repuestos entre los años 2015 y 2018.	35
Tabla 7: Direcciones de Cambio y Alcance.	39
Tabla 8: Parámetros de la política de inventario (R, S) de Coagra.	44
Tabla 9: Criterios empleados para la clasificación multi-criterio.....	45
Tabla 10: Valor mínimo permitido para k y método de pronóstico seleccionado según clase.	49
Tabla 11: Parámetros requeridos por los métodos de pronóstico Croston y SBA.	52
Tabla 12: Requerimiento Funcional REQ001.	55
Tabla 13: Requerimiento Funcional REQ002.	55
Tabla 14: Requerimiento Funcional REQ003.	56
Tabla 15: Requerimientos no funcionales.....	57
Tabla 16: Narrativas y ofertas para la gestión del cambio.	68
Tabla 17: Plan de Gestión del Cambio.	76
Tabla 18: Costos mensuales de compra, preparación y almacenaje, stockout, y total del inventario de repuestos del modelo propuesto entre los años 2015 y 2018.	79
Tabla 19: Gastos Administrativos y de Ventas – Soporte TI.....	83
Tabla 20: Desarrollo del Software - Proveedor Externo.....	84
Tabla 21: Desarrollo del Software – Personal Interno.....	84
Tabla 22: Análisis de Escenarios.....	87
Tabla 23: Service Level Actual vs. Propuesta según clase de repuesto.	94

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

1.1 Antecedentes de la Industria

La empresa Coagra S.A. está inserta dentro de la industria de distribución de agroinsumos la cual se encarga de proveer a la empresa agrícola de insumos necesarios para sus operaciones, como fertilizantes, semillas, fitosanitarios, entre otros.

Actualmente en Chile esta industria presenta una estructura altamente competitiva con presiones de márgenes de venta y una demanda saturada. En tal sentido, las empresas que se dedican a este rubro han venido impulsando diversas estrategias que les permitan obtener alguna ventaja competitiva en el mercado.

Una de estas estrategias ha sido la de crecer en tamaño y en cobertura geográfica, ampliar la oferta de productos, y dirigir su oferta a un mercado más masivo, a fin de incrementar el volumen de sus ventas y lograr de esta forma una mayor rentabilidad a través de economías de escala y de alcance, y es dicha estrategia la que decide adoptar Coagra S.A.

En la Figura 1 se pueden distinguir claramente dos grupos de empresas distribuidoras, en el primer grupo las empresas Copeval, Coagra y Cals cuyas ventas representan casi el 50% del total de las ventas de la industria y cuya estrategia; como se mencionó antes, va dirigida hacia crecer en tamaño, en cobertura y en amplitud de productos; y por otra parte, otro grupo de empresas como Martínez & Valdivieso y GTM cuya estrategia está más orientada hacia la especialización y las relaciones con el cliente.

Adicionalmente existe otro grupo de empresas que no se ha decantado por alguna de estas estrategias en específico, por lo que, o han tenido dificultades para permanecer en el mercado, o están siendo absorbidas por otras distribuidoras más grandes, o han desaparecido de forma definitiva del mercado.



Figura 1. Mapa Estratégico de Distribuidores.

1.1.1 Análisis del medio externo (Amenazas):

A continuación, se presenta un análisis del medio externo, específicamente de las amenazas, empleando el modelo de las cinco (5) fuerzas competitivas de Porter:

1.1.1.1 Rivalidad entre los competidores (Alta):

Como se mencionó anteriormente la industria de agroinsumos es una industria altamente competitiva de ajustados márgenes de venta y demanda saturada, donde en los últimos años se ha ido evidenciando un proceso de consolidación. En resumen, la concentración del sector y la competencia en los actuales momentos es elevada; y adicionalmente para muchas de estas empresas las barreras de salida son altas dado que actúan también en múltiples negocios que están interrelacionados entre sí.

1.1.1.2 Amenaza de Entrada de Nuevos Competidores (Baja):

Debido a las actuales condiciones, existe poco incentivo para ingresar a una industria en la que se observa cada vez más un número reducido de agentes de tamaño relevante que amplían cada vez más su participación en un mercado, donde los márgenes son estrechos y en la mayoría de los casos la rentabilidad viene determinada por las economías de escala.

Sin embargo, la opción siempre está abierta para que actores relevantes de la distribución de otros mercados, como por ejemplo Sodimac puedan ingresar a este mercado; si bien el agro podría ser una alternativa de diversificación para estos distribuidores, este mercado no tiene el atractivo en términos de margen y volumen como la distribución de alimentos o materiales de construcción, razón por la cual se ve como poco probable una participación plena de este tipo actores en dicho mercado.

Otra de las posibilidades es que se generen nuevas iniciativas de formatos especialistas; sin embargo, las mismas estarán acotadas a la capacidad de lograr la integración de los atributos de estos modelos de negocio, es decir el conocimiento técnico y las relaciones con los clientes, muy difíciles de imitar, y que han sido desarrollados y mejorados por décadas.

1.1.1.3 Poder de Negociación de los compradores (Media):

La mayor parte de los ingresos de los grandes distribuidores provienen de las ventas realizadas a grandes agricultores cuyo poder de negociación es amplio, tomando en cuenta que existen diferentes oferentes actualmente en el mercado y por la facilidad de la sustitución de productos los cuales son a su vez relativamente estándares; sin embargo en este particular cabe distinguir entre los distintos segmentos de mercado, por razón de que los agricultores medianos y pequeños tendrán un poder de negociación más bajo.

1.1.1.4 Poder de negociación de los proveedores (Alta):

Los proveedores principales de agroinsumos, son en su mayoría grandes empresas transnacionales con operaciones a nivel mundial, que poseen un poder de negociación elevado, y en muchos casos son estos los que fijan metas de ventas a los distribuidores concediéndoles como incentivo los denominados descuentos de rappel. En la distribución de insumos agrícolas en Chile, se da el fenómeno de que los descuentos de rappel de las categorías principales de productos, como los fitosanitarios y fertilizantes son similares (y en ciertos casos superiores) al margen directo del producto. Por lo tanto, si un determinado distribuidor no cumple las metas (y por ende no se gana el descuento de rappel asociado) el margen consolidado de la categoría cae a la mitad; afectando fuertemente la rentabilidad del negocio.

1.1.1.5 Productos Substitutos (Alta):

En esta industria siempre es latente la presencia de productos sustitutos más cercanos en cuanto a localización geográfica y/o más económicos, y que al ser productos básicos en las categorías tradicionales como fertilizantes, agroquímicos y semillas son fácilmente reemplazables por los clientes, en este caso, los agricultores.

Tabla 1: Análisis de la dinámica Competitiva de la Industria de Distribución de Agroinsumos (Porter).

FUERZA	BAJA	MEDIA	ALTA
Rivalidad entre los competidores			
Amenaza de Entrada de Nuevos Competidores			
Poder de Negociación de los Compradores			
Poder de Negociación de los Proveedores			
Productos Substitutos			

En la Tabla 1 se presenta un resumen de la intensidad de cada fuerza; y de este análisis se puede concluir que la rentabilidad esperada de largo plazo de esta industria es alta, pero al mismo tiempo variable, dadas las barreras de entrada que son altas; pero también lo son sus barreras de salida; lo cual significa que los actores en esta industria tienden a sobrellevar los periodos de decrecimiento a la espera de rentabilidades mejores

1.1.2 Análisis del medio externo (Oportunidades):

A continuación, se presenta un análisis del medio externo, específicamente de las oportunidades, empleando el análisis PEST:

Dentro de las oportunidades identificadas dentro de esta industria se ha identificado que los productos pertenecientes a la familia de la maquinaria agrícola, compuesto a su vez por diversas categorías tales como tractores, cosechadoras, entre otras; ha sido una de las categorías de más dinamismo, si se compara con el resto de las familias de productos que componen los agroinsumos en este sector. Hecho que se puede observar en la figura 2 donde se muestra un crecimiento en importaciones de estos equipos a razón de 30% anual entre los años 2009 y 2013. Y si bien este empuje perdió fuerza en años anteriores, se observa su recuperación en el año 2018 y se avizora que en años próximos continúe esta tendencia al alza.

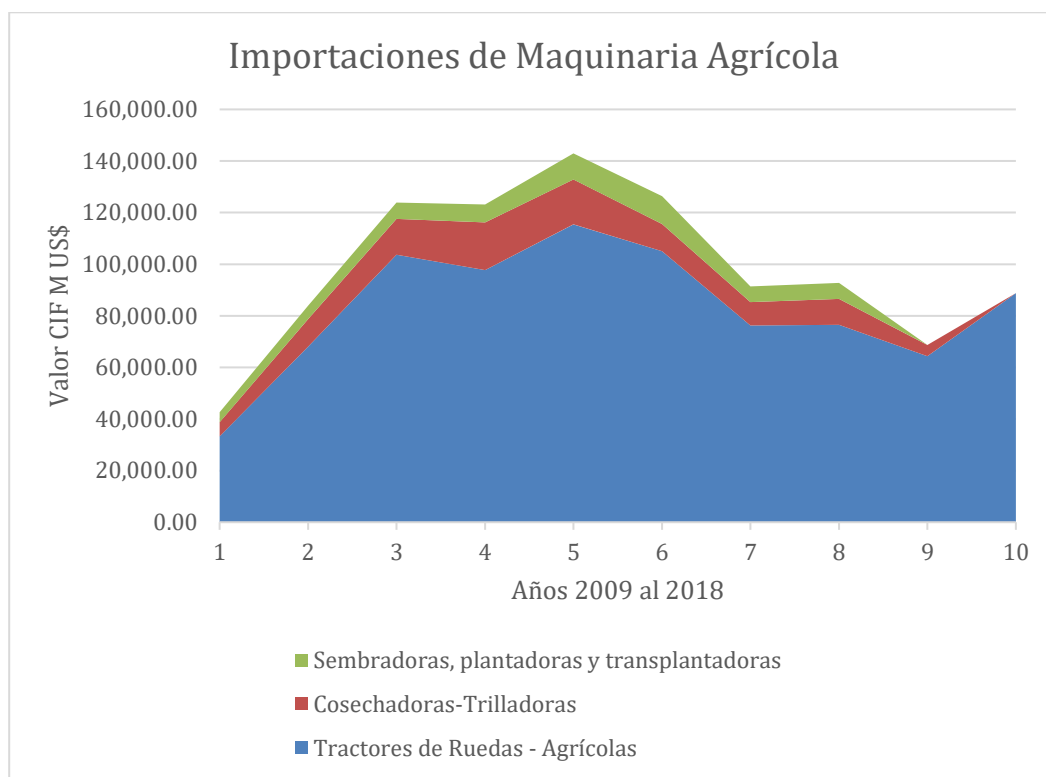


Figura 2. Importaciones de Maquinaria Agrícola Años 2009 -2018.

Son varios los factores que influyen en el impulso de la demanda de este mercado, y pueden ser clasificados dentro de las siguientes categorías:

1.1.2.1 Tecnológico:

La tecnología en cuanto a maquinarias agrícolas ha ido avanzando en los últimos tiempos, proveyendo al negocio agrícola de mayor eficiencia productiva a bajo costo, por lo que se ha ido observando un incremento en la mecanización del trabajo por parte de los agricultores.

1.1.2.2 Político- Económico:

La apertura de mercado externos para la agricultura por parte del gobierno de Chile ha impulsado a los agricultores a obtener una mayor calidad de sus productos para insertarse adecuadamente en mercados internacionales, y para lo cual se ha requerido de equipos especializados.

1.1.2.3 Socio-Cultural:

Según una investigación del Centro de Políticas Públicas (CPP) de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC); para el año 2018 se proyectó una caída de 31 mil trabajadores en la oferta de empleo temporal para el sector agrícola; esto debido a efectos demográficos como el envejecimiento de la fuerza laboral y de movilidad social, debido al aumento de la formación escolar rural que ocasiona que muchos potenciales trabajadores busquen mejores condiciones en otros sectores de la economía. Hecho que ha obligado a los agricultores a la utilización de maquinaria agrícola con el fin de sustituir la mano de obra no disponible.

Por las razones antes expuestas una de las oportunidades que se avizoran para la industria de distribución de agroinsumos, y especialmente para las grandes distribuidoras de agroinsumos, las cuales pueden apalancarse en sus fortalezas como la cobertura geográfica y la capacidad financiera, es el desarrollo de este segmento de maquinarias agrícolas (“Desarrollo de Producto” según se define en la matriz de Ansoff) según lo cual perseguiría la comercialización de estos productos a sus clientes actuales.

1.2 Descripción General de la Empresa

La empresa Coagra S.A. es una empresa constituida en Chile en el año de 1993, cuyo giro principal es la distribución de agroinsumos; sus ventas anuales alcanzan MM\$ 143.592 y emplea a 576 trabajadores. De acuerdo a esto, es considerada como empresa grande según la clasificación del Servicio de Impuestos Internos (SII).

1.2.1 Visión

Ser el primer socio comercial de la empresa agrícola. Para entregar nuestro respaldo contamos con una amplia gama de productos y servicios con el fin de estar presente en toda la cadena productiva del agricultor.

1.2.2 Misión

Nuestra misión es entregar soluciones a la empresa agrícola y contribuir en el desarrollo de la agricultura chilena.

1.2.3 Estructura de la empresa

El grupo Coagra S.A. cuenta con varias líneas de negocio diferenciadas para atender las necesidades de sus clientes.

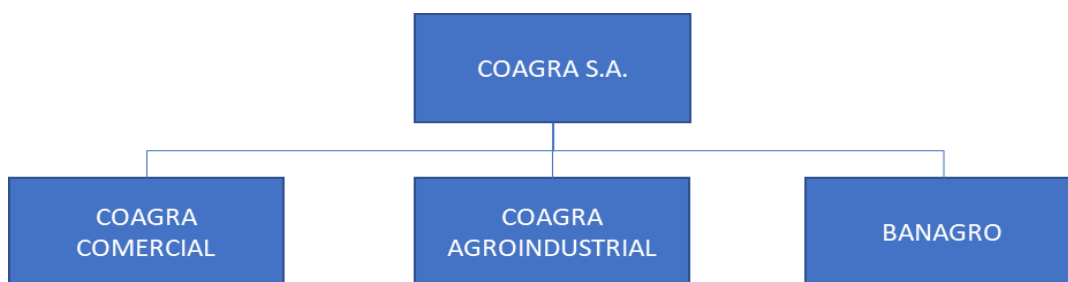


Figura 3. Líneas de Negocio de Coagra.

1.2.3.1 Coagra Comercial:

Es la unidad de negocio encargada de la distribución y venta de insumos agrícolas.

1.2.3.2 Coagra Agroindustrial:

Es la unidad de negocio encargada de la prestación de servicios de acopio, guarda, secado y comercialización de granos.

1.2.3.3 Banagro:

Es la unidad de negocio encargada de entregar una solución a las necesidades financieras del agricultor, a través de servicios de factoring para el financiamiento de capital de trabajo, de leasing para la adquisición de activos físicos y de asesoría financiera.

La empresa Coagra S.A. actualmente opera con una amplia red de distribución basada en 17 sucursales y 5 plantas de silos a lo largo de Chile.

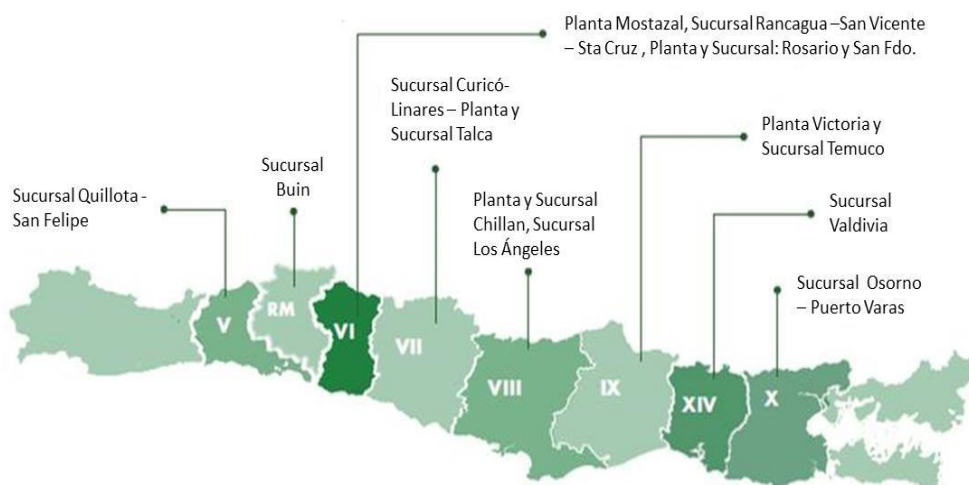


Figura 4. Mapa de sucursales y plantas de Coagra S.A.

1.2.4 Productos Principales:

Los productos principales que distribuye y comercializa Coagra a través de la unidad de negocios Coagra Comercial son los siguientes: Agroquímicos, fertilizantes, fitosanitarios, semillas, ferretería agrícola, nutrición animal, maquinaria agrícola y repuestos, combustibles.

1.2.5 Clientes

La distribución de agroinsumos es un negocio esencialmente business to business (B2B), es decir, la mayor proporción de clientes en esta industria son empresas que operan en el sector agrícola. En el caso de Coagra S.A. actualmente cuenta con una cartera de más de 15.000 clientes finales, proviniendo la mayor parte de sus ingresos por venta, con origen en las transacciones realizadas con grandes agricultores.

1.3 Problema u Oportunidad Identificada

Dado el comportamiento probabilístico de la demanda de repuestos, la precisión de los requerimientos de repuestos para un stock de esta naturaleza no es tarea fácil, y es por esto que actualmente en el área de maquinaria y repuestos de Coagra han venido empleando un sistema de inventario que toma en cuenta la diferencia en la incertidumbre del pronóstico de las diferentes clases de ítems, que son clasificados de acuerdo a la frecuencia de consumo; y de acuerdo con lo anterior diferentes políticas de inventario que determinan el nivel de inventario máximo para cada clase de ítem se encuentran establecidas; todo esto en el marco de un sistema de control del tipo (R , S) de revisión periódica, y nivel máximo deseado; y cuyo objetivo final se plantea como la maximización de la rotación del inventario (minimización del nivel de inventario).

Este sistema ha funcionado relativamente bien para la empresa; y sin embargo; presenta como debilidad el hecho de no tomar en consideración el impacto de las escaseces de un determinado ítem, y por tanto en muchas ocasiones no ha logrado evitar los quiebres de stock, situación que puede llegar a ser crítica si se considera que los tractores son bienes productivos y la indisponibilidad o merma en las capacidades técnicas de estos equipos debido a fallas pueden acarrear serios costos operativos al agricultor; y por otra parte, este sistema no logra optimizar los costos del inventario.

1.4 Objetivos y Resultados Esperados del Proyecto

1.4.1 Objetivo General

Proponer un modelo de inventario que permita reducir en al menos un 10% el costo total asociado al mantenimiento del inventario de repuestos de los tractores de la marca Valtra.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Clasificar los repuestos utilizando un método de clasificación multicriterio.
- Establecer métodos de pronóstico idóneos para repuestos y acordes con su clasificación.
- Establecer métodos para determinar el nivel máximo deseado para cada repuesto durante el periodo de revisión.
- Simular el modelo de inventario propuesto mediante un análisis retrospectivo con data histórica real del inventario de repuestos de los tractores Valtra, y validar los resultados junto a expertos.

1.4.3 Resultados Esperados

- Repuestos para los tractores de la marca Valtra clasificados de acuerdo con criterios relevantes.
- Establecimiento de métodos de cálculo de pronósticos de inventario de repuestos adecuados y acordes con su clasificación.
- Establecimiento de métodos de cálculo de niveles máximos de inventario de repuestos.
- Reducción en al menos un 10% de los costos asociados al mantenimiento del inventario de repuestos de los tractores de la marca Valtra.
- Modelo de inventario propuesto validado adecuadamente.

1.5 Alcance

El proyecto que se presenta a continuación se centra en el área de Maquinaria Agrícola y Repuestos de la empresa Coagra S.A. y plantea el rediseño del proceso de precisión de los requerimientos de compras de repuestos solo para los tractores de la marca Valtra comercializados por esta línea de negocio.

Dicho proceso incluye la clasificación, el pronóstico y cálculo de nivel máximo deseado de inventario requerido para las diferentes clases de ítems que componen dicho inventario.

No se abordará en este trabajo, la clasificación, el pronóstico de la demanda y reaprovisionamiento de repuestos para modelos nuevos de tractores Valtra que se encuentran en una etapa de introducción en el mercado, y para lo cual no se cuenta con data histórica de consumos.

No será abordado en este trabajo el proceso de distribución del stock de repuestos entre las diferentes sucursales con las que Coagra opera a nivel nacional.

1.6 Riesgos Potenciales

A continuación se presentan los riesgos potenciales identificados para el proyecto:

Tabla 2: Riesgos potenciales del proyecto.

Tipo	Riesgo	Probabilidad	Impacto	Estrategia de Mitigación
Técnico	No sea posible llevar a cabo programación lineal para optimizar parámetros de pronóstico en el ERP SAP de la empresa.	20%	Alto	Realizar un análisis de capacidades técnicas en cuanto a implementar modelos de programación lineal en el ERP SAP.
Técnico	Datos de consumo y stock, códigos de repuestos en el sistema ERP SAP no depurados.	40%	Alto	Llevar a cabo revisión de datos relevantes y depurar si es necesario.
Económico	Costo se eleva en caso de tener que adquirir nuevos componentes de aplicación del ERP SAP, o alguna herramienta externa	80%	Alto	Revisar opciones técnicas y estimar los costos.
Personas	No lograr el apoyo de los mandos medios y analistas	20%	Medio	Realizar Pla de gestión del cambio.

En la tabla anterior (tabla 2) se observa que el riesgo con mayor probabilidad de materializarse y que al mismo tiempo tendría un impacto alto en el proyecto, es el económico, y específicamente el incremento de los costos debido a una estimación inicial deficiente de los recursos técnicos, licencias y servicios de software necesarios, por lo que habrá que dedicarle especial atención a este aspecto al momento de realizar la evaluación económica del proyecto. Por otra parte, con menos probabilidad de ocurrencia pero con alto riesgo de impacto, está el riesgo técnico de no poder integrar con facilidad el modelo propuesto con el ERP SAP y/o que los datos de consumo de repuestos de la empresa no estén lo suficientemente depurados a fin de poder determinar los parámetros del modelo con la precisión requerida a fin de alcanzar el objetivo propuesto.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Metodología de Ingeniería de Negocios

La metodología que orienta este trabajo es la de la ingeniería de negocios, la cual es una rama de la ingeniería que integra varios campos de estudio como la estrategia empresarial, modelos de negocio, arquitectura empresarial, procesos, analítica, sistemas de información, y tecnologías de software y hardware (Barros 2013), y los considera de manera sistémica para el diseño formal de las empresas.

En ella se proponen varios niveles jerárquicos para el diseño empresarial (Ver figura 5), y que pueden ser abordados con un enfoque de diseño local; es decir, se asume que los niveles superiores ya están diseñados, y se procede solo con el diseño de algunos de sus componentes.

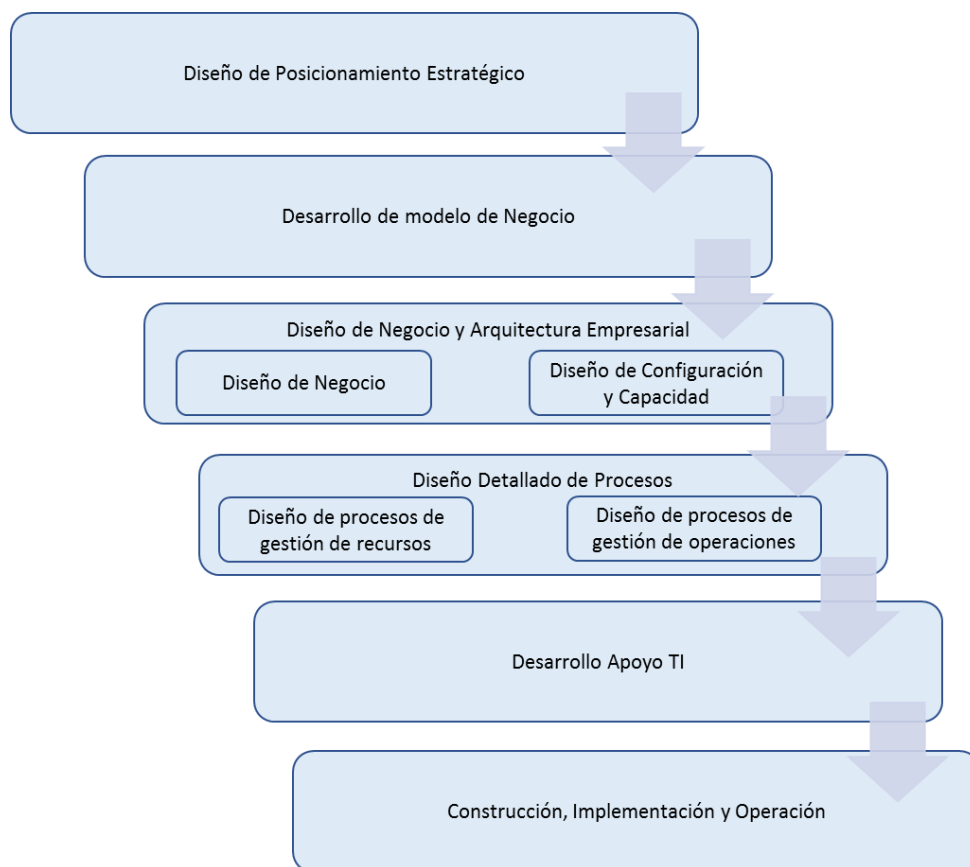


Figura 5. Metodología de la Ingeniería de Negocios.

1. **Definición del posicionamiento estratégico:** Se analiza y/o se diseña el posicionamiento estratégico de la empresa.

2. **Desarrollo del Modelo de Negocios:** Se analiza y/o se diseña el modelo de negocios de la empresa.
3. **Diseño de Negocio y Arquitectura Empresarial:** Se analiza y/o se diseña la arquitectura empresarial de la empresa mediante los patrones de arquitectura planteados por Barros (2015).
4. **Diseño detallado de Procesos:** Se analiza y/o se diseña los procesos de diferentes áreas de la empresa con el apoyo de diversas técnicas analíticas.
5. **Diseño de Apoyo TI:** Se refiere a la definición de los requerimientos y el diseño de un sistema de apoyo para la ejecución de los procesos.
6. **Construcción, implementación y operación:** En este nivel se lleva a la práctica el proceso rediseñado con su respectivo apoyo TI.

2.2 Lógica de Negocios

El presente trabajo se apoya en diversas técnicas analíticas que proporcionan la lógica de negocios que se utilizarán en cada uno de los componentes del proceso rediseñado:

2.1.1 Clasificación Multicriterio

Históricamente, las organizaciones han clasificado los repuestos utilizando el método de clasificación ABC basado en un solo criterio, el cual es generalmente el costo de utilización anual; es decir, el costo unitario del repuesto multiplicado por su demanda anual, considerando que se debe gestionar con especial cuidado los repuestos que tienen mayor costo de utilización anual; sin embargo, para diferentes personas dentro de la organización la importancia que se le asigna a un determinado repuesto puede estar fundamentada en otros criterios, por ejemplo para el personal de servicio técnico el criterio de mayor relevancia puede ser la funcionalidad que dicho repuesto aporta para la continuidad operativa de una determinada maquinaria; y para el personal de logística lo es el tiempo de reaprovisionamiento (Lead Time); y es por esto que, la utilización de un solo criterio no logra capturar las muchas dimensiones de la gestión del inventario de repuestos. Es así como varios autores como Guvenir & Erel (1998), Flores & Whybark (1986, 1987), Partovi & Burton (1993), Partovi & Anandarajan (2002), Chu et al. (2008), Rezaei & Dowlatshahi (2010), Hu, Chakhar, Siraj & Labib (2017) desarrollaron métodos de clasificación A,B,C multicriterio específicamente para repuestos, tomando en cuenta características propias de los repuestos, de su demanda, y de la cadena de suministro para establecer dichos criterios.

Categorizar los repuestos en grupos A,B,C facilita la gestión del inventario, y especialmente en compañías que mantienen miles de clases distintas de repuestos;

sin embargo, esta clasificación no es de gran aporte sino contribuye a seleccionar una política de inventario apropiada a cada grupo con el objetivo final de obtener una gestión efectiva del inventario. Es por esto que autores como Mohammaditabar, Ghodsypour, & O'Brien (2012), Zhang, Hopp & Supatgiat (2001) y Teunter, Babai, Syntetos (2010) desarrollaron posteriormente trabajos donde se vinculan métodos de clasificación ABC multicriterio con la selección de diferentes estrategias para el inventario.

En esta misma línea de vincular métodos de clasificación y estrategias de inventario, otros autores exploraron métodos distintos al tradicional método ABC; como Botter & Fortuin (2000), quienes propusieron una clasificación VED (vital, esencial, deseable) que permite decidir que ítems deben ser stockeados basados en dos criterios, la funcionalidad y la demanda; y a partir de esto distintas estrategias de inventario fueron exploradas basadas en esta clasificación. Braglia, Grassi & Montanari (2004) desarrollaron un diagrama de decisión para clasificar los repuestos de acuerdo a múltiples atributos como la criticidad (referida a como se ve afectada la funcionalidad de una planta papelera), las características del suministro, problemas de inventario, y la demanda, basándose en el método Analytic Hierarchy Process (AHP) y en los diagramas de decisión de la técnica de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) (Ver figura 6) en donde se establece como norma, en primer término, evaluar la criticidad de la falla, para derivar decisiones acerca del tipo de mantenimiento requerido.

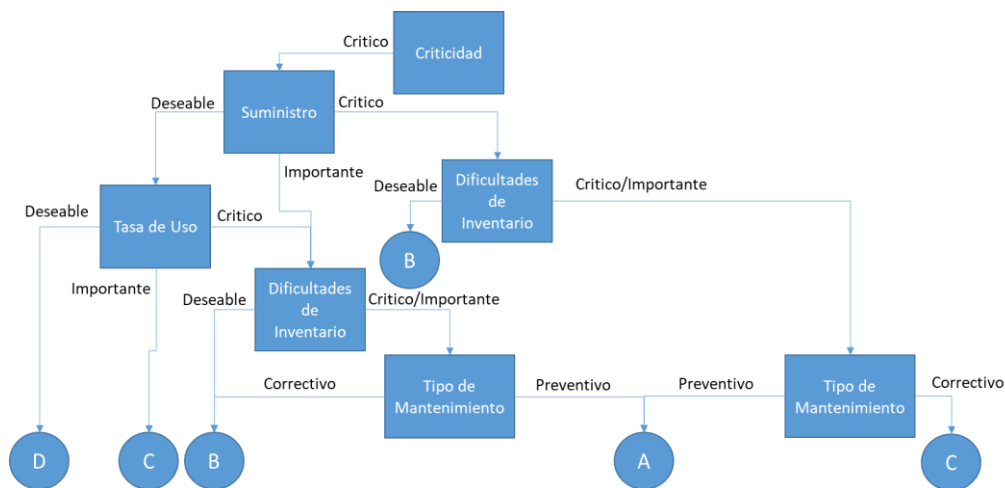


Figura 6. Método de clasificación de repuestos para industria papelera.

De igual manera, Bachetti, Plebani, Sacconi, & Syntetos (2012) propusieron un método de clasificación multicriterio jerárquico dividiendo los repuestos en 12 diferentes clases y asignando políticas de manejo de inventario para las estas 12 clases.

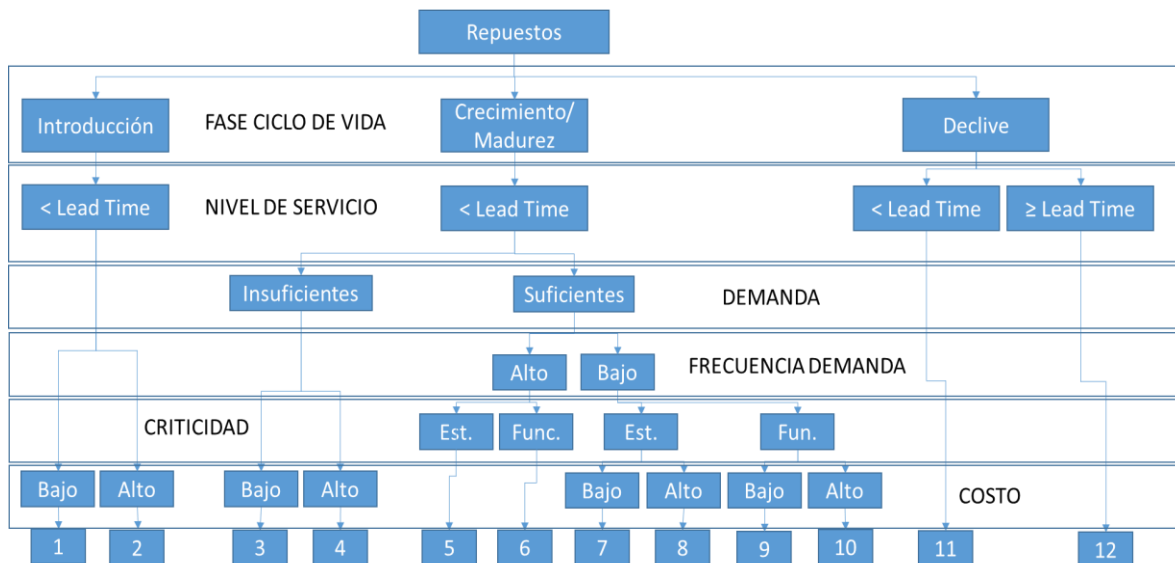


Figura 7. Método de clasificación de repuestos para productos de línea blanca.

Otros autores realizaron también trabajos sobre clasificación de inventario de repuestos, pero más enfocados en vincular métodos de clasificación y de pronóstico. Así, Syntetos, Boylan & Croston (2005) presentaron el método de clasificación SBC que se basa en dos criterios de clasificación, el intervalo promedio inter-demanda (p), y el coeficiente de variación al cuadrado (CV^2), cuyas fórmulas de cálculo son detalladas por Manzini, Regattieri, Phang, & Ferrari (2010) (p. 410):

$$p = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_i}{N}$$

$$CV^2 = \left(\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\varepsilon_{ri} + \varepsilon_a)^2}{N}}}{\varepsilon_a} \right)^2$$

$$\varepsilon_a = \frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_{ri}}{N}$$

Donde:

ε_{ri} = Demanda, en unidades.

τ_i = Intervalo entre dos sucesivas demandas.

N = Número de intervalos de tiempo analizados.

ε_a = Promedio de la demanda, en unidades.

De esta forma, dichos autores Syntetos et al (2005), establecieron valores de corte para estos criterios en $p = 1,32$ y $CV^2 = 0,49$ lo que resultó finalmente en cuatro (4) categorías de ítems erratic, lumpy, smooth, e intermittent (Ver figura 7).

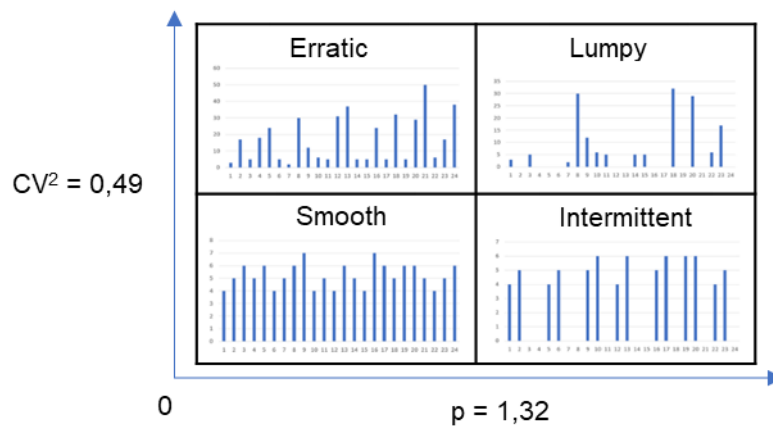


Figura 8. Valores de corte y categorías del método clasificación SBC.

Con lo que posteriormente asignaron métodos de pronóstico diferenciados (que se detallarán más adelante en este capítulo) para cada categoría, siendo que para la categoría smooth el método Croston sería el idóneo, y para las otras tres (3) categorías, la “Aproximación de Syntetos & Boylan” sería el método adecuado, (Ver figura 8).

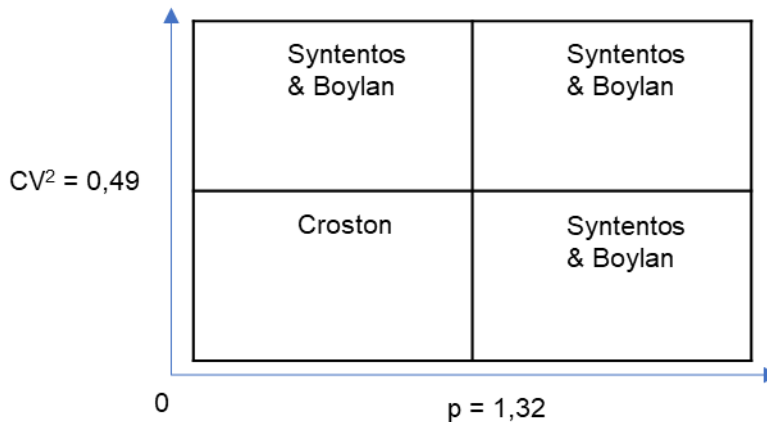


Figura 9. Métodos de pronóstico según valores de corte del método clasificación SBC

2.1.2 *Pronóstico*

El pronóstico de la demanda es un requerimiento básico de toda gestión de inventario de repuestos; ya que, debido al comportamiento probabilístico de su demanda, no es tarea fácil anticipar con precisión las necesidades en esta área.

Desde una perspectiva de ciclo de vida del producto y a fines de llevar a cabo pronósticos para los repuestos que pueden requerir estos productos durante las diferentes fases de este ciclo de vida, la demanda puede dividirse en tres (3) clases; a decir, demanda inicial, demanda continua, y demanda en declive. De la misma forma se pueden categorizar los distintos métodos de pronóstico aplicables para cada caso en, métodos de serie de tiempo, métodos basados en la confiabilidad, y métodos basados en el juicio de expertos. Así, durante la demanda inicial, debido a que se cuenta con poca data histórica de consumo de repuestos cuando un nuevo equipo es introducido en el mercado, métodos de pronósticos basados en el juicio de expertos son los recomendados; luego, los métodos basados en series de tiempo pueden ser aplicados para para pronosticar en demanda continua, y demanda en declive. Finalmente, los métodos de pronóstico basados en la confiabilidad pueden ser usados a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, siempre y cuando las características de confiabilidad y mantenibilidad de los equipos sean conocidas.

2.1.2.1 *Pronósticos basados en series de tiempo*

Una serie de tiempo es definida como una secuencia de observaciones tomadas en intervalos regulares (por ejemplo, diariamente, semanalmente, mensualmente, semestralmente, anualmente). Los métodos de pronóstico de series de tiempo se basan en que los valores futuros de las series pueden ser estimados a partir de los valores pasados, por lo que si existe una amplia data histórica es factible en la práctica utilizar esta clase de método de pronóstico.

Los métodos tradicionales de pronóstico de serie de tiempo específicos para repuestos fueron diseñados para ítems de demanda constante, y están basados principalmente en el método denominado suavizado exponencial; sin embargo, muchos repuestos (sino la mayoría) se mueven más bien lentamente, o incluso pueden presentar periodos sin demanda alguna, a este patrón en la demanda se le conoce como “demanda intermitente”, y el método de pronóstico estándar de serie de tiempo para este tipo de demanda es el método Croston (Syntetos et al 2005). Manzini, Regattieri, Phang, y Ferrari (2010) (p. 412) describen este método en detalle:

$$y'_t = \frac{z_t}{p_t}$$

Si $y_t = 0$, entonces:

$$\begin{aligned} p_t &= p_{t-1} \\ z_t &= z_{t-1} \\ q &= q + 1 \end{aligned}$$

De otra manera:

$$\begin{aligned} z_t &= z_{t-1} + \alpha(y_t - z_{t-1}) \\ p_t &= p_{t-1} + \alpha(q - p_{t-1}) \\ q &= 1 \end{aligned}$$

Donde:

y'_t = Pronóstico del consumo del repuesto para el periodo $t+1$.

p_t = Estimado del intervalo inter-demanda.

z_t = Estimado del tamaño de la demanda.

q = Número de periodos entre el periodo t y el último periodo con un consumo positivo de repuestos.

α = Factor de suavizado.

Syntetos & Boylan (2001) demostraron que el estimador de Croston estaba sesgado, y propusieron una modificación que denominaron aproximación de Syntetos y Boylan (SBA) que produce pronósticos aproximadamente sin sesgos. Syntetos et al (2005) describen la modificación propuesta como:

$$y'_t = \left(1 - \frac{\alpha_p}{2}\right) \frac{z_t}{p_t}$$

Donde:

α_p = Factor de suavizado para p_t .

2.1.2.2 *Medición de la precisión de los pronósticos*

La precisión de los pronósticos se refiere a alguna medida que indica que tan lejos han estado las estimaciones realizadas de los valores reales de la demanda; tres (3) de estas medidas, y las más ampliamente utilizadas son el error medio cuadrático (MSE), la desviación media absoluta (MAD), y el error porcentual absoluto medio (MAPE). Kourentzes (2014) especifica que “una de las más populares medidas de precisión de pronóstico es el error medio cuadrático (MSE)”, y que “para el caso de suavizado exponencial, el cual es la base de los métodos Croston, SBA”, “MSE es el criterio de optimización más ampliamente utilizado”, y detalla la formula para calcular el MSE como (p. 9):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2$$

Donde:

n = Número de intervalos de tiempo analizados.

x_t = Demanda real en el periodo t.

\hat{x}_t = Pronóstico en el periodo t.

Kourentzes (2014) también señala que minimizando el MSE, “es posible identificar los parámetros de un modelo” (p. 9).

Otra medición de utilidad, como se verá en el próximo punto, es la desviación estándar de los errores de pronóstico (σ_1), que puede vincularse al MSE y utilizarse para establecer el stock de seguridad.

2.1.3 **Optimización**

El mayor reto en la gestión de inventarios es lograr alta disponibilidad con el mínimo inventario. Y es esto por lo que varios investigadores han estado buscando maneras de lograr la optimización del inventario abordando el tema desde diferentes perspectivas, que pueden ser divididas en tres grupos; a decir, optimización de los parámetros del sistema, optimización de las cantidades de reaprovisionamiento, optimización de los pedidos en fase de declive.

Después de la fase inicial de aprovisionamiento de repuestos para la introducción de un nuevo modelo de equipo en el mercado, la gestión del abastecimiento de repuestos entra en una fase normal de operación. La principal tarea en esta fase es reaprovisionar repuestos para satisfacer las necesidades basándose en la data real histórica de los consumos. Y para estos casos específicos de repuestos, se han empleado básicamente cuatro políticas de inventario estándar, que son: revisión continua con punto de pedido fijo (s) y cantidad de pedido fija (Q) o (s, Q); revisión continua con punto de pedido fijo (s) y nivel máximo deseado (S) o (s, S); revisión periódica con periodo de revisión fijo (R) y nivel máximo deseado (S) o (R, S); y revisión continua y nivel máximo deseado (S) en modo de reposición uno a uno o ($S - 1, S$).

2.1.3.1 **Sistema de control de revisión periódica (R, S)**

En los sistemas de control de revisión periódica como el (R, S), existen dos (2) parámetros clave a establecer; el primero es el periodo de revisión (R), que representa el tiempo que transcurre entre pedidos de reaprovisionamiento, y se asume que es un valor predeterminado y fijo; y el segundo parámetro es el nivel máximo deseado (S) que representa la cantidad de inventario deseable para un determinado ítem, y que debe ser suficiente para cubrir la demanda en un determinado periodo de tiempo; a este periodo de tiempo se le denomina intervalo de protección.

En el marco de la política (R, S) se hace necesario establecer el intervalo de protección como la sumatoria del periodo de revisión más el lead time ($R + L$), ya que tal como mencionan Schroeder & Goldstein (2016) “es necesario porque un pedido no puede ser colocado de nuevo hasta el próximo periodo de revisión, y dicho pedido demorará un tiempo equivalente al lead time en llegar” (p. 293).

En otro aspecto, se debe considerar que a fin de utilizar alguna política de inventario como la (R, S) para el reaprovisionamiento del inventario de repuestos, se hace

necesario abordar dos cuestiones, la primera de ellas es ¿Cómo vincular el reaprovisionamiento y el pronóstico?

En este caso, Silver, Pyke & Thomas (2017) detallan una lógica en la que, en el contexto de la política (R, S), el nivel máximo deseado S, puede determinarse mediante la sumatoria de los pronósticos durante el intervalo de protección (R + L), sumado a un factor de seguridad “k” que se multiplica por la desviación estándar de los errores de pronóstico durante dicho intervalo de protección (R + L).

$$S = \hat{X}_{R+L} + k\sigma_{R+L}$$

Donde:

S = Nivel máximo deseado del ítem, en unidades.

\hat{X}_{R+L} = Pronóstico durante el lead time más el periodo de revisión (R+L).

k = factor de seguridad.

σ_{R+L} = desviación estándar de los errores de pronóstico durante el lead time más el periodo de revisión.

Cabe destacar que el segundo termino de dicha ecuación ($k\sigma_{R+L}$) es el denominado stock de seguridad y está compuesto a su vez por dos elementos:

En primer lugar, la desviación estándar de los errores de pronóstico durante el intervalo de protección (σ_{R+L}), para cuyo calculo los mismos autores (Silver et al., 2017) especifican en primer término, se puede estimar la desviación estándar de los errores de pronóstico (σ_1) a través del error medio cuadrático (MSE), mediante la siguiente relación:

$$\sigma_1 = \sqrt{MSE}$$

Para luego calcular el valor de σ_{R+L} mediante:

$$\sigma_{R+L} = \sqrt{R + L} \sigma_1$$

En segundo lugar, el factor de seguridad (k), que viene a representar la variable aleatoria de la distribución normal estándar asociada a un porcentaje de probabilidad, que en este caso representa la probabilidad de que la demanda durante el intervalo de protección sea satisfecha utilizando dicho stock de seguridad (Ver figura 9).

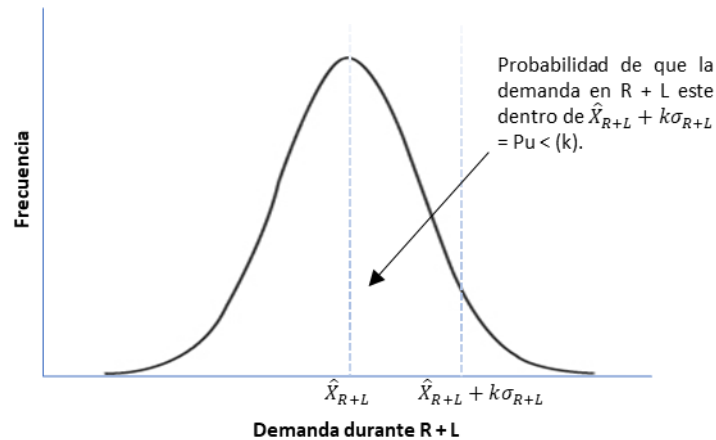


Figura 10. Distribución de probabilidad de la demanda durante el intervalo de protección.

La forma en que se establece un valor para el factor de seguridad (k), lleva a abordar una segunda cuestión importante; es decir, ¿Cómo reaprovisionar los repuestos considerando ciertos objetivos? En este caso, Silver et al (2017) plantean que puede establecerse una relación entre la determinación del stock de seguridad y objetivos específicos de costo y servicio; así, plantean cuatro (4) diferentes perspectivas que pueden usar los gerentes para modelar estos objetivos de gestión:

1. **Determinación del stock de seguridad mediante enfoques simplificados:** Estos enfoques típicamente determinan el stock de seguridad asignando de forma común para todos los ítems, un determinado número periodos (p. ejemplo, 2 meses) con la idea de cubrir el inventario para ese lapso; o un determinado factor de seguridad (k) también de manera común.
2. **Determinación del stock de seguridad basado en el mínimo costo:** Estos enfoques se basan en determinar el stock de seguridad seleccionando (explícita o implícitamente) una forma de equilibrar los costos de faltante, y los costos de compra, y preparación y almacenamiento; de forma tal que se minimice el costo total.
3. **Determinación del stock de seguridad basado en el servicio al cliente:** Estos enfoques se basan en determinar el stock de seguridad seleccionando un cierto nivel de servicio como parámetro de control; por ejemplo, satisfacer desde el stock un 95% de todas las demandas.
4. **Determinación del stock de seguridad basado en consideraciones agregadas:** Bajo este enfoque se combinan las perspectivas anteriores, de

forma que se determina el stock de seguridad que mantiene la inversión total en stock lo más bajo posible mientras se logran los niveles de servicio deseados.

Según Silver et al (2017), uno de los métodos para determinar el stock de seguridad es el denominado “Costo fijo específico (B_1) por motivo de escasez”, que está incluido implícitamente en la perspectiva denominada “Determinación del stock de seguridad basado en consideraciones agregadas”, según el cual se asume que el costo asociado a la escasez de un ítem del inventario es un valor fijo B_1 , que es independiente de la magnitud y duración de dicha escasez, y que se incluye como parámetro en la función objetivo del costo total, que también incluye de forma explícita el valor de k , y la cual se denota como:

$$C_t = C_r + C_c + C_s$$

Y comprende; el costo de compra, el cual define como el costo fijo en que se incurre al colocar una orden de reaprovisionamiento:

$$C_r = \frac{A}{R}$$

El costo de preparación y almacenamiento, o el costo en que se incurre por mantener un determinado número de ítems en el almacén.

$$C_c = \left(\frac{DR}{2} + k\sigma_{R+L} \right) vr$$

Y el costo de escasez, definido por Taha (2012) como “la penalización en que se incurre cuando se agotan las existencias. Incluye la pérdida potencial de ingresos, la interrupción de la producción y el costo subjetivo de pérdida de lealtad del cliente”.

$$C_s = \left(\frac{1}{R} \right) P_u \geq (k) B_1$$

Con estos objetivos de costo y servicio se procede al cálculo del nivel máximo deseado (S), como sigue:

$$S = \hat{X}_L + k\sigma_{R+L},$$

Cuyo valor es luego redondeado al entero superior.

Y como complemento a esta perspectiva los autores (Silver et al., 2017) especifican una ecuación para presentar la probabilidad de faltante en un determinado periodo de tiempo como:

$$P_u \geq (k) \frac{1}{R}$$

Donde:

A = Costo fijo de reaprovisionamiento, en \$.

R = Periodo de revisión, en unidades de tiempo.

L = Periodo de reaprovisionamiento (Lead time), en unidades de tiempo.

D = Demanda del ítem, en unidades/unidades de tiempo.

v = Costo variable unitario, en \$/unidad.

r = Cargo de preparación y almacenamiento, el costo de tener un dólar del ítem en el inventario por un intervalo de tiempo, \$/unidad.

B_1 = Penalidad por faltante, en \$/unidad.

σ_{R+L} = Desviación estándar de los errores de pronóstico durante el periodo de revisión más el lead time.

k = factor de seguridad.

CAPÍTULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS

3.1 Posicionamiento Estratégico

El posicionamiento estratégico actual de la empresa Coagra S.A. según el modelo delta de Hax, es el de “Mejor Producto” en su versión “Liderazgo en Costos”.

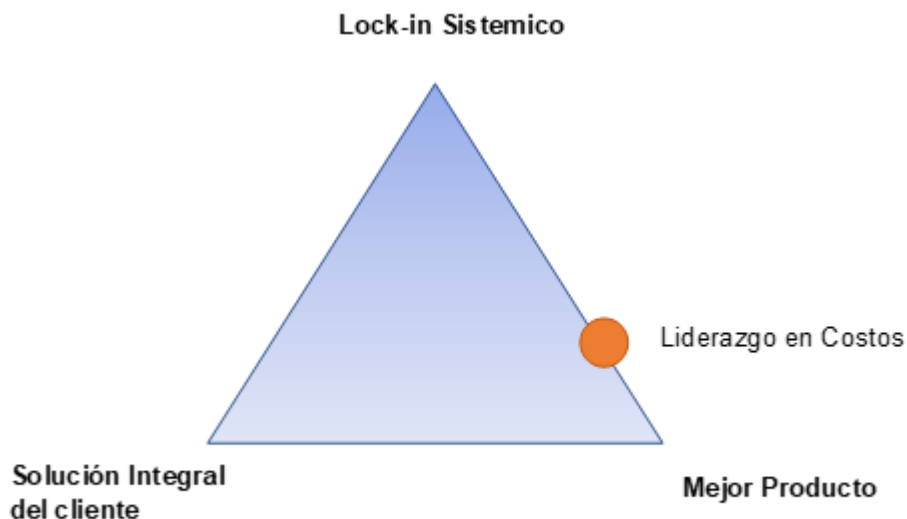


Figura 11. Posicionamiento Estratégico de Coagra S.A. Elaboración Propia.

3.2 Balanced Scorecard

Los lineamientos estratégicos de la empresa a nivel corporativo de Coagra S.A. son los siguientes:

1. Aumentar el volumen de ventas.
2. Reducir costos y lograr la eficiencia operacional.
3. Ampliar el mix de productos.
4. Ampliar la cobertura geográfica.
5. Poner foco en el servicio al cliente.

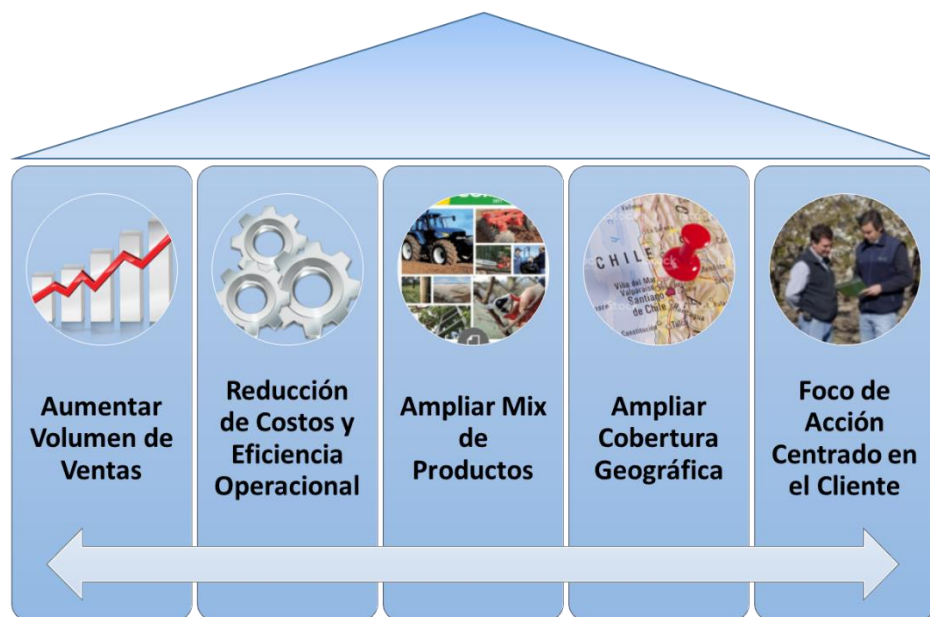


Figura 12. Lineamientos Estratégicos Corporativos de Coagra S.A.

3.3 Modelo de Negocios

El modelo de negocios de Coagra Comercial, y específicamente de la línea de productos Maquinaria Agrícola y Repuestos, es el que se presenta a continuación:

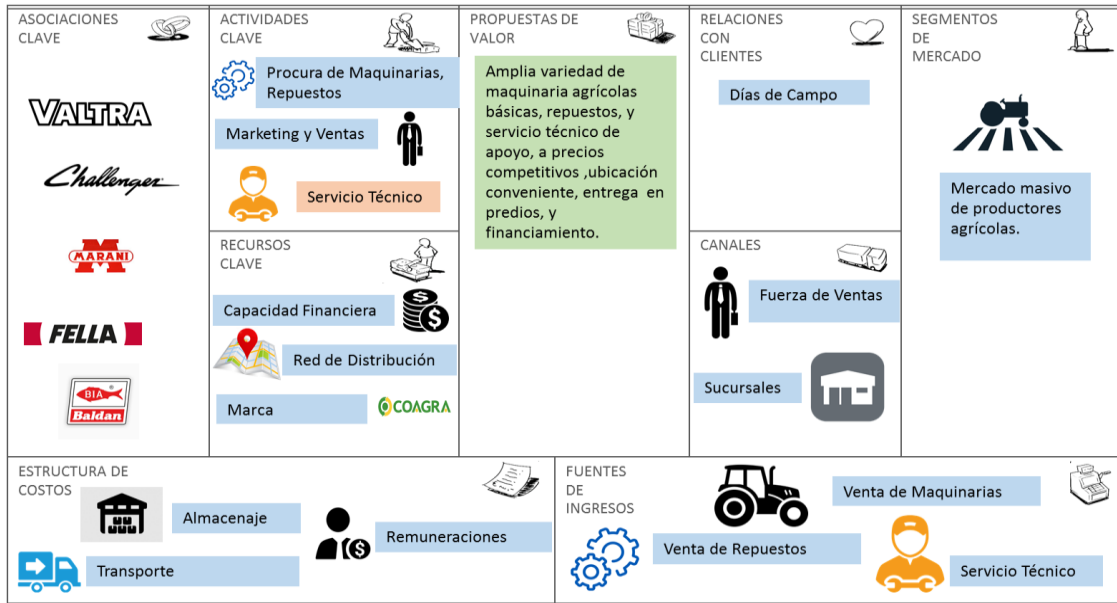


Figura 13. Modelo de Negocios de Coagra Comercial – Maquinaria y Repuestos. Elaboración Propia.

En la figura 13 pueden observarse las propuestas de valor presentadas por Coagra Comercial, las cuales vienen dadas por, la amplitud en la oferta de productos para el agro (todo en un solo lugar), los precios competitivos, la ubicación conveniente, la entrega de productos y servicios en los predios del agricultor, y el financiamiento; propuestas que van dirigidas a un mercado masivo de agricultores, no distinguiéndose entre segmentos de mercado a fin de entregar distintas propuestas de valor a sus clientes.

Las fuentes de ingresos vienen dadas por la venta de maquinarias importadas, producto de la asociación con distintos fabricantes internacionales, la venta de repuestos, y el servicio técnico; para lo cual uno de los procesos claves es el abastecimiento de materiales e insumos necesarios para proveer estos bienes y servicios y a l mismo tiempo puede observarse que uno de lo costos relevantes es el de almacenaje.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS SITUACIÓN ACTUAL

4.1 Arquitectura de Procesos

La arquitectura de procesos de Coagra sigue el modelo de unificación con varias cadenas de valor: Comercialización de agroinsumos, comercialización de maquinarias agrícolas, servicio técnico de maquinarias agrícolas, y venta de repuestos, que comparten servicios centrales; de las cuales, estas tres (3) últimas, pertenecientes al área de maquinarias agrícolas y repuestos, comparten a su vez un servicio interno; como lo es, la administración de la relación con proveedores.

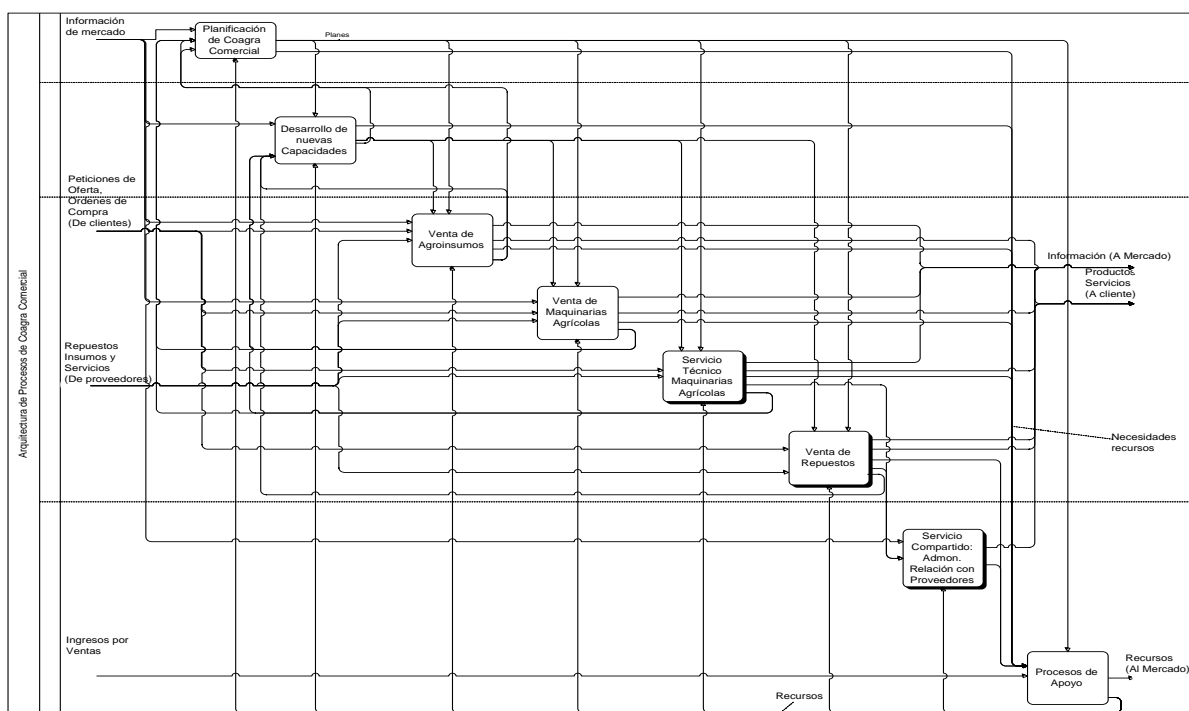


Figura 14. Arquitectura de Procesos de Coagra.

4.2 Modelamiento Detallado de Procesos

4.2.1 Modelamiento IDEF0

A continuación, se presentan el detalle de las cadenas de valor servicio técnico de maquinarias agrícolas, y venta de repuestos pertenecientes al área de maquinarias agrícolas y repuestos.

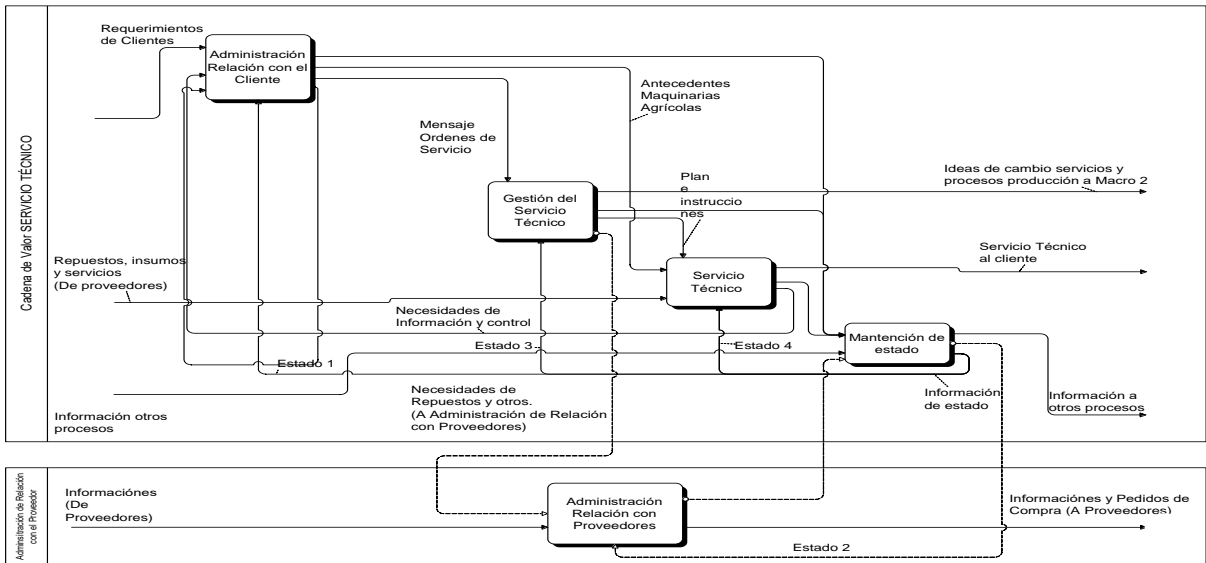


Figura 15. Cadena de Valor – Servicio Técnico.

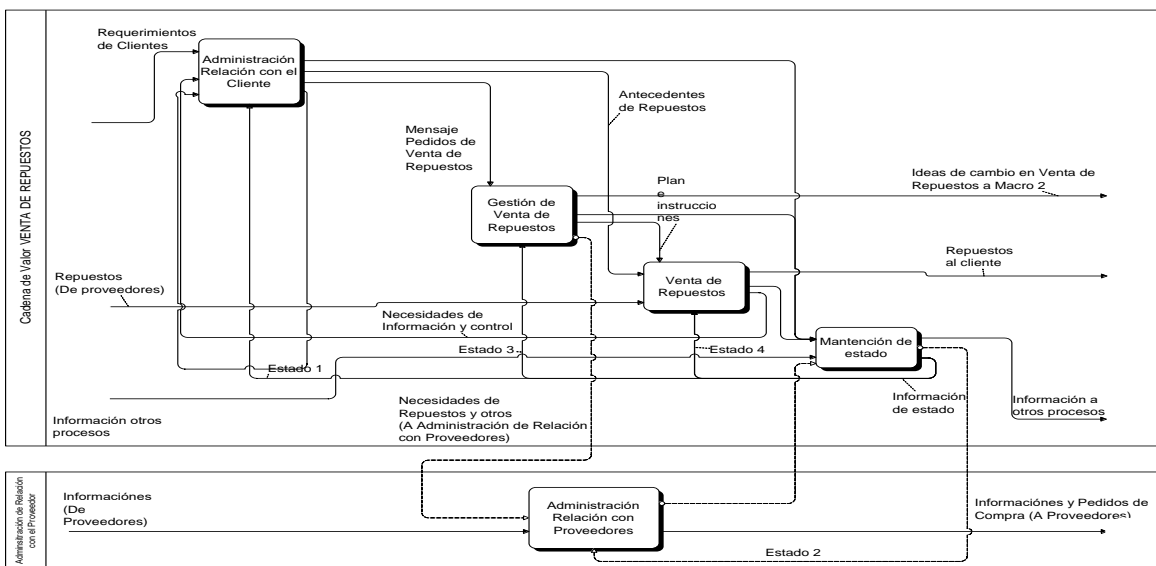


Figura 16. Cadena de Valor – Venta de Repuestos.

Tanto la gestión del servicio técnico como la gestión de venta de repuestos invocan el proceso interno compartido de administración de relación con proveedores (Ver figura 17) a fin de aprovisionarse de los repuestos necesarios, donde puede identificarse el problema específicamente en el flujo de información que viene de Mantenimiento de Estado, y que llega al proceso "Precisar requerimientos de repuestos", con datos insuficientes para poder realizar una gestión de repuestos mas eficiente.

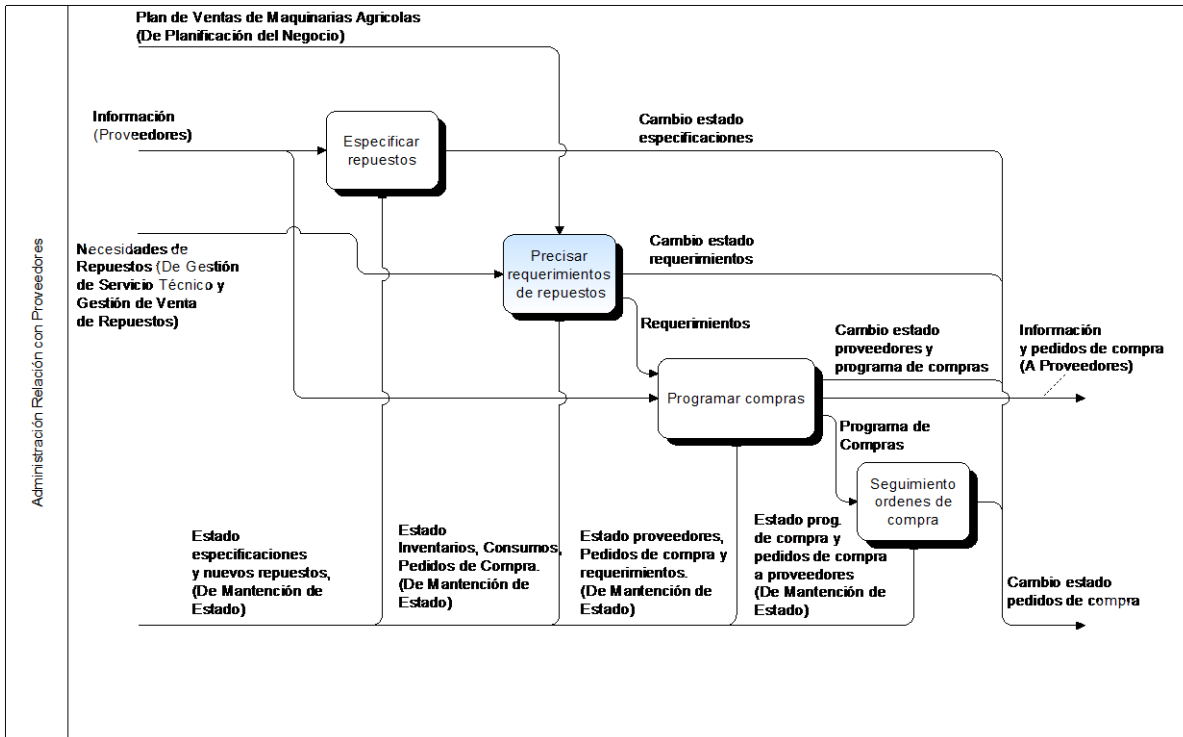


Figura 17. Administración de Relación con Proveedores.

4.2.2 Modelamiento BPMN (Opcional)

El siguiente, es el detalle del proceso “Precisar requerimientos de repuestos” que se compone de tres (3) sub-procesos; clasificación, pronóstico, reaprovisionamiento, donde puede observarse que no existe actualmente una relación entre la clasificación de los repuestos y el pronóstico de su demanda. Asimismo, las Reglas de negocio, procedimientos y rutinas, para la ejecución de estos sub-procesos, presentan un “enfoque simplificado”.

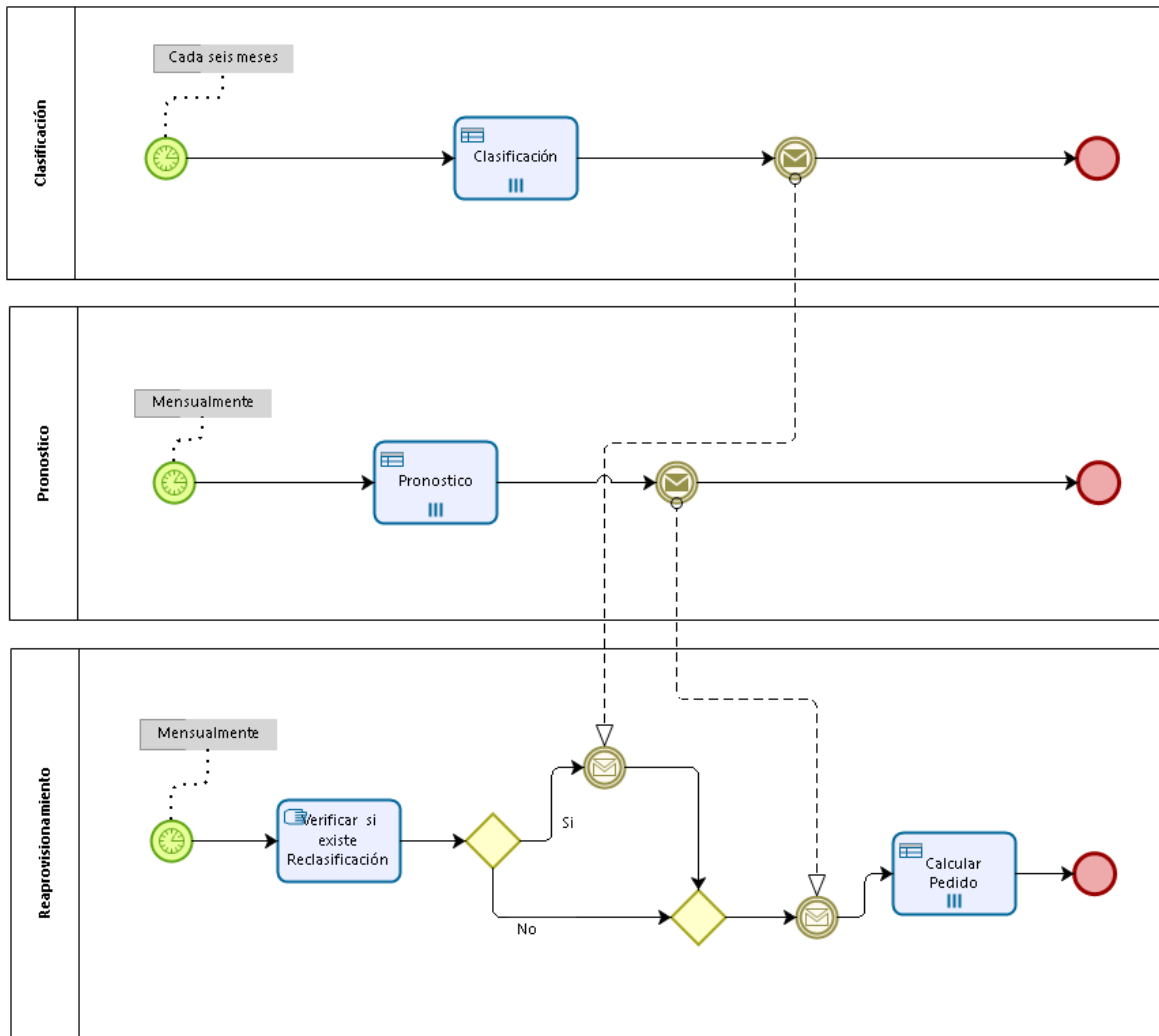


Figura 18. Precisión de requerimientos de repuestos.

4.3 Diagnóstico de la Situación Actual

El proceso de precisión de los requerimientos de compras actual de Coagra consta de tres (3) subprocesos: Clasificación, pronóstico y reaprovisionamiento.

4.3.1 **Clasificación:**

El proceso actual de clasificación de repuestos del área de maquinaria y repuestos de Coagra, está basado en el método de clasificación ABC, y toma como único criterio de clasificación la frecuencia de la demanda, estableciéndose las siguientes reglas de negocio para su clasificación: (Ver tabla 3):

Tabla 3: Tabla de Clasificación de Repuestos.

Clase	Descripción
A	De 10 a 12 meses con movimiento en los últimos 12 meses.
B	De 7 a 9 meses con movimiento en los últimos 12 meses.
C	De 4 a 6 meses con movimiento en los últimos 12 meses.
D	De 1 a 3 meses con movimiento en los últimos 12 meses.
E	No ha tenido movimiento en los últimos 12 meses.
F	No ha tenido movimiento en los últimos 24 meses.
G	No ha tenido movimiento en los últimos 36 meses.
H	Mas de 48 meses sin movimiento.
P	Nuevos Códigos* Hasta 12 meses sin movimiento desde su creación.

*Se clasifican como nuevos códigos; los ítems que, siendo que fueron recién creados el sistema ERP SAP, no presentan movimiento. Estos códigos dejan de ser Nuevos Códigos si presentan algún movimiento, o han pasado doce (12) meses desde que fueron creados.

Cabe destacar que este proceso de clasificación se lleva a cabo cada seis (6) meses, específicamente en los meses de enero y julio; siendo que, algunos repuestos cuya frecuencia de demanda ha variado en ese lapso, pudieran adoptar otra clase.

De esta forma, se considerarán repuestos críticos según esta clasificación, los de las clases A, B, C, y D, siendo estos los que se considerarán especialmente para su reaprovisionamiento.

Como se ha descrito en líneas anteriores, la frecuencia de la demanda es un criterio relevante en la clasificación de repuestos, justamente debido a la naturaleza intermitente de su demanda, y por esta razón puede decirse que es una de las fortalezas del método de clasificación actual; sin embargo, puede considerarse como una falencia el hecho de que se dejan por fuera criterios también relevantes como las variaciones que ocurren en la magnitud de la demanda, la criticidad del repuesto en cuanto a la funcionalidad que dicho repuesto aporta para la continuidad operativa del tractor, o el valor (\$) del repuesto.

Otra particularidad encontrada en este método corresponde a que en términos de poder seleccionar algún método de pronóstico específico que se adecue a cada clase de repuesto; y a fin de poder contar con una mayor precisión en las estimaciones de demanda.

4.3.2 **Pronóstico:**

El cálculo de pronóstico actual de consumo de repuestos se realiza mediante un método ad-hoc que evoca al método de la media móvil ponderada, en el cual se utilizan factores multiplicativos a fin de otorgar diferentes pesos a la data histórica sobre la cual se construye el promedio, otorgándosele un mayor peso a los datos más inmediatamente anteriores de la serie de tiempo; que para este caso se refiere a los consumos correspondientes a los últimos seis (6) meses, y un peso más bajo a los datos más alejados del periodo actual; en este caso los últimos doce (12) meses; a decir:

$$F_t = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} W_1 D_{t-i} + \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} W_2 D_{t-i}$$

Donde:

F_t = Pronóstico para el periodo t.

D_{t-i} = Demanda para el periodo t-i.

W_1 = Peso asignado a los últimos 12 intervalos de tiempo (12 últimos meses).

En este caso 0,4.

n_1 = Número de intervalos de tiempo. En este caso 12.

W_2 = Peso asignado a los últimos 6 intervalos de tiempo (6 últimos meses). En este caso 0,6.

n_2 = Número de intervalos de tiempo. En este caso 6.

Cabe destacar que este método de cálculo del pronóstico se aleja de los métodos generalmente utilizados para la estimación de demanda intermitente, los cuales se basan principalmente en el método del suavizado exponencial. Y, por otra parte, dicho método se aplica sin distinción a todas las clases de repuesto sin tomar en consideración el comportamiento de su demanda.

4.3.3 **Reaprovisionamiento:**

El sistema de gestión de inventario de repuestos actual para los tractores Valtra se basa principalmente en una política de inventario del tipo revisión periódica con periodo de revisión fijo (R) y nivel máximo deseado (S), o política (R, S), estableciéndose estrategias para calcular el nivel máximo deseado (S) de acuerdo a la clase asignada al repuesto (Ver tabla 4), de manera comparable al “enfoque simplificado” para determinar el stock de seguridad señalado por Silver et al (2017).

Tabla 4: Políticas de Inventario Gestión de Repuestos Coagra Maquinaria.

Macro-Clase	Clase	Política Actual
Alta Frecuencia de Demanda	A	Demanda se satisface desde stock, Pronóstico de la demanda según método ad-hoc, Política (R, S) con periodo de revisión mensual y $S = 3 \times \text{pronóstico de Demanda}$.
	B	
	C	
	D (1 mes < Frecuencia de Demanda \leq 3 meses)	
Media Alta Frecuencia de Demanda	D (Frecuencia de Demanda = 1 mes y Demanda > 1 UN)	Demanda se satisface desde stock. Pronóstico de la demanda según método ad-hoc. Política (R, S) con periodo de revisión mensual y $S = \text{Demanda}$.
Media Baja Frecuencia de Demanda	D (Frecuencia de Demanda = 1 mes y Demanda=1 UN)	Demanda se satisface desde stock. Pronóstico de la demanda según método ad-hoc. Política (R, S) con periodo de revisión mensual y $S = 2$.
Baja Frecuencia de Demanda	E	Demanda se satisface a pedido.
	F	
	G	
	H	
Nuevos Códigos	P	Juicio de Expertos.

Finalmente, el objetivo que persigue el proceso actual de precisión de requerimientos de compras de repuestos es el de maximizar la rotación de inventario, por lo que posteriormente se procede, de forma periódica, a estimar los valores del inventario promedio (en \$), y las ventas (en \$), con lo que se obtienen finalmente los “meses con stock” de cada clase de repuesto; métrica que está estrechamente vinculada con la rotación de inventario de la siguiente forma:

$$\text{Rotación de Inventario} = \frac{\text{Ventas Anuales (\$)}}{\text{Inventario Promedio (\$)}}$$

Luego para calcular los meses con stock simplemente se divide un intervalo de tiempo seleccionado entre el valor de la rotación de inventario:

$$\text{Meses con Stock} = \frac{1 \text{ (mes)}}{\text{Rotación de Inventario}}$$

El resultado de esta ecuación se interpreta como la cantidad de meses que necesita la empresa para poder vender su inventario promedio, y mientras más bajo sea este valor, mayor conveniencia para la empresa en términos del mayor margen operativo que puede alcanzar; y sin embargo, vemos que según refieren Silver et al (2017) “existen muchos riesgos asociados a la elección de la rotación de inventario como medida de desempeño”, ya que una de las formas de maximizar dicho indicador es justamente minimizando el nivel de inventario, estrategia que puede llegar a ocasionar escaseces que tienen su impacto en la potencial pérdida de ingresos de la empresa, y más subjetivamente al nivel de servicio que se le brinda al cliente.

En resumen, el sistema de gestión de inventario de repuestos actual de Coagra se puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla 5: Sistema de Gestión de Inventario de Repuestos de Coagra.

Área	Descripción
Clasificación de Repuestos	Método ABC Mono-Criterio (Frecuencia de Demanda).
Pronóstico de la Demanda	Método ad-hoc basado en el método del promedio móvil ponderado.
Reaprovisionamiento	Política (R, S) con estrategias de cálculo del nivel máximo deseado (S) diferenciadas para cada clase.

4.4 Cuantificación del Problema u Oportunidad

A continuación, se presenta una tabla resumen con los costos anuales de preparación y almacenaje y costos de faltante de los últimos tres (3) años.

Tabla 6: Costos anuales de compra, preparación y almacenaje, faltante, y total del inventario de repuestos entre los años 2015 y 2018.

Periodo	Costo de Compra (M \$)	Costo de Prep. y Alm. (M \$)	Costo de Faltante (M \$)	Costo Total (M \$)
14	27690,77	32897,30	1509,58	62097,64
15	26714,86	31957,94	1752,77	60425,57
16	30029,94	31368,05	4480,28	65878,27
17	41660,44	30558,40	6852,61	79071,45
18	87098,46	27855,29	2277,60	117231,35
19	37164,25	30360,78	1531,85	69056,88
20	46051,57	35615,47	1652,00	83319,04
21	31849,66	36630,13	1547,74	70027,53
22	32419,91	37036,39	2229,84	71686,14
23	49981,92	35690,29	2890,92	88563,13
24	24451,46	35738,71	3262,27	63452,44
25	51687,52	34747,58	2252,93	88688,02
26	39343,17	34355,78	3226,10	76925,05
27	54865,37	33949,37	3203,07	92017,81
28	47628,27	33970,32	3543,26	85141,86
29	47870,82	33937,00	2951,71	84759,53
30	45000,95	33609,84	2400,76	81011,56
31	37711,69	34488,99	1661,79	73862,48
32	31463,59	35262,45	2880,07	69606,11
33	27713,01	34944,25	3703,81	66361,07
34	14987,67	33310,21	5520,75	53818,62
35	19644,52	31996,60	7839,82	59480,94
36	27337,42	30121,34	8525,82	65984,57
37	36115,17	28803,95	10022,50	74941,62
38	29666,97	28861,58	12457,00	70985,55
39	40326,36	28144,93	11339,79	79811,08
40	217466,97	27414,75	3142,04	248023,77
41	48634,02	32933,83	2959,87	84527,72
42	51655,92	38163,18	2782,34	92601,44
43	50512,10	39114,07	1955,94	91582,11

44	29283,64	41091,10	2422,86	72797,60
45	28250,38	41570,65	4446,56	74267,58
46	11227,37	40366,04	7218,72	58812,14
47	21233,54	38719,62	7837,71	67790,87

En la situación actual puede observarse que cuando se reduce la inversión en inventario crecen los costos de faltante y disminuye el nivel de servicio, tal como se representa en los siguientes gráficos (Ver figuras 19 y 20).

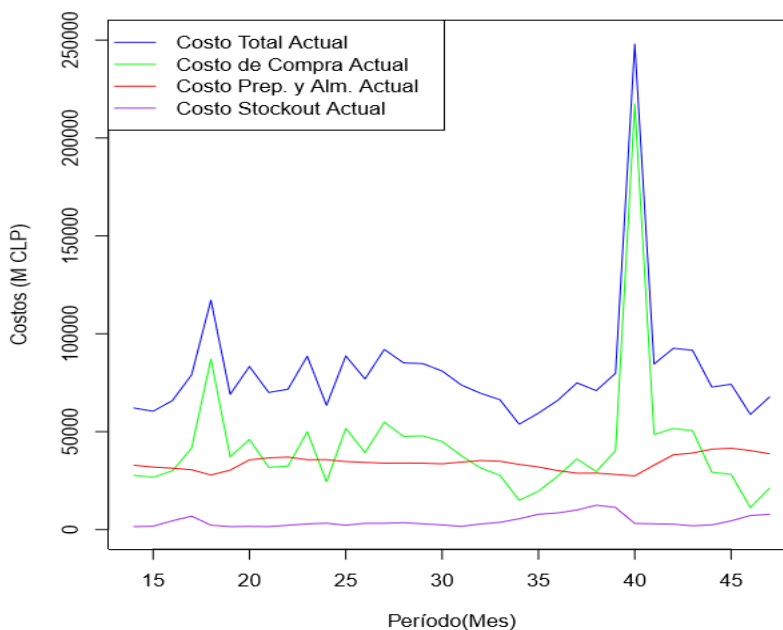


Figura 19. Costos mensuales de preparación y almacenaje, stockout, y total del inventario de repuestos entre los años 2015 - 2018.

Por otra parte, se presenta la probabilidad de satisfacer la demanda o lo que es lo mismo, el nivel de servicio brindado al cliente en un determinado periodo de tiempo como (Ver sección 2.1.3.1):

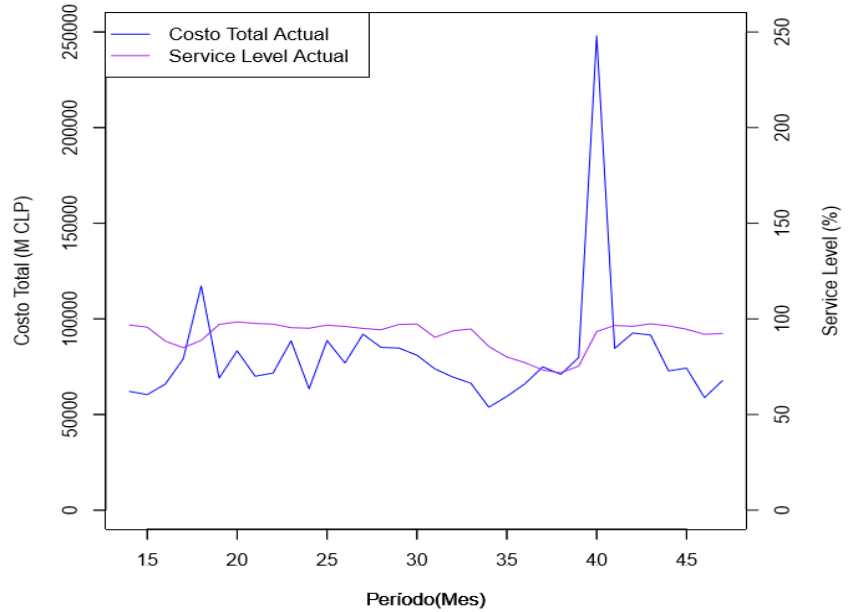


Figura 20. Costo total mensual vs. service level años 2015 - 2018.

CAPÍTULO 5: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS

5.1 Direcciones de Cambio y Alcance

A continuación, se presentan las direcciones de cambio y alcance del proyecto:

Tabla 7: Direcciones de Cambio y Alcance.

Variables de Rediseño	AS IS	TO BE
Asignación de Responsabilidades	Gestión centralizada de repuestos del área de maquinaria agrícola y repuestos.	Gestión centralizada de repuestos del área de maquinaria agrícola y repuestos.
Mantenimiento Consolidada de Estado	Datos de la criticidad de los repuestos (la funcionalidad que dicho repuesto aporta para la continuidad operativa del tractor) no existentes en la base de datos del sistema ERP de la empresa.	Integración de los datos de criticidad de los repuestos (la funcionalidad que dicho repuesto aporta para la continuidad operativa del tractor) a la base de datos del ERP de la empresa.
Anticipación	Incluye mecanismos de anticipación adecuados para pronosticar futuros requerimientos de repuestos.	Incluye mecanismos de anticipación mejorados, y específicos para pronosticar patrones de demanda intermitente, común a la mayoría de repuestos, a fin de establecer con mayor precisión los requerimientos de estos ítems.

Integración de Procesos Conexos	Integración deficiente entre los procesos de “gestión de servicio técnico” y “precisión de requerimientos de repuestos”, en cuanto a la transferencia de información de criticidad (la funcionalidad que dicho repuesto aporta para la continuidad operativa del tractor) de los repuestos.	Integración entre los procesos de “gestión de servicio técnico” y “precisión de requerimientos de repuestos”, en cuanto a la transferencia de información de criticidad (la funcionalidad que dicho repuesto aporta para la continuidad operativa del tractor) de los repuestos.
Coordinación	Coordinación deficiente entre la gestión del servicio técnico y la administración de relación con proveedores, a fin de precisar los requerimientos de repuestos.	Coordinación establecida entre la gestión del servicio técnico y la administración de relación con proveedores, a fin de precisar los requerimientos de repuestos.
Prácticas de Trabajo	Reglas de negocio, procedimientos y rutinas, para clasificación, pronóstico, y reaprovisionamiento de repuestos con “enfoque simplificado”, para la precisión de requerimientos de repuestos.	Nuevas Reglas de negocio, procedimientos y rutinas, para clasificación, pronóstico, y reaprovisionamiento de repuestos, con foco en objetivos de costo y servicio, que formalizan nuevas prácticas de trabajo mejoradas para la precisión de requerimientos de repuestos.
Apoyo Computacional	Apoyo computacional para ejecución de la lógica de negocios para la gestión de inventario, basado en hojas de cálculo de Microsoft Excel.	Apoyo computacional mediante aplicación integrada en el sistema ERP de la empresa, para ejecución automatizada de la lógica de negocios para la gestión de inventario.

5.2 Diseño Detallado de Procesos TO BE

5.2.1 *Diseño en IDEF0*

Una de las propuestas de rediseño se presenta en el proceso de “Gestión del servicio técnico” del cual debe salir hacia mantención de estado, un flujo de información conteniendo

información sobre la criticidad de los repuestos; es decir, la funcionalidad que dicho repuesto aporta para la continuidad operativa del tractor.

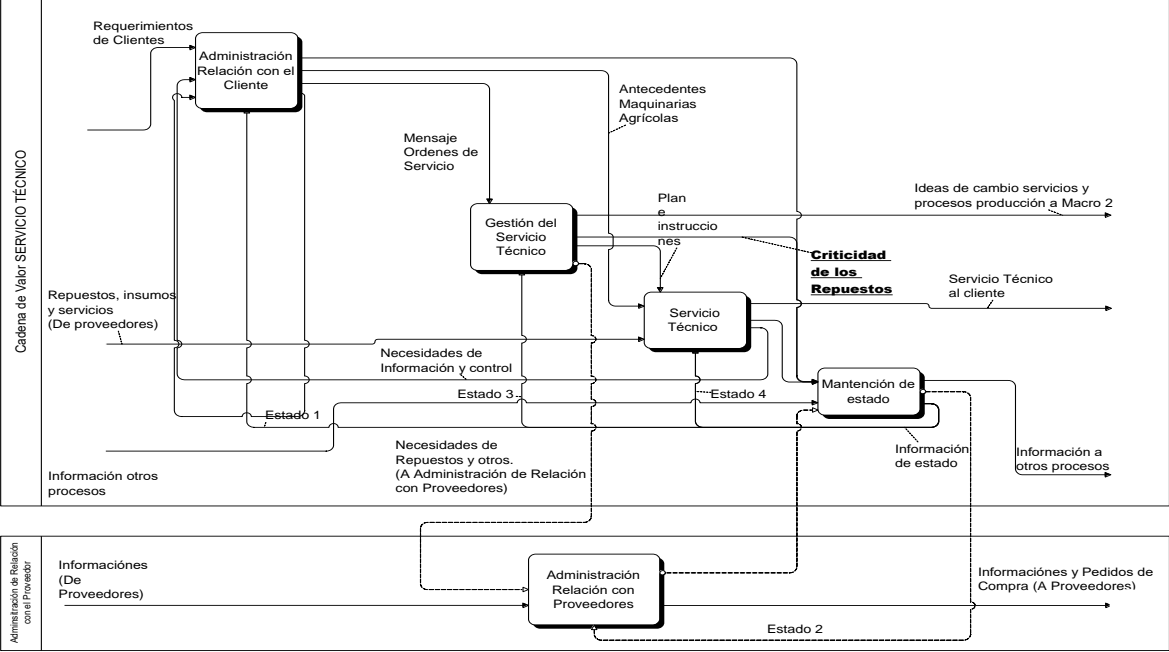


Figura 21. Cadena de Valor – Servicio Técnico.

Una de las propuestas de rediseño importante se presenta en el proceso de “Precisar requerimientos de repuestos” al cual debe entrar vía mantenimiento de estado, un set de datos mas completo, que incorpore además de los consumos e inventario actual, otros datos relevantes como pronósticos históricos, criticidad del repuesto, costos (promedio, prep. y alm., faltante).

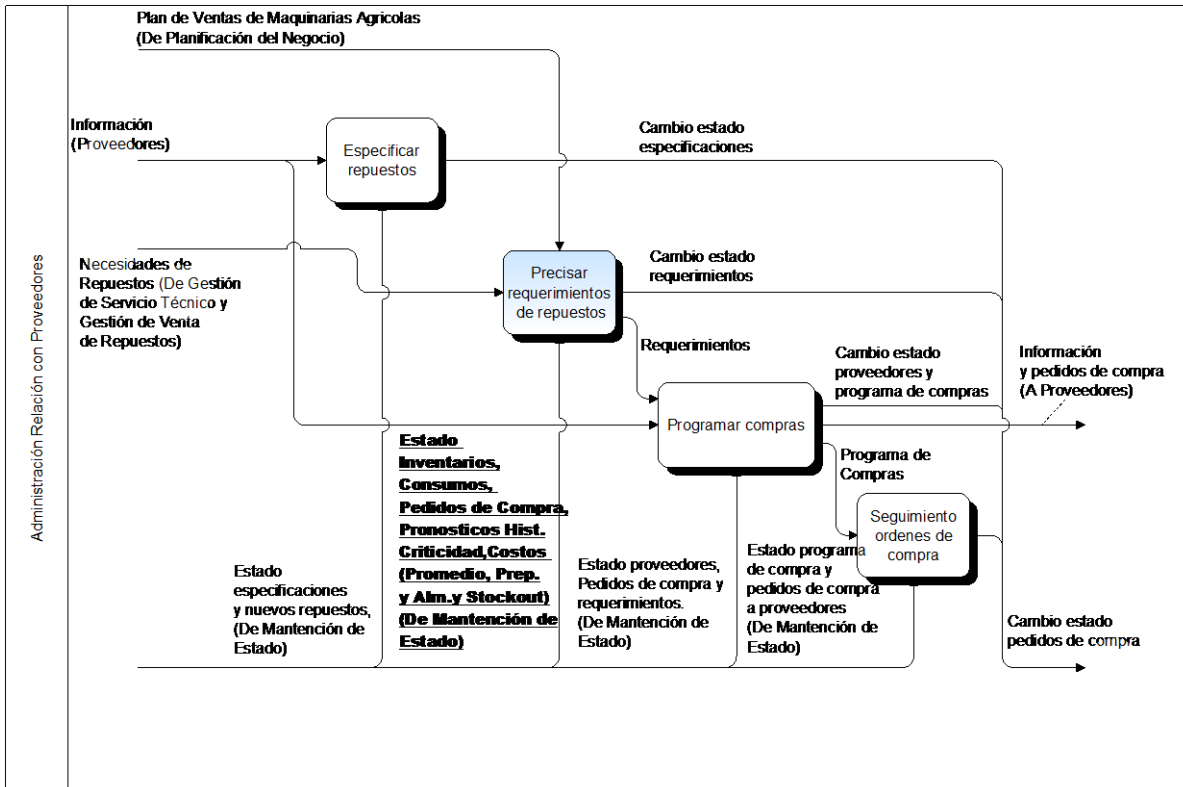


Figura 22. Administración de Relación con Proveedores.

5.2.2 Diseño en BPMN

El proceso “Precisar requerimientos de repuestos” se compone de tres (3) sub-procesos; clasificación, pronóstico, y calcular pedido, donde puede observarse en comparación con el modelo actual, en el modelo propuesto existe una relación entre la clasificación de los repuestos y el pronóstico de su demanda. Asimismo, nuevas Reglas de negocio, procedimientos y rutinas, fueron establecidos para la ejecución de cada uno de estos sub-procesos.

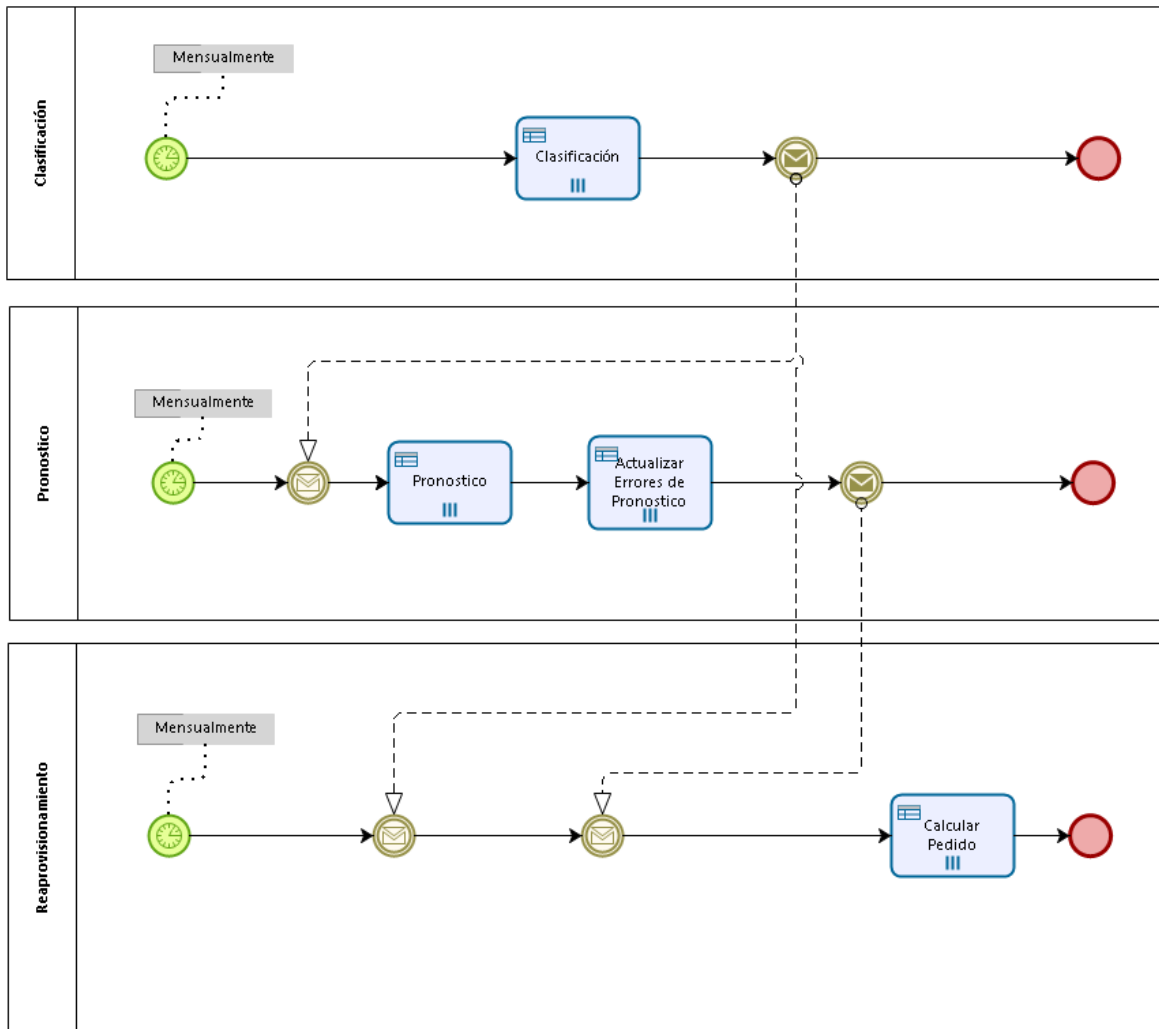


Figura 23. Precisar requerimientos de repuestos.

5.3 Diseño de Lógica de Negocios

El objetivo de la lógica de negocios es en esta fase es reaprovisionar repuestos para satisfacer las necesidades basándose en la data real histórica de los consumos; y para ello, en primer lugar, se escogió conservar la política actual de revisión periódica con periodo de revisión fijo (R) y nivel máximo deseado (S), o política (R, S), por varias razones, como la integración con el proveedor Valtra con el cual ya existe un programa de compras establecido, y por razones de cultura empresarial.

5.3.1 **Política de inventario y sus parámetros:**

La lógica de negocios que se describirá a continuación debe enmarcarse en una política de inventario, por lo que un paso previo es la selección del sistema de control de inventario adecuado a las necesidades de la gestión de inventario de repuestos de la empresa.

En este caso se decidió conservar política actual de revisión periódica con periodo de revisión fijo (R) y nivel máximo deseado (S), o política (R, S), por razones de la integración con el proveedor Valtra con el cual ya existe un programa de compras establecido, y por razones de cultura empresarial.

Así, los parámetros bajo los que opera este sistema son los siguientes:

Tabla 8: Parámetros de la política de inventario (R, S) de Coagra.

Parámetros	Valor
Periodo de Revisión (R)	1 mes
Lead Time (L)	1 mes

5.3.2 **Clasificación Multi-criterio:**

El primer paso dentro de la lógica de negocios es la ejecución del proceso de clasificación de los repuestos. En este caso se decidió implementar una clasificación multi-criterio que logra equilibrar criterios contrapuestos de diferentes áreas de la organización, en un esquema que permite definir los niveles de servicios adecuados para diferentes clases de repuestos, y establecer métodos adecuados de pronóstico, mejorando la precisión de las estimaciones.

En la siguiente tabla se pueden observar los criterios seleccionados.

Tabla 9: Criterios empleados para la clasificación multi-criterio.

Criterio	Consecuencias Logísticas/ Efectos	Alternativas	Valores Limite
Criticidad (Para el funcionamiento del equipo)	Reaprovisionamiento	Alta; Media; Baja	Clasificación reportada por el fabricante Valtra. Alta = Detiene el Equipo. Media = Deficiencia en Capacidades Técnicas. Baja = Efectos Estéticos.
Categoría SBC	Pronóstico de la Demanda; Reaprovisionamiento	Smooth, Intermittent, Erratic, Lumpy.	Categorización de acuerdo a Syntetos et al (2005) Smooth = ($p < 1.32$ y $CV^2 < 0.49$). Intermittent = ($p \geq 1.32$ and $CV^2 < 0.49$) Erratic = ($p < 1.32$ and $CV^2 \geq 0.49$). Lumpy = ($p \geq 1.32$ and $CV^2 \geq 0.49$)
Costo	Reaprovisionamiento	Alto, Bajo	Alto = (50000 \$ \leq Costo) Bajo = (Costo < 50000 \$)

5.3.2.1 Criticidad:

La criticidad en este caso se refiere a la importancia que tiene un determinado repuesto para la continuidad operativa del tractor; y que según sea el caso puede tomar valores; alta, si una falla en dicha parte interrumpe la operación del tractor; media, en el caso de que ocurra una merma en las capacidades técnicas del tractor, y baja en caso de que solo se trata de un problema estético.

En el modelo propuesto este criterio tiene relevancia en el establecimiento de los niveles de servicio requeridos para cada clase de repuesto y por ende en el reaprovisionamiento, siendo que se exige mayor nivel de servicio a los repuestos identificados como de criticidad alta.

5.3.2.2 Categoría SBC:

La categoría SBC en este caso se refiere a las presentadas por Syntetos et al (2005), cuyo método (clasificación SBC) se basa en dos criterios de clasificación; el intervalo promedio inter-demanda (p), y el coeficiente de variación al cuadrado (CV^2); cuyos valores de corte, $p = 1,32$ para el primero, y $CV^2 = 0,49$ para el segundo, definen cuatro (4) categorías para los ítems asociados a diferentes patrones de demanda.

En el modelo propuesto este criterio influye en la selección del método adecuado de pronóstico, así como también en el establecimiento de los niveles de servicio requeridos para cada clase de repuesto y por ende en el reaprovisionamiento, siendo que se exige mayor nivel de servicio a los repuestos cuya demanda es mas constante (o menos intermitente).

5.3.2.3 Categoría de Costo:

La categoría de costo se refiere al valor de compra del repuesto, para lo cual en acuerdo con la gerencia de la empresa se fijaron tres (3) clases; alto y bajo.

En el modelo propuesto este criterio influye en el establecimiento de los niveles de servicio requeridos para cada clase de repuesto y por ende en el reaprovisionamiento, siendo que cuando el precio del repuesto es elevado se considera rebajar el nivel de servicio, siempre tomando en cuenta los otros criterios establecidos.

Cabe destacar que los criterios mencionados fueron establecidos conjuntamente con la gerencia de la empresa, que los consideró por ser los más relevantes y al mismo tiempo prácticos en su aplicación.

Posteriormente; y también en conjunto con la gerencia, dichos criterios fueron jerarquizados a modo de diagrama de decisión, donde cada criterio representa una variable de decisión que puede tomar algunos de los valores establecidos (ver figuras 24, 25, y 26), resultando en un modelo de clasificación jerarquico multi-criterio que permite la identificación de 15 clases de repuesto como es mostrado en las siguientes figuras.

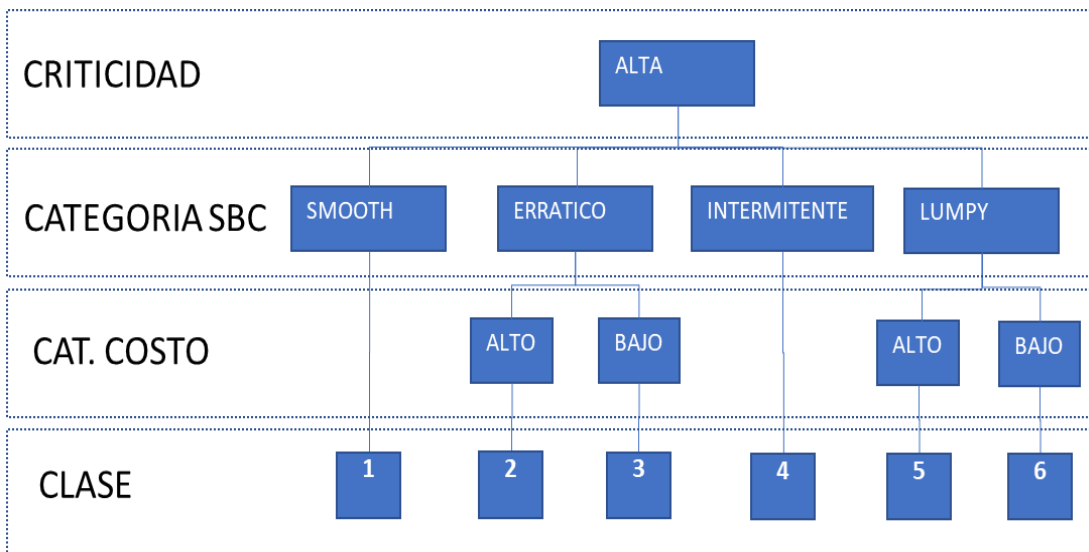


Figura 24. Clasificación multi-criterio para repuestos de criticidad alta.

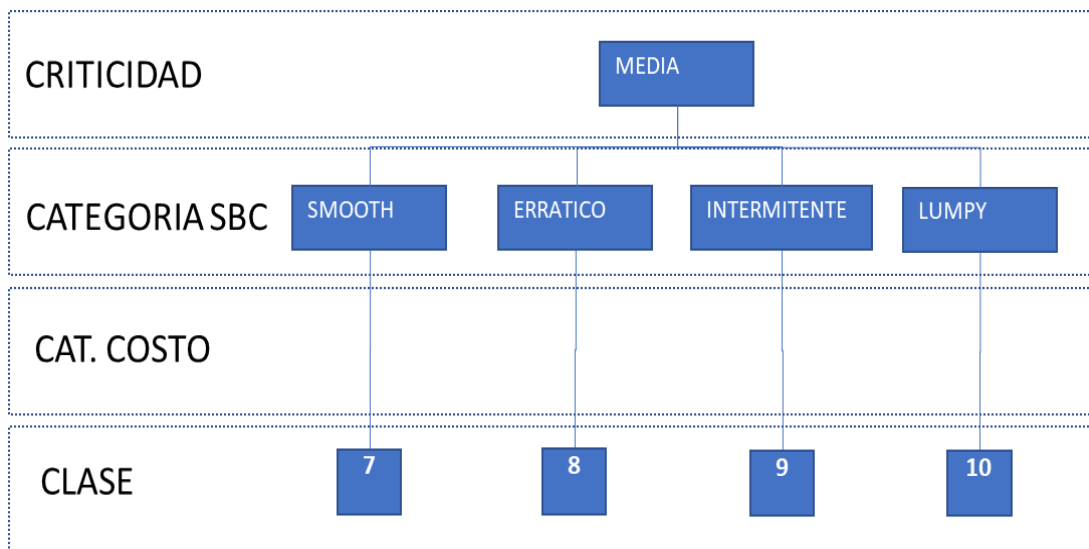


Figura 25. Clasificación multi-criterio para repuestos de criticidad media.

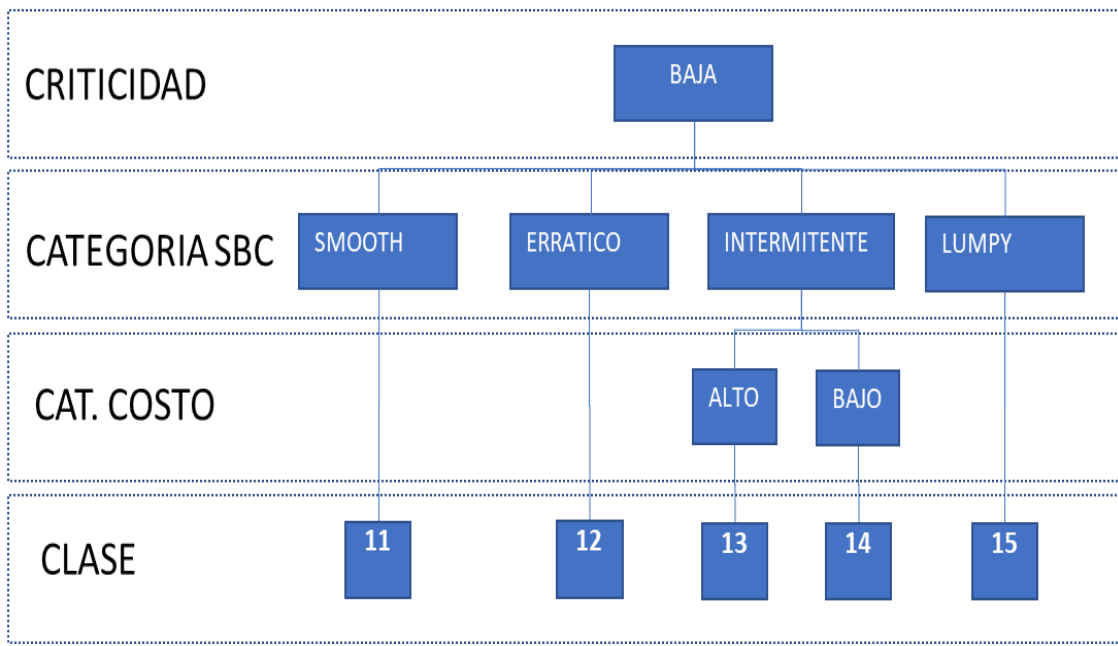


Figura 26. Clasificación multi-criterio para repuestos de criticidad baja.

Viendo el modelo de clasificación puede notarse que no todos los criterios influyen en las clases resultantes; por ejemplo, en la primera figura (ver figura 24) se observa que cuando un ítem posee criticidad alta y demanda constante (smooth) el costo no es un criterio relevante de decisión.

5.3.3 **Especificación del valor mínimo permitido para k .**

Los valores mínimos permitidos para k , que en este caso representan la probabilidad de que la demanda durante el periodo de revisión más el lead time sea satisfecha utilizando el stock de seguridad, fueron especificado en conjunto con la gerencia para cada clase de repuesto.

5.3.4 **Especificación de los métodos de pronóstico.**

Entre los métodos basados en series de tiempo, el método de Croston fue diseñado específicamente para realizar estimaciones cuando la demanda es intermitente, por lo que ha sido ampliamente utilizado en aplicaciones para el caso específico de repuestos; basado en ello, se seleccionó este método, y el método denominado “Aproximación de Syntetos y Boylan” (el cual está basado en el primero); aplicándolos de acuerdo a lo establecido por Syntetos et al (2005), quienes especifican que para ciertas categorías, el desempeño del estimador Croston es el más adecuado, y para otras, los resultados del método SBA serán más precisos (Ver figura 8).

Finalmente, el resultado de la clasificación resulta en la asignación de los valores de k y la selección del método de pronóstico para cada clase de repuesto, tal como se muestra en la tabla.

Tabla 10: Valor mínimo permitido para k y método de pronóstico seleccionado según clase.

Clase	Criticidad	Categoría SBC	Costo	Método de Pronóstico	k
1	Alta	Smooth	N/A	Croston	3 (Nivel de Servicio = 99,9%)
2		Erratico	Alto	SBA	2 (Nivel de Servicio = 97,7%)
3			Bajo	SBA	3 (Nivel de Servicio = 99,9%)
4		Intermitente	N/A	SBA	1 (Nivel de Servicio = 84,1%)
5		Lumpy	Alto	SBA	A Pedido
6			Bajo	SBA	0 (Nivel de Servicio = 50%)
7	Media	Smooth	N/A	Croston	2 (Nivel de Servicio = 97,7%)
8		Erratico	N/A	SBA	2 (Nivel de Servicio = 97,7%)

9		Intermitente	N/A	SBA	1 (Nivel de Servicio = 84,1%)
10		Lumpy	N/A	SBA	A Pedido
11	Baja	Smooth	N/A	Croston	2 (Nivel de Servicio = 97,7%)
12		Erratico	N/A	SBA	1 (Nivel de Servicio = 84,1%)
13		Intermitente	Alto	SBA	A Pedido
14			Bajo	SBA	0 (Nivel de Servicio = 50%)
15		Lumpy	N/A	SBA	A Pedido

5.3.5 ***Algunas características necesarias de los repuestos.***

5.3.5.1 **Penalidad por faltante B_1**

La penalidad por faltante B_1 se refiere a la penalización en que se incurre cuando no es posible satisfacer la demanda de un determinado repuesto desde stock. En el caso de Coagra esta penalización se mide desde el punto de vista de la pérdida potencial de ingreso que representaría la venta de ese repuesto reflejado en el margen de ventas que se pierde, esto es:

$$B_1 = \text{Precio Bruto} - \text{Costo de Venta}$$

5.3.5.2 Costo variable unitario v

Este costo está representa el valor del ítem en el almacén, que en el caso de Coagra se valora mediante el método del costo promedio ponderado (PPP).

5.3.5.3 Cargo de preparación y almacenamiento r

En el caso de Coagra este cargo está representado por un cargo porcentual de generalmente un 6 % (variable según grupos de repuestos) aplicado sobre el costo promedio ponderado.

5.3.6 **Pronóstico:**

El pronóstico de la demanda es la etapa siguiente de la lógica de negocios y constituye la ejecución de los métodos de pronóstico seleccionados para realizar las estimaciones futuras de consumos de repuestos.

Para ello fueron consideradas las distintas categorías de métodos de pronóstico aplicables a la gestión de repuestos; es decir, métodos basados en juicio de expertos, métodos basados en confiabilidad, y métodos basados en series de tiempo. Los dos (2) primeros fueron descartados; en el primer caso porque se requería un método que permitiera realizar pronósticos en demanda continua y en declive, para lo cual no son recomendables los métodos basados en juicio de expertos; y en el segundo caso, debido a que se complica la obtención de datos de confiabilidad de estos equipos, ya que luego de ser vendidos, permanecen en los predios del cliente; es decir, fuera del alcance de la empresa; y por otra parte, el fabricante en general no concede esta información a sus distribuidores por temas de protección de la marca. Finalmente, métodos basados en series de tiempo fueron los seleccionados.

Antes de comenzar a aplicar dichos métodos sobre las series de tiempo a estudiar, se hace necesario definir ciertos parámetros, y son estos los que se definen en la tabla que se presenta a continuación:

Tabla 11. Parámetros requeridos por los métodos de pronóstico Croston y SBA.

Parametro	Valor
Horizonte de Pronóstico (h)	1(mes)
Factor de suavizado para los consumos (α)	Optimizado
Factor de suavizado para los intervalos inter-demanda (α)	Optimizado
Valor inicial de los consumos (z_{t-1})	Consumo del último periodo.
Valor Inicial de los intervalos inter-demanda (p_{t-1})	Promedio de los intervalos inter-demanda.
Función Objetivo	Error Medio Cuadrático (MSE)

5.3.6.1 Horizonte de Tiempo:

Es la magnitud de tiempo en el futuro para el que se prepararan los pronósticos, en este caso un (1) mes.

5.3.6.2 Función Objetivo:

Se refiere a la función que será optimizada a fin de hallar los valores idóneos para los factores de suavizado que serán utilizados en los métodos de pronóstico. En este caso la función objetivo es minimizar el error medio cuadrático (MSE).

5.3.6.3 Factor de Suavizado para los consumos (α):

A este factor se le asigna un valor entre 0 y 1, y determina el peso que se le otorga a los consumos históricos de la serie de tiempo; cuanto mayor sea el factor de suavizado, mayor será el peso asignado al consumo del ultimo periodo.

Para determinar el valor óptimo de este factor se utilizó la técnica de programación lineal, utilizando la función objetivo (MSE), y restringiendo entre 0 y 1 los valores que puede tomar dicha variable.

5.3.6.4 Factor de Suavizado para el intervalo inter-demanda (α):

A este factor se le asigna un valor entre 0 y 1, y determina el peso que se le otorga a los intervalos inter-demanda históricos de la serie de tiempo; cuanto mayor sea el factor de suavizado, mayor será el peso asignado al último intervalo inter-demanda.

Para determinar el valor óptimo de este factor se utilizó la técnica de programación lineal, utilizando la función objetivo (MSE), y restringiendo entre 0 y 1 los valores que puede tomar dicha variable.

5.3.6.5 Valor Inicial estimado de consumo (z_{t-1}):

Se refiere al valor de consumo que se debe utilizar para realizar la estimación inicial; puede ser, por ejemplo, el consumo del último periodo, un promedio de todos o algunos de los consumos incluidos en la serie de tiempo, o un valor optimizado mediante técnicas de programación no lineal al tratarse de un valor no restringido.

En este caso se decidió utilizar el consumo del último periodo de la serie de tiempo como valor inicial estimado de consumo.

5.3.6.6 Valor Inicial estimado del intervalo inter- demanda (p_{t-1}):

Se refiere al valor del intervalo inter-demanda que se debe utilizar para realizar la estimación inicial; puede ser, por ejemplo, el último intervalo inter-demanda, un promedio de todos o algunos de los intervalos inter-demanda en la serie de tiempo, o un valor optimizado mediante técnicas de programación no lineal al tratarse de un valor no restringido.

En este caso se decidió utilizar un promedio de todos los intervalos inter-demanda de la serie de tiempo como valor Inicial estimado del intervalo inter- demanda.

5.3.6.7 Medida de los errores de pronóstico σ_{R+L}

Para determinar la desviación estándar de los errores de pronóstico durante el lead time más el periodo de revisión (σ_{R+L}), se decidió utilizar el método sugerido en Silver et al (2017), mediante el cual se estima el valor de esta variable mediante una relación que la vincula con el error medio cuadrático (MSE).

5.3.7 Reaprovisionamiento:

El cálculo del nivel máximo deseado (S) es la meta final dentro de la lógica de negocios, el objetivo es determinar la cantidad de inventario deseable para un determinado ítem, y que debe ser suficiente para cubrir la demanda durante el intervalo de protección (R + L); es decir, en este caso dos (2) meses.

5.3.8 Redondeo:

El redondeado del nivel máximo deseado (S), dado que se utiliza el valor mínimo establecido para k, es hacia el entero más cercano hacia arriba.

5.3.8.1 Sugeridos:

En este paso se permite la intervención del juicio experto; luego de constatar y verificar los valores calculados de acuerdo con la lógica de negocios planteada, debe posibilitarse la entrada manual de niveles sugeridos.

A continuación, se presenta en la figura 27 el detalle de la lógica de negocios descrita en los párrafos anteriores.

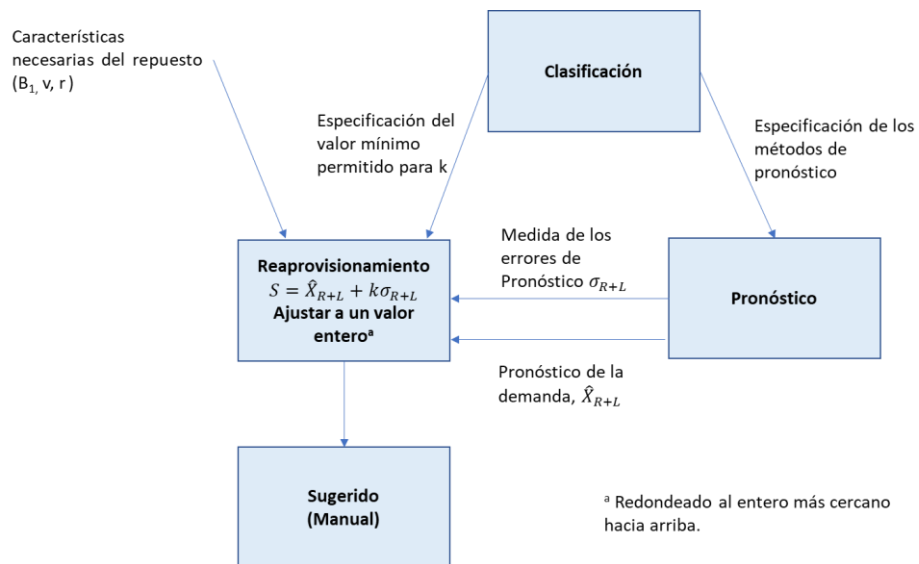


Figura 27. Lógica de negocios del sistema de gestión de repuestos propuesto.

CAPÍTULO 6: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO

6.1 Especificación de Requerimientos

6.1.1 *Requerimientos Funcionales*

Los requerimientos funcionales del sistema de gestión de inventarios son los que se presentan a continuación:

Tabla 12: Requerimiento Funcional REQ001.

Nombre del Requerimiento	REQ 001
Funcionalidad	Clasificar los repuestos de acuerdo a múltiples criterios.
Especificación	
Entrada	Datos de material, criticidad, periodos, consumos, costo.
Proceso	El sistema clasifica los repuestos y guarda la información de clasificación.
Salida	-Datos de clase, factor de seguridad, método de pronóstico guardados en la base de datos del sistema. -Log de clasificación de repuestos.

Tabla 13: Requerimiento Funcional REQ002.

Nombre del Requerimiento	REQ 002
Funcionalidad	Pronosticar los consumos futuros de repuestos.
Especificación	
Entrada	Datos de material, horizonte de pronóstico, factor suavizado consumos, factor suavizado intervalos, valor inicial consumos, valor inicial intervalos, función objetivo, periodo, consumos.
Proceso	El sistema pronostica los consumos de repuestos para el siguiente intervalo de protección.

Salida	-Datos de pronósticos, desviación estándar para el intervalo de protección, guardados en la base de datos del sistema. -Log de Pronósticos de repuestos.
---------------	---

Tabla 14: Requerimiento Funcional REQ003.

Nombre del Requerimiento	REQ 003
Funcionalidad	Reaprovisionar los repuestos.
Especificación	
Entrada	Datos de material, periodo, pronóstico, factor de seguridad, desviación estándar, stock.
Proceso	El sistema determina los requerimientos de repuestos para el siguiente intervalo de protección.
Salida	-Datos de nivel máximo deseado (S) guardado de la base de datos. -Log de reaprovisionamiento de repuestos. -Gráficos estadísticos de costos (total, compra, prep. y alm., faltante). -Solicitud de pedido generada.

6.1.2 **Requerimientos No Funcionales**

Debido a que se prevé que el sistema de gestión de inventario de repuestos se desarrolle como una aplicación dentro del sistema ERP SAP la mayoría de aspectos no funcionales, tales como seguridad, capacidad, integridad, escalabilidad, etc... están ya establecidos, y son inherentes al sistema; sin embargo, se hace necesario establecer requisitos en cuanto a la usabilidad que brindará dicho sistema.

Según la Organización Internacional de Normalización (ISO, 2018), la usabilidad, en el contexto de la ergonomía de software, se define como la medida de la efectividad, eficiencia, y satisfacción con la que los usuarios consiguen determinados objetivos. Es

por ello que los criterios de medición que se establezcan para medir la usabilidad del sistema debe combinar estos tres (3) aspectos.

En la siguiente tabla se muestran las mediciones de usabilidad diseñadas para el sistema de gestión de inventario de repuestos y los requisitos establecidos:

Tabla 15: Requerimientos no funcionales.

Objetivo	Tipo de Medición	Medición	Requisito
Consecución de los objetivos de la tarea.	Efectividad	% del objetivo conseguido. (10 % de ahorro de costo total).	$\geq 95\%$
	Eficiencia	Tiempo requerido para acabar la tarea.	≤ 4 Horas
	Satisfacción	Escala de satisfacción de usuario.	5 (En escala de 1 al 5)
Que resulte fácil de manejar	Efectividad	% de tareas correctamente completadas al primer intento.	$\geq 90\%$
	Eficiencia	Tiempo empleado en el primer intento	≤ 6 Horas
	Satisfacción	Escala de satisfacción de usuario.	5 (En escala de 1 al 5)
Que los requerimientos de soporte sean mínimos.	Efectividad	Cantidad de solicitudes de soporte (tickets).	≤ 2 tickets/mes

	Eficiencia	Tiempo empleado en corrección de errores.	≤ 5 horas/mes
	Satisfacción	Escala de satisfacción de usuario.	≥ 4 (En escala de 1 al 5)

6.2 Arquitectura Tecnológica

En la actualidad la empresa Coagra, y el área de maquinaria y repuestos, utiliza para sus operaciones diarias el sistema ERP SAP, dicho sistema presenta una arquitectura cliente/servidor de tres (3) capas.

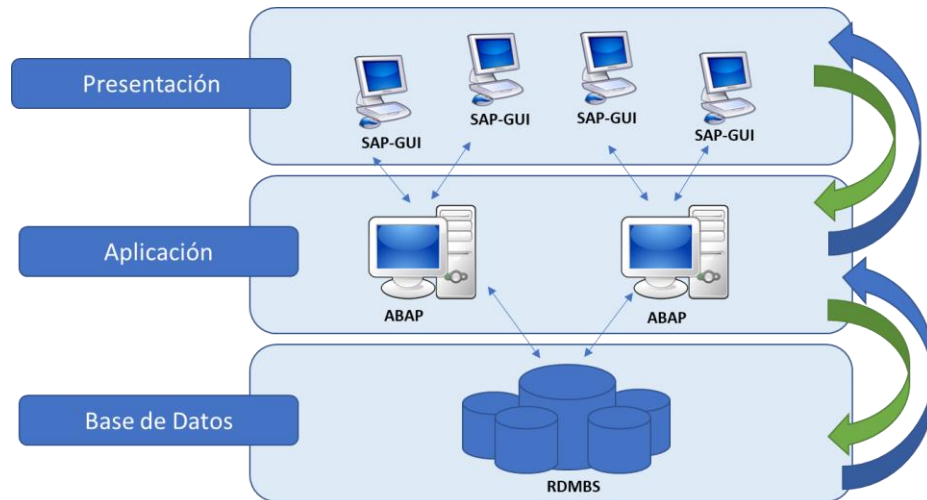


Figura 28. Arquitectura Cliente/Servidor de tres (3) capas del sistema ERP SAP.

En la figura 28 se muestra en la cima, el servidor de presentación, la cual representa cualquier dispositivo de ingreso de data usado para el control del sistema SAP, generalmente mediante la aplicación SAP GUI que se ejecuta en Microsoft Windows. La capa de presentación se comunica con el servidor de aplicación donde se ejecuta la lógica de procesos; y finalmente el servidor de aplicación se comunica con la capa de base de datos donde se almacenan sistemáticamente los datos generados. Esta

comunicación entre las diferentes capas también se desarrolla en sentido contrario desde la base de datos, pasando por el servidor de aplicación, hasta alcanzar nuevamente la capa de presentación para la interacción con el usuario.

6.3 Diseño de la Aplicación

6.3.1 Casos de Uso

El sistema de gestión de inventarios propuesta presenta tres (3) casos de uso:

6.3.1.1 Clasificar:

Se refiere a la clasificación multicriterio de los repuestos, según su criticidad, categoría SBC y categoría de costo.

6.3.1.2 Pronosticar:

Se refiere a la aplicación de los métodos de pronóstico sobre las series de tiempo históricas de los repuestos a fin de estimar las necesidades futuras.

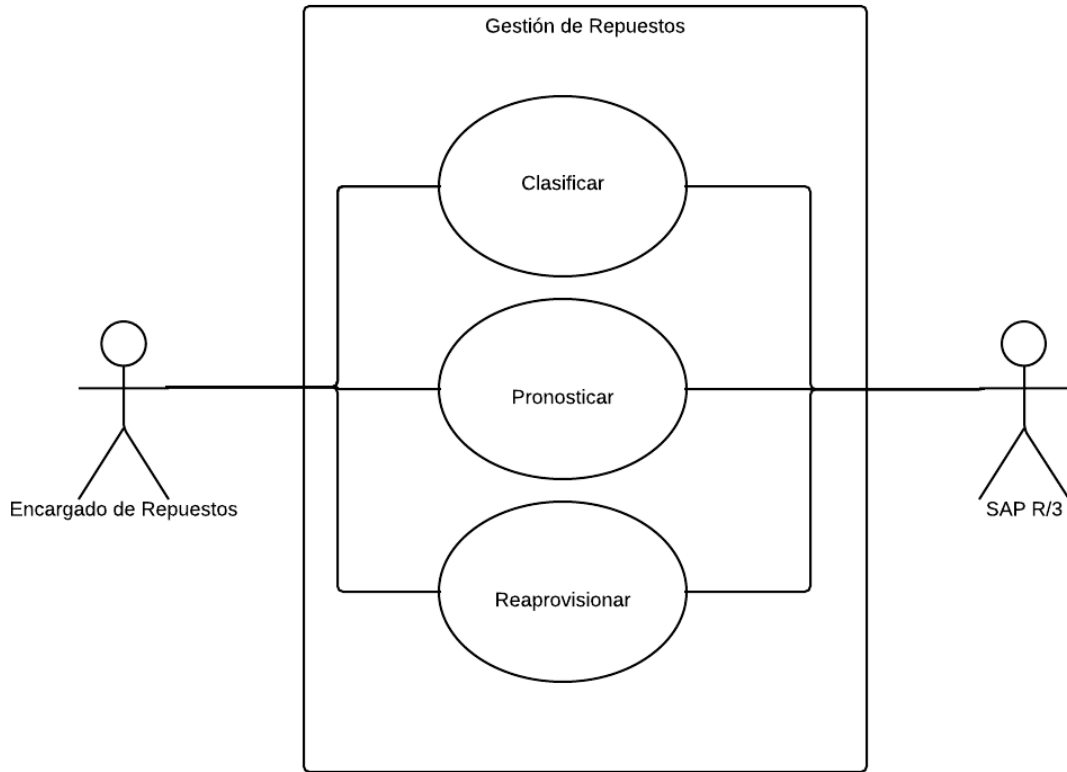


Figura 29. Diagrama de Casos de Uso del sistema de Gestión de Repuestos.

6.3.1.3 Reaprovisionar:

Se refiere al cálculo de los requerimientos de repuestos para el próximo ciclo de reaprovisionamiento.

6.3.2 *Diagramas de Secuencia*

A continuación se presentan los diagramas de secuencia del sistema de gestión de repuestos.

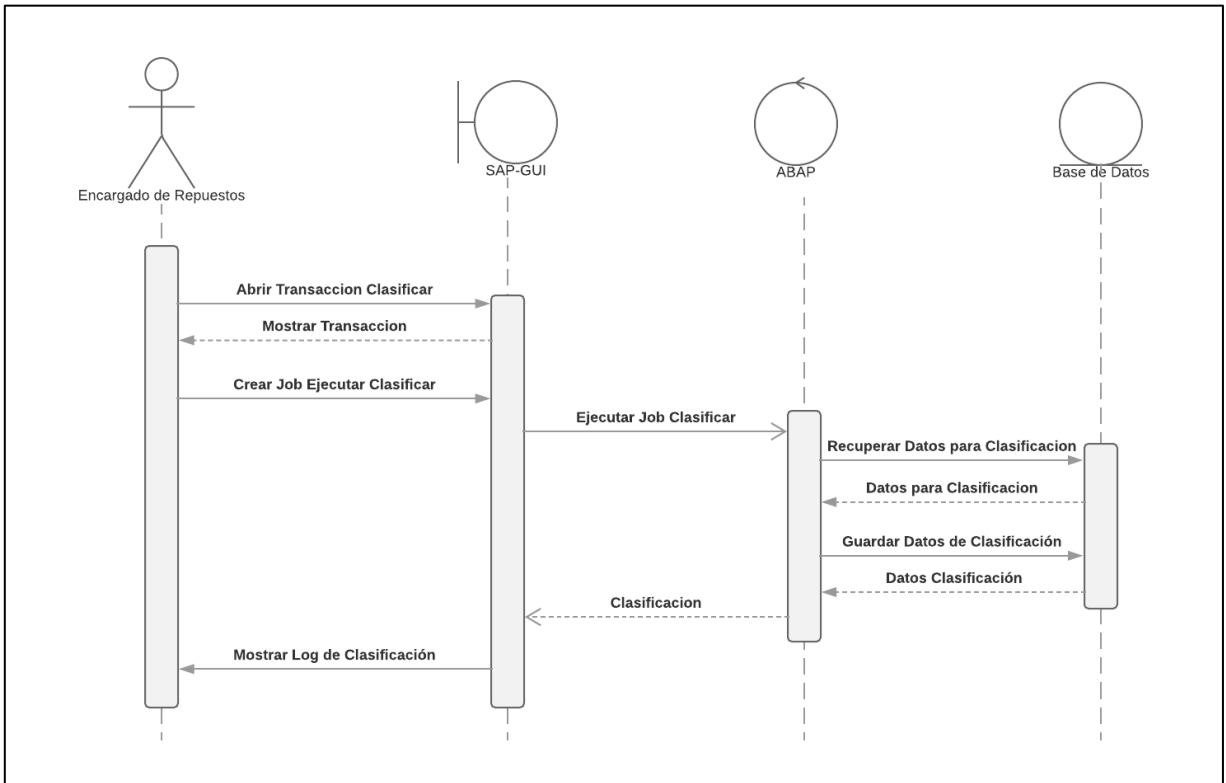


Figura 30. Diagrama de Secuencia - Clasificar.

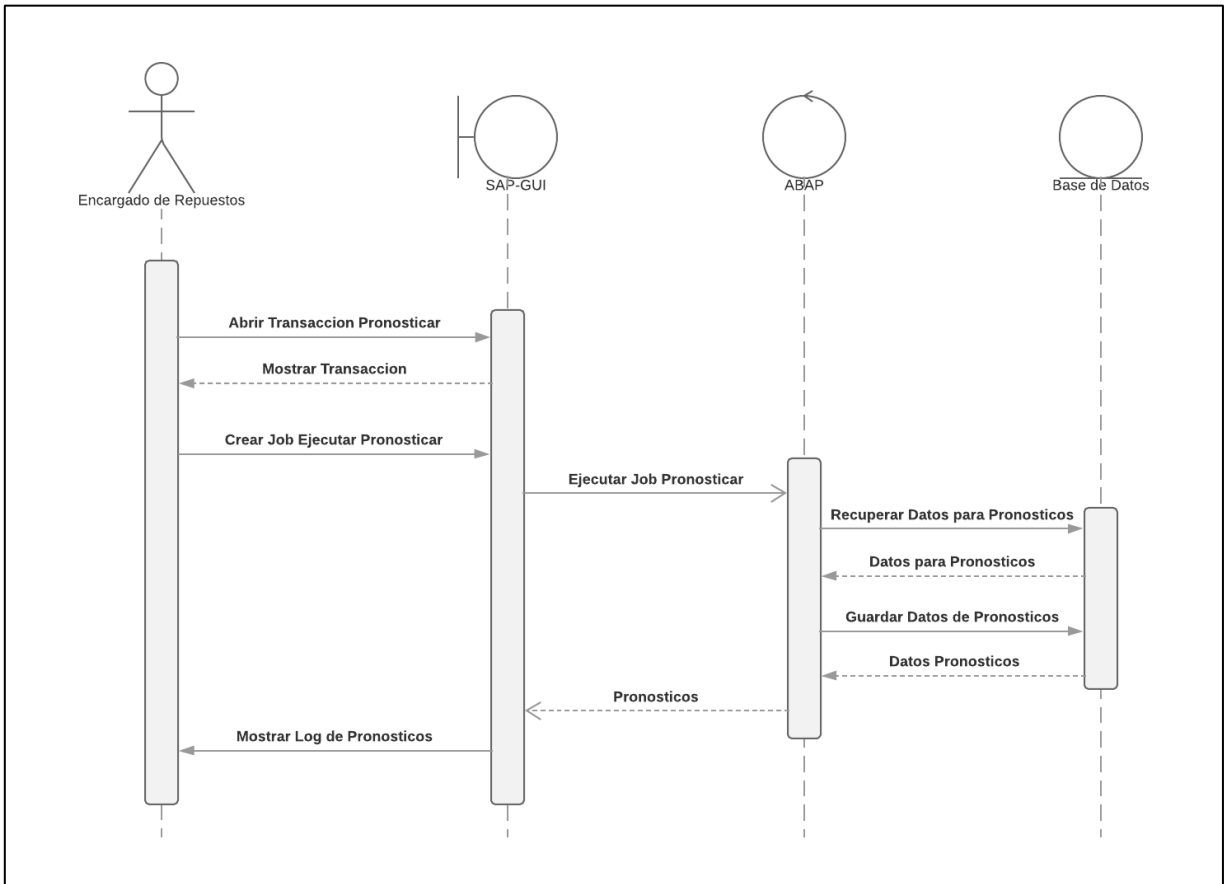


Figura 31. Diagrama de Secuencia - Pronosticar.

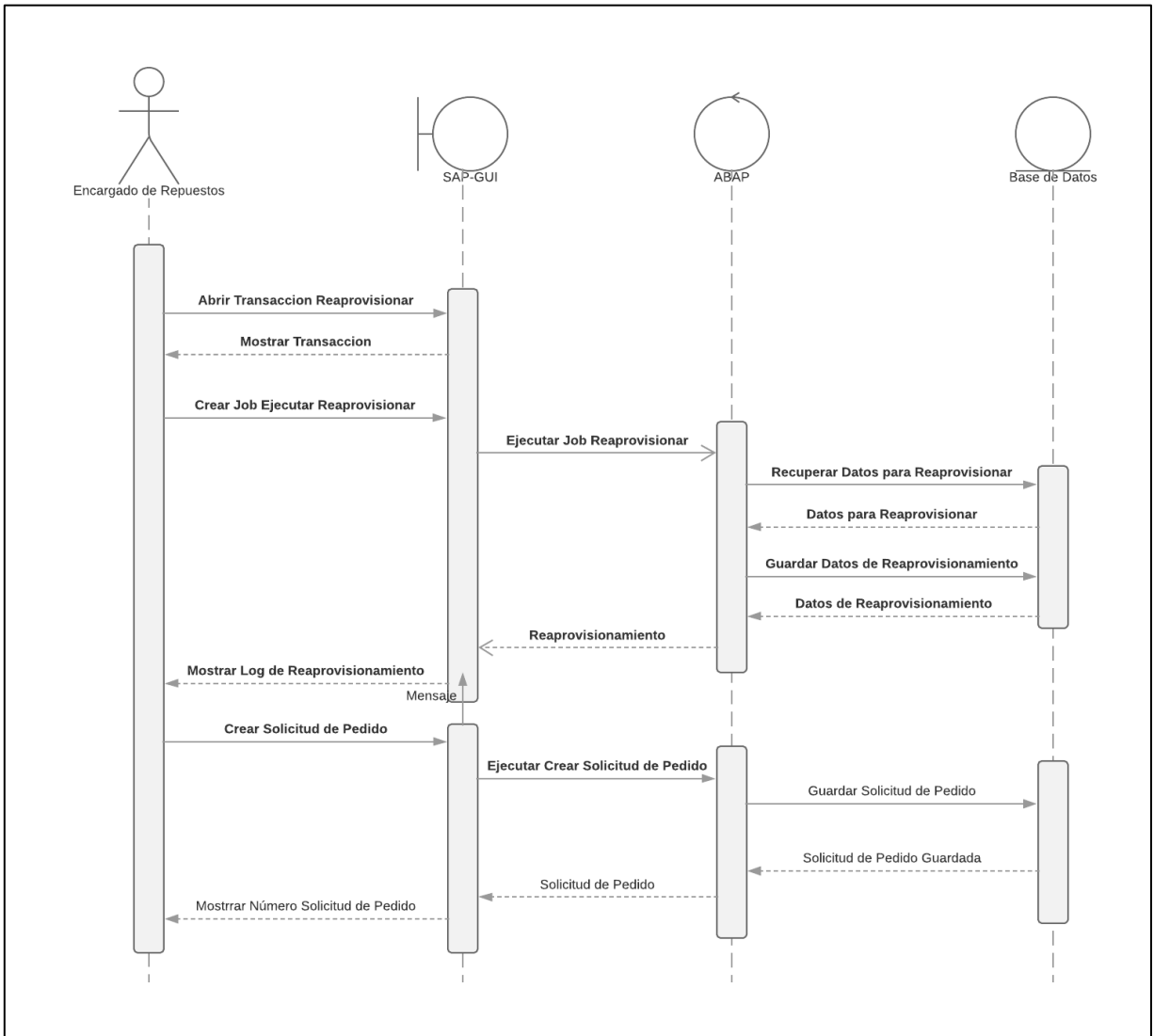


Figura 32. Diagrama de Secuencia - Reaprovisionar.

6.3.3 Diagramas de Clases

A continuación se presenta el diagrama de clases del sistema de gestión de repuestos.

CAPÍTULO 7: GESTIÓN DEL CAMBIO

7.1 CONTEXTO DE LA EMPRESA

El presente proyecto va a ser implementado en el área de maquinaria y repuestos de la empresa, en ese ámbito, el contexto de la empresa puede dividirse en varios elementos que lo conforman:

7.1.1 Descripción del tipo de usuario

La gestión del inventario de repuestos, y en específico el proceso de precisión de los requerimientos de repuestos para los tractores de la marca Valtra, esta centralizado y gestionado por un (1) usuario, el cual cuenta con un buen nivel de conocimiento y experiencia tanto en la gestión de repuestos, como en el sistema ERP SAP de la empresa y herramientas ofimáticas como Microsoft Excel que sirven de apoyo a la tarea actual de reaprovisionamiento de los repuestos.

7.1.2 Descripción del equipamiento

El sistema ERP SAP contiene en su base de datos, los datos necesarios de consumos de repuestos, y niveles de stock por periodo, los cuales son exportados desde SAP hasta hojas de cálculo de Microsoft Excel preparadas con fórmulas que contienen las reglas de negocios necesarias para llevar a cabo la clasificación, pronóstico y reaprovisionamiento de los repuestos, lo cual va en detrimento de la eficiencia y grado de confort con el cual el usuario logra los objetivos de este proceso.

7.1.3 Descripción del medio ambiente

El medio ambiente puede ser dividido al mismo tiempo en medio ambiente físico y medio ambiente social:

7.1.3.1 Medio ambiente físico

En el caso del medio ambiente físico se cuenta con condiciones adecuadas para la tarea realizada; es decir, las condiciones como iluminación, temperatura, insonoridad cumplen con los requisitos para el desarrollo de las actividades laborales.

7.1.3.2 Medio ambiente social

La gestión de repuestos se enmarca dentro de un grupo de trabajo conformado dentro la estructura organizativa del tipo línea-staff de la empresa, donde puede observarse (ver figura 34) una clara jerarquía para esta línea de negocios conformada en primer término por el gerente de maquinaria y repuestos, quien posee la autoridad directa, y funciones de jefatura como la del jefe de repuestos, pero al mismo tiempo existen roles

de staff como la gerencia de logística y de finanzas, quienes también están dotados de autoridad, y que principalmente aportan apoyo y conocimiento especializado a las diferentes áreas de la empresa.

Otra figura importante dentro de esta estructura es el comité de maquinaria y repuestos, el cual es un grupo de personas, conformado por el mismo grupo de trabajo, con deberes y autoridad formal para la toma de decisiones técnicas y administrativas.

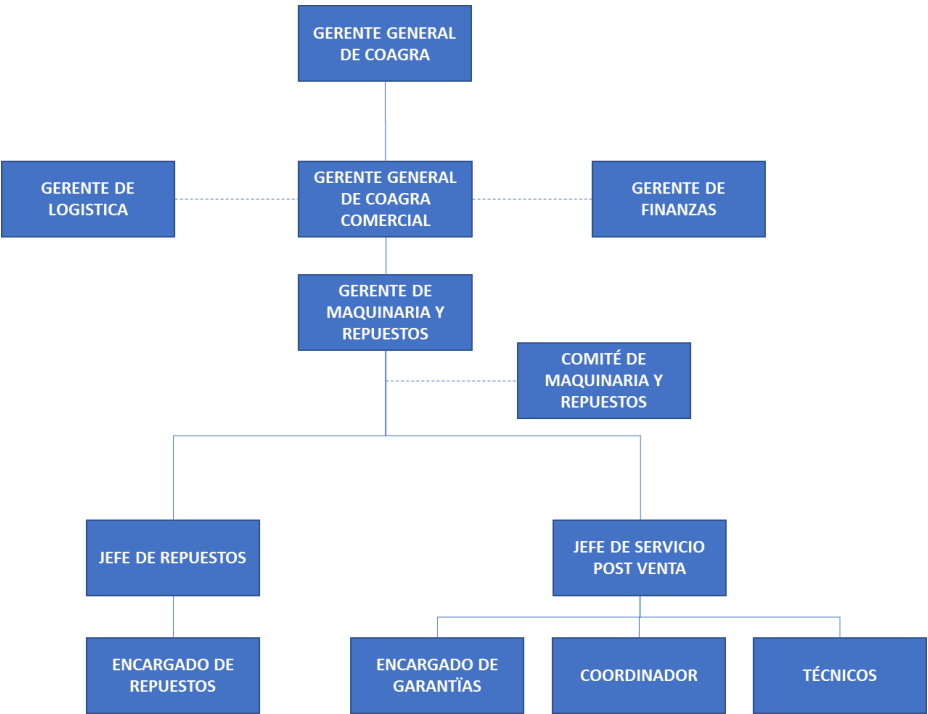


Figura 34. Estructura del grupo de trabajo para la gestión de repuestos del área de maquinaria y repuestos.

En otro aspecto, se observa que dentro de este grupo de trabajo se fomenta, en algún grado, la satisfacción de algunas de las necesidades psicológicas del empleado, como la autonomía en las decisiones dentro de su propio campo de acción, y el sentido de pertenencia al grupo, mediante diversas actividades organizadas por el departamento de recursos humanos de la empresa y la misma gerencia de maquinaria y repuestos, las cuales son claves para lograr la motivación del trabajador.

La gestión del inventario de repuestos, y en específico el proceso de precisión de los requerimientos de repuestos para los tractores de la marca Valtra, esta centralizado y gestionado por un (1) usuario, el cual cuenta con un buen nivel de conocimiento y experiencia tanto en la gestión de repuestos, como en el sistema ERP SAP de la empresa y herramientas ofimáticas como Microsoft Excel que sirven de apoyo a la tarea actual de aprovisionamiento de los repuestos.

7.1.4 Descripción de la tarea

Como se mencionó anteriormente el objetivo actual de precisión de requerimientos de compras de repuestos es el de maximizar la rotación de inventario; que puede lograrse minimizando el nivel de inventario, lo que a su vez puede ocasionar escaseces que tienen su impacto en la potencial pérdida de ingresos de la empresa, y en el servicio que se le brinda al cliente; sin embargo, se observa que el sistema actual de gestión de inventario de repuestos no le brinda al usuario las herramientas para poder medir a ciencia cierta el impacto que podrán tener determinadas decisiones de inventario en dicho indicador, y al mismo tiempo, en el servicio al cliente; tal vez afectando la motivación del empleado al sentirse en ocasiones no apto para cumplir con los objetivos esperados.

Otro aspecto a tomar en cuenta en cuanto a la tarea es, que a pesar de contar con un sistema ERP como SAP, este proceso aun requiere de mucho tratamiento manual de los datos importado desde SAP hasta hojas de calculo en Microsoft Excel, incrementándose el tiempo de procesamiento, y el riesgo de errores.

7.2 OBSERVACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN A REALIZAR

Se espera que con la implementación a realizar ocurran cambios muy beneficiosos para la organización, y esta visión es compartida con el gerente de maquinaria y repuestos de la empresa, quien presenta alta motivación e interés por el proyecto, y también por otros involucrados del área de repuestos quienes han estado colaborando con este trabajo y quienes se mantienen a la expectativa sobre el proyecto, haciendo preguntas o incluso solicitando que los cambios se empiecen a implementar de inmediato, por lo que el clima organizacional que se percibe es favorable para la realización del proyecto, y sin embargo se deben implementar estrategias para que este interés inicial no decaiga.

Por otra parte, se ha tenido especial cuidado de proponer un cambio que se encuentre en el espacio de lo factible si se toman en cuenta aspectos como el conocimiento y habilidades actuales del personal, la cultura de la organización, los recursos y

tecnología con la que se cuenta, y las relaciones con agentes externos a la empresa como lo son los proveedores, en este caso Valtra.

Adicionalmente, el momento en que se propone el proyecto también es favorable debido a que a la fecha en que se realiza el presente trabajo, la organización se encuentra en periodo de planificación estratégica, y el presente es uno de los proyectos que serán propuestos ante el comité de planificación estratégica para su realización el año entrante.

7.3 ANALISIS DE LOS PRINCIPIOS DE DISEÑO

7.3.1 *Óptica de Liderazgo y Gestión*

Es conocido que el estilo de liderazgo que se encuentra comúnmente en las organizaciones es aquel que pretende hacer que las personas realicen lo que se les pide, a través de la coacción, el temor, la exigencia lo cual no contribuye a generar los procesos de cambio requeridos.

Comunicar un sueño, una visión, una idea que logra convencer y motivar a las personas dentro de la organización; y que a su vez se relaciona con un estilo de liderazgo que persigue influir en las personas, es lo recomendable para el éxito de procesos de cambio como el que plantea este proyecto, y es por esto que dicho estilo será el que se propondrá para este proyecto.

7.3.2 *Estrategia y Sentido*

El sentido que se le confiere al proyecto tiene que ver con lo que representa el proyecto para cada uno de los involucrados en la organización, es el significado que se le confiere, y es la oportunidad para involucrar a los diferentes interesados del proyecto, y lograr que se apropien del proceso de cambio.

En este sentido es importante comprender las expectativas actuales que tienen las personas sobre el proyecto, y como lo entienden; a fin de diseñar narrativas que puedan, en primer término, comunicar el valor del proyecto tanto para ellos como individuos, como para la organización, y los desafíos y problemas a los que se verán enfrentados; y en segundo término regular las expectativas.

Tabla 16: Narrativas y ofertas para la gestión del cambio.

Actor	Interpretación del Proyecto	IQPS – DPSs - AEIOUs	Narrativas y Ofertas
Gerente de Maquinaria	El proyecto va a permitir hacer más eficiente (Disminuir costos) la operación de servicio post-venta.	El proyecto no resulte en tiempo y presupuesto. El proyecto no redunde en los	En este caso la oferta iría dirigida a facilitarle herramientas para el control y seguimiento del proyecto, es decir de gestión y planificación del proyecto.

		beneficios esperados. Afectación del proyecto en otras áreas de la organización.	Presentación de avances detallados y transparentes, y mantenerlo informado de los sucesos relevantes dentro del proyecto. Comunicarle la capacidad y experiencia del equipo del proyecto con el fin de otorgarle tranquilidad.
Jefe de Repuestos	El proyecto va a permitir obtener información valiosa para el control de la operación diaria.	Ser responsable de que el proyecto no redunde en los beneficios esperados. Mas carga de trabajo mientras dure el proyecto.	Comunicarle la capacidad y experiencia del equipo del proyecto con el fin de otorgarle tranquilidad. Presentarle el plan detallado y ser transparente en cuanto los periodos donde puede haber más carga de trabajo, de forma que pueda tomar las medidas que correspondan.
Encargado de Repuestos	Me va a facilitar las tareas de planificación.	Si no se adecua a lo que hago ahora mismo, me va a hacer el trabajo más difícil y me voy a recargar más de trabajo.	En este caso la oferta iría dirigida a que participará en las etapas de diseño del proyecto, a fin de que se apropie de la herramienta que resulte.

7.3.3 **Conservación**

En todo proyecto que implica un cambio es necesario también identificar aquello que se desea conservar; y en este caso se identifica que conservar la política actual de inventario de revisión periódica con periodo de revisión fijo (R) y nivel máximo deseado (S) o política (R, S), es esencial, en primer lugar, porque ya existe una integración con un agente externo como lo es el proveedor Valtra, con el cual existe un programa de compras actualmente, y en segundo lugar la empresa ya tiene años trabajando con este sistema y plantear un cambio en este sentido involucraría algunas resistencias dentro de la organización difíciles de superar.

7.3.4 **Estados de Animo**

La identificación y gestión de las preocupaciones y emociones de las personas es un elemento poco valorado, sobre todo en las organizaciones donde el estilo de liderazgo es el de la exigencia, y que puede ser definitivamente determinante en el éxito de un proyecto. Es por esto que se hará necesario en el presente proyecto ir identificando

los estados de ánimo de los actores intervinientes a lo largo de la distintas fases del, y en especial durante la fase de realización donde la presión se incrementa a fin de lograr la meta de tiempo y presupuesto establecida; en este caso se hará necesario movilizar estados de ánimo cuando sea necesario para dar continuidad al avance del proyecto, y al mismo tiempo ir comunicando este avance, cierre de hitos, y éxitos parciales; a fin de concluir con éxito el proyecto.

7.3.5 Comunicaciones

En general la comunicación en los proyectos se establece de manera unidireccional mediante comunicados donde se informa a los actores involucrados las actualizaciones del proyecto; sin embargo, está demostrado que el hecho prescindir de la retroalimentación los distintos actores dentro del proceso de cambio, generalmente conduce al fracaso, por esta razón se deben establecer mecanismos que permitan la escucha de estos actores a lo largo de las diferentes fases del proyecto.

7.3.6 Desarrollo de Habilidades

El proyecto aporta a la organización toda una serie de cambios en la forma de trabajo actual y en el proceso de precisión de requerimientos de repuestos, es por ello que debe preverse un espacio para desarrollar en las personas, las nuevas habilidades y los conocimientos necesarios para el uso eficiente del nuevo sistema.

7.3.7 Poder

Como en todo proyecto tecnológico en una organización se hace imprescindible contar con el poder necesario para su aprobación y puesta en marcha, que en el caso de Coagra pasa por varios roles de jerarquía, como la gerencia de línea de producto, la gerencia de coagra comercial, y la gerencia general.

En el caso específico del proyecto que se plantea este cuenta con el patrocinio de la gerencia de maquinaria y repuestos, y sin embargo aún es necesario contar con la aprobación en niveles superiores de la jerarquía, por lo que se debe realizar un trabajo en este sentido, a fin de aglutinar el poder necesario para que el proyecto pueda ocurrir.

También se prevé que ocurran ciertas resistencias debido a temores por pérdida de poder, específicamente por parte de mandos medios del área de maquinaria y repuestos por lo que habrá que hacerse cargo de posibles reacciones en este sentido.

Antes de iniciar el proyecto será importante acordar, establecer y comunicar de forma clara, los roles de liderazgo del proyecto, el personal asignado al proyecto y que proporción de su tiempo destinarán a las actividades asignadas, a fin de evitar conflictos de poder entre las diferentes áreas a las que pertenecen las personas del

grupo de trabajo interno que será conformado, aspecto que puedan retrasar la ejecución del plan trazado si no es tratado con la debida diligencia.

A continuación, se muestra la matriz poder-interés de acuerdo a la situación actual, y las posibles acciones a tomar para cada uno de los interesados identificados.

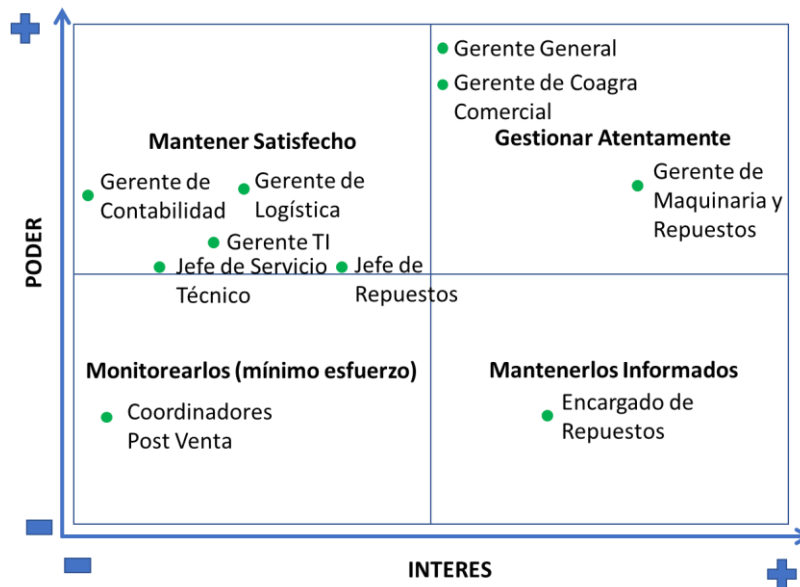


Figura 35. Matriz poder-interés del proyecto.

7.3.8 Alerta y Consciencia del Proceso

Un proyecto tecnológico siempre trae asociado ciertos riesgos que podrían hacer fracasar la iniciativa, es por esta razón que deben diseñarse ciertas instancias de seguimiento y control, que permitan ir observando lo que ocurre con el proyecto en todo momento y tomar acciones correctivas cuando sea necesario a fin de garantizar el éxito del proyecto.

7.3.9 Evaluación y Cierre

Es importante definir claramente las etapas del proceso, los hitos, el inicio y el cierre de todo proyecto, entre otras cosas para ir generando la sensación de avance; además, si no se tiene claridad en cuanto al cierre del proyecto, el esfuerzo puede finalmente disiparse, dejando el proyecto inconcluso, y una sensación de fracaso, que puede afectar el liderazgo y generar pérdida de confianza en los equipos de trabajo. De la misma manera los éxitos parciales que se vayan logrando durante el proyecto deben ser reconocidos y algunos ritos que forman parte de la cultura de la organización

deben ser puestos en práctica, como por ejemplo los cocteles al inicio y al cierre del proyecto.

7.4 CARACTERIZACIÓN DEL CAMBIO

7.4.1 Descripción del cambio

El cambio que será realizado se refiere principalmente a una modificación del proceso de precisión de requerimientos de repuestos para los tractores de la marca Valtra, que tendrá una nueva lógica de negocios y un apoyo computacional mas automatizado e integrado al sistema ERP de la empresa.

Este cambio también trae consigo el establecimiento de nuevas relaciones de integración entre los departamentos repuestos y de servicio técnico quienes hoy en día, desde un punto de vista de sistemas de información, permanecen desvinculados.

Por otra parte, existirán nuevos indicadores de desempeño para la gestión de repuestos adicionales al indicador actual de rotación de inventario; estos indicadores permitirán al personal y a la gerencia de la empresa poder controlar adecuadamente aspectos como el costo total de inventario, y el nivel de servicio que se le brinda al cliente, que hoy en día se hace de manera simplificada.

Por lo anteriormente mencionado se considera que el cambio a realizar es de segundo orden, ya que es se presenta como un cambio multidimensional, y multinivel que impacta en las relaciones de trabajo y en la manera en que se hacen las cosas actualmente.

7.4.2 Equipo de Cambio

El equipo de cambio estará conformado por los lideres involucrados directamente en el proyecto; es decir, el gerente de maquinaria y repuestos, el gerente de TI y el encargado de proyecto TI por parte de Coagra, y el gerente de TI del proveedor.

7.4.3 Resultado Deseado

El resultado es la reducción del costo total del inventario de repuestos para los tractores de la marca Valtra y un mejor nivel de servicio brindado al cliente. Pero adicionalmente, y no menos importante es que cada interesado del proyecto pueda quedar satisfecho con el producto final presentado, esto garantizará que el proyecto pueda ser visto como exitoso en la organización.

7.4.4 Aspectos Organizacionales a Considerar

Los aspectos como el conocimiento y habilidades actuales del personal, la cultura de la organización, los recursos y tecnología con la que se cuenta, y las relaciones con

agentes externos a la empresa como lo son los proveedores, en este caso Valtra, y la estructura organizativa y relaciones de poder actual serán aspectos importantes a considerar.

7.4.5 *Público objetivo del cambio*

El público objetivo del cambio es especialmente el departamento de repuestos del área de maquinaria y repuestos; sin embargo, también se considera que a otras personas dentro de esta área también les impactará el resultado del proyecto, como a la gestión de servicio técnico y al área comercial en cuanto a la venta de repuestos.

7.4.6 *Elementos para la evaluación del proceso de cambio*

El proceso de cambio debe ir acompañado permanentemente de mecanismos de monitoreo y seguimiento, a fin de corregir el rumbo cuando las cosas no están saliendo de acuerdo a lo previsto, logrando así que las probabilidades de éxito se incrementen.

De acuerdo con esto, y para el presente proyecto se establecerán reuniones semanales de seguimiento donde se evaluarán diferentes aspectos propios del proyecto como los avances, dificultades, riesgos presentes y potenciales; Así como también aspectos mas relacionados con las personas como estados emocionales, preocupaciones, bloqueos, habilidades a desarrollar, etc..

7.4.7 *Estrategias a adoptar por etapa del proceso de cambio*

El proceso de cambio comprenderá varias etapas las cuales irán acompañadas de algunas estrategias de gestión del cambio:

1. Preparación Inicial:

En esta etapa se prepara el plan de trabajo definiéndose los objetivos, el alcance del proyecto, los entregables, y el cronograma de trabajo, y adicionalmente se comienza a estructurar el equipo de trabajo.

Es importante durante esta etapa, poder definir lo que se conserva y lo que no, diseñar las narrativas y ofertas para los diferentes actores; así como también, las practicas de trabajo que deberán ser instaladas durante todo el proyecto, como por ejemplo las reuniones de seguimiento del proyecto; y que deberán ser seguidas por el equipo de trabajo que deberá conformarse en esta etapa, atendiendo a las habilidades requeridas para el proyecto.

También, al cierre de esta etapa será necesario que intervenga el liderazgo del proyecto convocando a los involucrados, a fin de presentarles una visión sobre el proyecto que pueda ser compartida por todos, y al mismo tiempo movilizar las preocupaciones y estados de ánimo, bien sea de forma grupal o individualmente.

Finalmente una celebración por el inicio del proyecto será un buen aliciente para dar inicio a las jornadas de trabajo establecidas.

2. Business Blueprint:

En esta etapa se busca entender con claridad el proceso actual y los requerimientos del negocio en cuanto al sistema que se desarrollará, e ir documentándolos en detalle.

A nivel de gestión del cambio se hace imprescindible la comunicación, escuchar, más que proponer en primera instancia, generar los espacios y la confianza para que este intercambio pueda realizarse de la forma más efectiva posible.

También es el primer momento para el desarrollo de habilidades, especialmente en los usuarios que necesitan comprender en esta etapa de que forma se piensan rediseñar los procesos tomando en cuenta las necesidades expresadas, y cuales son las potencialidades de la tecnología que permitirán dar apoyo a este proceso; este proceso también ayudará a disminuir ansiedades y preocupaciones.

3. Realización:

Es esta etapa donde se debe iniciar y concluir el desarrollo del sistema, en base a los requerimientos de negocio definidos y documentados en la etapa anterior.

Es una etapa de mucha tensión para todo el equipo, ya que el equipo desarrollador deberá cumplir con los requerimientos solicitados por los usuarios en las fechas estipuladas. Las tensiones pueden escalar entre los usuarios y el equipo desarrollador, pudiéndose presentar conflictos ya que por una parte los usuarios querrán asegurarse de que el sistema pueda realizar lo que necesitan, llegando a requerir cambios importantes no discutidos previamente; y por otra parte el equipo desarrollador querrá cumplir con el tiempo y el presupuesto. Si bien estas situaciones deberían presentarse al mínimo siendo que se hubiere realizado una buena definición de alcance y gestión de la comunicación en la etapa de business blueprint, siempre deberá preverse la gestión del contexto emocional y los mecanismos de resolución de conflictos por parte del liderazgo del proyecto.

También es el segundo momento para el desarrollo de habilidades, donde en la medida en que se tenga un prototipo ya avanzado se debe ir capacitando a usuarios clave, en su utilización, y habilitándolo para que realicen las pruebas pertinentes a la herramienta.

4. Preparación final

En esta etapa se presenta el sistema ya desarrollado a los usuarios en su versión final, y se realizan las debidas preparaciones para la transición del sistema antiguo al nuevo sistema.

Luego de haber enfrentado y sobrellevado diversos obstáculos en las fases anteriores, el agotamiento puede hacerse presente en esta fase, por lo que gestión del contexto emocional sigue siendo imperativa, y generalmente será para motivar, animar, energizar y brindar el último impulso que necesita el equipo de proyecto para concluir con éxito el proyecto.

El aspecto comunicacional se hace presente durante esta fase donde debe gestionarse la debida información a todos los involucrados acerca de la transición por venir, a la vez que coordinar las acciones necesarias.

5. Go-Live y Soporte

En esta fase finalmente el proyecto se pone en marcha y las operaciones diarias de la empresa empiezan a operar con el nuevo sistema.

Para dar comienzo a esta etapa es importante una celebración por la realización exitosa del proyecto, dándose por superados los múltiples retos a los que se vieron enfrentados los miembros del proyecto, y otorgando merecidos reconocimientos al equipo, con la intención de generar en ellos la sensación de logro y confianza que permanecerá en los miembros y en la organización de cara a futuros proyectos.

Y por otra parte, se hace necesario evaluar los resultados y constatar y documentar junto con el equipo las lecciones aprendidas, a fin poder utilizar dicho aprendizaje en futuros procesos de cambio.

7.5 FACTORES CRÍTICOS DE ÉXITO

7.5.1 *Involucramiento del sponsor*

Es importante que el sponsor se encuentra motivado y alineado con el proyecto dado que de él dependerá la aprobación del proyecto por parte de los altos mandos de Coagra Comercial, y la obtención de los recursos financieros para su desarrollo.

7.5.2 *Apoyo de los mandos medios y analistas*

Si bien es importante contar con el apoyo del sponsor, el involucramiento de los mandos medios como el jefe de repuestos, y de los analistas, es también importante, en el sentido en que son ellos quienes tiene la experiencia y el conocimiento de como

opera el proceso en un sentido práctico, por lo que de su motivación y apropiación del proyecto dependerá el logro de los objetivos planteados.

7.5.3 **Desarrollo de habilidades**

El proyecto que se plantea presenta una importante complejidad, por lo que en primer lugar el equipo desarrollador del proyecto debe contar con las habilidades necesarias requeridas para la implementación que se requiere; y es por esto que se hace necesario identificar las habilidades con que cuenta el equipo que se conforme ,y las que se deben desarrollar, a fin de implementar mecanismos que permitan nivelar dichas habilidades, creando los espacios de aprendizaje que se requieran.

Adicionalmente se debe ir cuidando que los usuarios comprendan de que forma se piensan rediseñar los procesos tomando en cuenta sus necesidades, y cuales son las potencialidades de la tecnología que permitirán dar apoyo a este proceso.

7.6 **PLAN DE GESTIÓN DEL CAMBIO**

A continuación se presenta el plan de gestión del cambio del proyecto.

Tabla 17: Plan de Gestión del Cambio.

Proyecto Implementación Sistema de Gestión de Repuestos												
Prep. Inicial	Business BluePrint	Realización							Pruebas		Preparación Final	Go-Live y Soporte
									Ciclo 1	Ciclo 2		
S1	S2	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S11	S12	
Foco de Gestión del Cambio												

Cambio y Conservación; Sentido y Apropiación; Liderazgo del Proyecto de Cambio; Gestión del Proyecto de Cambio, Inicio y Ritos.	Comunicación; Desarrollo de Habilidades	Gestión del Contexto Emocional; Desarrollo de Habilidades	Gestión del Contexto Emocional; Desarrollo de Habilidades ; Liderazgo del Proyecto de Cambio	Gestión del Contexto Emocional; Comunicación, Gestión del Proyecto de Cambio	Evaluación Cierre y Ritos
---	---	---	--	--	---------------------------

CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se identifican las inversiones, beneficios y costos que deberán ser considerados para implementar el proyecto, obteniendo finalmente el flujo de caja del proyecto.

El tipo de evaluación que se realiza es una evaluación privada dado que el objetivo es medir si el proyecto es rentable para los accionistas de Coagra.

El horizonte de evaluación del proyecto será de cinco (5) años con una reinversión en el año dos (2), a fin actualización del software; ya que se estima que en ese tiempo pueden haber cambios en la tecnología, y nuevas y mejores técnicas de uso común en la industria para la gestión del inventario de repuestos.

8.1 Análisis Retrospectivo

Para la evaluación del presente proyecto se llevó a cabo un análisis retrospectivo, el cual se presenta a continuación.

8.1.1 Presentación de datos

Para el análisis retrospectivo llevado a cabo, se contó con la data histórica de los consumos de aproximadamente 2100 SKUs utilizados por los tractores de la marca Valtra. La data disponible cubre un periodo desde julio 2014 hasta junio 2018.

El objetivo de este análisis retrospectivo fue el de comparar el desempeño del modelo propuesto contra el modelo actual de gestión de inventario de la empresa. La simulación fue realizada utilizando la aplicación Jupyter Notebook y el código fue escrito en el lenguaje de programación R. El foco fue puesto en una muestra de SKUs disponibles con data histórica disponible de la marca Valtra.

Con esta data, y partiendo desde un stock inicial en fecha de inicios de julio 2015, tomado directamente de la base de datos del ERP SAP, se procedió en primer lugar a ejecutar la lógica de negocios actual de la empresa a fin de estimar los niveles de inventario requeridos para los siguientes periodos hasta junio 2018 (los primeros 12 periodos de la data se utilizaron para realizar el pronóstico inicial con el que se daría inicio a la simulación); esto es, tal como se especifica en la sección 4.3 (Diagnostico de la Situación Actual). Los resultados de esta simulación fueron en primer lugar, los niveles de inventario realizados en cada periodo para cada uno de los repuestos de la muestra, el nivel de servicio alcanzado, y en segundo lugar el costo total por periodo y sus componentes.

Posteriormente con la misma data, y partiendo con el mismo stock inicial, se procedió a ejecutar la lógica de negocios propuesta, tal como se especifica en la sección 5.4 (Diseño de Lógica de Negocios); de la misma manera los resultados de esta simulación

fueron en primer lugar, los niveles de inventario realizados en cada periodo para cada uno de los repuestos de la muestra, el nivel de servicio alcanzado, y en segundo lugar el costo total por periodo y sus componentes.

8.1.2 **Resultados Obtenidos**

Los resultados obtenidos fueron evaluados en base a los objetivos de costos y servicio planteados. Siendo que en el caso de los costos la función objetivo es la del costo total, compuesta por el costo de compra, el costo de preparación y almacenamiento, y el costo de faltante.

$$C_t = C_r + C_c + C_s$$

En el caso del modelo propuesto para Coagra dichos costos se calculan tal cual como se señala en Silver et al (2017), (Ver sección 2.3.1.1) a excepción del costo de compra para el cual se calcula la parte variable de dicho costo, tal como se describe a continuación:

8.1.2.1 **Costo de Compra C_r**

El costo de compra en el caso de Coagra se compone de una parte fija (costo de colocación del pedido), y otra variable (el costo de adquisición) que resulta de multiplicar la cantidad de artículos pedidos por el valor unitario del artículo, para lo cual en este caso se utilizó el costo promedio ponderado (PPP) del artículo; y es este, el componente variable del costo de compra, el relevante para el estudio, ya que es influyente en la decisión, por lo que se establecerá mediante la siguiente relación:

$$C_r = \text{Costo Promedio Ponderado (PPP)} * \text{Cantidad de Pedido.}$$

A continuación, se presenta una tabla resumen con los costos anuales de preparación y almacenaje y costos de stockout de los últimos tres (3) años, en la cual puede observarse como el costo total se reduce en un poco mas del 10 % anual con respecto a la situación actual.

Tabla 18: Costos mensuales de compra, preparación y almacenaje, stockout, y total del inventario de repuestos del modelo propuesto entre los años 2015 y 2018.

Periodo	Costo de Compra (M \$)	Costo de Prep. y Alm. (M \$)	Costo de Faltante (M \$)	Costo Total (M \$)
14	16595,18	31607,55	1771,29	49974,02
15	18480,94	32285,03	2398,90	53164,88
16	24284,16	30771,18	5853,75	60909,09
17	55653,95	29861,20	6108,16	91623,30
18	61191,24	29951,34	5210,26	96352,84
19	25125,97	32415,33	4901,39	62442,70
20	32055,04	33177,42	4917,49	70149,95
21	19331,08	33461,06	5195,90	57988,04
22	32591,30	33220,61	5678,22	71490,14
23	33887,92	32374,83	6114,52	72377,26
24	28079,18	31879,07	6035,53	65993,77
25	36925,14	30327,47	5284,92	72537,53
26	37062,47	29845,84	6532,03	73440,35
27	41111,81	29309,51	6603,20	77024,52
28	40045,13	29247,40	6211,36	75503,89
29	40212,30	28689,18	5724,30	74625,78
30	43528,29	28435,50	4093,13	76056,93
31	26880,31	29056,96	4820,55	60757,82
32	27373,20	29576,77	6300,32	63250,29
33	32429,08	29510,47	7126,39	69065,94
34	46754,42	27489,38	7685,23	81929,03
35	33778,91	28320,18	7981,19	70080,27
36	37457,17	28660,81	6389,90	72507,88
37	47944,69	28894,73	7378,39	84217,81
38	34230,62	29496,71	8018,76	71746,09
39	48982,47	29747,91	6386,33	85116,71
40	51096,15	29441,72	6299,19	86837,05
41	33985,95	30901,55	6853,86	71741,36
42	41170,38	30710,21	7156,16	79036,75
43	35532,10	30806,10	5604,90	71943,10

44	36507,67	31618,97	5583,91	73710,55
45	30908,74	32667,74	7088,78	70665,26
46	40012,32	32032,91	7557,52	79602,74
47	40067,95	31442,82	6522,38	78033,15

En la situación propuesta (Ver figura 36, y 37) puede observarse que mientras se reduce la inversión en inventario, los costos de faltante, y de preparación y almacenamiento, se mantienen nivelados, mientras que los costos de compra no presentan fluctuaciones importantes como en el caso del modelo actual.

Adicionalmente, y tal como se muestra en el Anexo A, puede demostrarse que con el modelo propuesto, a diferencia de lo que puede verse con los resultados actuales, se logra una mejor aproximación a los niveles de servicio mínimo requeridos establecidos para cada clase de repuesto; aproximación que puede ser de dos tipos; bien sea que se incrementa el nivel de servicio o disminuye con respecto al actual.

Con respecto a este último punto, en la tabla que se muestra en el Anexo A puede verse que por ejemplo en el caso de los repuestos de la clase 5, para los cuales la gerencia decidió que deberían ser suministrados a pedido, la simulación del modelo, utilizando la nueva lógica de negocios, tiende a ir eliminando el stock que va quedando, sin realizar nuevas reposiciones. El caso contrario puede ejemplificarse con los repuestos de la clase 1 para los que se logra mantener el nivel de servicio requerido cercano al 100%.

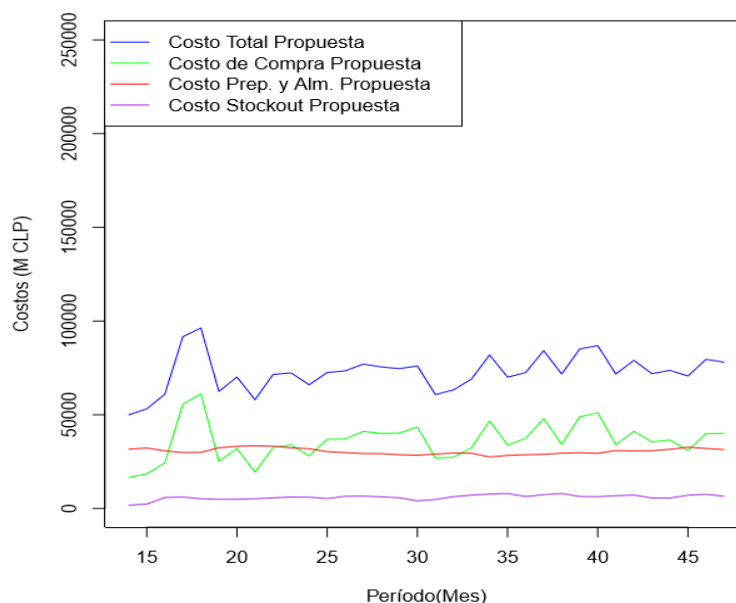


Figura 36. Costos mensuales de compras, preparación y almacenaje, stockout, y total del inventario de repuestos del modelo propuesto entre los años 2015 y 2018.

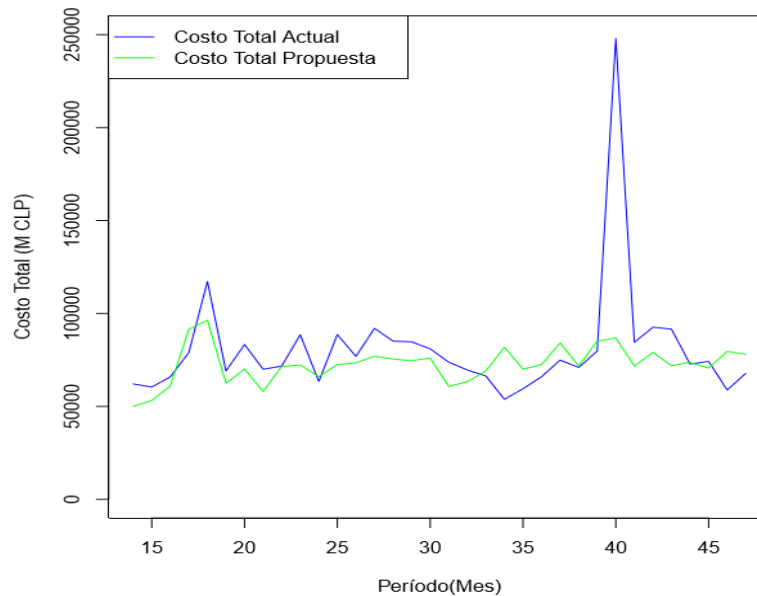


Figura 37. Costo total mensual modelo actual vs. costo total mensual modelo propuesto entre los años 2015 y 2018.

Finalmente a fin de validar los resultados se programaron cuatro (4) sesiones en las que participaron el equipo de gestión de repuestos y el gerente de maquinaria y repuestos, evaluándose y comprobándose lo siguiente:

Sesión 1: Comprobación de la fidelidad de los datos históricos de consumo seleccionados en la muestra y del modelo de la lógica de negocios programada en R basándose en la lógica actual del proceso.

Sesiones 2 y 3: Comprobación de la exactitud de la clasificación, pronósticos y niveles de inventario calculados por ambos modelos (actual y propuesto), contrastando con data real del sistema ERP SAP en el caso del modelo actual.

Sesión 4: Comprobación de los resultados obtenidos del costo total y sus componentes por periodo.

Finalmente, en las sesiones realizadas se evidenció que los resultados presentados son validos y el modelo propuesto si logra un mejor desempeño en la gestión de repuestos.

8.2 Definición de Beneficios Y Costos

8.2.1 Ingresos por Ventas

El ingreso del proyecto, viene dado por el ahorro en el costo total de inventario; esto es, debido a la disminución esperada en los costos de compra, preparación y almacenamiento, y faltante, los cuales en conjunto conforman dicho costo total. Cabe destacar, que para el cálculo de este costo, a los fines realizar el flujo de caja solo se tomó en cuenta el valor incremental del mismo con respecto al costo total del inventario de la situación actual.

8.2.2 Gastos de Administración y Ventas

Los gastos de administración y ventas vienen dados por el equipo de TI que estará dando soporte al software y modelo implementado (Ver tabla 18) luego de la puesta en marcha del proyecto; se considera como un costo de oportunidad dado que este equipo estará conformado por personal interno que en parte dejará de atender el soporte y proyectos de otros sistemas de la compañía. Se considera entonces este costo como los beneficios que se dejan de percibir por no tener a este personal atendiendo otros proyectos y dando el soporte a otros sistemas.

Tabla 19: Gastos Administrativos y de Ventas – Soporte TI.

Rol	Tarifa (UF/Hr)	Utilización Soporte TI (Hrs.)					Total (Hrs)	Total (M \$)
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5		
Utilización Analista SAP ABAP	0,22	60	24	60	24	12	180	1092
Utilización Analista SAP MM	0,22	60	24	60	24	12	180	1092
Total Soporte TI	0,44	727,74	291,09	727,74	291,09	145,55	360	2183

8.2.3 Amortización del Activo Intangible

Se considera que la inversión del proyecto se amortiza en cinco (5) años mediante el método de la línea recta, considerando también un incremento debido a la reinversión realizada por actualización del modelo y del software en el año dos (2).

8.2.4 Impuesto a las Empresas

Al ser una empresa con fines de lucro, dentro del flujo de caja deben ser considerados los impuestos a pagar por las utilidades que el proyecto traerá consigo, que en este caso asciende al 27% en Chile.

8.2.5 Inversión Fija

La inversión fija consta de:

El desarrollo externo del modelo y del software que se estima con una duración de tres (3) meses y para lo cual se requerirá de la contratación de un proveedor externo (Ver tabla 19).

Tabla 20: Desarrollo del Software - Proveedor Externo.

Rol	Tarifa (UF/Hrs.)	Utilización (%)	Utilización (Hrs.)	Total (M \$)
Gerente de Proyecto TI	0,8	100%	540	11908
Analista SAP ABAP	0,5	80%	432	5954
Analista Funcional SAP	0,5	60%	324	4466
			Total	22328

Adicionalmente se requerirá durante el proyecto la utilización de un porcentaje de tiempo del personal interno (Ver tabla 20), considerándose este como un costo de oportunidad, dado que este equipo estará conformado por personal que dejará de atender parte de sus actividades diarias para dedicarlas al proyecto. Se considera entonces este costo como los beneficios que se dejan de percibir por no tener a este personal atendiendo otras tareas, proyectos o dando el soporte a otros sistemas en el caso del personal TI.

Tabla 21: Desarrollo del Software – Personal Interno.

Rol	Utilización (%)	Valor (M\$)
Gerente de Maquinarias	20%	2500
Jefe de Repuestos	30%	1800
Encargado de Repuestos	100%	2400
Gerente de Proyecto TI	20%	1500
Encargado de Proyecto TI	50%	2500
Analista SAP MM	30%	1100
Total		11800

8.2.6 *Recuperación del Capital de Trabajo*

Se considera que el proyecto recupera parcialmente una parte de la inversión en capital de trabajo en el año uno (1), que corresponde a la variación en la inversión en inventario de repuestos la cual se va a ver reducida con la implementación del proyecto.

8.2.7 *Tasa de Descuento*

Para el cálculo de la tasa de descuento se utilizó el modelo Capital Assets Pricing Model (CAPM) utilizando como beta el indicado por Aswath Damodaran para empresas Retail (Líneas Especiales) de Estados Unidos el cual es de 0,79; por lo que se aplica también la tasa libre de riesgo de ese país equivalente a 2,98% anual, y el premio por riesgo de Estados Unidos ($R_M - R_{LR}$) equivalente a 5,62% anual. Posteriormente se le incorpora al cálculo de la tasa de descuento, la prima por riesgo país Chile que actualmente alcanza el 1,22% anual.

$$r = [R_{LR} + (R_M - R_{LR})\beta] + Prima\ Riesgo\ País\ (Chile)$$

$$r = [0,025 + (0,0562)0,79] + 0,0122$$

$$r = 9\%$$

Donde:

r = Tasa de descuento.

R_{LR} = Tasa libre de Riesgo EEUU.

$(R_M - R_{LR})$ = Premio por Riesgo.

β = Beta empresas retail (Lineas especiales) EEUU.

8.2.8 *Valor Residual del Activo Intangible*

Para el cálculo del valor residual se utilizó el método de los flujos de caja descontados: utilizando la fórmula para un flujo constante en tiempo finito; y tomando como tasa de descuento el 9% calculado, y un tiempo de tres (3) años adicionales para evaluación, en los cuales se estima que el proyecto seguirá generando beneficios y el flujo de caja al activo en el último año.

$$V = \frac{F_N [(1+r)^M - 1]}{r[(1+r)^M]}$$

$$V = \frac{25.812[(1+0,09)^3 - 1]}{0,09[(1+0,09)^3]}$$

$$V = 85.326$$

Donde:

F_N = Flujo de caja del activo en el último año.

r = Tasa de descuento.

M = Periodos adicionales de vida útil del activo intangible.

8.3 Flujo de Caja

En la Tabla 20 se presenta el flujo de caja del proyecto junto con el cálculo de los indicadores de rentabilidad. El VAN equivale a 416.471 M\$ y la TIR es de 756%.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(+) Ingresos por Ventas		99.733	99.733	99.733	99.733	99.733
Ahorro de Costo Total		99.733	99.733	99.733	99.733	99.733
(-) Gastos de Administración y Ventas		-728	-291	-728	-291	-146
Equipo Soporte TI		-728	-291	-728	-291	-146
(-) Amortización Activo Intangible		-4.466	-4.466	-8.187	-8.187	-8.187
Implementación proyecto		-4.466	-4.466	-8.187	-8.187	-8.187
(=) Resultado Operacional (A)		94.540	94.976	90.818	91.255	91.400
(=) Resultado No Operacional (B)		0	0	0	0	0
(=) Utilidad antes de Impuesto (A+B)		94.540	94.976	90.818	91.255	91.400
(-) Impuesto a las empresas		-25.526	-25.644	-24.521	-24.639	-24.678
(=) Utilidad después de Impuesto (A+B)		69.014	69.333	66.297	66.616	66.722
(+) Amortización		4.466	4.466	8.187	8.187	8.187
(=) Flujo Operacional (C)		73.480	73.798	74.484	74.803	74.909
(-) Inversión Fija	-22.328	0	-11.164	0	0	0
Desarrollo Proveedor Externo	-22.328		-11.164			
(+) Valor Residual de los Activos						85.326
Valor Residual del Activo Intangible						85.326
(+) Recuperación de Capital de Trabajo		109.103				
(=) Flujo de Capitales (D)	-22.328	109.103	-11.164	0	0	85.326
(=) Flujo de Caja Privado (C+D)	-22.328	182.583	62.634	74.484	74.803	160.236
VAN	\$416.471					
TIR	756%					

Figura 38. Flujo de Caja del Proyecto (Cifras en M \$).

8.4 Análisis de Sensibilidad

Para el análisis de riesgo se utilizó la técnica del análisis de escenarios definiendo varios escenarios dentro de los cuales se escogieron distintos valores para la variable ahorro de costo total, cuyo valor base representa un 10 % de ahorro sobre el costo total actual, por lo que se procedió a simular el flujo de caja rebajando o incrementado este porcentaje en 2,5% y 5%. Los resultados pueden verse en la Tabla 21.

Tabla 22: Análisis de Escenarios.

Variable	Pesimista	Medio (-)	Base	Medio (+)	Optimista
Ahorro de Costo Total	-5%	-2,5%	0	2,5%	5%
VAN (M \$)	248.438	332.454	416.471	500.487	584.503
TIR	460%	609%	756%	901%	1046%

CAPÍTULO 9: CONCLUSIONES

La empresa en donde se realizó el presente proyecto, dedicada a la distribución de agroinsumos, ha tenido como parte de su estrategia corporativa la expansión de sus operaciones en el mercado chileno a fin de lograr economías de escala y de alcance que le permitan obtener ventajas competitivas, bajo este marco, la empresa decide ampliar su catálogo de productos, adquiriendo en años anteriores la distribución exclusiva de la marca de tractores agrícolas Valtra; siendo que, esto trajo consigo la necesidad de mantener un completo stock de repuestos para dicha maquinaria que actualmente representa uno de los mayores ítems de costo para esta área de negocios.

Debido al comportamiento probabilístico de la demanda de repuestos, la gestión de un stock de esta naturaleza no ha sido tarea fácil, y ha requerido que Coagra implemente un proceso de precisión de requerimientos para este inventario, con características particulares, que fueron presentadas durante el desarrollo de este trabajo, y que como pudo verse, su enfoque actual es “simplificado”, siendo su objetivo intrínseco, la disminución del costo total de mantenimiento de dicho stock.

A pesar de ello, se ha verificado mediante un análisis retrospectivo, para el cual se contó con la data histórica de los consumos de aproximadamente 2100 SKUs utilizados por los tractores de la marca Valtra, en un periodo que va desde julio 2014 hasta junio 2018, que han existido sobre costos en ciertos periodos, y por otra parte, en otros periodos se aprecia una caída del nivel de servicio; esto se debe, en primer lugar, a las deficiencias del proceso actual, que incluye una clasificación mono-criterio de los repuestos, métodos de pronóstico no adecuados para el patrón de demanda presentado, y cálculo de niveles máximos de inventario con enfoque “simplificado”, y en segundo lugar la imposibilidad de vincular directamente, las decisiones que se toman en el marco del actual proceso, a objetivos específicos de costos y/o nivel de servicio, que han conducido a la toma de decisiones que se alejan de la situación óptima.

A este respecto, se propuso en el presente trabajo el rediseño del proceso de precisión de requerimientos de repuestos; teniendo siempre presente el planteamiento de la metodología de la ingeniería de negocios, que establece que todo proceso debería conducir a un objetivo final claro, que en este caso sería la disminución del costo total y la mejora del nivel de servicio al cliente, y que además este objetivo debe contribuir directamente con los lineamientos estratégicos fijados por la empresa donde se desarrolla la mejora, que en el caso de Coagra serían, la reducción de costos y eficiencia operacional, y el foco de acción centrado en el cliente.

Considerando lo anterior, el primer paso para el rediseño del proceso fue entonces advertir que no todos los repuestos revisten la misma importancia para el cliente, que no todos los repuestos presentan la misma frecuencia y magnitud de demanda, y que habría que considerar también los costos asociados a los repuestos, a partir de lo cual fue posible plantear una modificación al sub-proceso de clasificación, adoptando un modelo de clasificación multicriterio que permitiera tomar en consideración dichos criterios, resultando esto en el establecimiento de niveles de servicio mínimos para cada clase de repuesto, métodos de pronóstico adecuados, y políticas para el cálculo del nivel máximo de inventario diferenciadas para cada clase.

Así, posteriormente se incluyeron nuevos métodos de pronóstico como parte del sub-proceso de pronóstico, lográndose distribuir las estimaciones de demanda de forma óptima a lo largo de las series de tiempo en estudio; lo que en conjunto con un nuevo método de cálculo del nivel máximo que se integró en el sub-proceso de reaprovisionamiento, dieron como resultado la reducción del costo total en comparación con el costo total del modelo actual; y sin embargo llegando a alcanzar niveles de servicio muy cercanos a los exigidos para cada clase de repuesto.

Como puede verse, la base para lograr los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo ha sido en primer término la clasificación multicriterio de los repuestos, que integrada en la lógica del proceso rediseñado, permitió derivar una serie de decisiones que sirvieron de insumo para hacer más eficientes los sub-procesos de pronóstico y reaprovisionamiento a fin de poder lograr los objetivos de costo y niveles de servicio requeridos. Esto es, debido a la naturaleza altamente variable de los repuestos y la gran cantidad de ellos que pueden llegar a mantenerse en el stock, se hace necesario un enfoque detallado que permita diferenciarlos adecuadamente para el logro de ciertos objetivos, y es esto lo que se logra a través de la clasificación multicriterio.

Y en segundo término, la elección de métodos de pronóstico adecuados y técnicas de optimización, que al ser integradas en el proceso rediseñado, permiten minimizar las desviaciones de los pronósticos con respecto a los consumos reales, contribuyendo de igual forma a alcanzar los objetivos de costo y nivel de servicio planteados.

En este punto cabe destacar que la selección del proceso para mejora no fue de algún modo fortuita, sino que obedeció a un extenso proceso de evaluación y comparación de los procesos actuales del área de maquinaria y repuestos, con los patrones de proceso especificados en Barros (2015), y que se enmarcan dentro de la metodología de la ingeniería de negocios, lo cual arrojó como resultado varios procesos que se identificaron con falencias y que fueron considerados como posibles candidatos para mejora, entre estos, el proceso de planificación del servicio técnico y mantenciones para los tractores Valtra, servicio que se presta hoy en día con cierta variabilidad en

los tiempos de repuesta al cliente, y por lo cual se pensó en un primer momento que podría ser un problema para el cliente y por ende para la empresa, sin embargo, tras el diseño de una encuesta de satisfacción, y recogida de datos de más de 350 diferentes servicios, no se evidenció, en general, insatisfacción con el servicio por parte de los clientes encuestados, por lo que esto, aunado al hecho de que la prestación de este servicio por parte de Coagra representa un gasto relativamente bajo con respecto a otros ítemes (considerando que la mayoría de estos servicios son o bien cobrados al cliente o reembolsados por el fabricante), resultó en que se descartara finalmente este proceso.

Luego, a fin de tomar una decisión final se consideró lo señalado por Barros (2013) “a fin de identificar los procesos críticos que tienen una mayor contribución a los objetivos definidos” (p. 107), verificando que “los estados de resultado nos dicen cuáles son los ítemes más importantes de ingreso y gasto, y dependiendo de los objetivos, podrían ayudar a priorizar, según la participación que tengan los procesos en los ítemes más significativos” (p. 107), llegándose a la conclusión y a la decisión final de que sería el proceso de precisión de requerimientos de repuestos el proceso cuya mejora reportaría el mayor impacto en la gestión actual, lógicamente, y según puede verificarse en los patrones de proceso descritos por Barros (2015) la disponibilidad de recursos precede a la planificación del servicio, en otras palabras no es posible planificar y ejecutar el servicio técnico de un tractor de forma diligente si no se cuenta con los repuestos necesarios. A pesar de esto, la selección del proceso para mejora pudo haber sido más expedita en este caso en particular si se hubiera partido en primer lugar analizando los estados de resultados como sugiere Barros (2013).

Finalmente, el rediseño detallado del proceso siguiendo la metodología planteada por la ingeniería de negocios condujo a la definición de requerimientos para el próximo desarrollo de una aplicación que servirá de apoyo al logro de los objetivos planteados, es decir, la reducción del costo total del inventario, y la mejora en el nivel de servicio al cliente, siendo que de esta manera se apela a una visión mas integral de negocio, en contraposición a la visión meramente de tecnología, en la que se promueve la introducción de novedosas herramientas tecnológicas, muchas veces soluciones empaquetadas que por sí solas no añaden el valor que se espera de ellas.

Como hemos visto, durante el desarrollo del presente trabajo tres (3) criterios fueron seleccionados para realizar una clasificación multi-criterio de los repuestos, esto debido a las limitaciones de tiempo e información disponible para la realización de este proyecto, sin embargo como puede verse en las referencias de varios autores, señaladas en este trabajo, existen muchos otros criterios que pudieran ser considerados en futuros proyectos y trabajos de investigación, estos pueden ser por ejemplo el volumen de almacenamiento de los repuestos; la estacionalidad debido a

las diferentes temporadas agrícolas, la posibilidad que tiene un repuesto de ser reemplazado fácilmente con un repuesto perteneciente a otra máquina (canibalismo), la obsolescencia, la posibilidad de ser reparado, todo lo cual tiene implicaciones logísticas, de costo, y en cuanto a la selección de métodos de pronóstico que se utilicen para realizar estimaciones.

Por otra parte, más allá de la clasificación SBC, otros autores, basándose en este método, realizaron trabajos posteriores de categorización de la demanda, como por ejemplo el trabajo de Kostenko, & Hyndman (2006) que resultó en la denominada clasificación KHa y el trabajo de Petropoulos & Kourentzes (2015) o clasificación PKa, en ambos trabajos se especifica que existen otras formas de dividir la demanda, siempre en función de los valores del intervalo promedio inter-demanda (p), y el coeficiente de variación al cuadrado (CV^2), y que difieren de los cuatro cuadrantes establecidos por el método SBC, por lo que sería recomendable en futuros proyectos, explorar estos métodos y comprobar si su utilización presenta alguna ventaja significativa.

Asimismo, otros autores han venido desarrollando nuevos métodos de pronóstico para los casos de demanda intermitente y que se basan en el método Croston y la corrección presentada por Syntetos & Boylan (2001), por lo que sería recomendable evaluar su aplicación en futuros proyectos, estos métodos son por ejemplo la modificación propuesta por Shale, Boylan, y Johnston (2006) que deduce el sesgo esperado en los pronósticos en los casos en que la demanda sigue una distribución de Poisson, y aplica un factor que corrige dicho sesgo; además el método propuesto por Teunter, Syntetos & Babai (2010) que trata con la obsolescencia que pueden llegar a presentar algunos repuestos.

CAPÍTULO 10: BIBLIOGRAFIA

- Bacchetti, A., Plebani, F., Sacconi, N., & Syntetos, A. (2013). Empirically-driven hierarchical classification of stock keeping units. *International Journal of Production Economics*, 143(2), 263-274.
- Barros, O. (2000). *Rediseño de Procesos de Negocios Mediante el Uso de Patrones*. Chile: Dolmen Ediciones.
- Barros, O. (2015). *Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios sus Procesos y Apoyos TI*. Universidad de Chile.
- Botter, R., & Fortuin, L. (2000). Stocking strategy for service parts-a case study. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(6), 656-674.
- Braglia, M., Grassi, A., & Montanari, R. (2004). Multi-attribute classification method for spare parts inventory management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 10(1), 55-65.
- Chu, C.-W., Liang, G.-S., & Liao, C.-T. (2008). Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification. *Computers & Industrial Engineering*, 55(4), 841-851.
- Flores, B. E., & Clay Whybark, D. C. (1986). Multiple criteria ABC analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 6(3), 38-46.
- Flores, B. E., & Clay Whybark, D. C. (1987). Implementing multiple criteria ABC analysis. *Journal of Operations Management*, 7(1), 79-85
- Guvenir, H. A., & Erel, E. (1998). Multicriteria inventory classification using a genetic algorithm. *European journal of Operational Research*, 105(1), 29-37.
- Hax, A. (2010). *The Delta Model Reinventing Your Business Strategy*. Estados Unidos: Springer.
- Hu, Q., Chakhar, S., Siraj, S., & Labib, A. (2017) Spare parts classification in industrial manufacturing using the dominance-based rough set approach. *European Journal of Operational Research*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2017.04.040>.
- ISO/IEC 9241-11:2018. (2018). Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts. Recuperada en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>
- Kostenko, A., & Hyndman R. (2006). A note on the categorization of demand patterns. *Journal of the Operational Research Society*, 57, 1256-1257.
- Kourentzes, N (2014). On the intermittent demand model optimisation and selection. *International Journal of Production Economics*, 156, 180-190.

- Manzini, R., Regattieri, A., Pham, H., & Ferrari, E. (2010): *Maintenance for Industrial Systems*. Reino Unido: Springer.
- Mohammaditabar, D., Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (2012). Inventory control system design by integrating inventory classification and policy selection. *International Journal of Production Economics*, 140(2), 655-659.
- Murthy, P., & Blischke, W.R. (2006): *Warranty Management and Product Manufacture*. Estados Unidos: Springer
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business Model Generation*. Estados Unidos: Jhon Wiley & Sons.
- Partovi, F. Y., & Burton, J. (1993). Using the analytic hierarchy process for ABC analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 13(9), 29-44.
- Partovi, F. Y., & Anandarajan, M. (2002). Classifying inventory using an artificial neural network approach. *Computers & Industrial Engineering*, 41(4), 389-404.
- Petropoulos, F., Kourentzes, N., (2015). Forecast combinations for intermittent demand. *Journal of the Operational Research Society* 66 (6), 914–924
- Rezaei, J., & Dowlatshahi, S. (2010). A rule-based multi-criteria approach to inventory classification. *International Journal of Production Research*, 48(23), 7107-7126.
- Schroeder, R., & Goldstein, S. (2016). *Operations Management in the Supply Chain (Septima Edición)*. Estados Unidos: McGraw-Hill Education.
- Shale, E., Boylan, J., Johnston, F. (2006). Forecasting for intermittent demand: the estimation of unbiased average. *Journal of Operation Research Society*. 57, 588-592.
- Silver, E., Pyke, D., & Thomas, D., (2017): *Inventory and Production Management in Supply Chains (Cuarta Edición)*. Estados Unidos: Taylor & Francis Group.
- Syntetos A.A., Boylan J.E., Croston J.D., (2005). On the categorization of demand patterns. *Journal of the Operational Research Society*. 56, 495–503.
- Taha, H. (2012). *Investigación de Operaciones (Novena Edición)*. México Pearson Educación.
- Teunter, R. H., Babai, M. Z., & Syntetos, A. A. (2010). ABC classification: service levels and inventory costs. *Production and Operations Management*, 19(3), 343-352.
- Babai, M. Z., Syntetos, A. A., Teunter, R. H. (2014) Intermittent demand forecasting: An empirical study on accuracy and the risk of obsolescence. *International Journal of Production Economics*. 157, 212-219.
- Zhang, R. Q., Hopp, W. J., & Supatgiat, C. (2001). Spreadsheet implementable inventory control for a distribution center. *Journal of Heuristics*, 7(2), 185-203

CAPÍTULO 11: ANEXOS

Anexo A

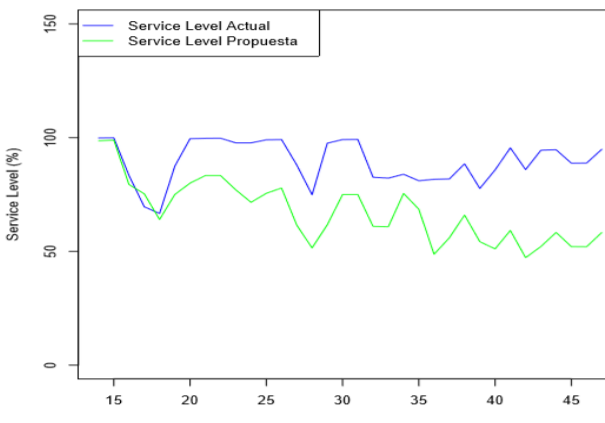
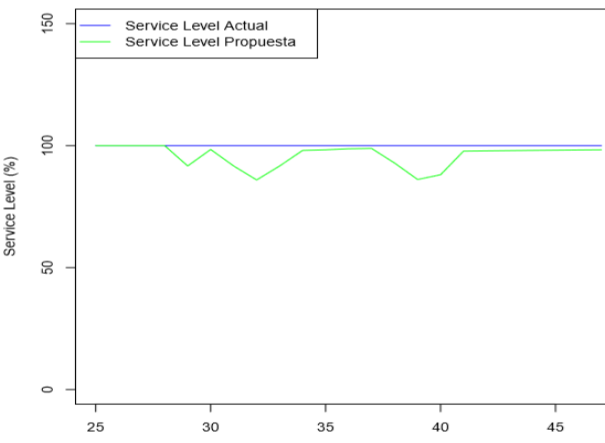
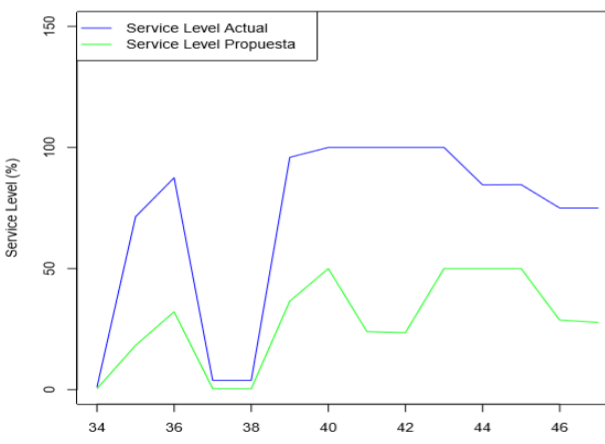
Tabla 23: Service Level Actual vs. Propuesta según clase de repuesto.

Clase	Service Level Actual vs. Propuesta	Características
1	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 1</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Críticidad: Alta -Categoría SBC: Smooth -Categoría Costo: N/A -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: 3 (99,9%)
2	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Críticidad: Alta -Categoría SBC: Errático. -Categoría Costo: Alto -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: 2 (97,7%)

<p>3</p>	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 3</p>	<p>-Criticidad: Alta -Categoría SBC: Errático -Categoría Costo: Bajo -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: 3 (99,9%)</p>
<p>4</p>	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 4</p>	<p>-Criticidad: Alta -Categoría SBC: Intermitente -Categoría Costo: N/A -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: 1 (84,1%)</p>
<p>5</p>	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 5</p>	<p>-Criticidad: Alta -Categoría SBC: Lumpy -Categoría Costo: Alto -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: A Pedido.</p>

6	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 6</p>	<p>-Criticidad: Alta -Categoría SBC: Lumpy -Categoría Costo: Bajo -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: 0 (50%)</p>
7	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 7</p>	<p>-Criticidad: Media -Categoría SBC: Smooth -Categoría Costo: N/A -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: 2 (97,7%)</p>
8	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 8</p>	<p>-Criticidad: Media -Categoría SBC: Errático -Categoría Costo: N/A -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: 2 (97,7%)</p>

9	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 9</p>	<p>-Criticidad: Media -Categoría SBC: Intermitente -Categoría Costo: N/A -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: 1 (84,1%)</p>
10	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 10</p>	<p>-Criticidad: Media -Categoría SBC: Lumpy -Categoría Costo: N/A -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: A Pedido</p>
11	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 11</p>	<p>-Criticidad: Baja -Categoría SBC: Smooth -Categoría Costo: N/A -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: 2 (97,9%)</p>

13	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 13</p> 	<p>-Criticidad: Baja -Categoría SBC: Intermitente -Categoría Costo: Alto -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: A Pedido</p>
14	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 14</p> 	<p>-Criticidad: Baja -Categoría SBC: Intermitente -Categoría Costo: Bajo -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: 0 (50%)</p>
15	<p style="text-align: center;">Service Level – Clase 15</p> 	<p>-Criticidad: Baja -Categoría SBC: Lumpy -Categoría Costo: N/A -Nivel de Servicio Mínimo Requerido: A Pedido</p>