

# Pontificia Universidad Católica del Perú

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ

### DISEÑO Y PLANEACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA EMPRESA DE COMERCIALIZACIÓN DE TRACTORES AGRÍCOLAS A NIVEL NACIONAL

Tesis para optar por el Título de Ingeniero Industrial, que presenta  
el bachiller:

**César Andrés Espinoza Gallegos**

Asesor: Dr. César A. Stoll Quevedo

Lima, 07 de mayo de 2014

## RESUMEN

La cadena de suministro es un enfoque global del sistema donde se desarrolla una empresa, en base a la teoría de esta y las directrices que la conforman se realiza el estudio del caso a fin de proponer mejoras en el diseño y planeación de la cadena de abasto.

El presente análisis se basa en una empresa comercializadora de tractores agrícolas a nivel nacional, esta empresa en la actualidad atraviesa una fuerte crisis debido a su estructura logística lenta y rígida que está generando pérdida de oportunidades de venta y excesivos gastos de operación.

Se proponen como objetivos el poder dinamizar el negocio agrícola modificando su estructura logística; encontrar un método de pronósticos que ayude a predecir la demanda del mercado; y hallar sistemas y herramientas que faciliten la toma de decisiones basadas en información confiable y técnica.

Realizado el estudio del caso basado en las directrices se obtiene que los principales problemas que presenta la empresa son costos por centralización de almacenes, condiciones desfavorables del almacén central y sobre carga de trabajo en técnicos del almacén central; además, mala calidad de inventario que genera sobre stock, rotación de inventario baja y excesiva obsolescencia; también, se observan problemas en las proyecciones de ventas pues no están basadas en información histórica y se realiza a criterio del vendedor.

Las propuestas que se plantean en el diseño de la cadena de suministro son la descentralización de los almacenes a través de dos almacenes regionales que suministren a los almacenes locales, utilizar economías de escala en la transportación de los tractores y emplear la curva de intercambio para realizar los pedidos a fábrica más eficientemente. En la planeación de la cadena se recomienda la metodología DRP para el abasto interno entre almacenes y el método estacional multiplicativo con tendencia para el pronóstico de las ventas.

Estas propuestas generan un ahorro sustancial para lo cual se requiere una inversión de S/. 570,000 que en un plazo de 3 años con una tasa de 15% se obtiene un VAN de S/. 54,640 y un TIR de 22%; estos resultados nos permiten concluir la viabilidad de la propuesta y definitivamente un beneficio real para la empresa.

## TEMA DE TESIS

PARA OPTAR : Título de Ingeniero Industrial

ALUMNO : **CÉSAR ANDRÉS ESPINOZA GALLEGOS**

CÓDIGO : 20060529.5.12

PROPUESTO POR : Dr. César A. Stoll Quevedo

ASESOR : Dr. César A. Stoll Quevedo

TEMA : DISEÑO Y PLANEACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA EMPRESA DE COMERCIALIZACIÓN DE TRACTORES AGRÍCOLAS A NIVEL NACIONAL

FECHA : Lima, 01 de diciembre de 2013

### JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, el mundo de los negocios ha ido cambiando cada vez con mayor rapidez lo cual ha llevado a una mayor competitividad entre las distintas empresas; ello se ha generado debido a una evolución de los consumidores y/o clientes, quienes cada día son más exigentes al momento de adquirir un bien o servicio. En este sentido, las empresas deben tomar acciones que los ayude a mejorar y les permita tener una ventaja competitiva frente a su competencia.

El enfoque de la cadena de suministro asoma como una posible solución a este problema que afrontan la mayoría de organizaciones hoy en día. Se debe dejar atrás el concepto arcaico que toma a la empresa como un ente cuasi aislado que desarrolla su negocio sin considerar los otros eslabones de la cadena logística. Es fundamental y una tendencia que las organizaciones empiecen a tomar en cuenta a todos los participantes de su cadena de suministro pues ello redundará en un beneficio para todos ellos y permitirá un mejor desenvolvimiento de cada una de sus partes.

La problemática que se presenta en el caso de estudio está llevando a sobrecostos y un servicio deficiente que mella la imagen de la empresa por parte de los clientes. Se estima que la demanda de tractores agrícolas a nivel nacional se incrementará

considerablemente en el transcurso de los años y de no solucionar las dificultades que se aquejan hoy, podrían generar serios inconvenientes más adelante.

La perspectiva que brinda la cadena de suministro ayudará a recuperar terreno en las ventas, además, mejorará la capacidad de respuesta y potenciará el servicio que se ofrece.

## **OBJETIVO GENERAL**

El objetivo de la presente investigación es realizar un estudio que permita proponer mejoras orientadas al diseño y planeación de la cadena de suministro para una empresa de comercialización de tractores agrícolas a nivel nacional.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar la mejor alternativa para la instalación de almacenes locales que ayuden a dinamizar el negocio dado que el 95% de clientes se encuentran fuera de Lima.
- Proponer herramientas de gestión que se adapten al giro de negocio y ayuden en el proceso de abastecimiento de tractores agrícolas.
- Hallar el valorizado de inventario óptimo que permita un adecuado funcionamiento operacional.
- Determinar la tendencia de la demanda de los tractores agrícolas por categoría de acuerdo a un modelo de pronósticos conveniente.
- Identificar las principales causas de sobrecostos en el diseño de la red de suministro de la empresa analizada.

## **PUNTOS A TRATAR**

### **I. Marco teórico**

En este primer capítulo se desarrollarán los conceptos teóricos que darán soporte a la propuesta que se realizará en el capítulo subsiguiente; entre ellos tenemos la cadena de suministro en sus etapas de diseño y

planeación, y las directrices que las conforman, instalaciones, inventario, transportación, información y abastecimiento.

## **II. Estudio del caso**

En este segundo capítulo se realizará una presentación de la empresa, la cual se dedica a la comercialización de maquinaria para los principales sectores económicos del país; así como su situación actual y las problemáticas que presenta según las directrices explicadas en el marco teórico.

## **III. Propuesta para la mejora**

En este capítulo se desarrollarán las propuestas que, en base al marco teórico, ayudarán a mejorar la rentabilidad de la empresa y se proporcionará herramientas adecuadas de gestión para cada directriz que conforma el diseño y la planeación de la cadena logística.

## **IV. Análisis y evaluación de las mejoras propuestas**

En este último capítulo se evaluará cuantitativa y cualitativamente las propuestas realizadas en el capítulo anterior comparándolas con la situación actual de la empresa para mostrar y comprobar el impacto de las mismas. Ello ayudará a analizar económicamente el planteamiento sugerido para su posterior implementación.



*A mis padres, César Andrés y  
María Julia por el inmenso  
amor y apoyo que me  
brindan.*

*A Jhosseline, Jesús, Ariana y  
Marjorie por ser parte  
de mi vida.*

*A todos aquellos que ayudaron  
en mi formación profesional  
y humana.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>vii</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>9</b>
<b>Capítulo 1. Marco Teórico</b>	<b>11</b>
<b>1.1. Cadena de suministro</b>	<b>11</b>
<b>1.2. Definición de la cadena de suministro</b>	<b>12</b>
<b>1.3. Objetivo de la cadena de suministro</b>	<b>13</b>
<b>1.4. Niveles de alcance y decisión de la cadena de suministro</b>	<b>14</b>
1.4.1. Diseño de la cadena de suministro	14
1.4.2. Planeación de la cadena de suministro	15
1.4.3. Operación de la cadena de suministro	16
<b>1.5. Directrices</b>	<b>16</b>
1.5.1. Directrices logísticas	17
1.5.2. Directrices interfuncionales	19
<b>1.6. Diseño de una cadena de suministro</b>	<b>22</b>
1.6.1. Instalaciones	22
1.6.2. Abastecimiento	26
1.6.3. Transportación	33
<b>1.7. Planeación de una cadena de suministro</b>	<b>35</b>
1.7.1. Inventario	35
1.7.2. Información	41

<b>Capítulo 2. Estudio del caso</b>	<b>44</b>
2.1. Descripción de la empresa	44
2.2. Descripción del negocio en estudio	45
2.3. Análisis del diseño de la cadena de suministro	47
2.3.1. Instalaciones	47
2.3.2. Abastecimiento	48
2.3.3. Transportación	50
2.4. Análisis de la Planeación de la cadena de suministro	51
2.4.1. Inventario	51
2.4.2. Información	52
<b>Capítulo 3. Propuesta para la mejora</b>	<b>54</b>
3.1. Propuesta para el diseño de la cadena de suministro	54
3.1.1. Instalaciones	54
3.1.2. Abastecimiento	60
3.1.3. Transportación	68
3.1. Propuesta para la planeación de la cadena de suministro	70
3.1.1. Inventario	70
3.1.2. Información	74
<b>Capítulo 4. Análisis y evaluación de las mejoras propuestas</b>	<b>79</b>
4.1. Evaluación del diseño de la Cadena de suministro	79
4.2. Evaluación de la planeación de la cadena de suministro	80
1.1. Análisis económico de la propuesta	84
<b>Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>88</b>



5.1. Conclusiones _____	88
5.2. Recomendaciones _____	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	90



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fórmulas a aplicar al área de la hoja de cálculo para las variables de decisión. _____	25
Tabla 2. Recopilación y ordenamiento de los datos. _____	32
Tabla 3. Costo de transporte como una función del tiempo de respuesta. _____	34
Tabla 4. Explosión de necesidades de los almacenes A, B y Regional 1. _____	40
Tabla 5. Principales gastos anuales asociados a las instalaciones. _____	47
Tabla 6. Cantidad de pedidos y cantidad por pedido actual. _____	48
Tabla 7. Gasto de flete por sucursal 2009 - 2012. _____	50
Tabla 8. Antigüamiento de tractores agrícola durante el 2012. _____	51
Tabla 9. Indicadores de medición de la proyección de ventas reales y presupuestadas 2012. _____	52
Tabla 10. Condiciones ambientales. _____	56
Tabla 11. Costo mano de obra para 4 años. _____	56
Tabla 12. Demanda por sucursal (2009 al 2012), costo de transporte, capacidad y condición ambiental. _____	57
Tabla 13. Ubicación y oferta de los almacenes (2009 al 2012) según resultado la herramienta Solver. _____	58
Tabla 14. Ubicación y oferta de los almacenes (2009 al 2012) regionales. _____	59
Tabla 15. Principales gastos asociados a las instalaciones del 2009 al 2012 y anualmente según la propuesta presentada (no incluye transporte). _____	59
Tabla 16. Inversión para la implementación de la propuesta. _____	60

Tabla 17. Valores elegidos para hallar la curva de intercambio. _____	61
Tabla 18. Curva de intercambio con puntos ajustados _____	64
Tabla 19. Inventario agregado a través de la Curva de intercambio para $A/r_1=5,573$ . _____	65
Tabla 20. Inventario agregado a través de la Curva de intercambio para $A/r_1=4,802$ . _____	66
Tabla 21. Inventario agregado a través de la Curva de intercambio para $A/r_1=5,173$ . _____	67
Tabla 22. Costo de transporte, demanda total, demanda tractores pequeños y costo por fletes. Elaboración propia. _____	69
Tabla 23. Explosión DRP de los almacenes de la Región norte. _____	71
Tabla 24. Explosión DRP de los almacenes de la Región sur. _____	72
Tabla 25. Explosión DRP del almacén Nacional. _____	73
Tabla 26. Resumen de necesidades brutas por región y pedido. _____	73
Tabla 27. Ventas e inventario durante la simulación. _____	74
Tabla 28. Venta de tractores del 2009 al 2011. _____	74
Tabla 29. Pronóstico de ventas y ventas reales del año 2012. _____	75
Tabla 30. Indicadores de medición de la proyección de ventas reales y pronosticadas 2012 mediante método estacional multiplicativo con tendencia. _____	75
Tabla 31. Ventas 2009 – 2011 por macro región. _____	76

Tabla 32. Clasificación de ventas de tractores del 2009 al 2012 por rango de potencia utilizando Pareto. _____	76
Tabla 33. Ventas reales 2012 por región y rango de potencia. _____	77
Tabla 34. Cuadro comparativo en el diseño de la Cadena de suministro. _	80
Tabla 35. Comparativo de la directriz de información entre los indicadores de pronósticos actual y propuesto. _____	81
Tabla 36. Cuadro comparativo en la planeación de la Cadena de suministro. _____	83
Tabla 37. Cuadro comparativo económico. _____	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cadena de suministro desde un enfoque de sistema. _____	12
Figura 2. Cadena de suministro desagregada. _____	13
Figura 3. Directrices logísticas e interfuncionales. _____	16
Figura 4. Decisiones que se pueden tomar por cada directriz según el objetivo que se desea alcanzar. _____	22
Figura 5. Función de almacenes. _____	23
Figura 6. Área de la Hoja de cálculo para las variables de decisión. _____	24
Figura 7. Parámetros de Solver del área de la hoja de cálculo para las variables de decisión. _____	25
Figura 8. Área de la Hoja de cálculo resuelta. _____	26
Figura 9. Curva de intercambio TCS x N. _____	30
Figura 10. Diagrama de Pareto. _____	32
Figura 11. Diagrama de Pareto con línea acumulada. _____	33
Figura 12. Equilibrio entre los costos de hacer el pedido y el de tener inventario. _____	36
Figura 13. Sistema "P". _____	37
Figura 14. Sistema "Q". _____	37
Figura 15. Inventario de seguridad. _____	38
Figura 16. Distribución de almacenes. _____	39
Figura 17. Demanda desestacionalizada. _____	43

Figura 18. Red de sucursales, oficinas, almacenes y talleres de ABSA a nivel nacional. _____	45
Figura 19. Flujograma del proceso principal del área agrícola en ABSA. _	46
Figura 20. Gasto de flete por sucursal 2009 - 2012. _____	50
Figura 21. Rotación de inventario de tractores agrícola durante el 2012. _	51
Figura 22. Curvas de ventas proyectadas y reales de tractores agrícolas en el 2012. _____	52
Figura 23. Macro regiones de la empresa ABSA. _____	55
Figura 24. Propuesta de almacenes descentralizados y sucursales a abastecer. _____	60
Figura 25. Curva de intercambio. _____	61
Figura 26. Curva de intercambio con puntos ajustados _____	64
Figura 27. Red de transporte nacional para el suministro de tractores. ____	68
Figura 28. Distribución de almacenes a nivel nacional de la empresa ABSA. _____	70
Figura 29. Pronóstico de ventas y ventas reales del año 2012. _____	75
Figura 30. Comparativo de la directriz de información entre los indicadores de pronósticos actual y propuesto. _____	81
Figura 31. Resumen de la cadena de suministro y las mejoras realizadas. _____	84

## INTRODUCCIÓN

Desde el año 1750 que se inicia la revolución industrial, las empresas han ido evolucionando cada vez más rápido (Juan, 1993), muchas han quedado en el olvido y otras pocas luchan por mantener su vigencia; este camino no es sencillo pues requiere de una gran adaptación a los cambios que se presentan en el tiempo.

En un mundo como el nuestro, mucho más globalizado gracias a las tecnologías modernas, la información es compartida libremente y casi sin barreras, basta con ingresar a un buscador web y las puertas están abiertas. Así pues, esta libertad para conseguir información, incluso de la competencia, obliga a las empresas a diferenciarse de algún modo, las que no lo logran se van relegando y pasan, como se mencionó, al olvido.

En este sentido la logística y más específicamente la cadena de suministro permite lograr mejoras claramente visibles para la empresa y el cliente, lo cual supone la vigencia en el tiempo de dicha compañía y asegura la rentabilidad a lo largo de las organizaciones involucradas en esta cadena.

La presente investigación se orientará en analizar una organización que desarrolla su negocio mediante la importación y comercialización de tractores agrícolas en Perú. Enfocaremos el estudio en examinar la problemática actual de la empresa a través de las principales directrices logísticas e interfuncionales, que son los pilares de la cadena logística.

En el primer capítulo se definirán los conceptos teóricos relacionados a la cadena de suministro poniendo énfasis en las directrices mencionadas anteriormente que forman parte del diseño y la planeación de la cadena. Además, se incluirán métodos para la evaluación del sistema utilizado actualmente.

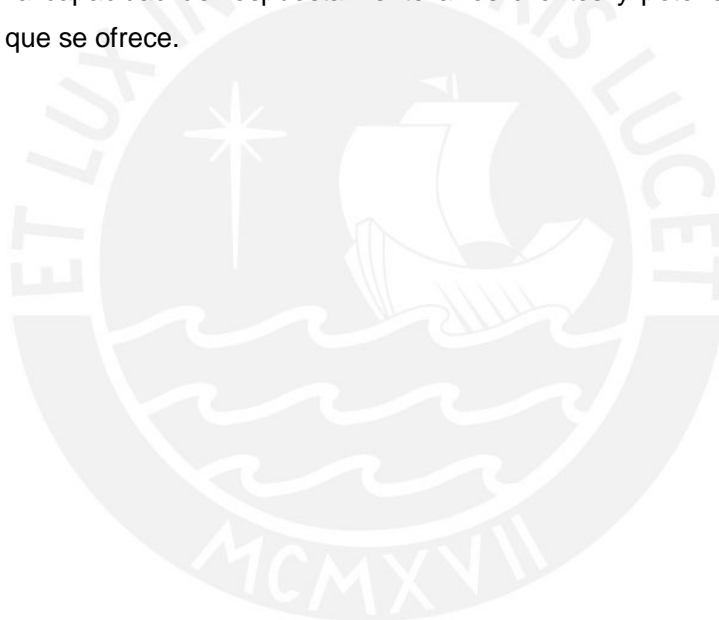
En seguida, en el capítulo 2, analizaremos en base al marco teórico las dificultades que presenta la empresa con el sistema actual, los sobrecostos en los que se incurre debido al inadecuado diseño de la cadena y el deficiente servicio de soporte al cliente, los mismo que influyen negativamente en la imagen de la empresa y la marca.

Por otro lado, se propondrán posibles alternativas de solución a los problemas vistos en el estudio del caso, ellos alineados a la estructura teórica del presente trabajo.

Por último, se analizarán los resultados comparativamente, considerando aspectos cuantitativos y cualitativos de la actual administración de la cadena logística y la que se propone. Ello permitirá decidir la viabilidad e implementación de la propuesta.

Se cree que la demanda de tractores agrícolas en el territorio peruano se incrementará considerablemente en el transcurso de los próximos años debido al apoyo que está recibiendo el agro nacional por parte del gobierno. Es decir, de no solucionar la problemática actual a tiempo se podría presentar mayores inconvenientes en un futuro no muy lejano.

Las propuestas planteadas mediante la visión que brinda la cadena de suministro ayudarán a la organización a preservarse en el tiempo, aumentar sus ventas, mejorar la capacidad de respuesta frente a los clientes y potenciar el servicio de soporte que se ofrece.





## Capítulo 1. Marco Teórico

Iniciamos este capítulo citando una frase de uno de los hombres que mayor contribución brindó a la raza humana en distintos ámbitos de la ciencia y el arte, Leonardo Da Vinci, "Los que se enamoran de la práctica sin la teoría son como los pilotos sin timón ni brújula, que nunca podrán saber a dónde van". Así pues, la teoría es primordial en cualquier investigación que deseemos realizar, ella nos guiará y llevará a buen puerto; es decir, a resultados que permitan obtener conclusiones acertadas.

El presente trabajo de investigación se centrará en el desarrollo del diseño y la planeación de la cadena de suministro para una empresa comercializadora de maquinaria. Para ello se ha estructurado el capítulo definiendo los conceptos generales y más importantes de la cadena de abasto; luego, el objetivo y los niveles de alcance y decisión; y finalmente, el desarrollo completo de las directrices logísticas e interfuncionales, que son los pilares del diseño y planeación de la cadena de suministro.

Es importante fijar adecuadamente la estructura del marco teórico pues en los próximos capítulos se seguirá esta misma distribución, de manera tal que se aprecie un adecuado lineamiento de los temas tocados.

A continuación, ahondaremos en los conceptos que forman parte del fondo de la investigación, la cadena de suministro.

### 1.1 Cadena de suministro

El término cadena de suministro o *Supply chain*, fue divulgado por primera vez en una entrevista que realizó la revista *Financial time* en 1982 al consultor y experto en logística Keith Oliver (Jacoby, 2009) de la reconocida consultora americana Booz Allen Hamilton. Llevó un poco tiempo adaptarse al término y no fue sino hasta mediados de los años 90, en donde salieron diversas publicaciones acerca del tema, que logró convertirse en un término regular y muy estudiado hasta la actualidad.

Ahora que ya conocemos el origen de tal expresión recurre a nosotros una interrogante que cae por su propio peso, ¿Qué es una cadena de suministro?

## 1.2 Definición de la cadena de suministro

Definiremos el término cadena de suministro en un contexto amplio e iremos profundizando hasta lograr un concepto preciso y exacto.

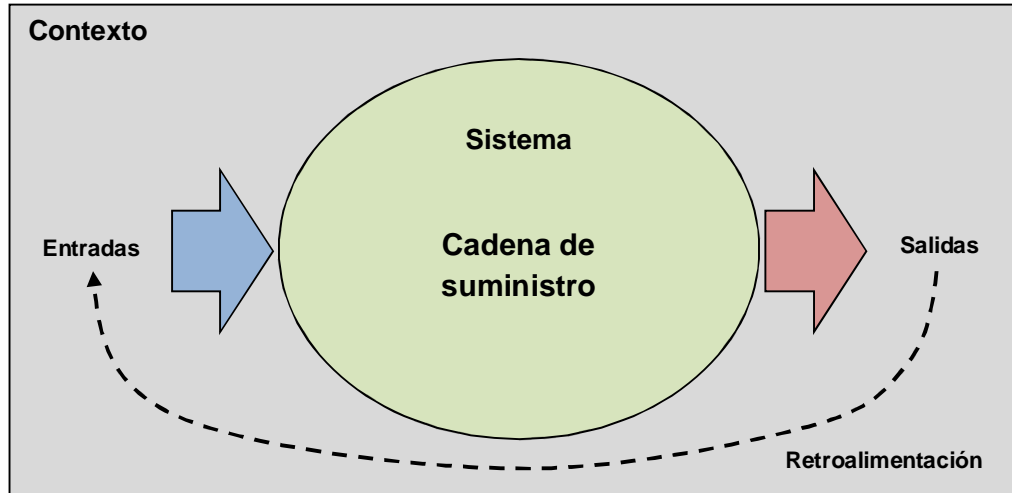


Figura 1. Cadena de suministro desde un enfoque de sistema.

Fuente: (Senn, 1992).

En primer lugar, podemos decir que la cadena de suministro, o también llamada, cadena de abasto es un sistema que posee entradas, salidas y subsistemas independientes que interactúan entre sí para lograr un mismo objetivo, todo ello se encuentra dentro de un contexto. Ver figura 1.

Este gran sistema se divide en otros sistemas de menor dimensión (subsistemas), pero igual de importantes que se clasifican en cinco tipos, proveedor, transformador o fabricante, distribuidor, minorista y consumidor. Cada uno de estos subsistemas poseen las mismas propiedades, tienen entradas y salidas, subsistemas y están englobados en un contexto. En la figura 2 se aprecia esta relación.

Las empresas históricamente han trabajado de manera aislada hacia fuera como dentro de sí mismas (Chopra & Meindl, 2008); así pues, la adecuada administración de la cadena de suministro supone un giro total a esta idea, un actuar coordinado entre las organizaciones a través de la integración total y colaboración mutua entre todas las empresas que forman parte de una misma cadena de abasto, desde su extracción hasta el consumidor final.

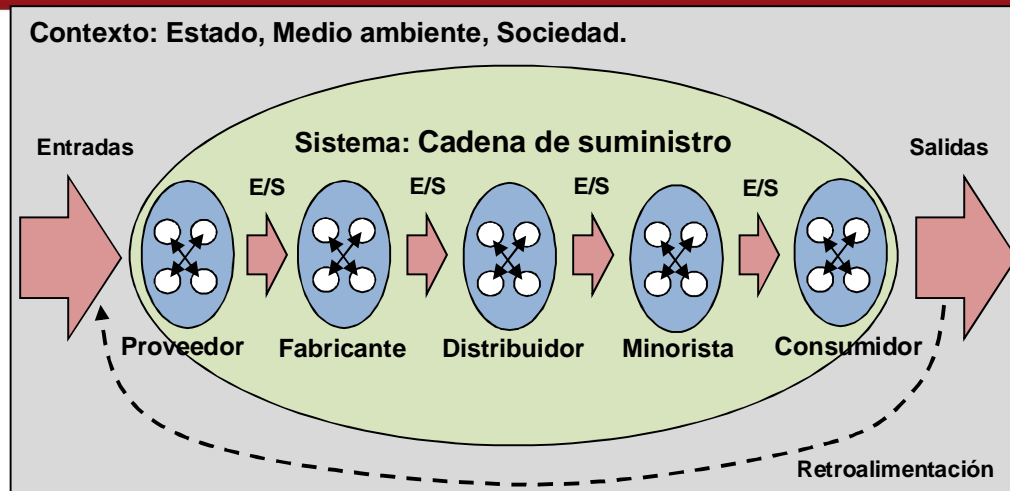


Figura 2. Cadena de suministro desagregada.

Fuente: (Senn, 1992).

A continuación, presentamos algunas definiciones de reconocidos autores sobre la administración de la cadena de suministro (*Supply Chain Management*).

Primera definición. La administración de la cadena de suministro abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes, desde la etapa de materia prima (extracción) hasta el usuario final, así como los flujos de información relacionados. Los materiales y la información fluyen en sentido ascendente y descendente en la cadena de suministros. Además, es la integración de estas actividades mediante mejoramiento de las relaciones de la cadena de suministros para alcanzar una ventaja competitiva sustentable (Handfield & Nichols, 1999).

Segunda definición. La administración de la cadena de suministros se define como la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio y de las tácticas a través de estas funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de las empresas que participan en la cadena de suministros con el fin de mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la cadena de suministros como un todo (Mentzer, y otros, 2001).

### 1.3 Objetivo de la cadena de suministro

La cadena de suministro cuenta con varios actores y el objetivo para lograr el beneficio de todos ellos es aumentar la rentabilidad de toda la cadena; así pues, no

nos servirá evaluar la ganancia en cada etapa y de manera aislada dado que la meta es maximizar el valor total generado. Este valor total se mide en términos de rentabilidad, para ello se tendrá en cuenta los ingresos, solo generados por el cliente quien es el único que entrega dinero a la cadena por un producto o servicio, y los costos en los que incurren todos los actores de esta cadena (Chopra & Meindl, 2008).

## **1.4 Niveles de alcance y decisión de la cadena de suministro**

La administración de la cadena de suministro plantea tres niveles de alcance y decisión en la búsqueda de una estructuración adecuada de la misma, estos se diferencian principalmente en dos aspectos; el primero es el periodo de tiempo en el que se desarrollan y el segundo, el costo que implica un cambio en estos niveles. Estos niveles son, diseño o también llamado estrategia, planeación o táctica y, operación u operativa (Ballou, 2004).

### **1.4.1 Diseño de la cadena de suministro**

El diseño permite estructurar la cadena de suministro de forma global y siguiendo los objetivos estratégicos de la organización; así pues, en esta fase se toman decisiones respecto a la configuración de la cadena, los recursos y procesos que se seguirán. Otras decisiones que se toman en esta etapa son las siguientes:

- Ubicación y capacidad de producción de la planta.

Se establecerá el lugar o lugares donde las plantas de fabricación operarán y las capacidades de producción de estas.

- Instalaciones para el almacenaje.

Se decidirá la cantidad de almacenes que se emplearán y estructura logística entre estas y la fábrica.

- Subcontratar o fabricar algún componente.

Será importante que se decida los componentes que se fabricarán y los que se tercerizarán, en este último caso se deberá elegir a los proveedores.

- Políticas y medios de transporte.

Los medios de transporte que utilizará la organización y las políticas para cada uno de ellos, además la red de transporte para llegar al cliente final.

Las decisiones que se toman en esta etapa deben ser muy bien estudiadas y considerando un horizonte de tiempo razonable que podría ser de tres a cinco años, pero ello dependerá de la empresa y el mercado en el que se encuentre. Un cambio en este tipo de decisiones implica un costo muy elevado dada la inversión que se requiere para llevar a cabo esta modificación.

#### **1.4.2 Planeación de la cadena de suministro**

La etapa de planeación corresponde a un periodo de tiempo que puede ir de un trimestre a un año, esta fase estará guiada por las decisiones y políticas que se tomaron en la etapa de diseño. Los puntos resaltantes a tocar en este lapso son las siguientes:

- Pronósticos de la demanda.

La información que proporciona el mercado es un punto importante para cualquier empresa, esta debe ser trabajada y analizada para tomar decisiones acertadas que direccionen a la empresa a un liderazgo, para ello los pronósticos y/o las proyecciones permitan una adecuada planeación.

- Políticas de inventario y operaciones.

Dentro de la estructura de la planeación de la cadena se tendrá que decidir las políticas de inventario que utilizarán los almacenes centrales, regionales y locales para abastecerse y cumplir con la petición del mercado al cual se atiende.

- Mercados a atender.

En la propuesta de planeación se debe establecer los segmentos de mercado a los cuales se atenderá, ello para realizar una adecuada propuesta de valor que tome en cuenta el perfil del cliente para satisfacer sus necesidades.

### 1.4.3 Operación de la cadena de suministro

En esta última etapa las decisiones se toman en un periodo de tiempo que puede ir desde días, horas o minutos; es decir, acciones cotidianas, estas obedecerán a los lineamientos establecidos en la fase de planeación. Las labores correspondientes a esta etapa son, por ejemplo, las siguientes:

- Asignación de pedido a tipo de transporte.

Es la decisión del día a día para asignar un tipo de pedido al transporte más conveniente de acuerdo a las necesidades del cliente.

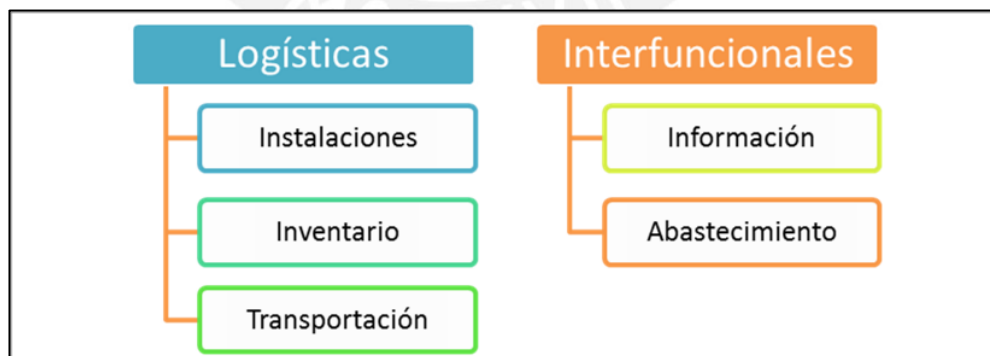
- Realizar solicitudes de abastecimiento.

Abastecimiento de la fábrica y/o almacenes de acuerdo a la demanda que se presenta en el mercado.

- Entre otros.

### 1.5 Directrices

Existen dos grandes grupos de directrices, logísticas e interfuncionales (ver figura 3), estas se encuentran estrechamente ligadas a la cadena de suministro pues su objetivo es hallar el equilibrio entre la capacidad de respuesta y la eficiencia que mejor se ajuste a la estrategia. A continuación, definiremos cada una de ellas y su implicancia en la cadena de suministro (Chopra & Meindl, 2008).



**Figura 3. Directrices logísticas e interfuncionales.**

**Fuente:** (Chopra & Meindl, 2008).

### 1.5.1 Directrices logísticas

Son aquellas propias del área logística e influyen fuertemente en esta.

#### i. Instalaciones

Espacios físicos en donde se almacena inventario para ser transformado (materia prima o productos en proceso) o esperando a ser comercializado (productos finales). La importancia de esta directriz se basa en el aumento de eficiencia en costos o capacidad de respuesta. Por ejemplo, al tener un almacén centralizado se aumentará la eficiencia pues habrá mejor utilización de espacios y se podrá aplicar economías de escala; sin embargo, se perderá capacidad de respuesta dado que el producto debe ser transportado para llegar al cliente. El caso contrario se dará al tener varios almacenes distribuidos (más cerca al cliente), con ello se tendrá una mayor capacidad de respuesta, pero se reducirá en términos de eficiencia pues los costos por adquisición, mantenimiento, entre otros serán mayores y solo se podrá justificar si el cliente está dispuesto a pagar este excedente por una atención más rápida. Los componentes que debemos tener en cuenta para un mejor uso de la directriz son:

- **Función.** Las tareas que desarrollarán las instalaciones, aquí definiremos si la planta será flexible, dedicada o una combinación; si tendremos almacenes en cada región o un centro de distribución principal.
- **Ubicación.** Definir en donde ubicaremos dichas instalaciones.
- **Capacidad.** Definir la capacidad de la planta y/o el almacén(es).

Algunos indicadores que nos ayudarán a medir esta directriz:

- La capacidad.
- La utilización.
- La variedad del producto.

#### ii. Inventario

Situémonos en el hipotético caso que se conoce la demanda con exactitud, se podría saber en qué momento necesitamos tener el producto listo para

comercializarlo y tendríamos un inventario que se aproximaría a cero unidades. Dado que este no es un caso real, la demanda suele tener un grado de incertidumbre, se necesita inventario que respalde y pueda amortiguar las fluctuaciones que presenta la demanda, he allí su importancia. Al igual que la anterior directriz, el tener inventario nos será útil si deseamos una alta capacidad de respuesta ante nuestros clientes pues contaremos con stock suficiente para atender sus pedidos, pero ello implica un costo que reducirá la eficiencia de la cadena de suministro; en cambio, si tenemos poco o nulo inventario nuestra eficiencia aumentará dado que no incurriremos en costos de mantener estos, pero nuestra capacidad de responder frente a clientes que demanden nuestros productos se verá mermada. Cuatro componentes que nos ayudarán en el mejor uso de esta directriz son.

- **Inventario de ciclo.** Cantidad de inventario promedio que se emplea para satisfacer la demanda entre el número de embarques del proveedor.
- **Inventario de seguridad.** Aquel que servirá de emergencia en caso la demanda sea mayor a la prevista.
- **Nivel de disponibilidad del producto.** Fracción de la demanda que se satisface a tiempo con el inventario que se tiene.

Los indicadores que se deben tomar en cuenta para esta directriz son:

- Inventario promedio.
- Productos con más de un número determinado de días en inventario.
- Tamaño promedio del lote de reabastecimiento.
- Inventario de seguridad promedio.

### iii. Transportación

Es la directriz que hace las veces de comunicador presencial pues este se desplaza a lo largo de las distintas etapas de la cadena de suministro. De igual modo que las anteriores, brinda una muy buena capacidad de respuesta o una gran eficiencia, el saber equilibrarla otorgará una ventaja competitiva que el mercado sabrá valorar. Por ejemplo, si deseamos ser eficientes se debe utilizar las economías de escala para transportar grandes volúmenes mediante transportes económicos (terrestre,



marítimo o ferroviario), pero ello disminuirá nuestra capacidad de respuesta por el tiempo que demoran estos medios; por otro lado, si elegimos un medio como el transporte por avión nuestra eficiencia se reducirá dado el costo elevado de este, pero el tiempo de respuesta se incrementará categóricamente dada la rapidez con la que llegarán los pedidos. Mostraremos los puntos más importantes al momento de tomar las decisiones de transportación.

- **Diseño de una red de transporte.** Definir los tipos de transporte que se utilizarán, así como las rutas y si se emplearán combinaciones de medios de transporte.
- **Elección de modos de transporte.** Definir el modo en que se transportará cada tipo de producto, se podrá escoger entre aire, mar, tierra, entre otros.

Los indicadores que serán importantes ver para la transportación son.

- Costo promedio de transporte entrante.
- Tamaño promedio del embarque entrante.
- Costo promedio de transporte saliente.
- Tamaño promedio de embarque saliente.

### 1.5.2 Directrices interfuncionales

Son aquellas que por lo general influyen directamente en la compañía y las otras directrices.

#### i. Información

Esta es la directriz más importante dado que afecta a las demás directrices y de manera directa a la cadena de suministro. Cumple primordialmente dos funciones; la primera, conexión entre las distintas etapas de la cadena de suministro permitiendo coordinar y maximizar la rentabilidad de esta; y segunda, ayuda a las operaciones diarias que se realizan en cada etapa. A diferencia de todas las directrices, la información, no es excluyente entre entregar una mayor capacidad de respuesta o brindar una mayor eficiencia, sino que el contar con información adecuada en el momento preciso ayuda a ambos objetivos, lograr una alta

capacidad de respuesta y gran eficiencia en costos. Los conceptos que ayudarán a un mejor manejo de la directriz son.

- **Empuje frente a tirón.** Determinar si se aplicará empuje (empujar los productos desde la fábrica hacia los clientes) o tirón (dejar que los clientes a través de la demanda jalen el producto de la fábrica hacia ellos).
- **Compartir la coordinación e información.** Este punto es vital pues en el mundo actual de tanta competencia todos se han vuelto celosos con la información que manejan. Esto viéndolo como un concepto de cadena de suministro global no aporta a la rentabilidad de la cadena; así pues, esta práctica es vital para alcanzar el objetivo de maximización de la rentabilidad en toda la cadena.
- **Pronóstico y planeación agregada.** Los pronósticos entregan a través de las matemáticas proyecciones sobre las demandas lo cual dará información importante a los gerentes a nivel estratégico y táctico.
- **Tecnologías adecuadas.** En la actualidad existen diferentes tecnologías para compartir la información y analizarla, cada una con defectos y virtudes, queda a criterio de los gerentes decidir por cual inclinarse; entre las principales encontramos el intercambio electrónico de datos (EDI), Internet, ERP, software de administración de la cadena de suministro e identificación por radio frecuencia (RFID).

Los indicadores claves a considerar en la información son.

- Horizonte de pronóstico.
- Frecuencia de actualización.
- Error del pronóstico.
- Factores estacionales.

## ii. Abastecimiento

Esta directriz nos explica los procesos que debemos delimitar en la compra o adquisición de bienes o servicios. Así pues, tendremos que elegir qué tareas realizaremos nosotros mismos como empresa y cuáles las tercerizaremos dado que no corresponde al foco de la empresa y/o genera costos. Además, se tendrá que

decidir las políticas para la elección de los proveedores puesto que es un tema crucial frente a nuestros clientes, afecta directamente nuestra capacidad de respuesta y nuestra eficiencia. El no subcontratar corresponderá a un costo mayor siempre y cuando la carga de trabajo no sea considerable, pero tendremos la tranquilidad de saber que dependemos de nosotros mismos, en forma inversa sucede lo contrario. Los puntos que nos ayudarán a tomar decisiones acertadas en este punto son.

- **Propio o con subcontrato.** Definir las actividades que se subcontratarán y las que realizará la empresa.
- **Selección de proveedor.** Establecer las políticas y criterios para designar a los proveedores, además de definir el número de proveedores que se tendrá por cada categoría.
- **Abasto.** Definir las estructura de abasto que se empleará de acuerdo a las necesidades de la empresa.

Los indicadores que se sugiere utilizar para esta directriz son.

- Precio promedio de compra.
- Días pendientes por pagar.
- Rango de precios de compra.
- Cantidad promedio de compra.
- Calidad de suministro.
- Tiempo de entrega del suministro.

En la figura 4 se muestran las directrices agrupadas de acuerdo al nivel de alcance y decisión, en ella se aprecia los principales objetivos y las acciones a tomar para acercarse a uno u otro objetivo estratégico. Por ejemplo, en transportación, el escoger un transporte lento como el marítimo nos brindará un ahorro importante; es decir, eficiencia en costos, pero nos alejará de una alta capacidad de respuesta; caso contrario, al escoger un transporte rápido como el aéreo ofrecerá una buena capacidad de respuesta, pero se tendrá que sacrificar la eficiencia de costos.

## 1.6 Diseño de una cadena de suministro

Como ya se mencionó, el diseño de una cadena de suministro es una decisión que implica un periodo de tiempo considerable (en promedio cinco años); entonces, las decisiones en esta etapa deberán tomarse con cuidado puesto que una modificación implicaría un costo muy alto. Este nivel abarca el esquema de tres directrices, instalaciones, abastecimiento y transportación. La idea es posicionar cada directriz en el lugar exacto para que, en armonía con las demás, pueda contribuir a mejorar la rentabilidad de la cadena de suministro.

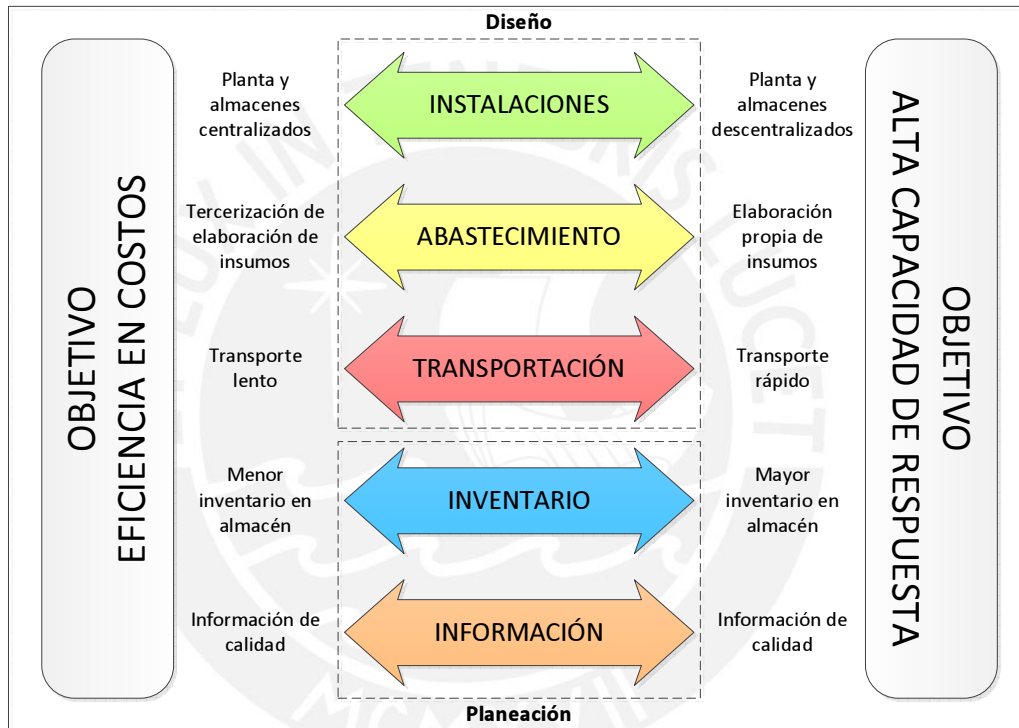


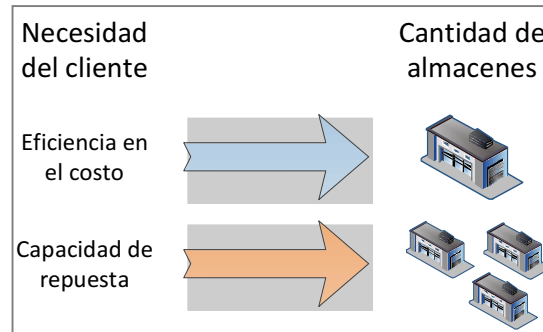
Figura 4. Decisiones que se pueden tomar por cada directriz según el objetivo que se desea alcanzar.

Fuente: (Chopra & Meindl, 2008).

### 1.6.1 Instalaciones

Existen de dos tipos de instalaciones, fábrica(s) y almacén(es); por cuestiones de interés del tema de la investigación no se analizará a la fábrica debido que la

empresa no fabrica los equipos, los importa; sin embargo, se verán las consideraciones para la ubicación del o de los almacenes.



**Figura 5. Función de almacenes.**

**Fuente:** (Ballou, 2004).

### i. Función de almacenes

Definir de acuerdo a la necesidad del cliente la cantidad de almacenes con los que se contará, si el cliente no puede esperar por el producto será conveniente tener almacenes descentralizados y si el cliente puede esperar a cambio de un costo menor del producto se deberá optar por la centralización, en la figura 5 apreciaremos de manera gráfica el concepto.

### ii. Ubicación de almacenes

Para el tema de ubicación se utilizará el modelo de localización de planta con capacidad limitada (Chopra & Meindl, 2008).

Para este método en primer lugar se deberá definir los costos que más afectan el tema de ubicación (transporte, mantenimiento de inventario, mano de obra, entre otros). Además, se debe considerar la capacidad de cada almacén y la demanda de cada ciudad. Las variables de decisión nos permitirán hallar qué ciudad de oferta abastecerá a qué ciudad de demanda y cuanta demanda abastecerá, ello supondrá qué ciudades de oferta se instalarán y cuáles no, ver figura 6.

M17									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Datos - Costos, capacidades, demanda</b>								
2	<b>Ciudad de oferta</b>	<b>Ciudad de demanda</b>						<b>Costo fijo (\$)</b>	<b>Capacidad (Und.)</b>
3		<b>Costo de produc. y transporte por cada 1,000 und.</b>							
		<b>Atlanta</b>	<b>Boston</b>	<b>Chicago</b>	<b>Denver</b>	<b>Omaha</b>	<b>Portland</b>		
4	Baltimore	1,675	400	685	1,630	1,160	2,800	7,650	18
5	Cheyenne	1,460	1,940	970	100	495	1,200	3,500	24
6	Salt Lake	1,925	2,400	1,425	500	950	800	5,000	27
7	Memphis	380	1,355	543	1,045	665	2,321	4,100	22
8	Wichita	922	1,646	700	508	311	1,797	2,200	31
9	<b>Demanda</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>11</b>		
11	<b>Variables de decisión</b>								
12	<b>Ciudad de oferta</b>	<b>Ciudad de demanda - Asig. de la prod. (1,000 und.)</b>						<b>Plantas (1=si)</b>	
13		<b>Atlanta</b>	<b>Boston</b>	<b>Chicago</b>	<b>Denver</b>	<b>Omaha</b>	<b>Portland</b>		
14	Baltimore	0	0	0	0	0	0	0	
15	Cheyenne	0	0	0	0	0	0	0	
16	Salt Lake	0	0	0	0	0	0	0	
17	Memphis	0	0	0	0	0	0	0	
18	Wichita	0	0	0	0	0	0	0	
20	<b>Restricciones</b>								
21	<b>Ciudad oferta</b>	<b>Exceso de capacidad</b>							
22	Baltimore	0							
23	Cheyenne	0							
24	Salt Lake	0							
25	Memphis	0							
26	Wichita	0							
28	<b>Demanda no satisfecha</b>	<b>Atlanta</b>	<b>Boston</b>	<b>Chicago</b>	<b>Denver</b>	<b>Omaha</b>	<b>Portland</b>		
29		10	8	14	6	7	11		
31	<b>Función objetivo</b>								
32	<b>Costo</b>	0							

Figura 6. Área de la Hoja de cálculo para las variables de decisión.

Fuente: (Chopra & Meindl, 2008).

Las restricciones (ver ecuación 5.6 de la tabla 1) consideran que la oferta de cada ciudad no exceda la capacidad máxima permitida de dicha ciudad, ello para todas las ciudades ofertantes. También toma en consideración que la demanda no satisfecha sea cero; es decir, que se atienda la demanda total de cada ciudad (ver ecuación 5.5 de la tabla 1).

Tabla 1. Fórmulas a aplicar al área de la hoja de cálculo para las variables de decisión.

Celda	Fórmula	Ecuación	Copiada a
B22	=I4*H14 - SUMA(B14:G14)	5.6	B22:B26
B29	=B9 - SUMA(B14:B18)	5.5	B29:G29
B32	=SUMAPRODUCTO(B4:G8,B14:G18) + SUMAPRODUCTO(H4:H8,H14:H18)	Función objetivo	

Fuente: (Chopra & Meindl, 2008)

Por último, la función objetivo se hallará mediante la función *Solver* de Excel, se buscará minimizar los costos teniendo en cuenta las restricciones de capacidad y demanda. Ver figura 7.

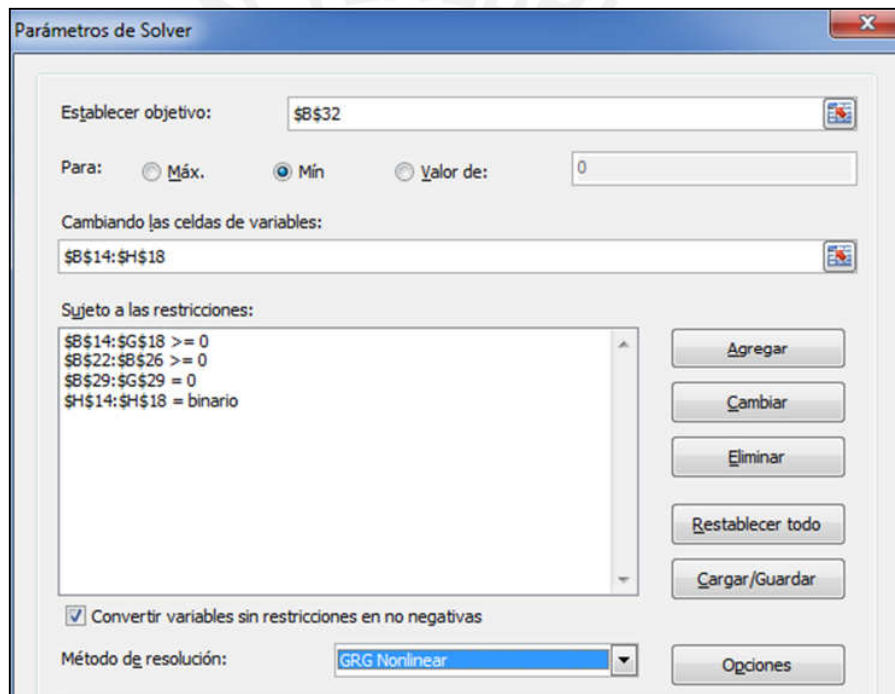


Figura 7. Parámetros de *Solver* del área de la hoja de cálculo para las variables de decisión.

Fuente: (Chopra & Meindl, 2008).

Al resolver mediante la herramienta *Solver*, obtenemos que el mínimo costo es 47,401 miles de dólares según las condiciones reflejadas en la figura 8.

M21									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Datos - Costos, capacidades, demanda</b>								
2	Ciudad de oferta	Ciudad de demanda						Costo fijo (\$)	Capacidad (Und.)
3		Costo de produc. y transporte por cada 1,000 und.							
4		Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland		
5	Baltimore	1,675	400	685	1,630	1,160	2,800	7,650	18
6	Cheyenne	1,460	1,940	970	100	495	1,200	3,500	24
7	Salt Lake	1,925	2,400	1,425	500	950	800	5,000	27
8	Memphis	380	1,355	543	1,045	665	2,321	4,100	22
9	Wichita	922	1,646	700	508	311	1,797	2,200	31
10	Demanda	10	8	14	6	7	11		
11	<b>Variables de decisión</b>								
12	Ciudad de oferta	Ciudad de demanda - Asig. de la prod. (1,000 und.)						Plantas (1=si)	
13		Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland		
14	Baltimore	0	8	2	0	0	0	1	
15	Cheyenne	0	0	0	6	7	11	1	
16	Salt Lake	0	0	0	0	0	0	0	
17	Memphis	10	0	12	0	0	0	1	
18	Wichita	0	0	0	0	0	0	0	
19	<b>Restricciones</b>								
20	<b>Ciudad oferta Exceso de capacidad</b>								
21	Baltimore	8							
22	Cheyenne	0							
23	Salt Lake	0							
24	Memphis	0							
25	Wichita	0							
26	<b>Demanda no satisfecha</b>								
27		Atlanta	Boston	Chicago	Denver	Omaha	Portland		
28		0	0	0	0	0	0	0	
29	<b>Función objetivo</b>								
30	Costo	47,401							

Figura 8. Área de la Hoja de cálculo resuelta.

Fuente: (Chopra & Meindl, 2008).

### iii. Capacidad del almacén

La capacidad del almacén deberá tomar en cuenta los pronósticos de venta, la demanda media y las longitudes promedio de los productos a almacenar.

#### 1.6.2 Abastecimiento

Para esta directriz se tienen tres componentes principales de decisión, la subcontratación (que para nuestro caso no se revisará pues no es relevante dado



que no fabricamos el producto a excepción del transporte que se detallará más adelante), la selección del proveedor y el abasto.

### i. Selección del proveedor

La selección de los proveedores no solo debe considerar el factor económico pues este es solo uno de los distintos factores que influyen para esta decisión y que afectan a la rentabilidad de la cadena de suministro; a continuación se muestra algunos de los factores más importantes que se deberán tomar en cuenta en esta decisión.

Factores (García & Cuétara, 1996):

- Precios.
- Entregas a tiempo.
- Calidad de los suministros.
- Comunicaciones.
- Servicio.
- Garantía que ofrece.
- Impuestos y tipo de cambio.

Con ello se podrá aplicar el método *Calificación Técnica - Económica Integral* (Carreño S., 2011), la cual se describe a continuación.

La calificación técnica se realiza con los siguientes criterios:

- Pasa o no pasa: Si cumple los requerimientos técnicos para a la calificación económica
- Puntaje acumulativo: Conforme el proveedor ha mejorado los requerimientos técnicos va acumulando puntos de un máximo total. Por ejemplo:

Tiene 1 año de garantía: Pasa

Tiene 2 años de garantía: + 10 puntos

Tiene 3 años de garantía: + 20 puntos

La calificación económica se aplica a la siguiente fórmula:

**Fórmula 1.**

$$P_i = \frac{O_m \times PMPE}{O_i}$$

Pi: Puntaje de la oferta que se desea obtener.

PMPE: Puntaje máximo por propuesta económica.

Oi: Oferta requerida para puntaje.

Om: Oferta económica menor.

El puntaje total se determina por el promedio ponderado entre el puntaje técnico y el económico.

**Fórmula 2.**

$$PuntajeTotal = C1 \times PT + C2 \times PE$$

PT: Puntaje técnico obtenido.

PE: Puntaje económico obtenido.

C1 y C2: Coeficiente de ponderación.

**ii. Abasto**

El sistema de abasto para cada empresa es distinto pues influye el tipo de mercado en el que se encuentre, los proveedores que tenga y principalmente el método para realizar pedidos que utilice; en este sentido, la curva de intercambio es una técnica agregada que permite presupuestar niveles de inventario acorde a la realidad de la empresa en base a productos de distinta categoría tomando límites financieros y operacionales; además en base a la demanda halla la cantidad de pedido y el número de pedidos óptimos.

Esta herramienta es útil para planificar niveles de inventario total en una organización, sobre todo para situaciones donde el costo de ordenar (A) y el costo de posesión (r%) no son explícitamente conocidos (Silver, 1985).

Una organización posee en su portafolio de producto N ítems, según la demanda de estos productos se realiza una clasificación de Pareto y se hallan los lotes económicos (EOQ) para cada uno considerando A y r constantes.

**Fórmula 3.**

$$Q_i = \sqrt{\frac{2AD_i}{v_i r}}$$

Qi=EOQ de i.

Di=Demanda de i.

Vi=Precio unitario del producto i.

Con el EOQ de cada ítem se obtiene el valor total del stock promedio de ciclo o valorizado del inventario promedio (TCS).

**Fórmula 4.**

$$TCS = \sum_1^N \frac{Q_i * v_i}{2}$$

De la fórmula 3 y 4 resulta:

**Fórmula 5.**

$$TCS = \sqrt{\frac{A}{r}} * \frac{1}{\sqrt{2}} * \sum_{i=1}^n \sqrt{D_i v_i}$$

Considerando el número total de órdenes de compra colocadas por unidad de tiempo (N):

**Fórmula 6.**

$$N = \sum_{i=1}^n N_i = \sum_{i=1}^n \frac{D_i}{Q_i}$$

Juntando la fórmula 3 y 6:

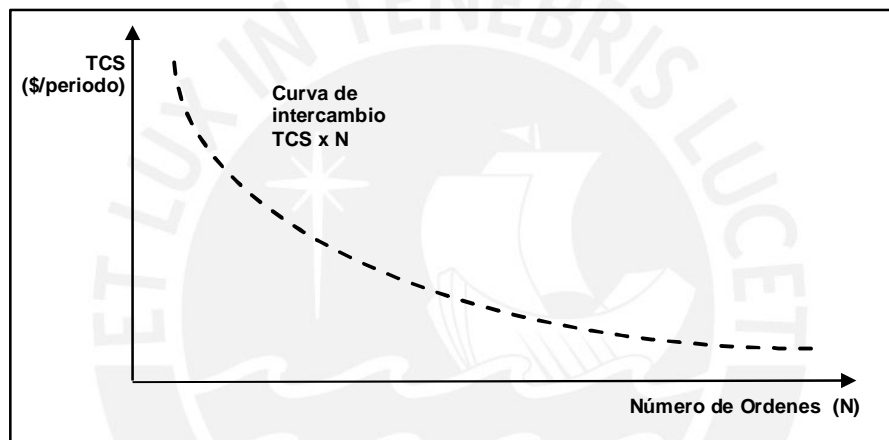
**Fórmula 7.**

$$N = \sqrt{\frac{r}{A}} \frac{1}{\sqrt{2}} * \sum_1^n \sqrt{D_i * v_i}$$

Multiplicando la fórmula 5 y 7, obtenemos:

**Fórmula 8.**

$$TCS \times N = \frac{1}{2} \left[ \sum_1^n \sqrt{D_i * v_i} \right]^2 = Cte$$



**Figura 9. Curva de intercambio TCS x N.**

**Fuente:** (Silver, 1985).

La fórmula 8 responde a una gráfica con forma de hipérbola. Ver figura 9.

Si dividimos las fórmulas 5 y 7, resulta la siguiente ecuación. Ello implica que cualquier punto en la curva hipérbólica da un mismo valor  $A/r$ .

**Fórmula 9.**

$$\frac{TCS}{N} = \frac{A}{r}$$

Como se mencionó párrafos arriba, existen ciertas restricciones para el control agregado de inventarios.

- El valor monetario o volumen del inventario promedio total puede tener un límite (TCS), también conocido como límite financiero.
- El número total de colocación de órdenes de compra en un periodo de tiempo dado deben ser menores a ciertos valores (N), también conocido como límite operacional.
- La organización debe considerar un punto donde el costo entre el inventario promedio y el costo de colocar órdenes de compra en un periodo de tiempo sea un valor razonable.

Luego de hallar los valores de TCS,  $r$ ,  $A$  y  $N$ ; se debe evaluar mediante la fórmula 10 qué combinación de valores permite tener un costo total (CT) más bajo.

#### Fórmula 10.

$$CT = TCS \times r + A \times N$$

#### iii. Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es un método gráfico que permite priorizar los elementos en una determinada situación, la idea es poder averiguar qué pocos elementos son importantes y enfocarse en ellos; de esta manera, se logra una eficiente utilización de los recursos pues se atacan los problemas que mayores incidencias causa.

Las fases para la construcción de un diagrama de Pareto (Galgano, 1995) son las siguientes:

Fase 1: decidir cómo clasificar los datos. Se debe definir el criterio mediante el cual se clasificará los datos; por ejemplo, en una industria se clasificarán el número de piezas defectuosas por el tipo de defecto.

Fase 2: elegir el periodo de observación del fenómeno. Decidir durante qué tiempo se realizará la observación y recojo de los datos; por ejemplo, 24 horas o 3 turnos.

Fase 3: obtener los datos y ordenarlos. Debemos recopilar la información necesaria según los parámetros establecidos en las fases anteriores, luego de ello se deben ordenar en una tabla como la que se muestra en la tabla 2.

Fase 4: preparar los ejes cartesianos del diagrama. Se debe definir los ejes que se visualizarán en el diagrama; por ejemplo, para el caso, el eje y será la cantidad de defectos y el eje x será el tipo de defectos.

Tabla 2. Recopilación y ordenamiento de los datos.

Tipo de defecto	Cantidad	%	% acumulado	Clasificación
Junta rota	20	44	44	A
Piezas faltantes	13	29	73	A
Piezas erróneas	8	18	91	B
Rugosidad superficial	3	7	98	C
Superficie dañada	1	2	100	C
Total	45	100		

Fuente: (Galgano, 1995)

Fase 5: diseñar el diagrama. Elaboración del diagrama de Pareto como se muestra en la figura 10.

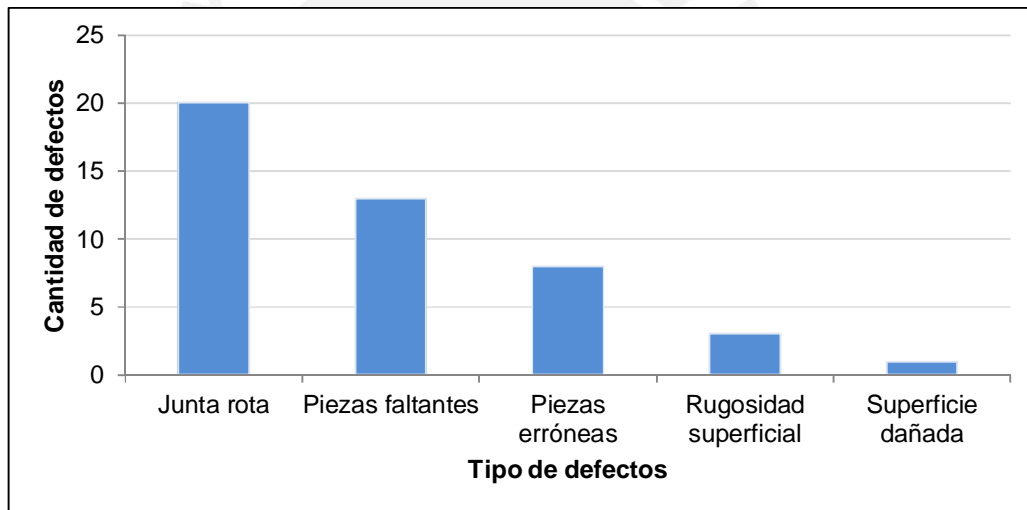


Figura 10. Diagrama de Pareto.

Fuente: (Galgano, 1995)

Fase 6: construir la línea acumulada. En base al porcentaje acumulado se construirá la línea acumulada que nos indicará el tipo de defecto más importantes; se estima que debe considerarse los problemas a atacar los que acumulen más del 80% del total o cercano. De ahí se le conoce al Diagrama de Pareto también como el diagrama 80% - 20%. Ver figura 11.

Fase 7: añadir información básica. Esta fase sirve para poder analizar el resultado de la fase previa. En la figura 11 se observa que el 80% del acumulado se da principalmente en los tipos de defectos junta rota y piezas faltantes; es decir, son estos dos tipos de defectos en los que debemos principalmente enfocarnos a fin de emplear eficientemente los recursos.

Este método es equivalente al análisis ABS en donde se clasifican en tres categoría los productos de acuerdo al nivel de importancia definido; para ello se considera el porcentaje acumulado, hasta 80% es A, los siguientes elementos hasta 95% son B y finalmente los restantes son categoría C (García Sabater, Cardós Carboneras, Albarraçín Guillem, & García Sabater, 2004). Ver tabla 2.

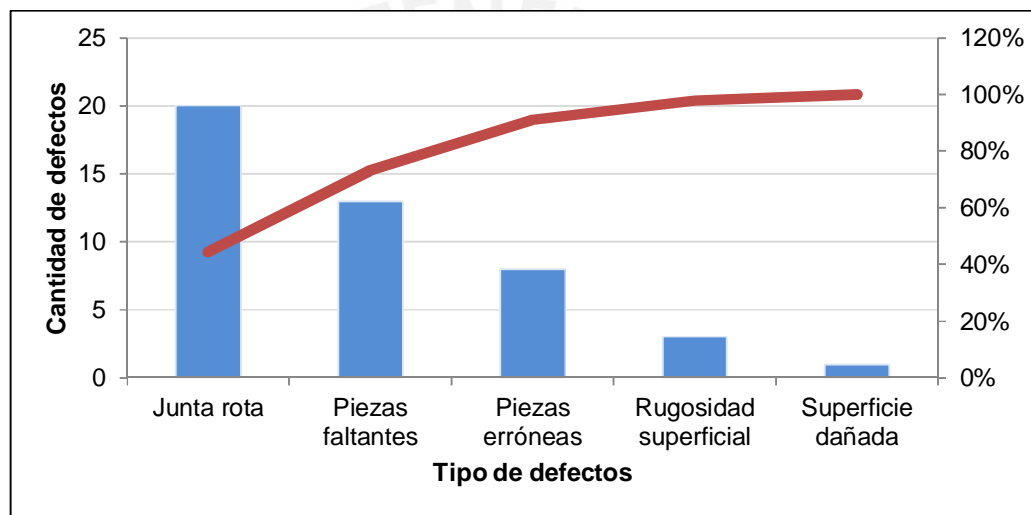


Figura 11. Diagrama de Pareto con línea acumulada.

Fuente: (Galgano, 1995)

### 1.6.3 Transportación

Para esta directriz los dos componentes importantes son el diseño de la red de transporte y la elección del modo de transporte. El primero implica establecer las rutas que se recorrerán en la transportación a todos los puntos donde se desea o debe llegar; y en el segundo se decide a través de qué medios se realizará el transporte.

### i. Elección del modo de transporte

Existen diferentes medios de transporte a los cuales se puede acceder, estos pueden ser por aire, transportistas de paquetería, camión, ferrocarril, agua, ductos y cualquiera de las distintas combinaciones entre las antes mencionadas. Para la elección que se menciona se plantean dos alternativas que no son mutuamente excluyentes, el primero será el costo total de transporte y el segundo el costo de transporte asociado a la capacidad de respuesta, para ello también deberá considerarse la disponibilidad de transportar los productos en los medios de transporte mencionados.

- **Costo total de transportación** (Chopra & Meindl, 2008).

**Fórmula 11.**

$$\text{CostoTotal} = \text{Flete} + \text{CostoTenerInventario} + \text{CostoInventarioTransito}$$

**Fórmula 12.**

$$\text{CostoTenerInventario} = i\% \times Cu \times \text{InvMed}$$

**Tabla 3. Costo de transporte como una función del tiempo de respuesta.**

Día	Respuesta	Un día		Dos días		Tres días	
	Demanda	Cantidad enviada	Costo (\$)	Cantidad enviada	Costo (\$)	Cantidad enviada	Costo (\$)
1	19,970	19,970	299.70				
2	17,470	17,470	274.70	37,440.00	474.40		
3	11,316	11,316	213.16			48,756.00	587.56
4	26,192	26,192	361.92	37,508.00	475.08		
5	20,263	20,263	302.63				
6	8,381	8,381	183.81	28,644.00	386.44	54,836.00	648.36
7	25,377	25,377	353.77				
8	39,171	39,171	491.71	64,548.00	745.48		
9	2,158	2,158	121.71			66,706.00	767.06
10	20,633	20,633	306.33	22,791.00	327.91		
11	23,370	23,370	333.70				
12	24,100	24,100	341.00	47,470.00	574.70	68,103.00	781.03
13	19,603	19,603	296.03				
14	18,442	18,442	284.42	38,045.00	480.45	38,045.00	480.45
			<b>4164.59</b>		<b>3464.46</b>		<b>3264.46</b>

Fuente: (Chopra & Meindl, 2008).



**Fórmula 13.**

$$InvMed = \frac{1}{2} LP + SS$$

i%: Tasa del inventario

Cu: Costo unitario del producto

LP: Lote de pedido

SS: Stock de seguridad

- **Costo de transportación asociado a la capacidad de respuesta**

Se brinda un ejemplo que nos ayudará a entender este concepto. En la tercera columna de la tabla 3 observamos la cantidad enviada y el costo asociado para un transporte que sale a diario, en la cuarta columna se da el mismo caso, pero con una salida inter diaria y en la última columna la respuesta es cada tres días. Se percibe que mientras la respuesta es más lenta, el costo total va disminuyendo.

## 1.7 Planeación de una cadena de suministro

Luego de haber visto el diseño, pasaremos a enfocarnos en las directrices que forman parte de la planeación de la cadena de suministro, el inventario y la información.

### 1.7.1 Inventario

Los inventario son muy importantes en cualquiera cadena de suministro, si bien sería lo ideal no contar con ellos, la incertidumbre que causa la demanda obliga en muchos casos a necesitarlos, veremos opciones que ayudarán a reducir los mismos y por ende a contribuir con la rentabilidad de la cadena.

#### i. Inventario de ciclo

Los inventarios de ciclo toman en cuenta varios conceptos, tales como: costo de tener inventario en almacén, equilibrio entre costos de hacer pedido y costo de tener inventario (ver figura 12), y los sistemas de renovación de inventario. Ver figuras 13 y 14.

- **Costo de tener inventario en el almacén**

Antes se creía que el tener productos en el almacén no generaba costos para la empresa. A lo largo del tiempo se ha visto que sí, pues los productos ocupan un lugar, son manejados por operarios, etc. y todo ello implica un costo para la organización. La fórmula se presenta líneas arriba en la fórmula 12.

- **Equilibrio entre los costos de hacer el pedido y el de tener inventario**

En la figura 10 se muestra varios tipos de costos asociados a la gestión de inventario. El costo del producto que se representa con una línea constante, el costo de hacer pedidos que disminuye si la cantidad del pedido aumenta, el costo de almacenamiento que aumenta cuando la cantidad del pedido también lo hace y por último el costo total, el cual tiene un punto mínimo que se alcanza cuando la cantidad a pedir es la óptima.

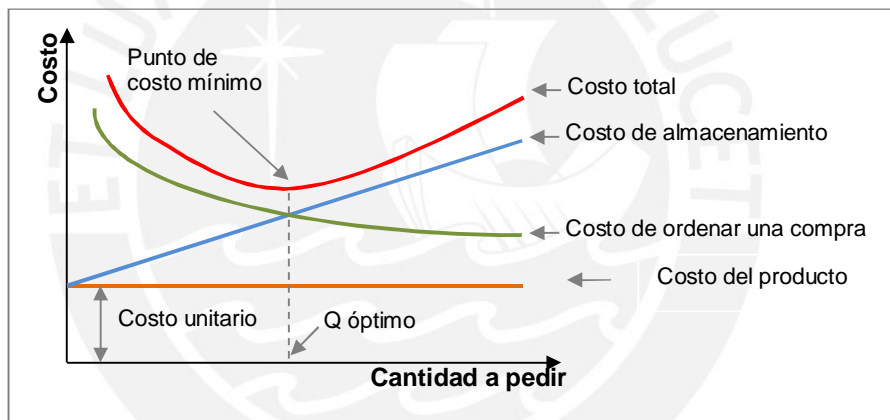


Figura 12. Equilibrio entre los costos de hacer el pedido y el de tener inventario.

Fuente: (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

Del gráfico anterior se puede hallar cuál es la cantidad óptima a pedir, el lote económico resultante es la que se muestra a continuación.

**Fórmula 14.**

$$Q.óptimo = EOQ = \sqrt{\frac{2 \times A \times S}{Cu \times i\%}}$$

A: Demanda anual.

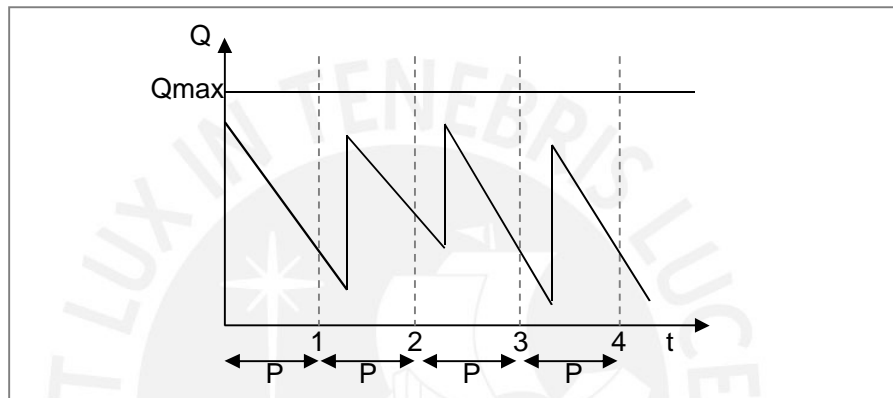
S: Costo de hacer un pedido.

Cu: Costo unitario del producto.

i%: Tasa del inventario.

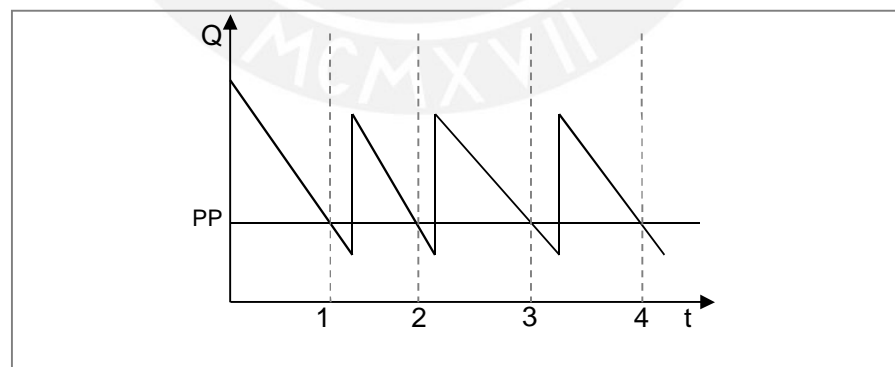
- **Sistema “P”**

Este sistema funciona mediante un periodo fijo para hacer el pedido; ello implica un lote de pedido variable y se establece una cantidad de pedido máximo que sirve como referencia. Ver figura 13.



**Figura 13. Sistema “P”.**

**Fuente:** (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).



**Figura 14. Sistema “Q”.**

**Fuente:** (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

- Sistema “Q”

Este sistema funciona mediante un periodo de tiempo variable, el lote del pedido es el EOQ (lote económico) y se establece un punto de pedido que sirve como referencia. Ver figura 14.

### i. Inventario de seguridad

El inventario de seguridad es una cantidad de productos que se mantiene para satisfacer la demanda excedente a la pronosticada. Ver figura 15.

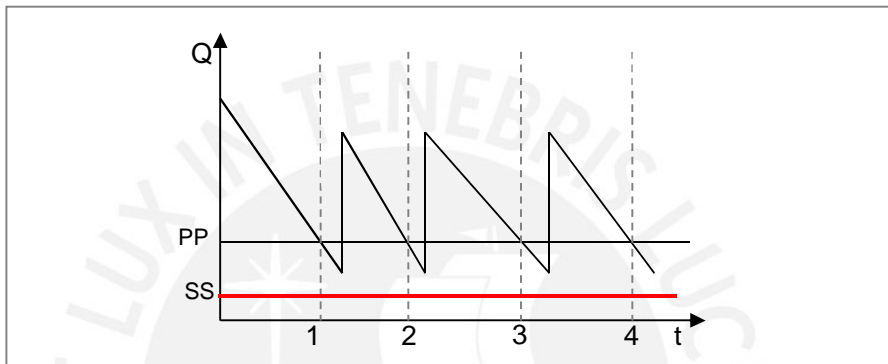


Figura 15. Inventario de seguridad.

Fuente: (Krajewski, Ritzman, & Malhotra, 2008).

#### Fórmula 15.

$$SS = k \times \sigma_L$$

SS: Stock de seguridad.

k: Nivel de servicio.

$\sigma_L$ : Desviación de la demanda durante el tiempo de espera.

#### Fórmula 16.

$$\sigma_L = \sqrt{L \times \sigma_i^2}$$

L: Lead time.

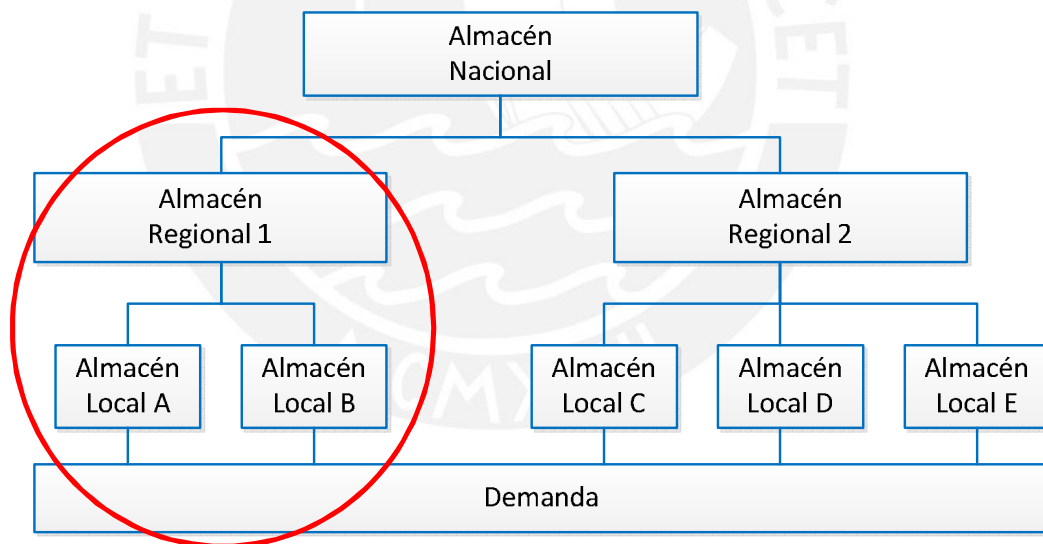
$\sigma^2_{t_i}$ : Suma de varianzas de L distribuciones independientes de la demanda.

$\sigma_L$ : Desviación de la demanda durante el tiempo de espera.

## ii. Planificación de los recursos de distribución

El sistema de distribución es muy importante al momento de planificar la cadena de suministro, para ello se necesitará una política y un método que contribuyan al adecuado flujo de los productos que se comercialicen. Un método sencillo y de fácil implementación es la Planificación de recursos de distribución o *Distribution Resource Planning* (DRP), esta herramienta nos permite planear y controlar el inventario cuando contamos con almacenes que dependen de otros más grandes.

El DRP brinda la información de qué, cuánto y cuándo se debe despachar a los puntos de ventas, este se basa en los pronósticos, el tiempo de atención, la capacidad de los almacenes y la capacidad del transporte (Dominguez, Álvarez, Dominguez, & Ruiz, 1995).



**Figura 16. Distribución de almacenes.**

**Fuente:** Elaboración propia.

Esta técnica sigue la metodología de la Planificación de materiales (MRP). En primer lugar se hallan las necesidades brutas para periodos futuros de los almacenes locales, para ello se recomienda usar pronósticos; luego con la

información de inventario disponible, tiempo de reabastecimiento (*lead time*) y método de cálculo del lote se halla la necesidad neta y el periodo en el que se solicitará lo faltante para satisfacer el requerimiento (pronóstico).

**Ejemplo para el almacén local A. Ver tabla 4.**

Para el periodo 0 se tiene un inventario de 30 unidades. En el periodo 2 se requerirá 60 unidades, es así que las necesidades netas para el periodo 2 son 30 unidades las cuales deben llegar en ese mismo periodo y dado que el tiempo de reabastecimiento es 1 periodo, las 30 unidades deben solicitarse en el periodo 1. En este ejemplo se considera que el método de pedido es lote por lote, lo que quiere decir que se puede solicitar lotes de pedido de cualquier tamaño. Si el método de pedido fuera de lotes múltiples de 20, en este primer pedido se hubieran solicitado 40 unidades.

Consideraciones para la tabla 4:

Leyenda: Lead Time (LT), Lote por lote (LxL), Lote de “N” unidades (Lx“N”), Necesidades brutas (NB), Necesidades brutas regionales (NB Reg), Inventario inicial (INV), Necesidades netas (NN), Recepción de pedido planeado (RPPL), Pedido planeado (PPL).

**Tabla 4. Explosión de necesidades de los almacenes A, B y Regional 1.**

Datos	Concepto	Periodo									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Almacén Local A LT:1 LxL	NB			60		80	30	10			
	INV (30)	30	30	0	0	0	0	0			
	NN			30		80	30	10			
	RPPL			30		80	30	10			
	PPL		30		80	30	10				
Almacén Local B LT:2 Lx20	NB				40	50		30	20		
	INV (5)	5	5	5	5	15	15	5	5	5	
	NN				35	45		15	15		
	RPPL				40	60		20	20		
	PPL		40	60		20	20				
Almacén Regional 1 LT:1 Lx100	NB		70	60	80	50	30				
	<b>NB Reg</b>				5	15		35		20	
	INV (50)	50	80	20	35	70	40	5	5	85	
	NN		20		65	30				15	
	RPPL		100		100	100				100	
	PPL	100		100	100				100		

Fuente: Elaboración propia.

Luego de hallar cuánto y cuándo se realizará el pedido en los almacenes locales, estos se suman por periodo junto con las unidades requeridas por el almacén regional y con ello se realizan los mismos pasos del ejemplo para el almacén local A.

Como resultado obtendremos los puntos de pedido del almacén regional y con ello se logrará conocer cuántas unidades deberán fabricarse o comprarse. Ver tabla 3.

**Fórmula 17.**

$$NN_t = NB_t + SS - INV_{t-1}$$

**Fórmula 18.**

$$INV_t = INV_{t-1} + NN_t - NB_t$$

### 1.7.2 Información

La información es la directriz fundamental pues ayuda a las demás directrices a un mejor desempeño. Un componente importante es el pronóstico de la demanda que permite tomar acciones con antelación.

#### i. **Compartir información a través de la cadena**

A lo largo de la cadena de suministro, cada empresa posee información que recopila y con la cual proyecta su demanda, este modo aislado de trabajar la información genera incertidumbre que se va incrementando conforme pasa de una entidad a otra desde los minoristas, pasando por los distribuidores y la fábrica, hasta los proveedores. Ello se conoce como el efecto látigo, el cual no contribuye con la rentabilidad total de la cadena. Este efecto se da básicamente por la poca información que se comparte a través de la cadena de suministro.

#### ii. **Pronóstico de la demanda** (Chopra & Meindl, 2008)

Para el pronóstico de la demanda existe diversos métodos a utilizar, desde cualitativos hasta cuantitativos; a continuación, se presentan los más importantes.

- **Suavización exponencial ajustado a la tendencia**

Este método está basado en la ponderación de promedios que le brinda un mayor peso a la información más reciente, además, incorpora la tendencia lo cual permite un mejor y más real pronóstico de la demanda. A continuación, la fórmula de este método.

**Fórmula 19.**

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

**Fórmula 20.**

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

**Fórmula 21.**

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

$D_t$ : Demanda en el periodo t.

$A_t$ : Promedio exponencialmente suavizado de la serie en el periodo t.

$T_t$ : Promedio exponencialmente suavizado de la tendencia en el periodo t.

$\alpha$ : Parámetro de suavización para el promedio con un valor entre 0 y 1.

$\beta$ : Parámetro de suavización para la tendencia, con un valor entre 0 y 1.

$F_{t+1}$ : Pronóstico para el periodo t+1.

- **Estacional multiplicativo con tendencia**

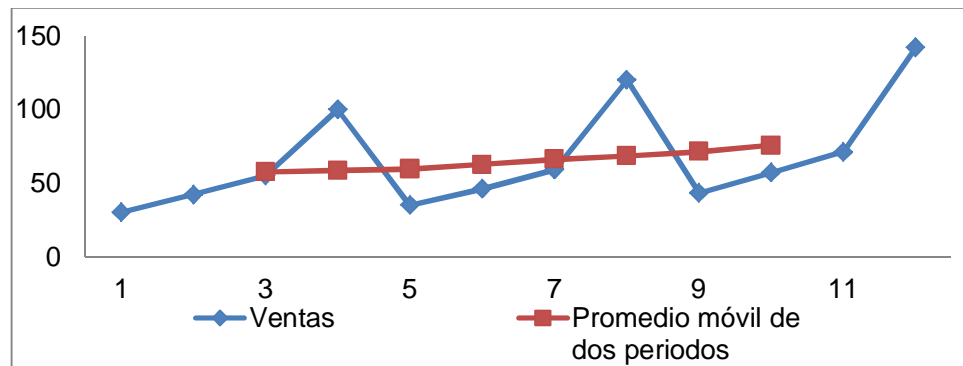
Este método es útil cuando la demanda no es regularmente constante sino que el producto al que se le realiza los pronósticos presenta una estacionalidad (como panetones, helados, etc.), este método también incluye en su lógica la tendencia que pueda tener el producto. En seguida se muestra los pasos a seguir.

1° Desestacionalizar la data. Se aplicará el método de promedio móvil una o dos veces con un "n" adecuado hasta conseguir una demanda similar a una recta.

2° Sobre esta data desestacionada se realiza una regresión lineal que nos permitirá una tendencia.



- 3° Calcular los “índices estacionales” por periodos de acuerdo al gráfico inicial.
- 4° Calcular los “índices estacionales promedios”. Sobre esta data desestacionalizada se realiza una regresión lineal que nos permitirá una tendencia.
- 5° Calcular los pronósticos con la recta de regresión lineal que permite considerar la tendencia. Para incluir la estacionalidad, a dichos resultados se les multiplicará los índices estacionales promedio.



**Figura 17. Demanda desestacionalizada.**

**Fuente:** (Chopra & Meindl, 2008).

## Capítulo 2. Estudio del caso

En el presente capítulo se describirá a la empresa, las áreas implicadas en el análisis y se explicará la problemática actual mediante el enfoque de las directrices mencionadas en el capítulo 1.

A continuación se brindará una breve reseña sobre la organización y la empresa, ello beneficiará en la visualización del panorama para un mejor estudio del caso.

### 2.1 Descripción de la empresa

ABCORP es una corporación formada por doce subsidiarias, cuatro de ellas fuera del territorio peruano, es reconocida por su gran aporte al desarrollo del país a través del rubro en el que se desempeña, principalmente ligado a los sectores de minería, construcción, marino, energía, automotriz, agricultura, forestal e industrial.

Una de las empresas que conforman ABCORP es ABSA, dedicada a la comercialización de bienes de capital, repuestos y servicio posventa. Dicha empresa representa distintas marcas de reconocido prestigio a nivel internacional, entre estas una marca de tractores para el mercado agrícola.

ABSA posee una gran red de sucursales y oficinas a nivel nacional, las mismas que le ayudan a ser líder en la venta de bienes de capital. Es importante mencionar que la principal diferencia entre una sucursal y una oficina es que la primera, a diferencia de la otra, cuenta con servicio técnico el cual es uno de los puntos más valorados por los clientes. Ver figura 18.

Locales de ABSA a nivel nacional:

- 12 sucursales en las principales provincias del país.
- 5 oficinas.
- Sede administrativa en Lima.
- Centro de reparación.
- Centro de distribución de repuestos.
- Almacén y taller de pre-entrega en Callao.

Una línea de negocio dentro de ABSA, en la cual se basará el estudio, es el mercado agrícola, conformado por la Gerencia Agrícola y las áreas de Venta de equipos, Venta de repuestos y Servicio técnico. En el punto 2.2 se realizará la explicación del negocio que atiende al mercado agrícola.

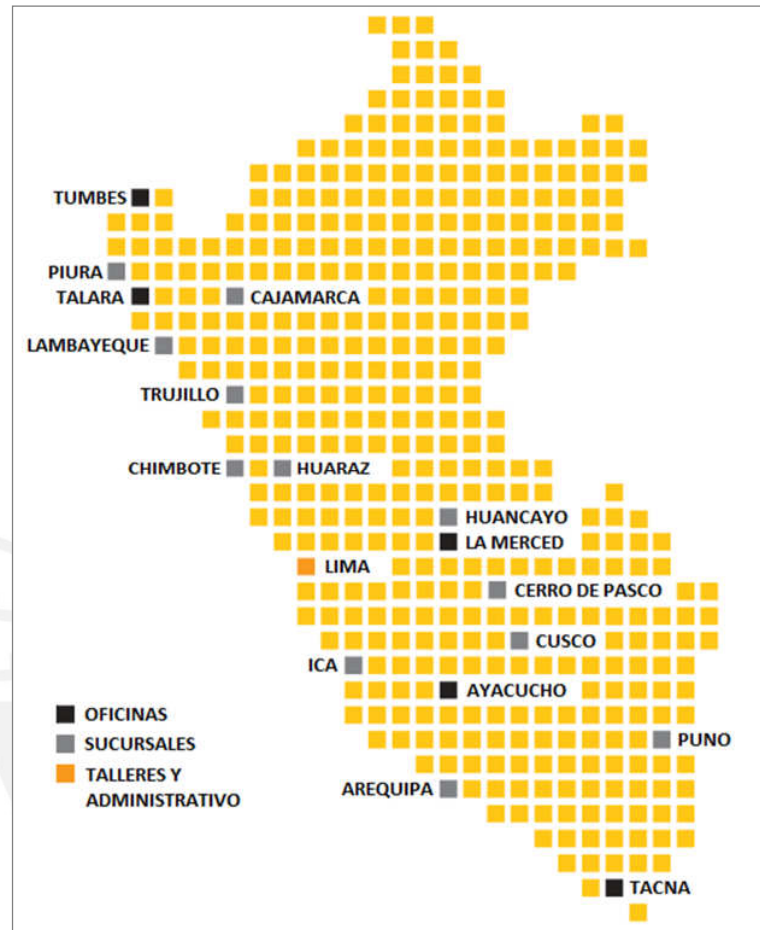


Figura 18. Red de sucursales, oficinas, almacenes y talleres de ABSA a nivel nacional.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

## 2.2 Descripción del negocio en estudio

La línea de negocio agrícola es en gran parte comercial, esta administra la representación exclusiva de dos marcas de tractores; además, comercializa otros productos como cosechadoras, rastras, arados, surcadores, pulverizadores, y demás maquinaria para la agricultura.

El área agrícola está conformada por la gerencia agrícola y tres áreas complementarias. En seguida se detalla cada una de ellas.

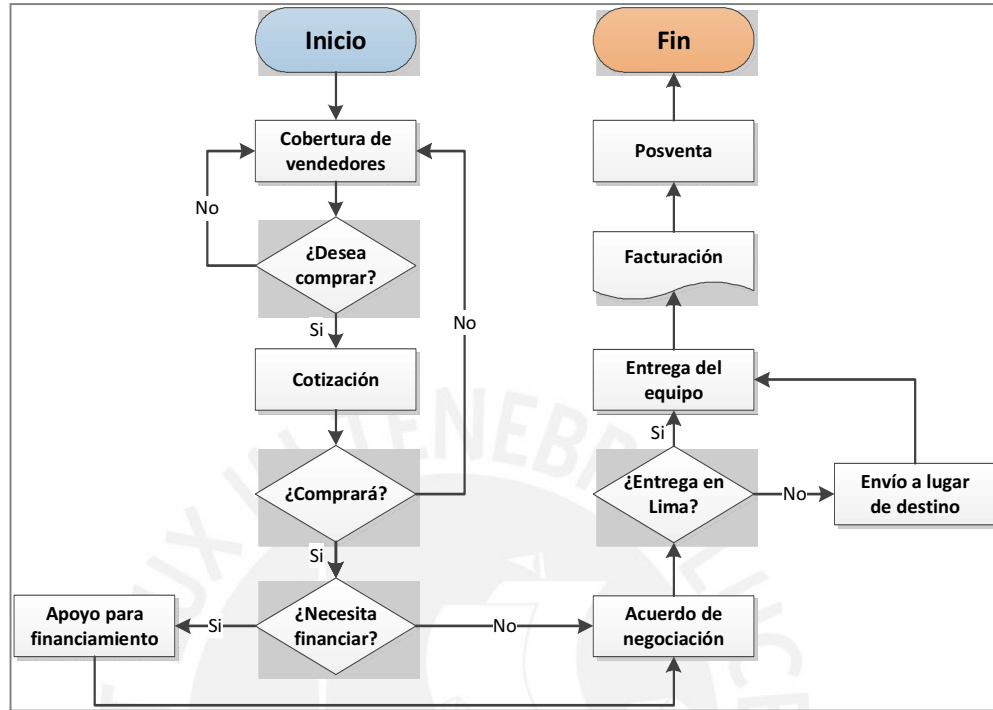


Figura 19. Flujograma del proceso principal del área agrícola en ABSA.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

- Gerencia Agrícola

Es liderado por el Gerente Agrícola, encargado de dirigir el negocio estratégicamente y responsable de las principales decisiones del área.

- Equipos agrícolas

Área encargada de la venta de equipos agrícola (tractores, cosechadoras, pulverizadores, implementos, entre otros), esta se encuentra liderada por un Jefe de venta de equipos quien cuenta con el apoyo de representantes de ventas que realizan constantemente coberturas a nivel nacional. En la figura 19 se muestra el principal proceso del área.

- Repuestos agrícolas

Área encargada de la venta de repuestos para maquinaria agrícola, pero además brinda apoyo al área de servicio mediante la facilitación de repuestos para el soporte posventa que se brinda. Está conformada por representantes de ventas que realizan cobertura a nivel nacional y por asistente de ventas que tienen como responsabilidad administrar todo lo relacionado al stock de repuestos en todo el país.

- Servicio agrícola

Área responsable del soporte posventa a toda la maquinaria agrícola que se comercializa en ABSA, otra de sus obligaciones principales es el brindar el servicio de mantenimiento gratuito por el primer año de adquisición de sus equipos en caso de tractores, además, realiza las pre-entregas (revisión y acondicionamiento de la maquinaria a fin de que esta se encuentre en óptimas condiciones) y entregas técnicas (entrega directa al cliente en el lugar pactado).

### 2.3 Análisis del diseño de la cadena de suministro

En este punto se describirán los principales problemas presentados actualmente en las directrices enfocadas al diseño de la cadena de suministro.

#### 2.3.1 Instalaciones

En la actualidad, la maquinaria que se importa ingresa solo a través del puerto del Callao; es decir, la llegada de los tractores se centraliza en un punto. Estos equipos son conducidos a un local cerca al puerto, ahí se almacenan hasta ser vendidos en cuyo caso se contrata a un transportista para que lleve la maquinaria al destino que por lo general es en el interior del país. Esta centralización genera tres grandes problemas. Ver tabla 5.

**Tabla 5. Principales gastos anuales asociados a las instalaciones.**

Cuenta	Soles
Alquiler de inmueble (almacenaje)	96,071
Mantenimiento Inventario (pre entrega)	692,400
Mano de obra (horas extras)	42,000
<b>Total</b>	<b>830,471</b>

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

- 1° El primero es el excesivo gasto por el almacenamiento de las máquinas dado que es más costoso almacenarlo en el Callao que en alguna sucursal;
- 2° en segundo término, las pésimas condiciones ambientales a las que se expone el tractor generan una alta corrosión por la cercanía del almacén al mar, lo cual deviene en gastos extras para su reparación (pre entrega);
- 3° Y por último, la sobrecarga de trabajo de los técnicos ante dicha centralización genera altos gastos por horas extras.

### 2.3.2 Abastecimiento

Tabla 6. Cantidad de pedidos y cantidad por pedido actual.

N°	Marca	HP	Dem.	Prec. Unid. (miles)	Valorizado (miles)	%	% Acum	ABC	N° Pdos. actual	Q	TCS	Raíz Valorizado
1	FE	110/119	66	40.4	2,666	23%	23%	A	12	5.5	111,100	1,633
2	FE	130/139	29	47.0	1,363	12%	35%	A	12	2.4	56,792	1,167
3	FE	100/109	31	35.6	1,104	10%	45%	A	12	2.6	45,983	1,051
4	AN	90/99	37	29.0	1,073	9%	54%	A	12	3.1	44,708	1,036
5	AN	80/89	42	23.5	987	9%	63%	A	12	3.5	41,125	993
6	FE	70/79	34	25.8	877	8%	70%	A	12	2.8	36,550	937
7	AN	130/139	15	46.4	696	6%	76%	A	12	1.3	29,000	834
8	FE	180/189	8	80.3	643	6%	82%	B	6	1.3	53,553	802
9	FE	120/129	13	40.4	525	5%	87%	B	6	2.2	43,767	725
10	FE	90/99	15	28.7	431	4%	90%	B	6	2.5	35,875	656
11	FE	190/215	4	90.0	360	3%	94%	B	6	0.7	30,000	600
12	FE	80/89	13	26.0	338	3%	96%	C	3	4.3	56,333	581
13	AN	160/169	4	52.4	210	2%	98%	C	3	1.3	34,953	458
14	AN	100/109	2	28.8	58	1%	99%	C	3	0.7	9,600	240
15	FE	60/69	3	17.5	53	0%	99%	C	3	1.0	8,750	229
16	AN	110/119	1	44.0	44	0%	100%	C	3	0.3	7,333	210
17	AN	50/59	2	19.3	39	0%	100%	C	3	0.7	6,433	196
		<b>Total</b>	<b>319</b>		<b>11,465</b>	<b>100%</b>			<b>126</b>	x	<b>651,856</b>	<b>12,348</b>
											<b>TCSxN</b>	<b>76,239,847</b>

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Consideraciones para la tabla 6:

$$Q = \text{Demanda} / N^{\circ} \text{pedidos actual}$$

$$TCS = (Q \times \text{Precio unitario}) / 2$$

$$\text{Raíz Valorizado} = \text{Raíz} ( \text{Demanda} \times \text{Precio unitario} )$$

$$TCS \times N = \sum ( \text{Raíz Valorizado} )$$

El abasto en cualquier empresa es sumamente importante pues asegura el nivel de stock para cubrir las necesidades de consumo del cliente en un tiempo dado. Además, la función de abastecimiento facilita la comunicación entre los almacenes y el proveedor de tal manera que se pueda prever cambios en la tendencia de compra del cliente.

En la empresa ABSA el abastecimiento de tractores se realiza después de que el equipo de logística y el área comercial acuerdan la cantidad de tractores a comprar tomando en cuenta solo el stock actual. Este modo de abastecimiento tan empírico ha generado una serie de problemas; a continuación, los principales:

- Pérdida de ventas por la no disponibilidad del producto cuando el cliente lo requiere.
- Sobre stock de tractores (baja rotación de inventario).
- Gastos excesivos por almacenamiento.

Para solucionar estos problemas se plantea utilizar el método de curva de intercambio visto en el capítulo 1.6.2. Esta curva, permitirá optimizar el nivel de inventario total y la cantidad de pedidos a realizar. En la tabla 6 se aprecia el rango de productos, la demanda y la cantidad de pedidos que se realiza actualmente; además, el valorizado del inventario promedio es US\$ 651,856.

Para hallar el costo total de la política actual se debe hallar “A” (fórmula 9, pág. 22), considerando que “r” es 35%.

$$A = r \times \frac{TCS}{N} = 1,810.7$$

Conocidos TCS, N, A y r se hallará el costo total (fórmula 10, pág. 23).

$$CT_{actual} = TCS \times r + A \times N = 456,299$$

### 2.3.3 Transportación

Durante los últimos cuatro años, uno de los gastos más importantes en el negocio agrícola ha sido el de fletes, ello debido a que los tractores se centralizan en el almacén del Callao y al ser vendidos son transportados de manera unitaria desaprovechando la capacidad de los camiones que en su mayoría pueden transportar de 2 a 3 tractores sin incrementar el costo. Se gastó en fletes del 2009 al 2012 la suma de S/. 2'979,318; es decir, S/. 744,830 al año aproximadamente. Ver tabla 7 y figura 20.

Consideraciones para la tabla 7 y figura 20:

Leyenda: Piura (Piu), Chiclayo (Cix), Trujillo (Tru), Cajamarca (Caj), Chimbote (Chb), Huaraz (Hrz), Lima (Lim), Huancayo (Hyo), Ica (Ica), Arequipa (Aqp), Cuzco (Czc), Puno (Pun).

Tabla 7. Gasto de flete por sucursal 2009 - 2012.

Región oferta	Costo de transporte por cada unidad (nuevos soles)											
	PIU	CIX	TRU	CAJ	CHB	HRZ	LIM	HYO	ICA	AQP	CZC	PUN
Lima	3,965	3,032	2,137	3,243	1,626	1,537	-	1,225	1,260	4,055	4,178	5,318
<b>Demanda</b>	<b>118</b>	<b>125</b>	<b>178</b>	<b>12</b>	<b>42</b>	<b>9</b>	<b>88</b>	<b>52</b>	<b>225</b>	<b>218</b>	<b>55</b>	<b>32</b>
<b>Gasto (miles de soles)</b>	468	379	380	39	68	14	-	64	283	884	230	170

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

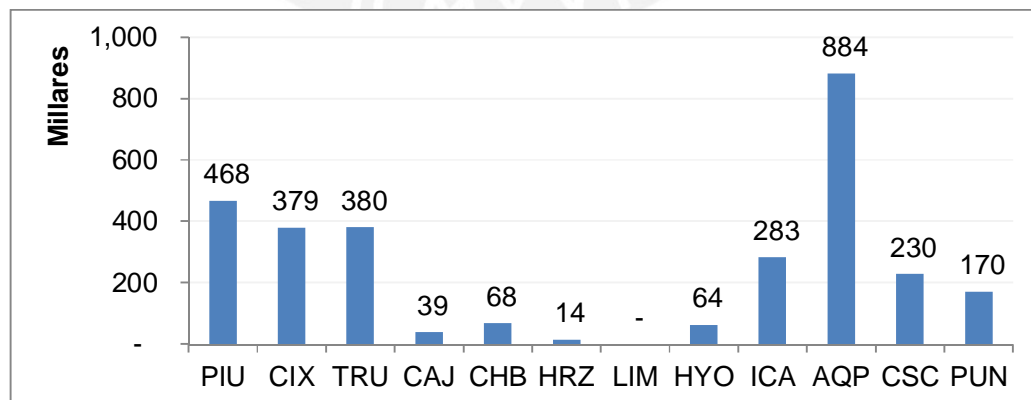


Figura 20. Gasto de flete por sucursal 2009 - 2012.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.



## 2.4 Análisis de la Planeación de la cadena de suministro

En esta sección se expondrán los principales problemas presentados en las directrices enfocadas a la planeación de la cadena de suministro.

### 2.4.1 Inventario

El tema de inventario es crítico hoy en día en el área, durante el año 2012 se realizó una serie de compras de tractores que terminó por generar un alto sobre stock, una muy baja rotación de inventario y una antigüedad de los equipos muy alta. Todo ello se debe a una nula política de inventario que está generando, como figura en la tabla 8, un antiguamiento mayor a 6 meses del 74% de los tractores cuando para ese rango debería ser de 15%; además, la rotación de inventario es 1.8, lo cual está muy por debajo del objetivo que es 3, en la figura 21 se aprecia la evolución durante el 2012.

Tabla 8. Antiguamiento de tractores agrícola durante el 2012.

Meses	Antiguamiento				
	0 - 3	4 - 6	7 - 12	13 - 24	Más 25
Unidades	22	9	66	18	4
Miles US\$	2,316	1,834	4,179	1,462	432
Objetivo	85%		10%	5%	

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

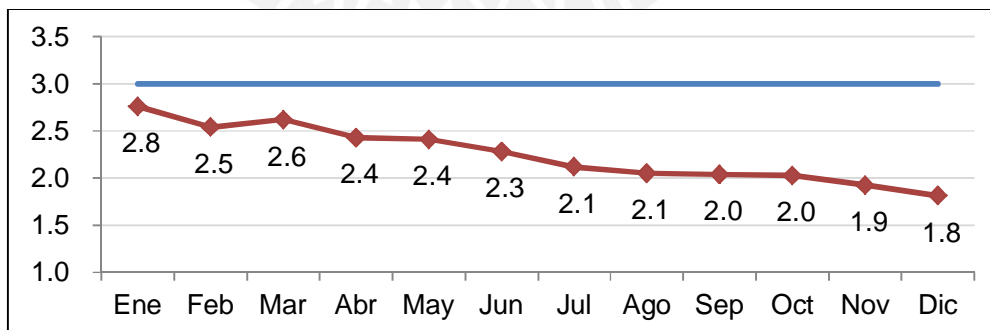


Figura 21. Rotación de inventario de tractores agrícola durante el 2012.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

### 2.4.2 Información

La información es, o debería ser, una de las herramientas más importantes en toda empresa, esta nos debe ayudar a tomar decisiones acertadas en el momento adecuado. Así pues, la data histórica de ventas bien analizada debe proporcionarnos información del movimiento del mercado y ello a su vez deberá servirnos para pronosticar la demanda futura.

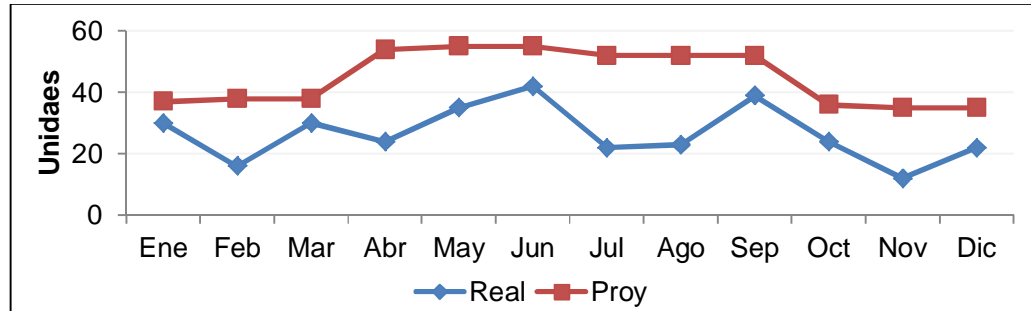


Figura 22. Curvas de ventas proyectadas y reales de tractores agrícolas en el 2012.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Tabla 9. Indicadores de medición de la proyección de ventas reales y presupuestadas 2012.

Indicador	Valor
Error acumulado de pronóstico	-220
Promedio de error de pronóstico	-18.33
Error absoluto de la media (MAD)	18.33
Error cuadrático de la media (MSE)	401.5
Error estándar	20.93
Error absoluto porcentual de la media (MAPE)	0.83

Fuente: ABSA. Elaboración Propia.

En el caso de estudio, anualmente se realiza una proyección de los tractores que se venderán el año siguiente, para ello cada una de las doce sucursales a nivel nacional envía sus pronósticos los cuales no se basan en información histórica de ventas sino que se realiza estimando la venta de acuerdo al criterio de los vendedores y el administrador de la sucursal con información de futuros negocios, estas proyecciones se consolidan y se generan los pronósticos de ventas del año.

Esta forma de pronosticar las ventas ha llevado a sobrecostos en temas de almacenaje e inventario pues se importan los tractores de acuerdo a esta proyección, los tractores llegan en fechas donde la demanda es baja y se deben almacenar varios meses hasta lograr su venta.

En la figura 22 se aprecia las curvas de ventas reales y proyectadas del año 2012, en ella se observa la gran variación que existió entre lo que se dijo que se vendería y lo que realmente se vendió. Podremos concluir que el pronóstico fue muy distante de lo real si observamos en la tabla 9 indicadores como el MAPE que nos dice que el error de la proyección fue 83%, ello muestra claramente el pronóstico impreciso que se realizó.



## Capítulo 3. Propuesta para la mejora

Se propondrá la mejora para el diseño y la planeación de la cadena de suministro del caso en estudio, se expondrán las propuestas que permitirán un mejor desempeño de la cadena de suministro y así resolver los problemas presentados en el capítulo anterior.

### 3.1 Propuesta para el diseño de la cadena de suministro

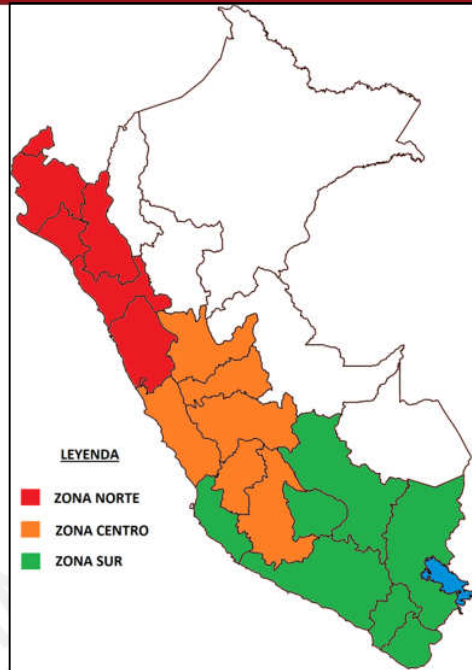
El diseño de la cadena de suministro está orientado a decisiones estratégicas que guiarán el futuro del negocio a largo plazo, estos son proyectos que implican inversiones y cambios relevantes. A continuación, se plantearán las soluciones para cada una de las directrices del diseño.

#### 3.1.1 Instalaciones

La empresa ABSA cuenta con sucursales y oficinas a nivel nacional, estas se agrupan en tres macro regiones, cada una ellas está a cargo de un gerente regional. En la figura 23 se aprecia esta división, es importante mencionar que la región selva del Perú la atiende otra empresa de la misma corporación pues existe en ese territorio una normativa especial que permite la liberación del IGV.

La idea que se plantea para solucionar los problemas que actualmente presenta la empresa en cuanto al almacenaje en el Callao (excesivo gasto de almacenaje, pre entrega y mano de obra, ver pág. 39) es contar con almacenes descentralizados que abastezcan a cada región. Con ello los equipos estarán más cerca al cliente y su conservación será mejor pues se evitará la alta corrosión producto de la salinidad por la cercanía del almacén central al mar (Callao).

El objetivo es hallar la cantidad de almacenes y la ubicación de estos que permitan minimizar los costos de transporte y almacenaje considerando la demanda por sucursal, la capacidad y la condición ambiental, ver tabla 11. Para ello se evaluará una serie de variables que a través de la herramienta *Solver* de Excel nos permitirá conocer la cantidad de almacenes regionales que se deben implementar, la ubicación de ellos, a qué sucursales abastecerán y la cantidad a abastecer. El método a emplear será el de optimización de la red de suministro a través de la minimización de costos, ver capítulo 1.6.1 (pág. 14).



**Figura 23. Macro regiones de la empresa ABSA.**

**Fuente:** ABSA. Elaboración propia.

Además del costo de transporte se ha considerado un costo variable que involucra el espacio de almacenaje (solo para Lima pues es la única sede que paga alquiler de espacio físico debido a los costos de operación que se da allí por otras máquinas de mayor dimensión, las demás sucursales lo almacenan sin costo relevante pues el gasto de mantenimiento es mínimo debido a que los almacenes son propios), las labores de pre entrega y la cantidad de técnicos necesarios. Sin embargo, estos costos dependerán de la sucursal y la cantidad de tractores que lleguen a esta. Ver las fórmulas 22 y 23.

**Fórmula 22.**

$$\text{CostoVariable} = \text{CostoPromedioAlmacenaje} + \text{CostoPreEntrega} \\ + \text{CostoManoObra}$$

Considerar “*CostoPromedioAlmacenaje*” relevante solo para Lima que considera S/.50,000 por el espacio de almacenaje alquilado.

**Fórmula 23.**

$$\text{Costo Pre entrega} = 800 * \text{Oferta a abastecer} * \text{Factor Condición ambiental}$$

**Tabla 10. Condiciones ambientales.**

Factor	Condición ambiental
1	Bueno
2	Normal
3	Malo
4	Muy malo

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

**Tabla 11. Costo mano de obra para 4 años.**

N° Tractores	N° técnicos	Costo S/.
0	0	0
1 -200	2	168,000
201 - 400	3	252,000
400 - más	4	336,000

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

En el caso de Lima, se tiene 2 técnicos fijos pues a través de este almacén se reciben todos los tractores importados y se verifican que estén completos. Si el número de tractores es menor a 200 unidades se emplearán 2 técnicos, si es mayor a 200 unidades pero menor a 300 se empleará a 3 técnicos y si las unidades son mayores a 400 se emplearán a 4 técnico en cada almacén regional para poder cumplir con la demanda.

Luego de realizar los cálculos necesarios mediante *Solver* se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 12. Se aprecia que debe implementarse cuatro almacenes: en Trujillo que abastecería a Piura, Chiclayo, Cajamarca, Chimbote y a sí mismo. En Ica que abastecerá a Huancayo, Cusco, parte de Arequipa y a sí mismo. En Arequipa que abastecerá esta localidad y Puno. Y por último, se mantendría el almacén central del Callao que abastecería a Lima y Huaraz.

Consideraciones para la tabla 12, 13 y 14:

Leyenda: Piura (Piu), Chiclayo (Cix), Trujillo (Tru), Cajamarca (Caj), Chimbote (Chb), Huaraz (Hrz), Lima (Lim), Huancayo (Hyo), Ica (Ica), Arequipa (Aqp), Cuzco (Czc), Puno (Pun).

Tabla 12. Demanda por sucursal (2009 al 2012), costo de transporte, capacidad y condición ambiental.

Región oferta	Región de demanda												Capacidad (Unid.)	Cond. Amb.
	Costo de transporte por cada unidad													
	PIU	CIX	TRU	CAJ	CHB	HRZ	LIM	HYO	ICA	AQP	CZC	PUN		
Piu	3,965	4,683	5,423	5,740	6,118	6,965	7,929	9,327	9,422	13,780	15,973	19,140	1,000	1
Cix	3,751	3,032	3,740	3,901	4,243	5,156	6,065	7,359	7,444	10,855	11,865	15,291	1,000	1
Tru	3,595	2,845	2,137	2,967	2,592	3,428	4,274	5,442	5,585	8,844	9,077	11,167	1,000	1
Caj	5,018	4,111	4,073	3,243	4,560	5,210	6,486	7,823	7,939	12,179	14,181	17,075	1,000	2
Chb	3,779	2,837	2,081	2,943	1,626	2,403	3,253	4,324	4,496	7,954	7,819	9,090	1,000	4
Hrz	4,537	3,660	2,828	3,503	2,395	1,537	3,073	4,210	4,370	7,593	7,803	9,810	1,000	2
Lim	3,965	3,032	2,137	3,243	1,626	1,537	-	1,225	1,260	4,055	4,178	5,318	1,000	3
Hyo.	6,587	5,551	4,529	5,804	3,922	3,898	2,449	1,225	2,746	5,630	4,160	5,606	1,000	2
Ica	6,717	5,671	4,707	5,956	4,130	4,093	2,519	2,781	1,260	4,059	4,296	5,261	1,000	1
Aqp	13,870	11,877	10,761	12,991	10,382	10,111	8,109	8,460	6,854	4,055	5,838	5,011	1,000	1
Czc	16,185	13,011	11,117	15,115	10,370	10,444	8,355	7,113	7,214	5,960	4,178	5,511	1,000	1
Pun	20,493	17,577	14,347	19,150	12,782	13,591	10,635	9,699	9,319	6,274	6,652	5,318	1,000	1
<b>Demanda</b>	118	125	178	12	42	9	88	52	225	218	55	32		

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Tabla 13. Ubicación y oferta de los almacenes (2009 al 2012) según resultado la herramienta

Solver.

Región oferta	Región de demanda												Planta SI=1 NO=0	Oferta por Abast.	Costo Variable
	PIU	CIX	TRU	CAJ	CHB	HRZ	LIM	HYO	ICA	AQP	CZC	PUN			
Piu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Cix	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Tru	118	125	178	12	42	-	-	-	-	-	-	-	1	475	716,000
Caj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Chb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Hrz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Lim	-	-	-	-	-	9	88	-	-	-	-	-	1	97	450,800
Hyo.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Ica	-	-	-	-	-	-	-	52	225	82	55	-	1	414	667,510
Aqp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136	-	32	1	168	302,090
Czc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Pun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

- Se deberá elegir a Trujillo e Ica como almacenes regionales dada la gran cantidad de demanda (475 y 414 tractores respectivamente). Además, Lima seguirá siendo el almacén que reciba los tractores importados del exterior. No se considerará el almacén en Arequipa dado que ya se propuso uno para la región sur, el almacén de Ica.
- Es provechoso que la demanda de Huancayo sea atendida desde Lima para que exista mayor flexibilidad en la entrega de los tractores pues debido a la gran cantidad de modelos que se tiene, se puede incurrir en fletes adicionales que encarecerían la gestión.

Con los cambios propuestos, a continuación, se presentan los nuevos resultados en la tabla 14, en ella se aprecia la ubicación de los almacenes regionales y la cantidad de tractores que tendrán que abastecer a cada sucursal. El costo mínimo hallado es de S/. 5'006,839 que incluyen los costos variables (almacenamiento, pre entrega y mano de obra) S/. 2'051,600 y los costos por transporte por un monto de S/. 2'955,239 que se analizarán en el punto 3.1.3 (pág. 60).



Tabla 14. Ubicación y oferta de los almacenes (2009 al 2012) regionales.

Región oferta	Región de demanda												Planta SI=1 NO=0	Oferta por Abast.	Costo Variable	
	PIU	CIX	TRU	CAJ	CHB	HRZ	LIM	HYO	ICA	AQP	CZC	PUN				
Piu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Cix	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Tru	118	125	178	12	42	-	-	-	-	-	-	-	-	1	475	716,000
Caj	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Chb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Hrz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Lim	-	-	-	-	-	9	88	52	-	-	-	-	-	1	149	575,600
Hyo.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Ica	-	-	-	-	-	-	-	-	225	218	55	32	-	1	530	760,000
Aqp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Czc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Pun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
<b>2'051,600</b>																

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Tabla 15. Principales gastos asociados a las instalaciones del 2009 al 2012 y anualmente según la propuesta presentada (no incluye transporte).

Cuenta	2009 al 2012 (S/.)	Anual (S/.)
Alquiler de inmueble (almacenaje)	50,000	12,500
Mantenimiento Inventario (Pre Entrega)	1,161,600	290,400
Mano de obra	840,000	210,000
<b>Total</b>	<b>2,051,600</b>	<b>512,900</b>

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Así mismo, en la figura 24 se aprecia la ubicación de los almacenes descentralizados (punto verde) y las sucursales a las cuales abastecerá (punto rojo) en conjunto con su localidad.

Para la implementación de esta estructura de almacenes descentralizados se necesitaría invertir en infraestructura y herramientas; además de la contratación de personal adicional para los almacenes regionales. Así pues, a continuación se presentan los costos para la ejecución de la propuesta considerando que deben

emplearse 2 técnicos adicionales en el almacén del Callao, 4 técnicos para el almacén regional del norte y 4 más para el sur. Ver tabla 16.

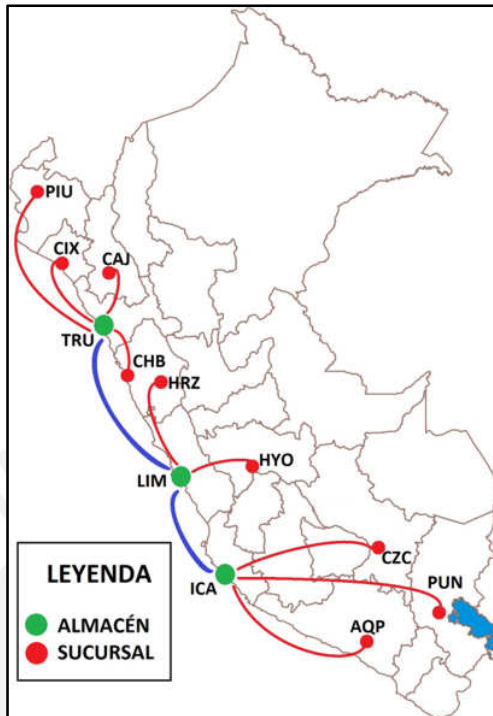


Figura 24. Propuesta de almacenes descentralizados y sucursales a abastecer.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Tabla 16. Inversión para la implementación de la propuesta.

Concepto	Costo Unitario (S/.)	Cantidad	Total (S/.)
Acondicionamiento sucursales (no almacenes)	30,000	9	270,000
Acondicionamiento almacenes regionales	100,000	2	200,000
Herramientas (almacenes regionales)	50,000	2	100,000
<b>Total</b>	-	-	<b>570,000</b>

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

### 3.1.2 Abastecimiento

Para esta directriz se utilizará la metodología de la **Curva de intercambio** que nos permitirá hallar por cada producto la cantidad a pedir y el número de órdenes de

compra óptimos considerando los costos totales de inventario. Seguidamente se muestra el desarrollo de este concepto, explicado en el capítulo 1.6.2, ver tabla 17.

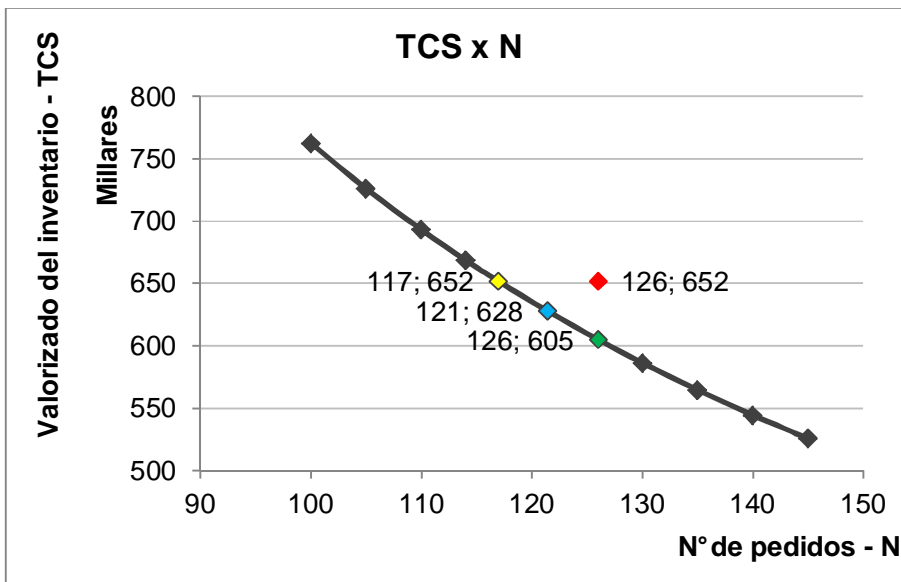


Figura 25. Curva de intercambio.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Tabla 17. Valores elegidos para hallar la curva de intercambio.

	N° pedidos	TCS	TCSxN
	100	762,398	76,239,847
	105	726,094	76,239,847
	110	693,090	76,239,847
	114	668,771	76,239,847
	117	651,856	76,239,847
	121	628,005	76,239,847
	126	605,078	76,239,847
	130	586,460	76,239,847
	135	564,740	76,239,847
	140	544,570	76,239,847
	145	525,792	76,239,847
Punto actual	126	651,856	82,133,856

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Con la información de la tabla 17 obtenemos el TCSxN óptimo que obedece a la curva de intercambio, para hallar los puntos de esta curva probaremos distintos valores de número de pedidos, ver tabla 18 y figura 25.

Lo que se busca en esta curva que representa el valorizado del inventario promedio (TCS, eje Y) versus el número de pedidos totales (N, eje X) es disminuir los costos totales de inventario, bien moviendo el punto de manera horizontal o vertical hasta que forme parte de la curva en donde concluiríamos que el costo de inventario es el mínimo para los valores elegidos. Así pues, si movemos el punto de manera horizontal se reducirá los costos operacionales, esto quiere decir por ejemplo, tener menos proveedores, menos personal a cargo en operaciones y en compras; en cambio si movemos el punto de manera vertical se reducirá los costos financieros, esto quiere decir por ejemplo tener menos inventarios, comprar lotes más pequeños, rotación más frecuente.

Para nuestro caso, evaluaremos el costo total (formula 10, pág. 23) en tres puntos para intentar evaluar todos los puntos posibles y así obtener el costo total más bajo:

- Punto rojo. Punto actual.  
 $TCS_0 = 651,856$   
 $N_0 = 126$
- Punto amarillo. El desplazamiento del punto actual es horizontal hasta llegar a la curva de intercambio; es decir, el TCS del punto actual se mantiene.  
 $TCS_1 = 651,856$   
 $N_1 = 117$   
 $A/r_1 = TCS_1 / N_1 = 5,573$
- Punto verde. El desplazamiento del punto actual es vertical hasta llegar a la curva de intercambio; es decir, el N del punto actual se mantiene.  
 $TCS_2 = 605,078$   
 $N_2 = 126$   
 $A/r_2 = 4,802$

**Formula 24:**

$$\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} = \frac{Y - Y_1}{Y_2 - Y_1}$$

- Punto celeste. El desplazamiento del punto actual es en diagonal en dirección al origen hasta llegar a la curva de intercambio. Es decir; la recta

formada por el punto actual (126;651,856) y el origen (0;0), según la fórmula 24.

Entonces:

$$\frac{X - 0}{126 - 0} = \frac{Y - 0}{651,856 - 0}$$

Curva 1:

$$TCS = \frac{651,856}{126} N$$

Curva 2:

$$TCS \times N = 76'239,847$$

Hallando la intersección de ambas curvas (punto celeste), obtenemos el siguiente resultado:

$$TCS_3 = 628,005$$

$$N_3 = 121$$

$$A/r_3 = 5,173$$

A continuación, con el A/r hallado en cada punto obtendremos el EOQ (lote de pedido óptimo) para cada producto, con ello averiguaremos el número de pedidos a realizar por cada producto en base al lote de pedido óptimo de cada uno de dichos productos; sin embargo, deberemos redondear este número de pedido al entero superior dado que si nos resulta 16.7 pedidos para el primer producto tendremos que realizar 18 pedidos en el año. Este ajuste alejará un poco el punto de la curva de intercambio pues se debe buscar un punto que sea realmente aplicable.

En la tabla 19 se hallan los EOQ's de los productos considerando  $A/r_1 = 5,573$  para ello se utilizan las siguientes fórmulas:

**Formula 25:**

$$EOQ = \sqrt{2 \times \frac{Demanda}{Precio\ unitario} \times \frac{A}{r_1}}$$

**Formula 26:**

$$N^{\circ} de\ Pedidos\ Propuesto = \frac{Demanda}{EOQ}$$

Se observa que el punto amarillo varía de 117 pedidos a 124 pedidos; de la misma forma en la tabla 20 y 21 se corrobora la variación del número de pedidos para los puntos verde y celeste respectivamente. Así pues en la figura se muestra el movimiento de los puntos estudiados.

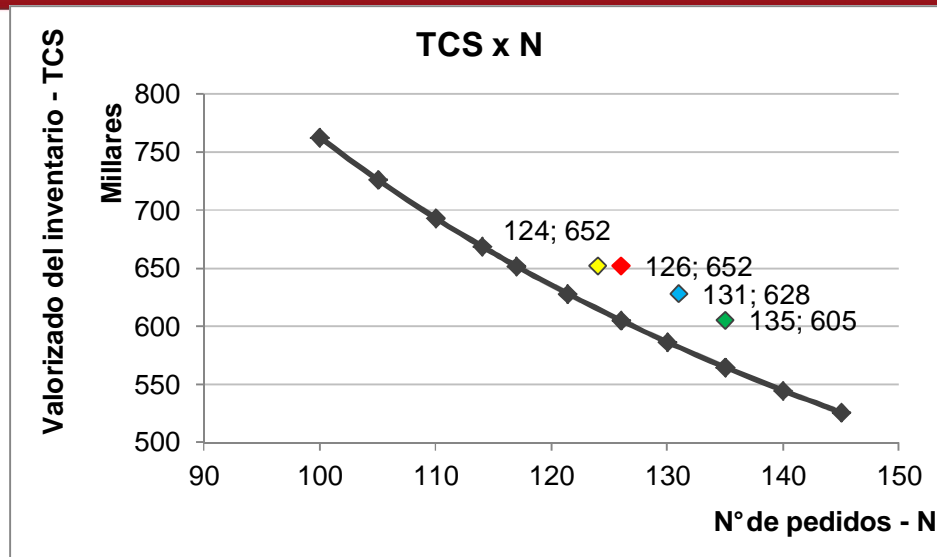


Figura 26. Curva de intercambio con puntos ajustados

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Con toda la información recabada se halla el costo total por cada propuesta (fórmula 10, pág. 36). La siguiente figura nos muestra un detalle de los datos obtenidos; así pues, la propuesta que se debe escoger es la que corresponde al punto 2 (verde) porque genera un ahorro de US\$ 60,981 que significa un 13% anual en costo total de inventario.

Tabla 18. Curva de intercambio con puntos ajustados

Punto	A/r	TCS	A	r	N	TCSxN	Costo Total	Diferencia	%
0	5,173	651,856	1,811	35%	126	82,133,856	456,299	-	-
1	5,573	614,837	1,735	35%	124	76,239,847	430,386	-35,069	-9%
2	4,802	564,740	1,464	35%	135	76,239,847	395,318	60,981	13%
3	5,173	581,984	1,555	35%	131	76,239,847	407,388	22,998	5%

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Tabla 19. Inventario agregado a través de la Curva de intercambio para  $A/r_1=5,573$ .

N°	Proveedor	HP	Demanda	Precio Unitario	N° Pedidos actual	Q	TCS	Raíz Valorizado	EOQ	N° Pedidos propuesto	N° Pedidos ajustado
1	FE	110/119	66	40,400	12	5.5	111,100	1,633	4.3	15.5	16.0
2	FE	130/139	29	47,000	12	2.4	56,792	1,167	2.6	11.1	12.0
3	FE	100/109	31	35,600	12	2.6	45,983	1,051	3.1	10.0	10.0
4	AN	90/99	37	29,000	12	3.1	44,708	1,036	3.8	9.8	10.0
5	AN	80/89	42	23,500	12	3.5	41,125	993	4.5	9.4	10.0
6	FE	70/79	34	25,800	12	2.8	36,550	937	3.8	8.9	9.0
7	AN	130/139	15	46,400	12	1.3	29,000	834	1.9	7.9	8.0
8	FE	180/189	8	80,329	6	1.3	53,553	802	1.1	7.6	8.0
9	FE	120/129	13	40,400	6	2.2	43,767	725	1.9	6.9	7.0
10	FE	90/99	15	28,700	6	2.5	35,875	656	2.4	6.2	7.0
11	FE	190/215	4	90,000	6	0.7	30,000	600	0.7	5.7	6.0
12	FE	80/89	13	26,000	3	4.3	56,333	581	2.4	5.5	6.0
13	AN	160/169	4	52,430	3	1.3	34,953	458	0.9	4.3	5.0
14	AN	100/109	2	28,800	3	0.7	9,600	240	0.9	2.3	3.0
15	FE	60/69	3	17,500	3	1.0	8,750	229	1.4	2.2	3.0
16	AN	110/119	1	44,000	3	0.3	7,333	210	0.5	2.0	2.0
17	AN	50/59	2	19,300	3	0.7	6,433	196	1.1	1.9	2.0
<b>Totales</b>			<b>319</b>		<b>126</b>		<b>651,856</b>	<b>12,348</b>			<b>124.0</b>
							<b>TCSxN</b>	<b>76,239,847</b>			

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Tabla 20. Inventario agregado a través de la Curva de intercambio para  $A/r_1=4,802$ .

N°	Proveedor	HP	Demanda	Precio Unitario	N° Pedidos actual	Q	TCS	Raíz Valorizado	EOQ	N° Pedidos propuesto	N° Pedidos ajustado
1	FE	110/119	66	40,400	12	5.5	111,100	1,633	4.0	16.7	17.0
2	FE	130/139	29	47,000	12	2.4	56,792	1,167	2.4	11.9	12.0
3	FE	100/109	31	35,600	12	2.6	45,983	1,051	2.9	10.7	11.0
4	AN	90/99	37	29,000	12	3.1	44,708	1,036	3.5	10.6	11.0
5	AN	80/89	42	23,500	12	3.5	41,125	993	4.1	10.1	11.0
6	FE	70/79	34	25,800	12	2.8	36,550	937	3.6	9.6	10.0
7	AN	130/139	15	46,400	12	1.3	29,000	834	1.8	8.5	9.0
8	FE	180/189	8	80,329	6	1.3	53,553	802	1.0	8.2	9.0
9	FE	120/129	13	40,400	6	2.2	43,767	725	1.8	7.4	8.0
10	FE	90/99	15	28,700	6	2.5	35,875	656	2.2	6.7	7.0
11	FE	190/215	4	90,000	6	0.7	30,000	600	0.7	6.1	7.0
12	FE	80/89	13	26,000	3	4.3	56,333	581	2.2	5.9	6.0
13	AN	160/169	4	52,430	3	1.3	34,953	458	0.9	4.7	5.0
14	AN	100/109	2	28,800	3	0.7	9,600	240	0.8	2.4	3.0
15	FE	60/69	3	17,500	3	1.0	8,750	229	1.3	2.3	3.0
16	AN	110/119	1	44,000	3	0.3	7,333	210	0.5	2.1	3.0
17	AN	50/59	2	19,300	3	0.7	6,433	196	1.0	2.0	3.0
<b>Totales</b>			<b>319</b>		<b>126</b>		<b>651,856</b>	<b>12,348</b>			<b>135.0</b>
							<b>TCSxN</b>	<b>76,239,847</b>			

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

89



Tabla 21. Inventario agregado a través de la Curva de intercambio para  $A/r_1=5,173$ .

N°	Proveedor	HP	Demanda	Precio Unitario	N° Pedidos actual	Q	TCS	Raíz Valorizado	EOQ	N° Pedidos propuesto	N° Pedidos ajustado
1	FE	110/119	66	40,400	12	5.5	111,100	1,633	4.1	16.1	17.0
2	FE	130/139	29	47,000	12	2.4	56,792	1,167	2.5	11.5	12.0
3	FE	100/109	31	35,600	12	2.6	45,983	1,051	3.0	10.3	11.0
4	AN	90/99	37	29,000	12	3.1	44,708	1,036	3.6	10.2	11.0
5	AN	80/89	42	23,500	12	3.5	41,125	993	4.3	9.8	10.0
6	FE	70/79	34	25,800	12	2.8	36,550	937	3.7	9.2	10.0
7	AN	130/139	15	46,400	12	1.3	29,000	834	1.8	8.2	9.0
8	FE	180/189	8	80,329	6	1.3	53,553	802	1.0	7.9	8.0
9	FE	120/129	13	40,400	6	2.2	43,767	725	1.8	7.1	8.0
10	FE	90/99	15	28,700	6	2.5	35,875	656	2.3	6.5	7.0
11	FE	190/215	4	90,000	6	0.7	30,000	600	0.7	5.9	6.0
12	FE	80/89	13	26,000	3	4.3	56,333	581	2.3	5.7	6.0
13	AN	160/169	4	52,430	3	1.3	34,953	458	0.9	4.5	5.0
14	AN	100/109	2	28,800	3	0.7	9,600	240	0.8	2.4	3.0
15	FE	60/69	3	17,500	3	1.0	8,750	229	1.3	2.3	3.0
16	AN	110/119	1	44,000	3	0.3	7,333	210	0.5	2.1	3.0
17	AN	50/59	2	19,300	3	0.7	6,433	196	1.0	1.9	2.0
<b>Totales</b>			<b>319</b>		<b>126</b>		<b>651,856</b>	<b>12,348</b>			<b>131.0</b>
							<b>TCSxN</b>	<b>76,239,847</b>			

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

### 3.1.3 Transportación

La ubicación de los almacenes regionales permite establecer la red de transporte (ver figura 27) a través de la cual se suministrarán los tractores según la demanda de cada sucursal. Esta red permitirá un ahorro en transporte por la economía de escala que se podrá emplear al enviar varios tractores en un solo vehículo.

La economía de escala que permite la nueva red de suministro se dará transportando en un solo vehículo la mayor cantidad de tractores a los almacenes regionales, pero debido a las dimensiones de los equipos este envío se ve limitado a tractores pequeños. Es decir, se pagará el costo de un flete y se podrán enviar como máximo en un mismo camión hasta tres equipos pequeños. Ver tabla 22.

El costo correspondiente a flete según la propuesta brindada es de S/. 2'755,725 para el periodo de 4 años analizado; al año se gastaría en fletes S/. 688,931.

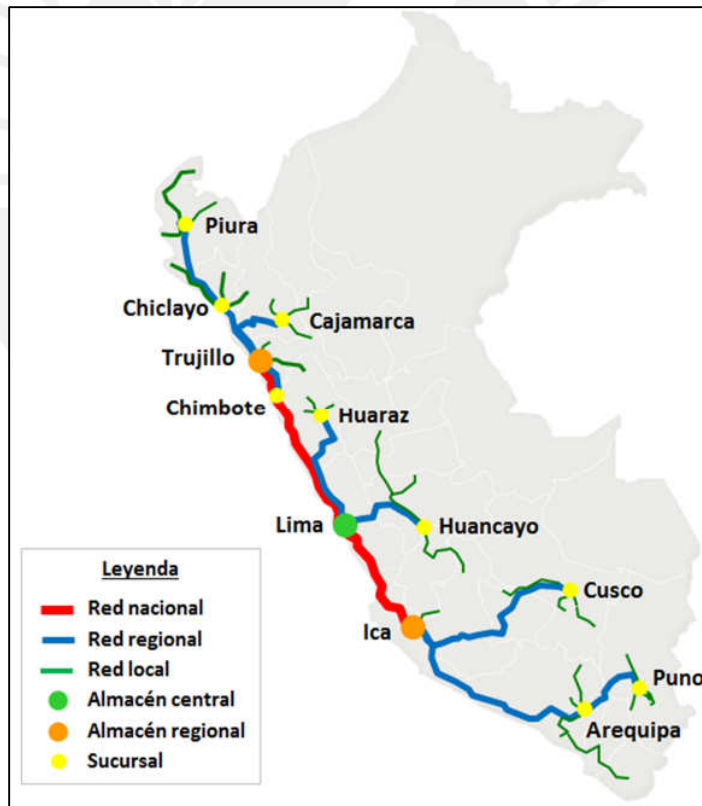


Figura 27. Red de transporte nacional para el suministro de tractores.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Consideraciones para la tabla 22:

% tractores pequeños: Obtenido del histórico de venta de tractores, se consideran tractores en un rango de potencia menor a 90Hp

Tractores grandes = Demanda total – Tractores pequeños, tractores pequeños = Demanda total \* % tractores pequeños

Nº de camiones necesarios = Nº de camiones necesarios Tractores grandes + Nº de camiones necesarios Tractores pequeños (En 1 camión se transporta 1 tractor grande o 3 tractores pequeños)

Tabla 22. Costo de transporte, demanda total, demanda tractores pequeños y costo por fletes. Elaboración propia.

Región de oferta	Región de demanda											
	Costo de transporte por cada camión											
	PIU	CIX	TRU	CAJ	CHB	HRZ	LIM	HYO	ICA	AQP	CSC	PUN
Trujillo	3,595	2,845	2,137	2,967	2,592	3,428	4,274	5,442	5,585	8,844	9,077	11,167
Lima	3,965	3,032	2,137	3,243	1,626	1,537	-	1,225	1,260	4,055	4,178	5,318
Ica	6,717	5,671	4,707	5,956	4,130	4,093	2,519	2,781	1,260	4,059	4,296	5,261
<b>Demanda total</b>	<b>118</b>	<b>125</b>	<b>178</b>	<b>12</b>	<b>42</b>	<b>9</b>	<b>88</b>	<b>52</b>	<b>225</b>	<b>218</b>	<b>55</b>	<b>32</b>
<b>Tractores grandes</b>	<b>99</b>	<b>121</b>	<b>155</b>	<b>12</b>	<b>35</b>	<b>9</b>	<b>77</b>	<b>52</b>	<b>146</b>	<b>205</b>	<b>55</b>	<b>32</b>
<b>Tractores pequeños</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>23</b>	<b>-</b>	<b>7</b>	<b>-</b>	<b>11</b>	<b>-</b>	<b>79</b>	<b>13</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
% tractores pequeños	16%	3%	13%	0%	17%	0%	13%	0%	35%	6%	0%	0%
Nº de camiones necesarios	105	122	163	12	37	9	81	52	172	209	55	32
<b>Costo total transporte (S/.)</b>	<b>378,683</b>	<b>348,048</b>	<b>347,651</b>	<b>35,601</b>	<b>96,759</b>	<b>13,830</b>	<b>-</b>	<b>63,679</b>	<b>217,088</b>	<b>849,738</b>	<b>236,285</b>	<b>168,362</b>

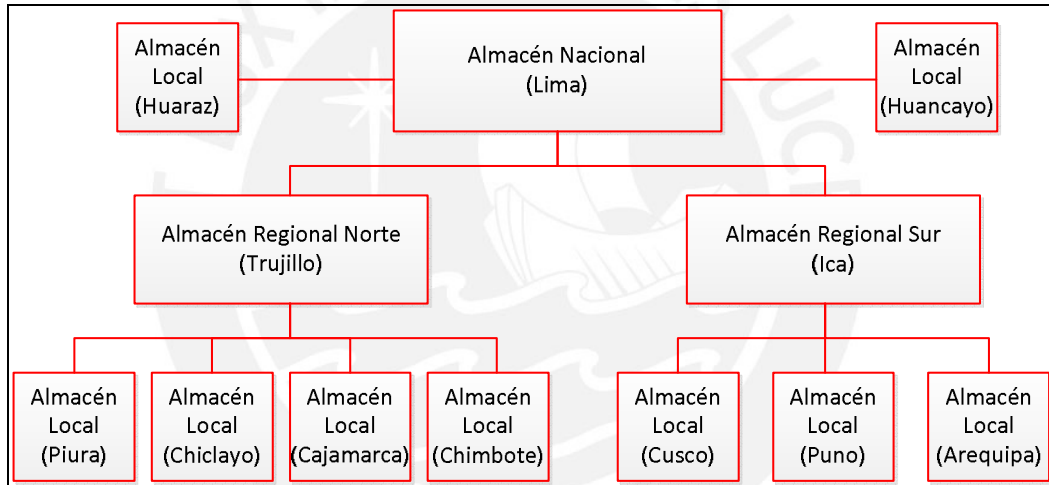
Fuente: ABSA. Elaboración propia.

### 3.2 Propuesta para la planeación de la cadena de suministro

La planeación de la cadena de suministro implica decisiones más cercanas al día a día, constituye un nivel más operacional. A continuación, se plantean las mejoras para las directrices que forman la planeación.

#### 3.2.1 Inventario

La red de distribución de la cadena de suministro ya está definida, con esta información aplicaremos la metodología de la Planificación de los recursos de distribución, explicado en el capítulo 1.7.1 (pág. 27). Para lograr ello, en la figura 28 se muestra la distribución de los almacenes y los enlaces que estos tienen.



**Figura 28. Distribución de almacenes a nivel nacional de la empresa ABSA.**

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

A continuación, mostraremos la solución del DRP de acuerdo a la dependencia de cada almacén local con el regional y estos a su vez con el almacén nacional. Esto nos ayudará a realizar una planeación de los envíos que se deberán hacer para un óptimo desempeño de la cadena de suministro. Ver capítulo 1.7.1 (pág. 27).

Consideraciones para la tabla 23, 24 y 25:

Leyenda: Lead Time (LT), Lote por lote (LxL), Lote de “N” unidades (Lx“N”), Necesidades brutas (NB), Necesidades brutas regionales (NB Reg), Inventario inicial

(INV), Necesidades netas (NN), Recepción de pedido planeado (RPPL), Pedido planeado (PPL).

Tabla 23. Explosión DRP de los almacenes de la Región norte.

Datos	Concepto	Periodo												
		Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Piura LT:0 LxL	NB		5	0	6	1	1	10	4	7	5	0	0	4
	INV		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NN		5	0	6	1	1	10	4	7	5	0	0	4
	RPPL		5	0	6	1	1	10	4	7	5	0	0	4
	PPL		5	0	6	1	1	10	4	7	5	0	0	4
Chiclayo LT: LxL	NB		8	3	2	2	2	4	0	0	5	4	2	4
	INV		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NN		8	3	2	2	2	4	0	0	5	4	2	4
	RPPL		8	3	2	2	2	4	0	0	5	4	2	4
	PPL		8	3	2	2	2	4	0	0	5	4	2	4
Cajamarca LT: LxL	NB		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	INV		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NN		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	RPPL		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	PPL		0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Chimbote LT: LxL	NB		2	1	7	1	5	3	1	2	1	0	0	0
	INV		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NN		2	1	7	1	5	3	1	2	1	0	0	0
	RPPL		2	1	7	1	5	3	1	2	1	0	0	0
	PPL		2	1	7	1	5	3	1	2	1	0	0	0
Trujillo (Regional) SS:22 LT:1 LxL(3)	NB		3	4	4	1	3	1	2	3	4	2	4	1
	<b>NB Reg</b>		<b>18</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
	INV		0	24	22	23	24	22	22	24	24	24	24	23
	NN		40	6	20	4	9	18	7	10	13	4	5	8
	RPPL		42	6	21	6	9	18	9	12	15	6	6	9
PPL		42	6	21	6	9	18	9	12	15	6	6	9	

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Se considera un lead time igual a 0 en los almacenes locales (Piura, Chiclayo, Cajamarca, Chimbote, Cusco, Puno, Arequipa, Huaraz y Huancayo) debido a que el tiempo de traslado del almacén regional al local es menor a 1 semana.

La necesidad bruta nacional es de 359 tractores, el MAPE resultante de la propuesta es 31%; es decir, se debe considerar 109 tractores como stock de seguridad de acuerdo a los pronósticos. Se estableció pesos para la distribución de este stock entre los

almacenes (Lima=3 pues abastece a los almacenes regionales y su mercado propio; Reg. Norte=1; Reg. Sur=1). Por lo tanto el stock de seguridad es de la siguiente manera: Lima=65 unid.; Reg. Norte=22 unid.; Reg. Sur=22 unid.

Tabla 24. Explosión DRP de los almacenes de la Región sur.

Datos	Concepto	Periodo												
		Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Cusco LT:0 LxL	NB		0	0	0	2	0	3	0	2	4	2	0	5
	INV		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NN		0	0	0	2	0	3	0	2	4	2	0	5
	RPPL		0	0	0	2	0	3	0	2	4	2	0	5
	PPL		0	0	0	2	0	3	0	2	4	2	0	5
Puno LT:0 LxL	NB		0	0	1	1	4	5	0	2	2	2	2	0
	INV		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NN		0	0	1	1	4	5	0	2	2	2	2	0
	RPPL		0	0	1	1	4	5	0	2	2	2	2	0
	PPL		0	0	1	1	4	5	0	2	2	2	2	0
Arequipa LT:0 LxL	NB		6	2	5	5	5	4	1	3	4	4	0	4
	INV		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	NN		6	2	5	5	5	4	1	3	4	4	0	4
	RPPL		6	2	5	5	5	4	1	3	4	4	0	4
	PPL		6	2	5	5	5	4	1	3	4	4	0	4
Ica (Regional) SS:22 LT:1 LxL(3)	NB		3	5	4	10	8	8	9	3	9	5	1	3
	<b>NB Reg</b>		<b>9</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>3</b>	<b>12</b>
	INV		0	24	23	22	22	23	24	23	22	24	23	23
	NN		31	5	9	18	17	19	8	9	19	11	2	11
	RPPL		33	6	9	18	18	21	9	9	21	12	3	12
PPL		33	6	9	18	18	21	9	9	21	12	3	12	

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Para el abastecimiento lote por lote (LxL) se considera 3 unidades pues el traslado del almacén central al regional se da en camiones en los que, por economía de flete, se trasladan 3 unidades a la vez.

Para el abastecimiento lote por lote (LxL) del almacén central (Lima) se considera 16 unidades pues el traslado de fábrica al almacén central se da en pedidos de por lo menos 4 contenedores.

Tabla 25. Explosión DRP del almacén Nacional.

Datos	Concep.	Periodo																
		Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Huaraz LT:0 LxL	NB					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	INV					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NN					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	RPPL					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	PPL					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Huancayo LT:0 LxL	NB					2	1	0	1	7	4	4	1	5	1	2	1	
	INV					0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	NN					2	1	0	1	7	4	4	1	5	1	2	1	
	RPPL					2	1	0	1	7	4	4	1	5	1	2	1	
	PPL					2	1	0	1	7	4	4	1	5	1	2	1	
Reg Norte	NB				42	6	21	6	9	18	9	12	15	6	6	9	0	
Reg Sur	NB				33	6	9	18	18	21	9	9	21	12	3	12	0	
Lima (Nac.) SS:65 INV:120 LT:4 LxL(16)	NB					1	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0	
	<b>NB Nac</b>					<b>75</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>46</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>37</b>	<b>23</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>1</b>
	INV					120	77	78	79	71	75	77	71	77	72	65	67	76
	NN					20	3	18	10	22	36	10	20	25	16	14	21	0
	RPPL					32	16	32	16	32	48	16	32	32	16	16	32	0
	PPL	32	16	32	16	32	48	16	32	32	16	16	32	0				

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Se ha realizado la explosión de los almacenes según la metodología DRP y con ello obtenemos la información de cuándo realizar los envíos de acuerdo a la demanda de cada sucursal y almacén regional. Ver tabla 26.

Tabla 26. Resumen de necesidades brutas por región y pedido.

Datos	Periodo															
	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Norte (NB)				42	6	21	6	9	18	9	12	15	6	6	9	
Sur (NB)				33	6	9	18	18	21	9	9	21	12	3	12	
Centro (NB)					3	1		1	7	4	5	1	5	5	2	1
NB NAC				75	15	31	24	28	46	22	26	37	23	14	23	1
Pedido	32	16	32	16	32	48	16	32	32	16	16	32	0			

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

De acuerdo a la propuesta presentada para el manejo de inventario, a continuación, se detallan las ventas y el inventario mes a mes con lo que obtenemos una rotación de inventario de 2.7.

**Tabla 27. Ventas e inventario durante la simulación.**

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total / Prom
<b>Ventas</b>	30	16	30	24	35	42	22	23	39	24	12	22	319
<b>Inventario</b>	77	127	125	117	122	123	118	126	120	115	120	112	117
<b>Rotación Inventario</b>													<b>2.7</b>

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

### 3.2.2 Información

La propuesta con respecto a la proyección de las ventas es utilizar métodos matemáticos para el cálculo de los pronósticos en base a información histórica (tabla 28) e información cualitativa relevante que nos permita acercarnos a la realidad.

Para este análisis se seguirán los siguientes pasos:

- 1º Se filtrará la data histórica del 2009 al 2011 separando las ventas que se hicieron en grandes volúmenes (5 tractores a más), para que no distorsionen la curva de demanda.

**Tabla 28. Venta de tractores del 2009 al 2011.**

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
2009	14	19	22	14	7	11	17	13	16	14	20	12	<b>179</b>
2010	5	5	13	14	16	16	6	11	27	21	10	11	<b>155</b>
2011	16	16	34	24	28	28	23	22	33	24	34	37	<b>319</b>

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

- 2º Se realizará el análisis de la información realizando la proyección mediante el modelo estacional multiplicativo con tendencia expuesto en el Capítulo 1.

- 3º Se comparará el resultado de los pronósticos para el año 2012 versus las ventas reales del mismo año para apreciar la mejora respecto al método utilizado en la actualidad.



4° Se hará un análisis de Pareto por región para establecer qué tractores importar por rango de potencia.

Tabla 29. Pronóstico de ventas y ventas reales del año 2012.

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Proy 2012	15.8	15.7	35.4	29.5	33.9	33.6	23.7	25.7	45.1	36.4	33.3	23.4	351.5
Proy 2012 R.	16	16	35	30	34	34	24	26	45	36	33	23	352
Real 2012	30	16	30	24	35	42	22	23	39	24	12	22	319

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

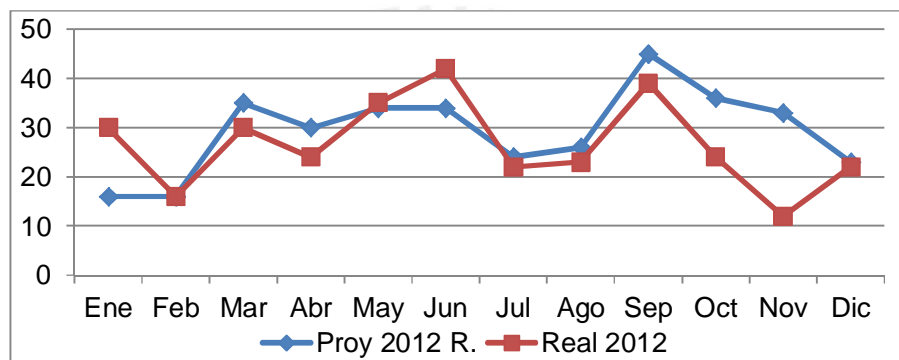


Figura 29. Pronóstico de ventas y ventas reales del año 2012.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Tabla 30. Indicadores de medición de la proyección de ventas reales y pronosticadas 2012 mediante método estacional multiplicativo con tendencia.

Indicador	Valor
Error acumulado de pronóstico	-33
Promedio de error de pronóstico	-2.75
Error absoluto de la media (MAD)	6.58
Error cuadrático de la media (MSE)	79.8
Error estándar	9.33
Error absoluto porcentual de la media (MAPE)	0.31

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Se obtuvo la siguiente data histórica luego de realizar el depurado de las ventas en gran volumen. Ver tabla 28.

Tabla 31. Ventas 2009 – 2011 por macro región.

Región	Cantidad	%	% Ajustado
Región sur	307	47%	45%
Región centro	98	15%	15%
Región norte	248	38%	40%
<b>Total</b>	<b>653</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Tabla 32. Clasificación de ventas de tractores del 2009 al 2012 por rango de potencia utilizando Pareto.

**Región Sur** Sucursales: Arequipa, Ica, Cusco, Puno

Rango Potencia	110/119	80/89	70/79	90/99	100/109	130/139	120/129	180/189	150/159	-	-	-	Total
Unidades	95	46	46	46	37	18	10	8	1				307
%	31%	15%	15%	15%	12%	6%	3%	3%	0%				100%
% Acum.	31%	46%	61%	76%	88%	94%	97%	100%	100%				-
Clase	A	A	A	A	B	B	C	C	C				-

**Región Centro** Sucursales: Lima, Huancayo, Huaraz

Rango Potencia	100/109	90/99	110/119	130/139	80/89	70/79	120/129	50/59	180/189	-	-	-	Total
Unidades	26	21	16	13	6	5	5	4	2				98
%	27%	21%	16%	13%	6%	5%	5%	4%	2%				100%
% Acum.	27%	48%	64%	78%	84%	89%	94%	98%	100%				-
Clase	A	A	A	A	B	B	B	C	C				-

**Región Norte** Sucursales: Chiclayo, Trujillo, Cajamarca, Chimbote, Piura

Rango Potencia	130/139	110/119	120/129	180/189	100/109	90/99	70/79	80/89	150/159	50/59	190/215	160/169	Total
Unidades	77	31	28	26	26	24	14	14	5	1	1	1	248
%	31%	13%	11%	10%	10%	10%	6%	6%	2%	0%	0%	0%	100%
% Acum.	31%	44%	55%	65%	76%	85%	91%	97%	99%	99%	100%	100%	-
Clase	A	A	A	A	A	B	B	C	C	C	C	C	-

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Utilizando el método estacional multiplicativo con tendencia de 12 periodos se obtiene los la proyección para el año 2012 la cual debemos redondear al entero más cercano

pues se refiere a tractores. En la tabla 29 aparecen estos valores y también las ventas reales durante el año en estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos y que se observan en la figura 29, se ha realizado el análisis de los indicadores los cuales de muestran en la tabla 30 y en el cual podemos observar entre otros que el error absoluto porcentual de la media (MAPE) es 31%.

**Tabla 33. Ventas reales 2012 por región y rango de potencia.**

Ventas 2012

**Región Sur** Sucursales: Arequipa, Ica, Cusco, Puno

Rango Potencia	110/119	70/79	80/89	90/99	100/109	120/129	130/139	190/215	180/189	-	-	Total
Unidades	48	25	24	22	13	8	6	1	1			148

**Región**

**Centro** Sucursales: Lima, Huancayo, Huaraz

Rango Potencia	90/99	100/109	80/89	110/119	50/59	-	-	-	-	-	-	Total
Unidades	21	7	3	2	2							35

**Región**

**Norte** Sucursales: Chiclayo, Trujillo, Cajamarca, Chimbote, Piura

Rango Potencia	130/139	80/89	110/119	100/109	90/99	70/79	180/189	120/129	160/169	190/215	60/69	Total
Unidades	38	28	17	13	9	9	7	5	4	3	3	136

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Ahora que sabemos según el análisis de pronósticos la cantidad de tractores a importar por mes es necesario conocer qué tractores importar. Los tractores tienen distintos modelos y estos se diferencian principalmente por la potencia de motor; así pues, para cada región (norte, centro y sur) se presentan necesidades distintas. En la tabla 32 podremos ver que se ha clasificado mediante un diagrama de Pareto los rangos de potencia con mayor demanda por región, de este resultado podremos obtener la cantidad a importar por región y modelo. Además considerar la información de la tabla 31 en donde se ve las ventas del 2009 al 2011 para establecer la proporción que corresponde a cada región.

La decisión de qué tractores importar estará sujeta a la información proporcionada anteriormente considerando la cantidad pronosticada, el porcentaje de este por región según la tabla 31 y finalmente la categoría del modelo (A:60%, B:30%, C:10%). Ver

tabla 33. Además, considerar información cualitativa relevante como la situación económica mundial, desastres naturales, factores climatológicos, experiencia de los vendedores de la zona, entre otras externalidades que puedan afectar el pronóstico

Finalmente, para realizar los análisis en las directrices de abastecimiento, inventario e información se considera adicionar un empleado con un costo anual para la empresa de S/. 54,000 que influirá en el análisis económico del siguiente capítulo.



## Capítulo 4. Análisis y evaluación de las mejoras propuestas

En el presente capítulo se realizará la comparación cualitativa y cuantitativa entre la situación actual y las mejoras propuestas a fin de analizar el impacto que estas generarán en el negocio en estudio.

### 4.1. Evaluación del diseño de la Cadena de suministro

En el capítulo 2 se pudo apreciar la situación actual de la empresa ABSA, observamos los problemas y gastos que se generan a partir de un incipiente diseño de la cadena de suministro.

Ahora compararemos la situación actual y la propuesta de mejora enfocándonos en las directrices que intervienen en la etapa de diseño, estas son instalaciones, transportación y abastecimiento.

En el punto 2.3.1 (pág. 39) se detalló los tres principales gastos en la directriz de **instalaciones**, almacenamiento, mano de obra y mantenimiento de inventario (pre entrega); por estos conceptos en el año 2012 se alcanzó la suma de S/. 830,471 (ver tabla 5, pág. 39) dado que todo el inventario se centra en el almacén del Callao. Por otro lado, en el punto 3.1.1 (pág. 46) se plantea descentralizar a través de almacenes regionales que permitan atender más rápido las solicitudes de compra de los clientes. Así pues de acuerdo a la información de la tabla 15 (pág. 51), la cual considera los costos variables (almacenaje, mano de obra y mantenimiento de inventario) del año 2009 al 2012 de la mejora propuesta, se hubiese gastado en promedio anual S/. 512,900 al año; es decir, 38% menos de lo que se gastó en el 2012.

La **transportación** también es una directriz crítica, actualmente se cuenta con un almacén central el cual posee la mayor parte del inventario y distribuye a las sucursales cuando hay una oportunidad de venta o cuando se concreta esta, ello genera que no se utilice toda la capacidad del transporte. Es así que del 2009 al 2012 se gastó por concepto de fletes la suma de S/. 2'980,000; es decir, S/. 744,830 anualmente. Con la mejora propuesta y considerando la utilización máxima de la capacidad de transporte cuando se trate de tractores de dimensiones menores se espera gastar S/. 688,932 anualmente, teniendo un ahorro de aproximadamente 8%.

En la directriz de **abastecimiento**, actualmente, existe problemas serios que generan un alto sobre stock y una baja rotación dado que no se ha establecido una adecuada política al momento de realizar pedidos (para más detalle ver capítulo 2.4.1, en la pág. 43). El costo actual total de inventario es US\$ 456,299 (ver pág. 41) y la rotación de inventario terminó en diciembre del 2012 en 1.8 (ver figura 21, pág. 43). La propuesta plantea utilizar la metodología de la **curva de intercambio** a fin de mejorar estas cifras, para ello de acuerdo a la demanda y el valorizado de cada producto se busca obtener el lote económico de pedido; es decir, EOQ, para optimizar la cantidad de pedidos a realizar. En el capítulo 3.1.2 figura 25 (pág. 53) se aprecia el punto actual (rojo) y el punto propuesto (verde) y se ve una reducción en el costo total de \$ 60,981 (S/. 167,697) equivalente a un 13%.

Tabla 34. Cuadro comparativo en el diseño de la Cadena de suministro.

Directriz	Situación actual	Situación propuesta	Ahorro
<b>Cuantitativo</b>			
<b>Almacenamiento (Económico)</b>	S/. 830,471	S/. 512,900	<b>S/. 317,571 (38%)</b>
<b>Transportación (Económico)</b>	S/. 744,830	S/. 688,932	<b>S/. 55,898 (8%)</b>
<b>Abastecimiento (Económico)</b>	S/. 1'254,822 (\$ 456,299)	S/. 1'087,125 (\$ 395,318)	<b>S/. 167,697 (13%)</b>

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

## 4.2 Evaluación de la planeación de la cadena de suministro

En la planeación de la cadena de suministro se han desarrollado dos directrices, el inventario y la planeación; ambas apoyan fuertemente el desempeño de la cadena y brindan un complemento a las directrices de diseño. A continuación se presentarán las mejoras planteadas para estas directrices.

Creada la red de suministro, el flujo de **inventario** es más sencillo de conseguir. De acuerdo a lo planteado en el punto 2.3.2 (pág. 40) se evidenció la falta de un sistema de distribución que cubra las necesidades de los clientes a nivel nacional, esto origina gastos de fletes por traslados entre establecimientos (cuando la venta no se realiza en la sucursal donde se envió en un primer momento), demora en la entrega de los tractores al cliente y pérdida de negocios por falta de stock en las

sucursales. Para resolver este problema se plantea seguir la metodología DRP a fin de establecer un cronograma de envíos programados ajustable que fluya desde la demanda de los clientes, a través de las sucursales, pasando por los almacenes regionales y llegando hasta el almacén central. Esta herramienta permitirá mejorar los niveles de asistencia al cliente anticipándonos a la demanda a través de los almacenes regionales y proporcionando tractores en la ubicación adecuada cuando surge la necesidad; además, brinda un plan de necesidades preciso para la compra e importación de unidades.

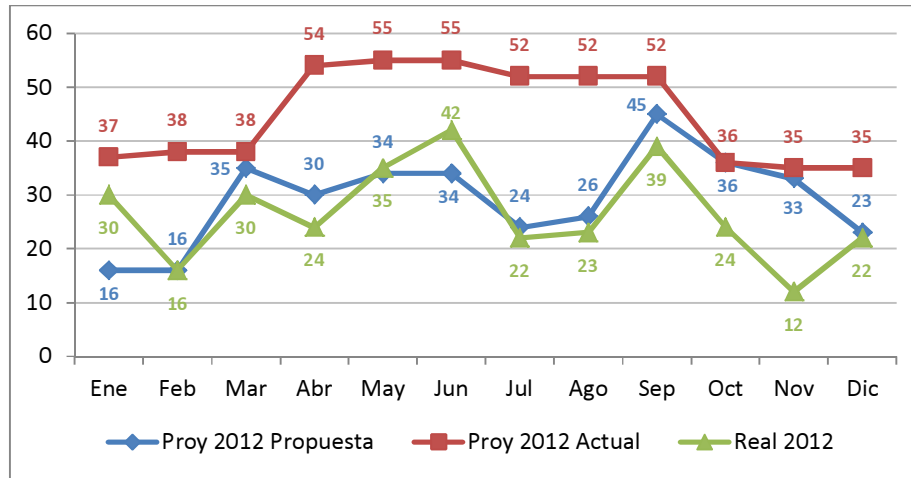


Figura 30. Comparativo de la directriz de información entre los indicadores de pronósticos actual y propuesto.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Tabla 35. Comparativo de la directriz de información entre los indicadores de pronósticos actual y propuesto.

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>Real 2012</b>	30	16	30	24	35	42	22	23	39	24	12	22	319
<b>Proy 2012 Actual</b>	37	38	38	54	55	55	52	52	52	36	35	35	539
Venta por stock	30	16	30	24	35	42	22	23	39	24	12	22	319
Sobre stock	7	22	8	30	20	13	30	29	13	12	23	13	220
<b>Proy 2012 Propuesta</b>	16	16	35	30	34	34	24	26	45	36	33	23	352
Venta por stock	16	16	30	24	34	34	22	23	39	24	12	22	296
Sobre stock	0	0	5	6	0	0	2	3	6	12	21	1	56

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

Para mostrar la efectividad de la propuesta realizada se hará una simulación de ingresos y egresos de la directriz de información; para ello, se ha considerado usar los pronósticos con los que trabajó la empresa en el 2012 versus los pronósticos hallados en la presente investigación, de esta manera se confirmará o rechazará la propuesta ofrecida.

Para la directriz de **información** se planteó utilizar el método estacional multiplicativo con tendencia dado que la información histórica de los años 2009 al 2011 indicaba mayores ventas en determinados meses de manera reiterativa año a año. Así pues, en la figura 30, se muestra el pronóstico actual de la empresa (rojo), el pronóstico propuesto en base al método aplicado (azul) y la demanda real durante el 2012 (verde). En base a esta información que aparece detallada en la tabla se realizará la simulación con un valor promedio por tractor equivalente a \$ 35,940.

**Fórmula 27:**

$$\text{CostoInv} = \text{CostoPedir} \times \frac{\text{Demanda}}{Q \text{ de 1 pedido}} + \text{CostoAlmacen}(\%) \times \frac{\text{Inventario}}{2} \times \text{Precio}$$

- Proyección 2012 actual:

$$\text{Ingresos} = 319 \times 35,940 = \$ 11'464,860$$

Costo Pedir = 1,811 (tabla 18, pág. 56)

Demanda = 539

Q de 1 pedido = 2,53 (tabla 18, pág. 56)

Costo Almacén = 35%

$$\text{CostoInv} = 1,811 \times \frac{539}{2,53} + 35\% \times \frac{220}{2} \times 35,940 = 1'769,512$$

$$\text{Total Actual} = 11'464,860 - 1'769,512 = 9'695,348$$

- Proyección 2012 propuesto:

$$\text{Ingresos} = 296 \times 35,940 = \$ 10'638,240$$



Costo Pedir = 1,464 (tabla 18, pág. 56)

Demanda = 352

Q de 1 pedido = 2,36 (tabla 18, pág. 56)

Costo Almacén = 35%

$$CostoInv = 1,464 \times \frac{352}{2,36} + 35\% \times \frac{56}{2} \times 35,940 = 570,571$$

$$Total Propuesto = 10'638,240 - 570,571 = 10'067,669$$

Según el análisis realizado se verifica que existe un ahorro de \$ 372,320 que deriva de los pronósticos propuestos versus los actuales; ello en porcentaje equivale a un 4% sobre el actual plan.

**Tabla 36. Cuadro comparativo en la planeación de la Cadena de suministro.**

Directriz	Situación actual	Situación propuesta	Diferencia
<b>Cuantitativo</b>			
<b>Información</b>	9'695,348	10'067,669	<b>4%</b>
<b>Inventario</b>	RI: 1.8	RI: 2.7	<b>50%</b>
<b>Cualitativo</b>			
<b>Inventario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gasto en fletes por traslados entre establecimientos.</li> <li>- Demora en la entrega de tractores al cliente.</li> <li>- Pérdida de negocios por falta de stock en las sucursales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan de necesidades para la compra de nuevos tractores.</li> <li>- Mejora de los niveles de asistencia al cliente cubriendo sus necesidades.</li> </ul>	
<b>Información</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pronósticos realizados empíricamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pronósticos más acertados permitirán realizar mejores compras y se tendrá menor sobre stock.</li> <li>- También brindará información para realizar adecuadas estrategias comerciales.</li> </ul>	

**Fuente:** ABSA. Elaboración propia.

En la tabla 36, se muestra el comparativo para las dos directrices antes mencionada en un análisis cuantitativo y cualitativo.

Seguidamente, en la figura 31 se aprecia la cadena de suministro de una empresa comercializadora de tractores agrícolas, en ella se señala los problemas que resuelve cada directriz explicada.

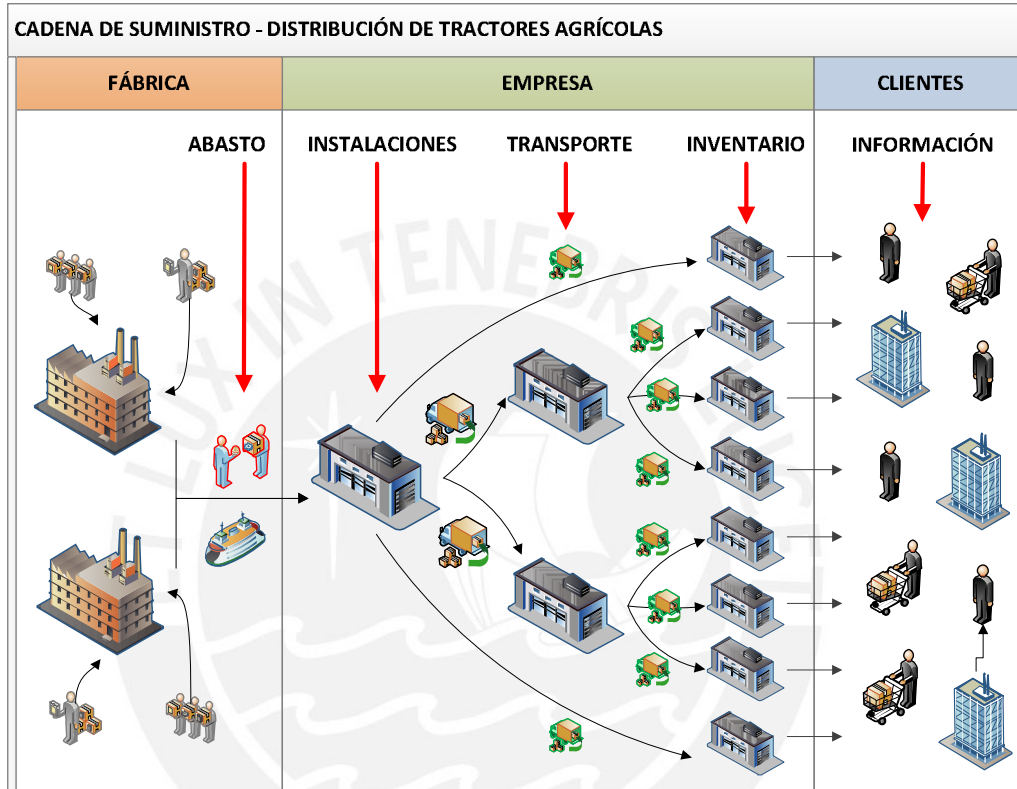


Figura 31. Resumen de la cadena de suministro y las mejoras realizadas.

Fuente: ABSA. Elaboración propia.

### 4.3 Análisis económico de la propuesta

Para realizar el análisis económico se debe tener en cuenta que de acuerdo a los resultados mostrados en los capítulos 2 y 3 se considerarán los montos de las directrices trabajadas y desarrolladas en dichos capítulos.

A continuación, se calcularán los montos para la inversión, los gastos actuales y los gastos proyectados de la propuesta para los próximos 3 años, con estos datos se

calcularán el valor actual neto del proyecto y la tasa interna de retorno para analizar la viabilidad de la propuesta.

En la tabla 16 (pág. 52) se muestra la inversión que se requiere para la implementación de la propuesta de instalaciones que consiste en desarrollar almacenes regionales que abastezcan a su zona y a su vez estas sean abastecidas por el almacén central del Callao por donde llegan las importaciones. La inversión se centra en tres puntos, el acondicionamiento de cada sucursal para la recepción de tractores (S/. 30,000 x 9 sucursales), el acondicionamiento de los almacenes regionales del norte y el sur (S/. 100,000 x 2 almacenes regionales, no se considera el almacén central pues este ya está acondicionado para realizar las pre entregas) y finalmente la inversión en herramientas para los almacenes regionales que lo necesitarán (S/. 50,000 x 2 almacenes regionales).

#### **Fórmula 28.**

Inversión = Acondicionamiento sucursales + Acondicionamiento almacenes regionales + Herramientas almacenes regionales

$$S/. 570,000 = 30,000 \times 9 + 100,000 \times 2 + 50,000 \times 2$$

Para determinar el ahorro entre la situación actual y la propuesta se debe hallar los gastos de ambas situaciones, como se mencionó en párrafos anteriores solo se considerarán los las directrices de instalaciones, transporte y abastecimiento para este análisis pues las otras directrices no arrojan resultados económicos.

#### **Fórmula 29.**

Gasto Actual = Almacenamiento + Transportación + Abastecimiento

$$S/, 2'830,123 = 830,471 + 744,830 + 1'254,822$$

La propuesta planteada, además de los ahorros que genera en las directrices de almacenamiento, abastecimiento y transportación, implica la contratación de nuevo personal; de tal caso, se está considerando incorporar a 10 técnicos, 4 para cada almacén regional (norte y sur) y 2 para el almacén central del Callao con un sueldo bruto de S/. 1,166 lo cual genera un costo mensual para la empresa por técnico de S/. 1,750 (S/. 1,166 x 1.5). Por otro lado, se está considerando un analista que realice labores de abastecimiento a los almacenes regionales, locales y el central, su sueldo será de S/. 3,000 generando un costo mensual para la empresa de S/. 4,500 (S/. 3,000 x 1.5).

**Fórmula 30.**

Gasto Propuesta = Almacenamiento + Transportación + Abastecimiento + Sueldos nuevos (técnicos adicionales y analista)

$$\begin{aligned} \text{S/. } 2,552,956 &= 512,900 + 688,931 + 1'087,125 + 1,750 \times 12 \text{ meses} \times 10 \text{ técnicos} \\ &+ 4,500 \times 12 \text{ meses} \times 1 \text{ analista} \end{aligned}$$

Con la información hallada en la siguiente tabla se calcula el ahorro (saldo) obtenido año a año, luego con estos montos para un horizonte de 3 años se halla el valor actual neto del proyecto considerando una tasa para el inversionista de 15% anual.

**Fórmula 31.**

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

$k$ : tasa de interés

$I_0$ : inversión inicial

$V_t$ : flujo de caja en el periodo  $t$

$$VAN = \frac{277,168}{(1+15\%)^1} + \frac{277,168}{(1+15\%)^2} + \frac{277,168}{(1+15\%)^3} - 570,000 = 54,640$$

**Fórmula 32.**

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0$$

$$VAN = \frac{277,168}{(1+TIR)^1} + \frac{277,168}{(1+TIR)^2} + \frac{277,168}{(1+TIR)^3} - 570,000 = 0$$

$$TIR = 22\%$$

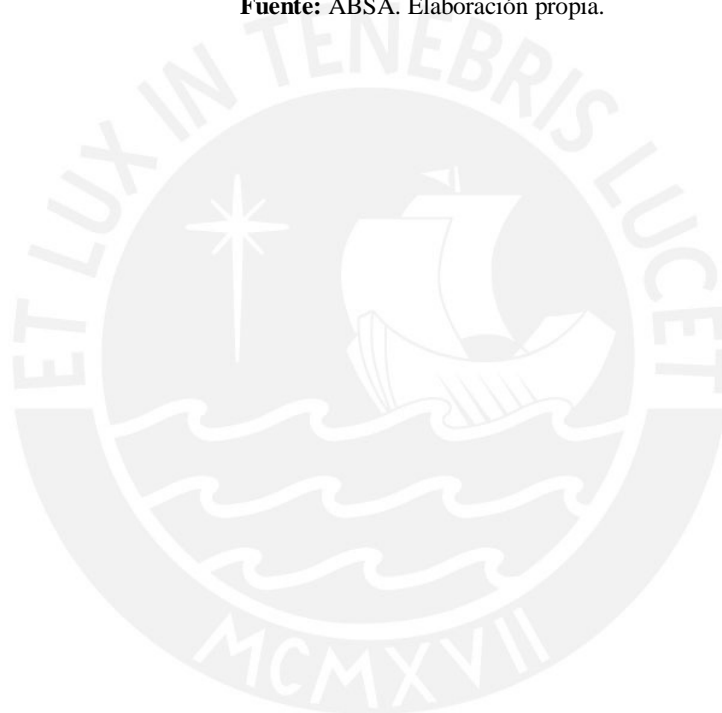
En la siguiente tabla se muestra que para la inversión realizada la tasa interna de retorno es 22% y el valor actual neto de S/. 54,640 para un periodo de tiempo

estimado en 3 años, lo que demuestra la viabilidad de la propuesta y los beneficios que el implementarla traería a la empresa.

**Tabla 37. Cuadro comparativo económico.**

Año	Actual	Propuesta	Saldo
Inversión			-570,000
1	2,830,123	2,288,956	277,168
2	2,830,123	2,288,956	277,168
3	2,830,123	2,288,956	277,168
<b>tasa</b>	15%	<b>VAN</b>	S/. 54,640
		<b>TIR</b>	22%

**Fuente:** ABSA. Elaboración propia.



## Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

- La cadena de suministro a través del enfoque de las directrices logísticas e interfuncionales que corresponden al diseño y planeación de la misma permite la visión global del negocio, entender sus fortalezas y debilidades; y propone cambios eficientes para mejorar la rentabilidad a lo largo de la cadena; además, brinda herramientas de gestión de sencilla implementación para lograr los cambios propuestos.
- La empresa ABSA, desde la perspectiva de las directrices, atraviesa serios problemas debido a una inadecuada estructura de la cadena de suministro que origina gastos excesivos, atención deficiente y un actuar lento comparado con las exigencias del mercado. Centralización, altos niveles de stock y obsolescencia de las máquinas, demora en la atención, sobrecostos y reprocesos son algunos de los problemas que el actual diseño logístico trae consigo.
- La propuesta planteada en el diseño de la cadena de suministro analizando los principales costos relacionados a las instalaciones (almacenamiento, transporte, mano de obra y pre entrega) propone descentralizar la red de distribución con 2 almacenes regionales, además, plantea un sistema de abasto a través del uso de la curva de intercambio para disminuir el valorizado promedio del inventario y utilizar el concepto de economía de escala al momento de transportar los tractores a las sucursales. Por otro lado, en la planeación la propuesta es usar la metodología DRP para el abastecimiento interno del inventario y aplicar, para el pronóstico de la demanda, el método estacional multiplicativo con tendencia lo cual brindará información importante a las demás directrices para la toma de decisiones.
- En base a la propuesta realizada se concluye la viabilidad del proyecto con un valor actual neto de S/. 54,640 con una tasa de 15% anual en un periodo de 3 años de acuerdo a una inversión de S/. 570,000. Además, la tasa interna de retorno es equivalente al 22%, el cual es superior a la tasa que espera ganar la empresa. Se observa que las propuestas realizadas reducirán los gastos logísticos de la empresa. Al mismo tiempo, se corrigen

procedimientos innecesarios y se llega a una atención más rápida a los clientes, una mejora en la calidad de inventario que redundará en disminución del sobre stock y alza en el ratio de rotación de inventario.

## 5.2 Recomendaciones

- En base al estudio realizado se sugiere al formar o buscar mejoras en una empresa analizar esta de manera global a través de la cadena de suministro que permite una visión del sistema del cual es parte dicha empresa. Así pues examinar las directrices que conforman el diseño y planeación brindará información relevante para las propuestas de mejora a desarrollar.
- El análisis actual de cualquier caso de estudio debe realizarse de manera objetiva y fijando preferentemente resultados cuantitativos para una interpretación y comparación más sencilla. Debe evitarse seguir formas de trabajo empíricas y de acuerdo a la experiencias. Es función de todo profesional realzar su labor considerando y adecuando técnicas y/o herramientas estudiadas a fin de tomar decisiones basadas en información técnica y confiable que permitan a la empresa ser competitiva en el mercado.
- Las propuestas planteadas para las 5 directrices en estudios que conforman el diseño y planeación de la cadena de abasto muestran ventajas cuantitativas y cualitativas frente a la situación actual que permiten un ahorro de dinero considerable en transporte e instalación; asimismo, mejora y ordena el abastecimiento interno y externo de tractores en la empresa, mejora ratios logísticos y financieros. Es por ello que se recomienda seguir la estructura teórica para realizar un trabajo claro y metódico en el análisis de la problemática global del caso en estudio.
- Para la implementación de las sugerencias se propone involucrar a la alta dirección con el proyecto luego de haber presentado los resultados de mejora para su óptimo funcionamiento. Se debe establecer el proyecto con un horizonte de 3 años que será el tiempo del retorno de la inversión considerando que la inversión de S/. 570,000 no es significativa para una empresa de alta envergadura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarez Tanaka, R. A. (2009). *Análisis y propuesta de implementación de pronósticos y gestión de inventarios en una distribuidora de productos de consumo masivo*. Lima: Tesis Ingeniería Industrial: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Ballou, R. H. (2004). *Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.

Carreño S., A. (2011). *Logística de la A a la Z*. Perú: Fondo Editorial: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro: Diseño, planeación y operación*. México: Pearson Educación.

Dominguez, J., Álvarez, M., Dominguez, M., & Ruiz, A. (1995). *Dirección de operaciones: Aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. España: McGraw-Hill.

Galgano, A. (1995). *Los 7 instrumentos de la calidad total*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

García Sabater, J. P., Cardós Carboneras, M., Albarracín Guillem, J. M., & García Sabater, J. J. (2004). *Gestión de stocks de demanda independiente*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

García, J., & Cuétara, L. (1996). *Métodos para la Toma de Decisiones en la Gestión Empresarial*. Brasil: Universidad Federal de Acre.

Handfield, R. B., & Nichols, E. L. (1999). *Introduction To Supply Chain Management*. EEUU: Prentice Hall.



- Jacoby, D. (2009). *Guide to Supply Chain Management: How Getting it Right Boosts Corporate Performance*. Canada: Bloomberg Press.
- Juan, C. S. (1993). *Historia de la ciencia y de la técnica - La revolución industrial*. Madrid, España: Ediciones Akal, S.A.
- Kendall, K., & Kendall, J. (2005). *Análisis y diseño de sistemas*. México: Pearson Educación.
- Krajewski, Ritzman, & Malhotra. (2008). *Administración de operaciones*. México: Pearson Educación.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., y otros. (2001). Defininf Supply Chain Management. *Journal of Businees Logistics*, 25.
- Parraga Condezo, J. A. (2011). *Investigación, análisis y propuestas de políticas de planeamiento y control de inventarios para el sector comercial de productos siderúrgicos*. Lima: Tesis Ingeniería Industrial: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Quevedo Cassana, J. G. (2010). *Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora de la cadena logísitca y de planeamiento de las compras de una empresa peruana comercializadora de productos químicos*. Lima: Tesis Ingeniería Industrial: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Senn, J. (1992). *Análisis y diseño de sistemas de información*. México: Mc Graw Hill.
- Silver, E. (1985). *Decision systems for inventory management and production planning*. EEUU: Wiley.