

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**OPTIMIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA EL  
ABASTECIMIENTO DE RECURSOS EN LOS PROYECTOS  
DE LA CONSTRUCCIÓN**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**GABRIEL ENRIQUE ALVITES CASTILLO**

**Lima- Perú**

**2014**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por haberme dado  
fortaleza y salud para cumplir  
mis objetivos.*

*A mis padres por todo el cariño  
y apoyo incondicional que  
siempre me han demostrado.*

*A mi esposa Patricia y a mis  
hijos Mateo y Miranda por  
darme el tiempo que les  
perteneía para realizarme  
profesionalmente.*

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	3
<b>LISTA DE CUADROS</b>	4
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	5
<b>LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS</b>	8
<b>INTRODUCCIÓN</b>	9
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	
1.3 ESTUDIO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO	10
1.1.1. La Logística	10
1.1.2. Concepto de Inventario	12
1.1.3. Concepto de Sistema Logístico	13
1.1.4. Diseño y Planificación de un Sistema Logístico	13
1.2 ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR UN SISTEMA LOGÍSTICO	14
1.2.1. Gestión de Compras	14
1.2.2. Gestión de Almacenes	16
1.3 TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES	19
1.3.1. Conceptos Generales	19
1.3.2. Aplicación de la Teoría de las Restricciones a la Logística	23
1.4 METODOLOGÍA A EMPLEAR	30
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍAS O PROCEDIMIENTOS EXISTENTES</b>	
2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES LOGÍSTICAS	34
2.1.1. Gestión de Compras	34
2.1.2. Gestión de Almacenes	36
2.1.3. Planeamiento de Inventarios	38
2.2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	40
<b>CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE MÉTODOS SUGERIDOS</b>	
3.1 ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE ABASTECIMIENTO	45
3.1.1. Plan para la eliminación del Problema Raíz	45
3.1.2. Planteamiento para una Solución Factible	47

3.1.3. Establecimiento de Objetivos Intermedios	58
3.1.4. Plan detallado de la solución	64
<b>CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
4.1 CONCLUSIONES	70
4.2 RECOMENDACIONES	72
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	73

## RESUMEN

El presente informe busca generar una metodología que contribuya a la mejora en la gestión de la logística de abastecimiento de una organización que preste servicios al público, tomando como ejemplo la situación particular de la empresa FEGASA, dedicada a la fabricación de armaduras de acero para concreto estructural.

Revisando bibliografías se encontraron dos metodologías de gestión de proyectos, el Lean Construction y el Project Management Institute (PMI). Ninguna de ellas ofrece procedimientos detallados respecto al tema en estudio, por lo que tuvimos que complementar con teorías y herramientas desarrolladas por otras instituciones.

Elaboramos el marco teórico para reforzar la importancia de la logística en el sector construcción, incluyendo el estudio de la cadena de abastecimiento y sistemas de entrega Just in Time para complementar la teoría.

Se identificaron aspectos negativos que no permiten ejecutar con éxito la gestión de abastecimiento, con estos se elaboraron, de acuerdo a la metodología, esquemas que ayudaron a visualizar mejor la manera de revertirlos.

Finalmente se buscaron soluciones parciales a cada aspecto que produzca efectos indeseables en la gestión de abastecimiento, pero buscando que tales soluciones generen un efecto conjunto destinado a conseguir el objetivo común final, es decir, lograr que la gestión logística sea capaz de abastecer de materiales con la calidad necesaria, en el momento oportuno y al menor costo posible.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro N°1.1 Factores de competitividad	23
Cuadro N°3.1 Supuestos de las conexiones entre las entidades de la nube de evaporación de conflictos	46
Cuadro N°3.2 Lista de obstáculos para la sistematización de Procesos de la Gestión Logística del Abastecimiento y objetivos intermedios que deben ser alcanzados para superarlos.	59
Cuadro N°3.3 Lista de obstáculos para el levantamiento de información acerca de los materiales y objetivos intermedios que deben ser alcanzados para superarlos.	60
Cuadro N°3.4 Lista de obstáculos para el levantamiento de información acerca de la utilización del software logístico y objetivos intermedios que deben ser alcanzados para superarlos.	62
Cuadro N°3.5 Lista de obstáculos para la delegación de actividades de control de inventarios al personal de producción y objetivos intermedios que se deben alcanzar para superarlos.	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura N°1.1	Evolución de la logística en el tiempo.	12
Figura N°1.2	Importancia del Inventario en la Gestión de Logística	13
Figura N°1.3	Esquema de Gestión de Almacenes	17
Figura N°1.4	Diagrama del Árbol de Realidad Actual	20
Figura N°1.5	Diagrama de la Nube de Evaporación de conflictos	20
Figura N°1.6	Diagrama del Árbol de Realidad Futura	21
Figura N°1.7	Diagrama del Árbol de Prerrequisitos	21
Figura N°1.8	Diagrama del Árbol de Transición	22
Figura N°1.9	Esquema del Sistema DBR (Tambor-Amortiguador-Cuerda)	25
Figura N°1.10	Relación correcta entre el buffer real y el buffer programado	27
Figura N°1.11	Relación entre el buffer real y el buffer programado, cuando las primeras operaciones están produciendo por encima del nivel de la "cuerda"	27
Figura N°1.12	Relación entre el buffer real y el buffer programado, cuando se ha planificado un buffer muy grande	27
Figura N°1.13	Relación entre el buffer real y el buffer programado, cuando se ha planificado un buffer muy pequeño	28
Figura N°1.14	Agujero de Y horas de inventario de un material programado para su proceso en el CCR dentro de W horas.	28
Figura N°2.1	Proceso de Gestión de compras de materiales de FEGASA	36
Figura N°2.2	Fragmento del archivo empleado para control de inventario	39
Figura N°2.3	Árbol de Realidad Actual inicial para la Gestión Logística de Abastecimiento de FEGASA	43
Figura N°2.4	Árbol de Realidad Actual inicial para la Gestión Logística de Abastecimiento de FEGASA con entidades explicativas	44
Figura N°3.1	Identificación del conflicto existente en la Gestión de Logística del Abastecimiento de FEGASA	45
Figura N°3.2	Remoción del conflicto existente en la Gestión de Logística del Abastecimiento de FEGASA	46
Figura N°3.3	Árbol de Realidad Futura inicial para la Gestión de Logística de Abastecimiento de FEGASA	48

Figura N°3.4 Rama Negativa N° 1	49
Figura N°3.5 Rama Negativa N° 2	49
Figura N°3.6 Rama Negativa N° 3	50
Figura N°3.7 Rama Negativa N° 4	51
Figura N°3.8 Rama Negativa N° 5	51
Figura N°3.9 Poda de la Rama Negativa N° 1	52
Figura N°3.10 Poda de la Rama Negativa N° 2	53
Figura N°3.11 Poda de la Rama Negativa N° 3	54
Figura N°3.12 Poda de la Rama Negativa N° 4	55
Figura N°3.13 Poda de la Rama Negativa N° 5	56
Figura N°3.14 Árbol de Realidad Futura final para la Gestión Logística de Abastecimiento de FEGASA	57
Figura N°3.15 Árbol de prerequisites de la sistematización de los procesos de la Gestión Logística del Abastecimiento de FEGASA	61
Figura N°3.16 Árbol de prerequisites del levantamiento de la información relevante acerca de los materiales de FEGASA	62
Figura N°3.17 Árbol de prerequisites para el inicio de la operación utilizando el software logístico de FEGASA	63
Figura N°3.18 Árbol de prerequisites para la delegación de actividades de Control de inventarios al personal de Producción de FEGASA	64
Figura N°3.19 Árbol de transición para la implementación de un sistema logístico de abastecimiento de materiales de FEGASA	65
Figura N°3.20 Árbol de transición para la implementación de un sistema logístico de abastecimiento de materiales de FEGASA (Continuación 1)	66
Figura N°3.21 Árbol de transición para la implementación de un sistema logístico de abastecimiento de materiales de FEGASA (Continuación 2)	67
Figura N°3.22 Árbol de transición para la implementación de un sistema logístico de abastecimiento de materiales de FEGASA (Continuación 3)	68
Figura N°3.23 Árbol de transición para la implementación de un sistema	



logístico de abastecimiento de materiales de FEGASA  
(Continuación 4)

69

### LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

EPC	: Engineering, Procurement and Construction (Ingeniería, Procura y Construcción)
TOC	: Theory of Constrains (Teoría de las Restricciones)
Iny	: Inyección
EIDE	: Efecto Indeseable
EDE	: Efecto Deseable
ROI	: Return on Investment (Retorno sobre la Inversión)
DBR	: Drum-Buffer-Rope (Tambor-Amortiguador-Cuerda)
CCR	: Capacity Constrained Resource (Recursos con capacidad limitada)
IDD	: Días de Inventario
TDD	: Días de Throughput
ARA	: Árbol de Realidad Actual
ARF	: Árbol de Realidad Futura
AASA	: Aceros Arequipa Sociedad Anónima
OC	: Orden de Compra

## INTRODUCCION

El entregable de proyecto es el resultado de la sinergia de varios procesos como la planificación, la ingeniería y la ejecución, pero además, de la gestión de abastecimiento de todo lo que vamos a necesitar para poder culminar el proyecto.

El auge de la construcción ocurrido en los últimos tiempos en nuestro país ha generado que las empresas busquen desarrollar técnicas cada vez más eficientes para afrontar el reto de proyectos de mayor complejidad.

Los inversionistas han optado por requerir de empresas que estén preparadas para desarrollar proyectos EPC (Ingeniería, Procura y Construcción) y es a esta modalidad de proyectos a los que deberán amoldarse las compañías ejecutoras.

En este contexto, la Ingeniería y Construcción dependen básicamente de la empresa y de cómo organice sus diferentes áreas. Sin embargo el tercer campo, es decir la Procura, se convierte muchas veces en el talón de Aquiles para el desarrollo del proyecto. Dado que en este aspecto se depende de terceros, llámense proveedores, quienes no siempre cumplen con abastecer de materiales, equipos o servicios en el momento en que son requeridos.

Anteriormente la logística era solamente, tener el producto en el sitio justo, en el tiempo oportuno y al menor costo posible, actualmente éstas actividades aparentemente sencillas han sido redefinidas y son todo un proceso.

Hoy en día el tema de la logística para el abastecimiento de recursos a la obra es un asunto tan importante que las empresas crean áreas específicas para su tratamiento, se ha desarrollado a través del tiempo y es en la actualidad un aspecto básico en la constante lucha por ser una empresa de primer nivel.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1 ESTUDIO DE UN SISTEMA LOGÍSTICO

#### 1.1.1 La Logística

Hace algunos años, la logística básicamente estaba relacionada con la gestión de la cadena de suministro de una empresa. Hoy en día, la definición de logística es mucho más amplia. La logística moderna considera temas que pertenecen a decisiones que se producen en el ámbito de las políticas públicas locales, nacionales y también internacionales, como pueden ser las infraestructuras de transporte y las zonas de actividad logística. Actualmente también la logística se ocupa de temas directamente relacionados con la gestión de la empresa, con relación a sus clientes y proveedores (logística externa) y sus procesos logísticos relacionados con la producción (logística interna).

El término logística se define en la antigua Grecia, año 489 a.C. como hacer lo lógico, referido solamente al significado como palabra. En la evolución de la logística ya como una actividad empresarial, se fueron dando definiciones de ésta, por ejemplo se la define como el movimiento de los materiales desde una fuente u origen hasta un destino o usuario.

La década de los años 50 y los primeros años de la década de los 60, aproximadamente hasta 1964, constituyeron el marco histórico de los orígenes de la logística como disciplina en el terreno civil. El período de la posguerra trajo un fuerte aumento de la demanda, lo que provocó una expansión de las capacidades de producción y venta de una forma más acelerada, por tanto los canales tradicionales de distribución se rompen y se multiplican, pues se pasa a vender cualquier producto en cualquier lugar, necesitándose actividades adicionales de gestión de stock, almacenaje, manipulación y transporte.

Es en la década de los años 60 que se desarrollan las bases teóricas del concepto de logística. Estas bases son: análisis del costo total, incremento del interés en el servicio al cliente, responsabilidad del movimiento de los inventarios y desarrollo de la computación electrónica.

La década de los años 70 constituyó un período importante de madurez de la logística. La velocidad de crecimiento económico de la posguerra se vio disminuida por la crisis del petróleo la cual desencadenó que la economía mundial comenzara a experimentar períodos de recesión y crecimiento. Estos períodos de crisis trajeron aparejado el incremento de los precios de las materias

primas y mercancías en general, y las tasas de interés, lo que acompañado de una demanda cambiante y cada vez más exigente por parte de los consumidores hizo que se hiciera necesario prestar más atención al proceso de gestión de materiales.

Fue imprescindible que los directivos centraran la atención en el impacto financiero de sus decisiones, buscando mantener un flujo de caja (cash flow) positivo sobre la base de las reducciones de los inventarios y las cuentas por cobrar. La respuesta de la organización de la producción se tradujo en el surgimiento de la filosofía Justo a Tiempo (Just in Time) que desarrollaron los japoneses.

Los años 80 llegaron con nuevas exigencias a los sistemas productivos, fundamentalmente en el terreno de la competitividad. Los sistemas productivos deben ajustar su producción desde el punto de vista de la más estrecha coordinación de los procesos, surge el concepto de Lean Production como filosofía organizativa; esto debe responder también a la necesidad de disponer de capital para la correcta operación del sistema. El concepto de logística se extiende a todo el flujo material, quedando por tanto incluidos en el concepto de logística los procesos de gestión de materiales, fabricación y distribución física.

En los años 90, la logística está sometida a muchos más cambios, en cantidad y calidad. La aceleración de globalización de mercados ha llevado a los sistemas logísticos a ampliar sus fronteras y desarrollar estrategias con un enfoque global definidas como de clase mundial. Se ha continuado con la estrecha coordinación del movimiento de entrada y salida de los productos con la aplicación de las estrategias Just in Time en la fabricación y Quick Response (Respuesta Rápida) en los servicios, gestionando los sistemas más bien como procesos que como un conjunto de actividades discretas o funcionales, haciendo énfasis fundamental en la minimización de las interrupciones del flujo del producto.

En los primeros años de los 90, el modelo logístico se transformó en una tubería de gestión integrada de materiales. Sin embargo, este modelo aún con el énfasis de integración requirió de una mayor flexibilidad, por lo que en estos momentos el modelo logístico ha adoptado la forma de una "manguera" capaz de aumentar la velocidad y la flexibilidad del sistema para dar respuesta rápida a las demandas cambiantes de los clientes. Bajo esta concepción, todas las entidades que intervienen en el flujo material desde el proveedor hasta el cliente piensan y

actúan como una sola, en la que las partes no centran la atención en el cliente directo sino en el cliente del cliente, es decir en el cliente final.



Figura 1.1 Evolución de la Logística en el tiempo

La definición logística utilizada en este trabajo la caracterizaremos como: la acción del colectivo laboral dirigida a garantizar actividades de diseño y dirección del flujo material, informativo y financiero, desde sus fuentes de origen hasta sus destinos finales, que deben ejecutarse de forma racional y coordinada con el objetivo de proveer al cliente los productos y servicios en la cantidad, calidad, plazos, costos, lugar y con las informaciones demandados, con elevada competitividad y garantizando la preservación del medio ambiente.

En la definición anterior deben considerarse como parte de las actividades del flujo material las relacionadas con el reciclaje y reutilización de los productos.

### 1.1.2 Concepto de Inventario

Se define el inventario como un recurso almacenado que se utiliza para satisfacer una necesidad actual o futura; y que cumple con lo siguiente:

- Proporciona artículos para satisfacer la demanda anticipada de los clientes
- Ventajas en los descuentos por cantidad
- Protege a la Empresa de los cambios de precio
- No permite rupturas en el flujo de suministros.
- Permite que las operaciones continúen con suavidad.

La inversión en inventarios, es una función de:

- La exactitud de la planificación, la programación y la ejecución
- La variabilidad de la demanda, la producción y el abastecimiento
- El tiempo de ciclo del proceso.



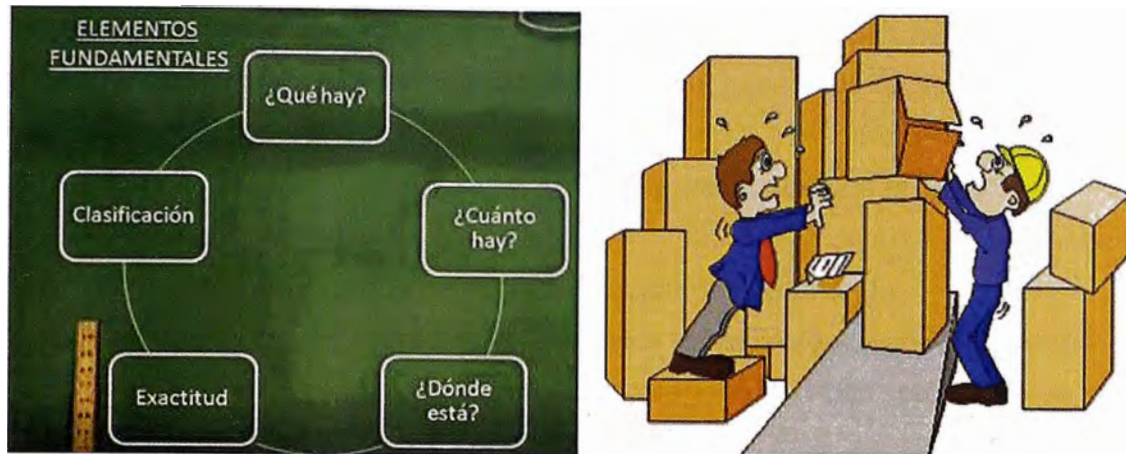


Figura 1.2 Importancia del Inventario en la Gestión de Logística

### 1.1.3 Concepto de Sistema Logístico

Partiendo de la relatividad del concepto de sistema logístico puede plantearse que el alcance del sistema logístico para el que se desarrolla este trabajo será: “la red de unidades autónomas y coordinadas, que actúa con relativa independencia del entorno, y que abarcan desde el o los proveedores que garantizan la producción específica para el producto o servicio que brinda la empresa, hasta el o los clientes que consumen ese producto o servicio”.

Los recursos básicos que conforman un sistema logístico son el hombre, los medios de trabajo y los objetos de trabajo.

La cadena logística está compuesta por cinco elementos básicos sobre los que se trabaja cualquier estrategia de este tipo:

- El servicio al cliente
- Los inventarios
- Los suministros
- El transporte y la distribución
- El almacenamiento

### 1.1.4 Diseño y Planificación de un Sistema Logístico

Las actividades logísticas deben ser planeadas cuidadosamente. La ausencia de planeamiento en el proceso logístico genera ineficiencias, tales como: espacios insuficientes, inventarios elevados, flujos desordenados de procesos, transportes antieconómicos, etc. Para diseñar un plan logístico deben considerarse los

diversos factores relacionados: La estrategia de operaciones, la localización de inventarios y almacenes, las políticas de aprovisionamiento, las características de almacenamiento, los sistemas de información que serán utilizados, entre otros. Existen prácticas que pueden considerarse indispensables para la optimización del flujo de bienes y servicios. Entre ellas podemos mencionar:

- Enfoque en el cliente.
- Adecuación de la producción como función de la demanda.
- Adecuación de las compras de acuerdo a las necesidades de producción.
- Creación de relaciones de mayor colaboración con proveedores y clientes.

Estas prácticas están orientadas hacia el logro de dos aspectos importantes:

- (1) La satisfacción del cliente (menor precio, mejor calidad de servicio, menor tiempo de entrega, mayor disponibilidad de productos).
- (2) La búsqueda de una mayor rentabilidad para la Empresa (menores gastos de operación, mayor productividad, mayor rotación de inventarios).

## **1.2 ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR UN SISTEMA LOGÍSTICO**

Para mencionar las actividades que desarrolla un Sistema Logístico, es necesario definir inicialmente el concepto de Ciclo Logístico.

El Ciclo Logístico es el conjunto de actividades que se basan en variables controlables por los sistemas logísticos. Estas actividades interactúan de forma dinámica, por lo que es necesaria la coordinación de las mismas. Entre estas actividades tenemos a la Gestión de Compras, Recepción y Almacenamiento y la Gestión de inventarios.

### **1.2.1 Gestión de Compras**

La función de compras se ocupa del proceso de adquisición de los bienes y servicios necesarios para el desarrollo de las actividades de la organización. Dada la variedad de bienes y servicios, el área de compras debe realizar distintas gestiones ante múltiples proveedores y bajo distintas modalidades.

Algunas actividades básicas de la función de compras son las siguientes:

#### **Gestión de los Proveedores**

La actividad de gestión de los proveedores tiene por objeto observar y evaluar su grado de compromiso con el sistema de calidad de la Empresa, para obtener



productos y servicios de la calidad adecuada (al nivel requerido por el cliente final) a través de relaciones duraderas, así como potenciar su desarrollo. En pocas palabras, significa integrarlos a la cadena logística. Las estrategias de gestión de los proveedores son las siguientes:

- **Múltiples proveedores:** Reduce los riesgos de desabastecimiento y favorece la reducción de precios. Por lo general esta estrategia se basa en relaciones contractuales a corto plazo y se escoge en función de los menores precios.
- **Proveedor único:** Este tipo de estrategia está basada en el establecimiento de relaciones de largo plazo, lo que produce un importante ahorro de costos en el mediano y largo plazo, favoreciendo la competitividad de la cadena de abastecimiento en su conjunto.

### **Seguimiento del Ciclo del Proveedor**

El ciclo del proveedor está constituido por el proceso seguido en la gestión del mismo. Este proceso debe culminar con el desarrollo y certificación del proveedor, con lo que mejora la rentabilidad a largo plazo y la competitividad de la cadena de abastecimiento en su conjunto.

Las actividades que conforman el ciclo del proveedor son:

- **Búsqueda:** Recepción de propuestas en los medios especializados, de acuerdo a cada empresa y sus necesidades.
- **Selección:** Análisis, comparación y selección de los mismos de acuerdo a criterios de evaluación definidos y ponderados en función a las necesidades y políticas de la Empresa.
- **Registro:** De la información relevante de cada proveedor (datos de identificación, servicios que presta, condiciones generales de entrega, catálogos, resultados de evaluación, etc.).
- **Evaluación:** Los mismos criterios utilizados en la selección del proveedor son empleados periódicamente para la evaluación de su desempeño real.

Además, se debe realizar un seguimiento sobre ciertos factores críticos (nivel de fallas detectadas, % de envíos equivocados en cantidad o calidad, cumplimiento de plazos previstos de entrega, cumplimiento de garantías, etc.).

La evaluación del desempeño cubre necesariamente 3 fases:

**1º** Evaluación de proveedores: De acuerdo a los criterios de calificación obtenidos y al análisis de los factores críticos.

**2º** Clasificación de Proveedores: Una vez seleccionados los proveedores los clasificaremos en 3 grandes grupos: A, B, C. Para cada grupo se identificarán las estrategias a seguir (mantenimiento, desarrollo o baja de proveedores) sobre la base de sus características comunes, permitiéndonos definir estrategias de acción de acuerdo a su calificación.

**3º** Acciones a seguir, sobre la base de su desempeño, tomar alguna acción respecto a la continuidad de negocios: desarrollo, mantenimiento o baja.

### 1.2.2 Gestión de Almacenes

Dentro de un sistema logístico, los almacenes deben ser órganos generadores de utilidades. Los inventarios son un aspecto importante y depende de su mayor precisión para prevenir los requerimientos de consumo, lo cual llevaría a una racional reducción en el gasto (mantenimiento, almacenamiento y distribución). Las principales actividades dentro de la Gestión de Almacenes son:

**Recepción:** La función de recepción de materiales, tiene la tarea de recibir los envíos del proveedor en la cantidad, calidad y condiciones pactadas, constatando que los artículos a ingresar y su cantidad coincidan con las órdenes de compra emitidas por la Empresa.

La conformidad de la recepción de materiales, produce un documento llamado Nota de Ingreso, en el cual debe registrarse la siguiente información:

- Fecha de ingreso de los materiales
- Descripción y codificación de los materiales ingresados.
- Cantidad de materiales a ser ingresados
- Orden de compra según la que se adquieren
- Guía de Remisión del proveedor
- Nombre del responsable de recepción.

**Almacenamiento:** La función principal de almacenamiento es la de evitar la interrupción del flujo logístico, funcionando de esta forma como un “amortiguador” que facilita la continuidad de los procesos productivos e impide el

desabastecimiento de materiales en los procesos siguientes de la cadena logística. El almacenamiento debe tener un diseño y controles adecuados para reducir los costos relacionados con esta actividad, así como evitar al máximo posible los deterioros y los desperdicios.

Un control muy eficaz para el almacenamiento consiste en la elaboración de la ficha de kardex, la cual registra la información relacionada con los datos de los movimientos logísticos realizados por cada material, de manera que el almacenero tenga información actualizada de los ingresos y salidas que se hayan registrado por cada material.

**Despacho:** La función de despacho consiste en la entrega de los materiales a los usuarios finales o al transportista que hará efectivo el traslado desde el almacén hasta el punto donde el material será usado.

Para que se produzca un despacho, el usuario debe entregar un documento llamado pedido de reposición, mediante el cual se efectúa una orden al almacén para disponer de materiales listos para la toma de material en una fecha posterior y con un propósito determinado. Esto simplifica y acelera el proceso de entrada de materiales.



Figura 1.3 Esquema de Gestión de Almacenes

#### Control físico de Inventarios:

- **Inventario al 100%:** Todos los inventarios se deben contabilizar como mínimo una vez al año. Este procedimiento puede llevar a errores de conteo e identificación, además de significar un gran esfuerzo. Hay una alta probabilidad de no brindar soluciones continuas a los problemas ni aportar mejoras en la exactitud del inventario.

- **Inventario cíclico:** El inventario se cuenta a intervalos regulares durante el ejercicio. Estos conteos se comparan con los registros de inventario y las discrepancias son analizadas para determinar las causas de los errores e impedir que se repitan. Este método tiene muchas ventajas sobre el anterior, tales como el uso eficiente del personal capacitado, la detección y corrección de los errores con regularidad, la minimización de las pérdidas de tiempo de operación, mayor exactitud de inventario, mayores posibilidades de reducción de los niveles de inventario y un mejor servicio al cliente.

- **Inventario por muestreo:** Se selecciona aleatoriamente un grupo de artículos del inventario para ser inventariados en una fecha definida. Si las desviaciones entre el resultado del recuento y el inventario registrado son suficientemente pequeñas, se supone que los registros para el resto de artículos son correctos. Se utiliza como una variación del inventario al 100% cuando se tiene una gran cantidad de artículos distintos en existencia y la verificación para el total de materiales se tornaría muy costosa.

- **Catalogación de materiales:** En general las empresas presentan la problemática de contar con una gran diversidad de materiales en sus almacenes. Uno de los procesos más importantes utilizados para combatir esta problemática es la catalogación de materiales. El proceso de catalogación de materiales consta de 4 etapas:

- Normalización: Establecer normas y pautas de comparación de los materiales.
- Identificación: Precisar las características básicas y particulares del artículo.
- Clasificación: Ordenamiento sistemático en clases y subclases.
- Codificación: Asignar códigos alfanuméricos para distinguir al artículo.

Entre las ventajas de la catalogación de materiales, se encuentran las siguientes:

- Simplifica los inventarios, al reducir la cantidad y variedad de artículos
- Disminuye imprevisiones y errores al identificar exactamente a los materiales
- Emplea mejor el espacio disponible
- Elimina la obsolescencia, mejora el índice de rotación de inventarios y el control de los materiales de importancia
- Simplifica la contabilización
- Mejora el control

- Disminuye el tiempo de permanencia de los artículos en recepción
- Reduce la posibilidad de mezclar materiales y almacenar por separado artículos similares con denominaciones diferentes.

## 1.3 TEORÍA DE LAS RESTRICCIONES

### 1.3.1 Conceptos Generales

La Teoría de las Restricciones (Theory of Constraints - TOC) es una filosofía de administración de sistemas que permite encontrar soluciones enfocadas en función de puntos críticos con el objetivo de alcanzar una meta mediante un proceso de mejora continua. TOC brinda una metodología para que en un sistema se desarrolle una solución congruente sobre la base de relaciones causales y efectos deseables, restringidos por elementos perturbadores que impiden que el sistema se acerque a su meta. Estos elementos perturbadores o restricciones son de dos clases:

- **Restricciones Físicas:** Entes tangibles como el mercado, la capacidad de un elemento dentro de un proceso productivo, la disponibilidad de recursos, etc.
- **Restricciones de Política (Normativas):** Limitaciones que son consecuencia de disposiciones o procesos propios de la organización.

Para una restricción física, es necesario aplicar el esquema de 5 pasos:

- 1° Identificar la restricción del sistema total
- 2° Explotar la restricción
- 3° Subordinar el sistema a la restricción
- 4° Elevar la restricción
- 5° Verificar si se genera una nueva restricción.

Para las restricciones políticas es necesario aplicar un esquema metodológico conocido como **proceso de pensamiento**, ya que estas restricciones no se originan por la falta de capacidad del sistema, sino por políticas o normativas erradas. Los procesos de pensamiento son esquemas que dan respuesta a las siguientes preguntas:

- (1) ¿Qué cambiar?: Análisis
- (2) ¿Hacia qué cambiar?: Estrategia
- (3) ¿Cómo lograr el cambio?: Táctica

El análisis (1), está orientado a descubrir el **problema raíz**, que se define como la causa de la mayoría de efectos indeseables observados en el sistema. Este



problema raíz se origina debido a conflictos que no han sido resueltos. Para identificar y resolver estos conflictos se utiliza un diagrama lógico conocido como "Nube de Evaporación de Conflictos". A partir de ésta, se genera una estrategia de solución, la cual debe ser revisada hasta llegar a obtener una solución satisfactoria, con la cual se resuelve el paso (2). Esta solución finalmente se plasma en la definición de los obstáculos para la implementación de la solución y un plan de acción detallado, resolviendo de esta forma el punto (3) para proceder con la implementación de la solución. Los diagramas de pensamiento que serán utilizados en este trabajo son:

**Árbol de realidad actual:** Diagrama que permite determinar el problema raíz del sistema en estudio conectando los efectos indeseables principales mediante relaciones de causa - efecto.

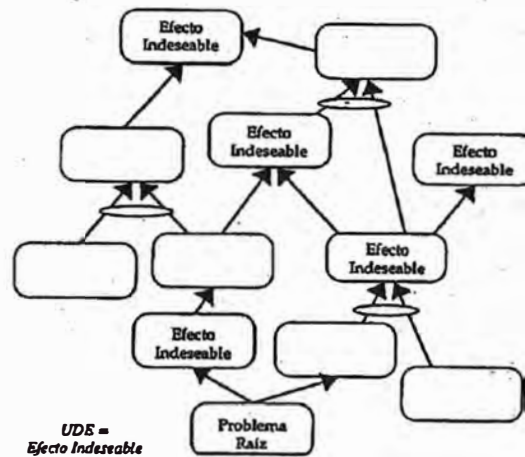


Figura 1.4 Diagrama del Árbol de Realidad Actual

**Nube de evaporación de conflictos:** Permite descubrir la búsqueda de una idea capaz de resolver el conflicto (definida como inyección) a través de la confrontación de los supuestos implícitos que originan el conflicto.

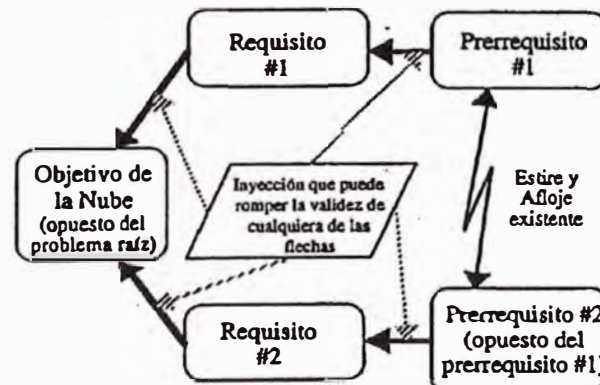


Figura 1.5 Diagrama de Nube de Evaporación de conflictos

**Árbol de realidad futura:** Una vez obtenida la inyección que resuelve el conflicto, el árbol de realidad futura permite, utilizando como base la inyección, llegar a construir una solución que nos lleve a efectos deseables. Esta solución debe ser revisada, detectando y removiendo las ramas negativas del árbol de realidad futura, reemplazando éstas por nuevas inyecciones, hasta asegurarnos que la solución obtenida no lleva hacia nuevos efectos indeseables.

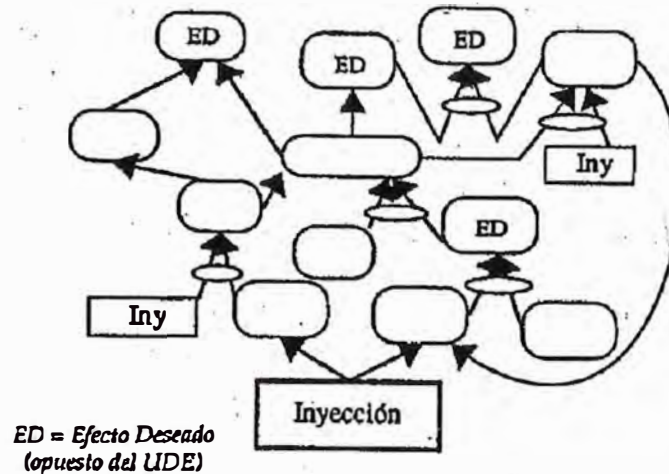


Figura 1.6 Diagrama del Árbol de Realidad Futura

**Árbol de prerequisites:** La solución obtenida con el árbol de realidad futura, es dividida en un conjunto de objetivos intermedios relacionados, señalando los obstáculos que pueden presentarse y encontrando acciones que permitan lograr objetivos intermedios a fin de sobreponerse a estos.

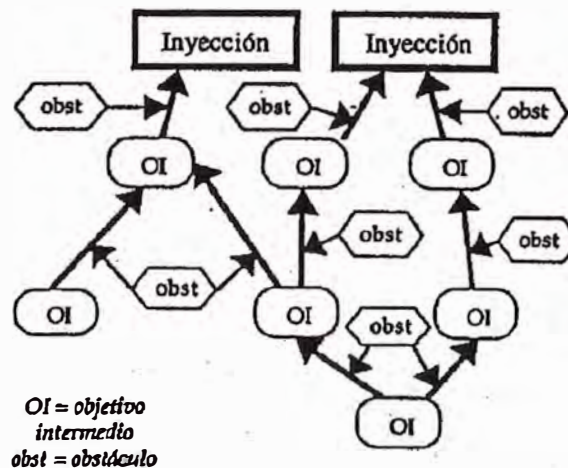


Figura 1.7 Diagrama del Árbol de Prerequisites

**Árbol de transición:** Finalmente, el árbol de transición nos lleva a la construcción de un plan detallado, el cual se basa en las acciones obtenidas

para enfrentar los obstáculos intermedios señalados en el árbol de prerequisites.

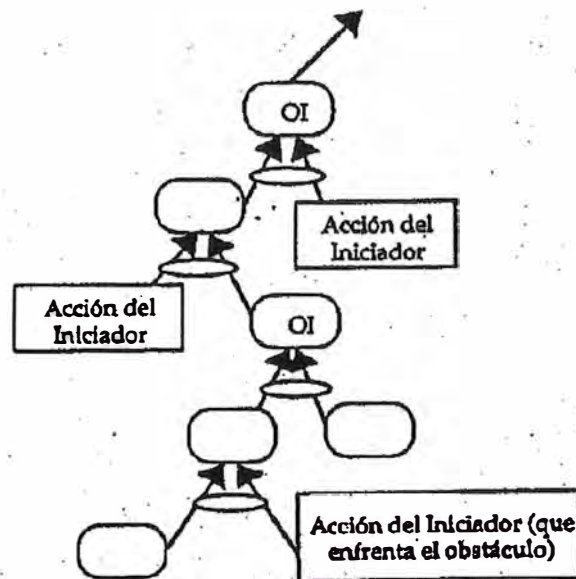


Figura 1.8 Diagrama del Árbol de Transición

**Indicadores TOC:** La meta de una organización, debe ser definida por sus propietarios. En el caso de una organización creada con fines de lucro ésta es "ganar dinero ahora y en el futuro". Cada acción que se toma en una organización debe ser juzgada de acuerdo a su capacidad de acercar o no el sistema a la meta definida por sus propietarios. En el caso de una organización con fines de lucro, para determinar si un sistema se acerca a la meta planteada, se propone las siguientes medidas financieras:

- Beneficio neto: Cantidad de dinero que resulta de restar los egresos de los ingresos a la empresa.
- Retorno sobre la inversión (ROI): Relación entre el dinero ganado y el dinero invertido.
- Liquidez: Flujo de dinero en efectivo que ingresa al sistema. Esta medida es una condición necesaria para que la empresa pueda funcionar.

Estas medidas financieras no son suficientes para juzgar el impacto de cada acción específica que debe ser tomada a los distintos niveles operativos de una Empresa. Es necesario buscar una conexión (puente) entre las acciones específicas (nivel operativo) y los resultados globales (aspecto financiero). Tradicionalmente, el puente está basado en el concepto de "costo" y, por tanto, han sido elaborados diversos procedimientos de acuerdo con este criterio para



determinar las acciones que deben ser tomadas a un nivel operativo (por ejm. la obtención de lotes óptimos de compra, el concepto del margen de un producto, etc.). Se proponen las siguientes medidas para mejorar la productividad:

- Throughput (T): Velocidad con la que el sistema se acerca a la meta.
- Inventario (I): Recursos invertidos en el sistema para producir el throughput.
- Gasto de operación (GO): Recursos que el sistema debe gastar para producir throughput.

### 1.3.2 Aplicación de la Teoría de las Restricciones a la Logística

El inventario tiene un impacto muy importante en las medidas financieras, tanto de forma directa como indirecta. Los inventarios impactan además sobre el Throughput y los Gastos de Operación. Estos últimos descienden cuando los inventarios se reducen (reducción de costos financieros, costos de almacenamiento, rechazos, obsolescencia, manipulación y recuperación) lográndose beneficios intangibles a través de los factores de competitividad mostrados en el Cuadro 1.1:

	<b>Factores de Productividad</b>
<b>Producto</b>	1. Calidad
	2. Ingeniería de diseño
<b>Precio</b>	3. Márgenes más altos
	4. Inversión por unidad
<b>Respuesta al cliente</b>	5. Nivel de Cumplimiento
	6. Plazos de entrega

Cuadro 1.1: Factores de competitividad

- **En la calidad:** El control de calidad debe comprobar el proceso, no el producto. Al localizar un punto débil tenemos la oportunidad de corregirlo para siempre. En un entorno de alto inventario, es difícil determinar las causas de un defecto debido al lapso transcurrido entre el momento de la producción del defecto y la identificación del mismo. En un entorno de bajo inventario, el defecto puede ser detectado mientras el proceso se está realizando, minimizando así su impacto.

- **En el diseño de producto:** El propósito es mejorar el producto. En un entorno de alto inventario, las mejoras estarán disponibles después de varios meses haciéndose difícil introducir mejoras con rapidez. En un entorno de bajo inventario, sólo una pequeña parte del producto ha sido procesada, siendo de esta forma más sencillo obtener mejoras de forma rápida.

- **En los márgenes:** En un entorno de alto inventario los ciclos de producción son más largos, haciendo más probable la aparición de imprevistos que ocasionan mayor cantidad de reprocesos, tiempos extra y gastos adicionales. En un entorno de inventario bajo los ciclos de producción se acortan, disminuyendo la posibilidad de aparición y el impacto de los imprevistos, evitándose la generación de gastos adicionales e incrementándose los márgenes de ganancia del sistema en general.
- **En la inversión en capacidad:** En un entorno de alto inventario las últimas operaciones suelen estar sometidas a picos de carga (es el peor momento). El exceso de capacidad hace aumentar la inversión por unidad de producto, además de la inversión inherente en inventario (2/3 de la inversión total) forzando a la Empresa a invertir en más maquinarias. En un entorno de bajo inventario, la carga sobre las últimas operaciones se distribuye más uniformemente, haciendo que el rendimiento de la inversión sea mucho más alto.
- **En los niveles de cumplimiento de plazos de entrega:** Aparentemente las causas del incumplimiento en los plazos de entrega son externas (Proveedores poco fiables, modificaciones de los pedidos por parte de los clientes). Sin embargo, hay que tener en cuenta el hecho de que los pronósticos de la demanda son fiables por un tiempo; más allá del cual la fiabilidad se reduce drásticamente. En un entorno de alto inventario el ciclo de producción es más largo que el horizonte de pronóstico fiable, mientras que cuando se opera con bajo inventario la producción se inicia sobre la base de datos más precisos (Pedidos en firme o pronósticos válidos) con lo que el cumplimiento mejora visiblemente a pesar de la influencia de las causas externas.
- **En los plazos de entrega:** Los ciclos de producción son proporcionales al inventario en curso al igual que el inventario de productos terminados. La reducción en el inventario de productos en proceso no produce reducción del inventario de productos terminados por sí sola, pero los niveles de productos terminados se ajustan con el nuevo nivel de inventario en curso.

### Sistema Tambor – Amortiguador - Cuerda

Para una administración adecuada de la producción en una planta, se propone la creación de un sistema denominado DBR (tambor – amortiguador – cuerda, por sus siglas en inglés). Este sistema se concentra en los recursos denominados “recursos con capacidad limitada” (CCR, por sus siglas en inglés), los cuales determinan el ritmo de producción de toda la empresa, por lo que estos recursos se constituyen en una especie de “tambor”. Es necesario además establecer un “amortiguador” de inventario delante de cada CCR, evitando de esta forma que se paralice durante un lapso prefijado (buffer de tiempo), de manera que las Finalmente, para asegurar que el inventario no crecerá más allá del nivel determinado por el buffer de tiempo, se limita la entrada de material a la planta mediante un control que se asemeja a una “cuerda” tendida entre la primera operación y el CCR, para que estas operaciones con capacidad limitada determinen el ritmo de entrada de material en la primera operación.

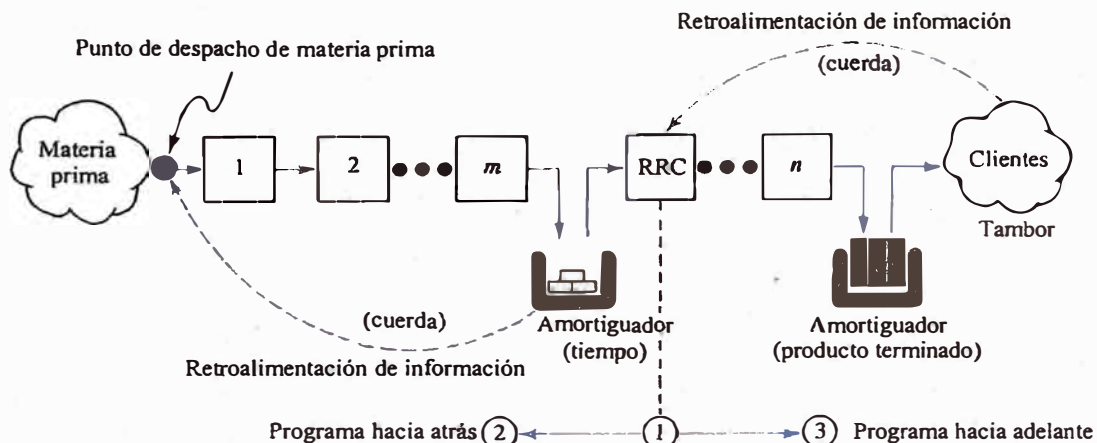


Figura 1.9 Esquema del Sistema DBR (Tambor-Amortiguador-Cuerda)

### Creación de un programa de producción basado en el Sistema DBR

Las principales limitaciones de una empresa son la demanda del mercado y la capacidad de los CCR, por lo tanto el primer paso consiste en establecer el programa del CCR teniendo en cuenta su capacidad y la demanda que tiene que cubrir. Las operaciones subsiguientes son subordinadas a este programa. Para ejecutar las operaciones anteriores y proteger al CCR de las incertidumbres de las mismas se limita el buffer a un intervalo de tiempo específico, se define qué hacer en la primera operación y cuándo empezar a hacerlo de manera que el inventario de protección sea el suficiente para mantener al CCR protegido durante el buffer de tiempo determinado. De esta forma la incertidumbre

producida por operaciones precedentes que se resuelven dentro del plazo del buffer no afectará a las ventas.

Al establecer un amortiguador de inventarios semejante al propuesto por el sistema DBR lo primero que se debe tener en cuenta es la identificación de los CCR como una limitación y debe manifestarse en todos los aspectos. El paso siguiente consiste en “programar el tambor”. Es decir, asegurar que el CCR no está programado para producir más de su capacidad ni para desaprovecharla.

El procedimiento DBR es un soporte adecuado para implantar mejoras continuas y localizadas, ya que la gestión adecuada de los amortiguadores de inventario permite identificar las mejoras necesarias para continuar con el proceso. De esta forma, los amortiguadores o buffers de inventario pueden ser utilizados para localizar y cuantificar la importancia de las perturbaciones en una planta y a partir de estas acciones, establecer un proceso de mejora continua.

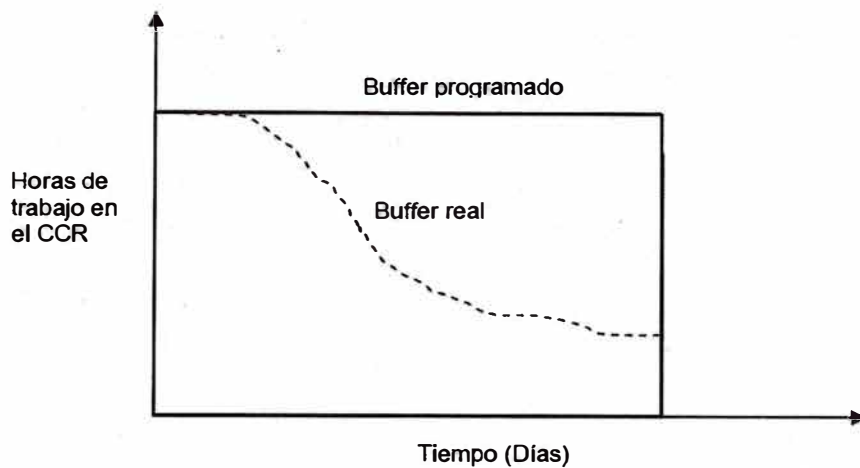
### **Programación del buffer**

La programación del buffer consiste en un planeamiento dinámico que debe ser realizado cada cierto tiempo. La secuencia se establece de acuerdo a las fechas de entrega establecidas. El buffer es predeterminado, pero su contenido cambia continuamente.

### **Relación entre el buffer real y el buffer programado**

Un objetivo del buffer es proteger las ventas y el cumplimiento de las entregas de las perturbaciones, de modo que debemos esperar que el contenido del buffer sea más pequeño que el previsto. Si el buffer permanece siempre lleno, esto significa que las incertidumbres no son tan relevantes como para afectar el flujo de materiales y, por consiguiente, este inventario puede ser eliminado sin problemas.

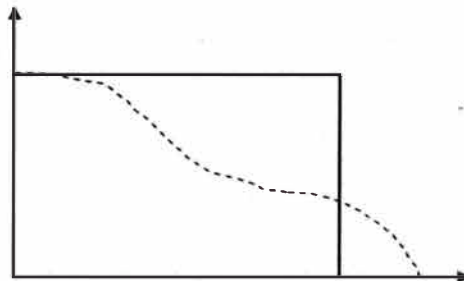
Es necesario mantener una relación entre el buffer real y el buffer programado semejante a la mostrada en la Figura 1.10, debido a que el primer material consumido por el CCR debe estar siempre presente en su totalidad, mientras que, por el contrario, es de esperarse que la mayor parte del material de la última fracción del buffer no haya llegado todavía al CCR.



**Figura 1.10 Relación correcta entre el buffer real y el buffer programado**

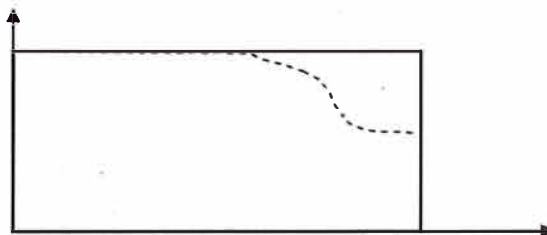
Si la forma del buffer presenta diferencias con el mostrado en la Figura 1.10, puede darse uno de los siguientes casos:

- Caso 1: Es la situación mostrada en la Figura 1.11. En este caso, se está procesando material antes de lo necesario. El material se está introduciendo prematuramente en la primera operación. En este caso, las primeras operaciones están produciendo por encima de lo planteado por la metodología del DBR (están produciendo por encima del valor de la “cuerda”).



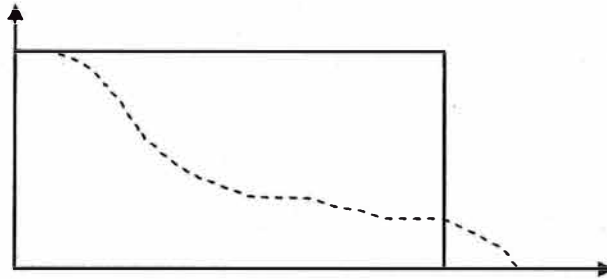
**Figura 1.11 Relación entre el buffer real y el buffer programado, cuando las primeras operaciones están produciendo por encima del nivel de la “cuerda”**

- Caso 2: Cuando el buffer planificado es demasiado grande, como se puede observar en la Figura 1.12. En este caso, debe reducirse el tamaño del amortiguador de inventario.



**Figura 1.12. Relación entre el buffer real y el buffer programado, cuando se ha planificado un buffer muy grande**

- Caso 3: Semejante al mostrado en la Figura 1.13. El buffer muy pequeño y se corre el riesgo de no alimentar adecuadamente al CCR.



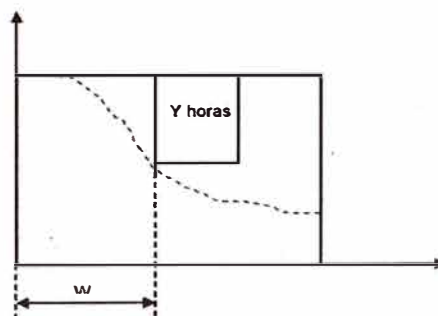
**Figura 1.13. Relación entre el buffer real y el buffer programado, cuando se ha planificado un buffer muy pequeño**

Además del análisis necesario para determinar la proporción adecuada del buffer de inventario, también deben tomarse acciones para eliminar vacíos o agujeros en el buffer, de manera que pueda reducirse el tamaño de éstos.

La comparación entre los buffers reales y los programados revela qué material debe estar allí y no está. Los huecos en el buffer se deben a las perturbaciones en el flujo de materiales producidas por proveedores u operaciones precedentes, tal como puede observarse en la Figura 1.14, que representa un agujero de "Y" horas de inventario del material A programado para ser procesado por el CCR dentro de "W" horas de trabajo que no ha llegado al buffer. Esta información permite cuantificar la perturbación.

Este material pedido requerirá "Y" horas de capacidad del CCR. En este caso se sabe que de acuerdo con el programa del CCR, este material debe ser procesado en "W" minutos desde ahora y se conoce el tamaño del agujero en el buffer (impacto en el CCR).

A partir de la localización del material, puede obtenerse un procedimiento para buscar la importancia de cada perturbación y compararla con otras que pueden producir huecos en los buffers.



**Figura 1.14. Agujero de Y horas de inventario de un material programado para su proceso en el CCR dentro de W horas.**



Se necesitan 3 parámetros:

1. "Y": Número de horas que el CCR debe usar para procesar sus piezas (expresada en dinero de ventas).
2. "W": Tiempo de protección hasta que el CCR sea impactado.
3. "P": Tiempo hasta que las piezas lleguen al CCR.

Con esta información puede calcularse el factor de perturbación para cada agujero del buffer y asignarlo a la perturbación. A mayor valor de este factor, mayor necesidad de eliminar el origen de la perturbación. Las mejoras más deseables producirán los beneficios más grandes.

### **Indicadores para la Gestión de Inventarios**

Los indicadores de inventarios utilizados por la Teoría de las Restricciones están expresados en unidades que involucran dinero, debido a que la meta de una compañía con fines de lucro es "ganar dinero". Por esta razón, sólo tiene sentido que los indicadores que permiten medir el progreso de una parte de la Empresa sean expresados en las mismas unidades que la meta (el dinero). Los siguientes indicadores pueden considerarse adecuados para la gestión de inventarios:

#### **Unidad Monetaria - Días de Inventario (IDD)**

Es una medida de la efectividad de una cadena de abastecimiento basada en dos consideraciones:

- El tiempo que una unidad permanece en el inventario hasta que es utilizada para producir Throughput.
- El valor del inventario que se mantiene.

El IDD es calculado multiplicando el valor monetario de cada unidad existente en el inventario por el número de días desde que el inventario ha entrado en la responsabilidad del departamento. El sistema debe apuntar hacia el mínimo IDD necesario para mantener cero días de Unidad Monetaria - Días de Throughput (TDD). Debe tenerse en cuenta que la unidad resultante es "unidades monetarias - día". Es incorrecto comparar las unidades monetarias – día con otros indicadores monetarios. Un nivel de IDD sólo puede ser comparado con otros niveles de IDD.

### **Unidad Monetaria - Días de Throughput (TDD)**

Es una medida de la confiabilidad de una cadena de abastecimiento. El TDD considera dos cuestiones:

- El valor monetario de las unidades que un departamento de la Empresa debe entregar y no lo hace.
- El número de días que el departamento pierde cuando no entrega un material necesario.

TDD es la suma de los trabajos no cumplidos durante el período elegido. El valor de TDD de trabajos individuales no cumplidos es calculado multiplicando el valor monetario del producto final por el número de días de retraso del trabajo. El sistema debe intentar que el TDD tienda a cero. De forma semejante al caso anterior la unidad de medida "unidades monetarias-día" no es monetaria ni basada en el tiempo. Es inválido comparar las "unidades monetarias-día" con otras medidas monetarias. Un nivel de TDD sólo puede ser comparado con otros niveles de TDD.

### **1.4 METODOLOGÍA A EMPLEAR**

El diseño de un sistema logístico de abastecimiento sobre la base de TOC consta de tres partes; análisis de los subsistemas iniciales, diagnóstico de la situación global y la solución, que consiste en el desarrollo de un sistema logístico. Las tres partes del diseño del sistema serán realizadas de la siguiente manera:

**Análisis:** El análisis de cada subsistema de abastecimiento, será realizado utilizando los conocimientos teóricos acerca de la Gestión Logística que fueron estudiados en las secciones 1.1 y 1.2, además de los conceptos de planeamiento de inventarios. En esta etapa se revisarán las actividades que componen cada una de las funciones dentro de la Logística de Abastecimiento (Gestión de Compras, Gestión de Almacenes, Planeamiento de inventarios), obteniendo una descripción de la problemática de cada función según los aspectos de estudio presentados en la teoría y, en la medida de lo posible, la obtención de indicadores. El resultado del análisis de cada función, permitirá la identificación de los efectos indeseables (EIDES) que serán utilizados en la etapa de diagnóstico para determinar la problemática global de la Gestión Logística del Abastecimiento.



**Diagnóstico:** El diagnóstico de la situación global que será realizado en este trabajo, consiste en encontrar una relación entre los problemas y características desfavorables (efectos indeseables: EIDES) que presenta la logística de abastecimiento haciendo posible identificar claramente el problema raíz de la problemática actual que impide a la logística de abastecimiento de la Empresa, llegar a la meta planteada de abastecer los materiales necesarios en la cantidad y el momento adecuados.

La identificación del problema raíz será realizada utilizando un **Árbol De Realidad Actual (ARA)**, el cual permitirá diagramar las relaciones de causa y efecto que conectan a los problemas encontrados (EIDES) durante la etapa de análisis.

**Primer paso:** Identificación de los efectos indeseables (EIDES) encontrados en la etapa de análisis de las actividades de la logística de abastecimiento.

En este primer paso, no es necesario contar con todos los efectos indeseables que presenta la situación inicial, siendo suficiente iniciar el proceso con una lista de 15 a 25 EIDES.

**Segundo paso:** Una vez definidos los EIDES, debe iniciarse la búsqueda de una relación de causa – efecto entre éstos. Este proceso se inicia con la conexión de dos EIDES a los cuales se le va agregando el resto de la lista utilizando relaciones de tipo “*si..., entonces...*”. Es recomendable verbalizar la conexión entre las entidades para comprobar la coherencia de la relación de causalidad entre ellas.

**Tercer paso:** Una vez conectados todos los EIDES, es necesario analizar una a una todas las relaciones encontradas. En donde sea necesario, se debe clarificar las relaciones encontradas insertando entidades intermedias o efectuando correcciones.

**Cuarto paso:** Examinar las entidades de inicio del árbol. El problema raíz es la entidad que contribuye con la existencia de la mayor cantidad de EIDES.

**Elaboración de la solución:** La elaboración del Árbol de Realidad Actual permite encontrar el problema raíz de la situación inicial del abastecimiento de materiales y la forma en que se deriva la problemática estudiada en la etapa de análisis de los subsistemas que conforman las funciones de logística de

abastecimiento. La obtención de la solución a la problemática en estudio se logrará de acuerdo a las siguientes fases:

- **Obtención de una solución inicial:** Se realizará identificando el conflicto que impide al sistema el logro de la meta planteada. El Árbol de Realidad Actual hará posible visualizar el conflicto que subyace en la situación inicial.

Para resolver el conflicto planteado, se considerará como objetivo el opuesto al problema raíz determinado en el árbol de realidad actual graficándose, por consiguiente, la **nube de evaporación del conflicto**, mediante la cual serán identificados los requisitos que son necesarios para el logro del objetivo y los supuestos que se encuentran detrás de cada una de las conexiones entre las entidades observadas. Es necesario encontrar ideas que rompan uno de los supuestos, es decir, inyecciones que logren que el supuesto ya no sea válido.

- **Construcción de la Solución:** Las inyecciones o ideas iniciales se constituyen en las raíces a partir de las cuales se construye la solución a la problemática planteada, utilizando un **árbol de realidad futura (ARF)**.

La construcción del árbol de realidad futura consta de los siguientes pasos:

**Primer paso:** Encontrar los efectos deseables (EDES) que permitan la construcción del árbol.

**Segundo paso:** Partiendo de las inyecciones iniciales, se obtiene el árbol de realidad futura preliminar. Corresponde a la solución inicial planteada utilizando las inyecciones encontradas en la etapa de evaporación del conflicto, a partir de las cuales, utilizando relaciones de causa – efecto son conectadas con los efectos deseados que han sido determinados en el primer paso.

**Tercer paso:** Una vez determinado el árbol de realidad futura inicial, se revisa su conformación y se identifica las ramas que podrían hacer que la solución planteada conduzca al sistema a nuevos efectos indeseables. Estas entidades se conocen como ramas negativas.

**Cuarto Paso:** Una vez identificadas las ramas negativas, es necesario removerlas mediante la inclusión de inyecciones que puedan cambiar la orientación de las mismas.

**Quinto Paso:** Finalmente, el árbol de realidad futura contiene la estructura definitiva de la solución, considerando todas las inyecciones necesarias para

evitar la generación de nuevos efectos indeseables identificados en los pasos anteriores.

El resultado obtenido en la forma final del **árbol de realidad futura**, es un mapa que indica cómo alcanzar los efectos deseables planteados a partir de las inyecciones iniciales brindadas por el proceso de evaporación de conflictos.

**Determinación de objetivos intermedios:** La solución encontrada utilizando el árbol de realidad futura tiene la forma de un camino largo, el cual necesita tener marcadores intermedios que le permitan establecer una secuencia de acción. Un análisis detallado de las entidades mostradas en el árbol de realidad futura permite identificar cuáles son las posibles ramas negativas que podían implicar que la solución propuesta ocasione nuevos efectos indeseables y cómo “podar” estas ramas utilizando inyecciones adicionales. La implementación de cada una de estas inyecciones debe ser desglosada en una secuencia de pasos intermedios, los cuales deben superar los obstáculos que se presentan en la implementación. Estos pasos se conocen como objetivos intermedios, los cuales son ordenados en forma cronológica de acuerdo a la secuencia en que hagan posible superar estos obstáculos. La herramienta que permite este esquema de solución es el **árbol de prerequisites**.

**Construcción de un plan detallado de acción:** Una vez planeada la solución y delimitados los objetivos intermedios, es necesario definir las acciones que llevarán al sistema hacia la solución, examinando cuidadosamente la efectividad de las mismas. La herramienta de pensamiento que será utilizada en la construcción de un plan de acción es el árbol de transición, que permite una mejor visualización de la estructura lógica de la herramienta, además de facilitar la elaboración del diagrama.

Tras la elaboración del proceso de pensamiento seguido, es necesario llevar la solución encontrada, del “lenguaje de las restricciones” a un lenguaje “formal”, plasmando la aplicación en los procedimientos, herramientas e indicadores que deben ser seguidos para convertir a la Gestión Logística de Abastecimiento en una fuente de generación de valor para la Empresa.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍAS O PROCEDIMIENTOS EXISTENTES**

### **2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES LOGÍSTICAS**

FEGASA es una empresa que trata de posicionarse en el ámbito de las armaduras de acero para concreto estructural. Su actividad consiste en la elaboración de ingeniería, suministro, habilitación (corte y dobléz), armado y montaje de armaduras de acero para concreto estructural.

El inventario objeto de estudio está compuesto básicamente por varillas de acero corrugado para refuerzo de estructuras de concreto, además de alambre negro recocado, y otros afines. Se trata de materiales muy importantes, por su valor estratégico y lo dificultoso de tenerlo en obra a la brevedad requerida por los clientes.

Su organización funcional está aún en proceso de adaptación al mercado, lo cual le impide optimizar procesos de producción. Describiremos en el presente informe el estudio de caso de esta compañía buscando solución a sus limitaciones en el aspecto de la procura.

#### **2.1.1 Gestión de Compras**

FEGASA se encarga de gestionar la compra de los materiales para las armaduras de acero, las cuales se ejecutan en su mayoría para empresas constructoras y mineras que cuentan con certificación de calidad.

El proveedor se selecciona de acuerdo a la magnitud del proyecto a realizar. El análisis que se realiza para el ciclo del proveedor consiste en los siguientes elementos:

##### **a) Búsqueda de posibles proveedores**

La búsqueda de proveedores es precedida de un análisis por parte del área de Ingeniería de la empresa quienes determinan la más adecuada a las necesidades del proyecto.

##### **b) Selección de proveedores**

De acuerdo al resultado del análisis mencionado, se elige al proveedor que presenta la propuesta más acorde con las necesidades comerciales de la Empresa desde los puntos de vista técnico y económico. La Gerencia de Compras se encarga de la definición de plazos de entrega, de la negociación del

precio y de la determinación de las características que debe cumplir el Servicio Post Venta.

#### **c) Registro de proveedores**

Los proveedores son registrados por el Área de Compras de la empresa. Estos registros contienen la información relevante de cada proveedor y los resultados de la evaluación periódica a los proveedores que es realizada a plazos regulares (trimestralmente).

#### **d) Evaluación de proveedores**

La evaluación de proveedores se basa en la definición de factores críticos realizada por el área de Producción. En el caso de los proveedores de varillas de acero para las armaduras, se tiene un proveedor principal (AASA) acompañado de proveedores minoritarios como son ferreterías y depósitos de materiales de construcción.

#### **e) Desarrollo de proveedores**

FEGASA no realiza esfuerzos por desarrollar a los proveedores. Las condiciones de la venta de materiales, así como las características del servicio post venta están determinadas por la operación regular de las empresas proveedoras de estos materiales.

#### **f) Certificación de proveedores**

Al ser adquiridas, las varillas de acero no pasan por un proceso de control de calidad, FEGASA no posee el instrumental necesario para hacer esta clase de pruebas. El proveedor envía los materiales con un Certificado de Calidad y sólo son devueltos si es que presentan fallas al momento del doblado. Las varillas son enviadas en paquetes por el proveedor.

#### **g) Negociación de Condiciones de Compra**

La Gerencia de Compras se encarga también de la negociación de las condiciones de adquisición. Éstas más que nada están relacionadas con los aspectos económicos.

#### **h) Emisión de Contratos y Documentos de Compras**

La emisión de documentos de compra (Órdenes de Compra) para los materiales es realizada directamente por la Gerencia de Compras.

El proceso de compras de materiales está plasmado en la Figura 2.1.

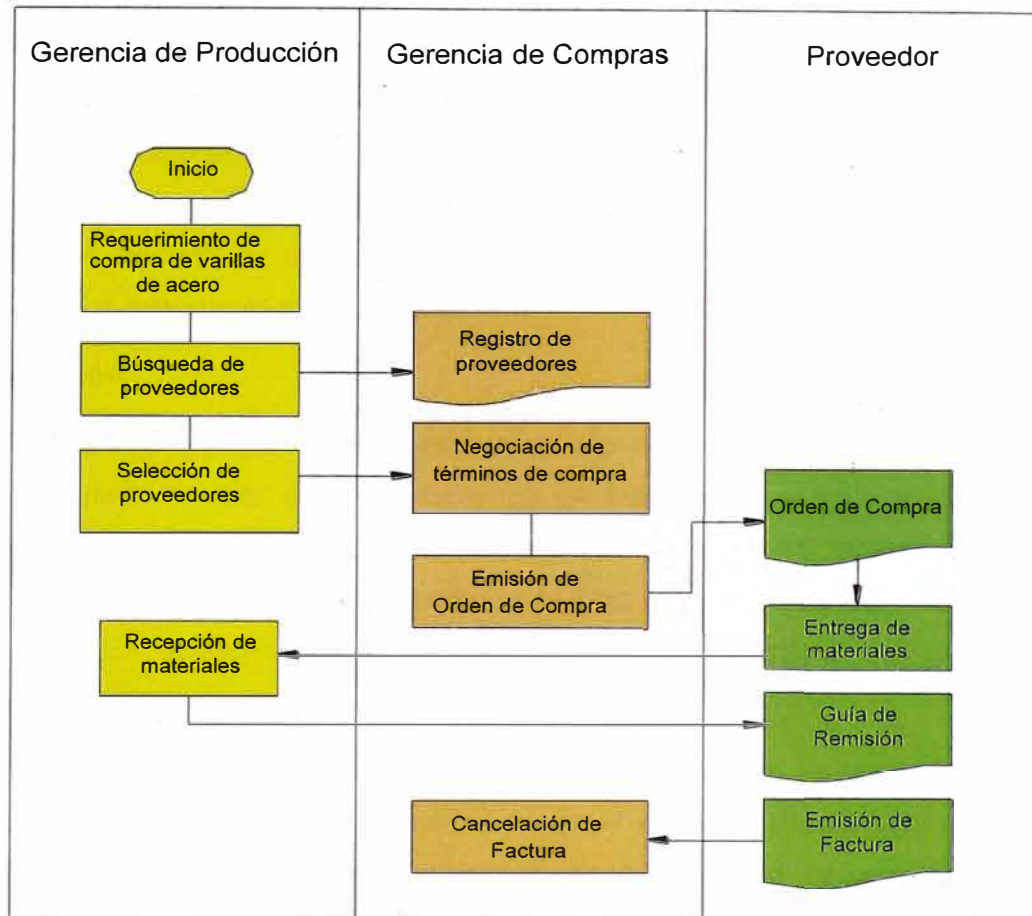


Figura 2.1 Proceso de Gestión de compras de materiales de FEGASA

## 2.1.2 Gestión de Almacenes

### Proceso actual

Para el abastecimiento de materiales, FEGASA cuenta con un almacén central muy cerca a donde se encuentra el taller central. Cuenta además con dos talleres adicionales, cercanos a los proyectos más grandes que viene ejecutando en la actualidad. Cada taller tiene un área de almacenamiento supervisado por un encargado que reporta directamente al almacén central. Estos almacenes no cuentan con personal especializado en tareas de control del inventario, limitándose su labor al registro de ingresos de materiales y al archivo de las guías de remisión. El control de los materiales de estos almacenes lo realiza un técnico encargado del inventario, en hojas de cálculo desde las oficinas de la empresa.



La presencia de estas pequeñas sucursales de almacén dentro de los talleres tiene como ventaja la disponibilidad inmediata del material para la línea de producción. Sin embargo la desventaja, es que la grúa torre instalada para realizar labores de izaje de los paquetes de varillas, tanto de descarga de los camiones, como el carguío de piezas habilitadas que deben ser enviadas a obra, interrumpe constantemente la línea de producción, pues la carga suspendida pasa por encima de las oficinas o de las máquinas del taller, obligando al personal a evacuar el radio de influencia.

### **Recepción**

El proceso de recepción de material adquirido mediante Órdenes de Compra se realiza generalmente en los almacenes de los talleres y en ocasiones en el mismo almacén central. El material llega con documentos de compra, tales como la Guía de Remisión del Proveedor y la lista de empaque de la entrega de material. En el archivo de control de inventario se registra el ingreso de la cantidad correspondiente.

La recepción la realiza directamente el técnico encargado de los inventarios. Si la persona que realiza esta actividad no es el encargado de inventario, tendrá que comunicar el ingreso del material mediante un email, llamada telefónica o incluso una comunicación verbal.

### **Características del Almacenamiento**

Las condiciones de almacenamiento en las que se encuentran los materiales están dentro de los rangos permisibles del mantenimiento de los mismos. Todos los paquetes de varillas de acero se disponen sobre tablonces de madera para evitar la corrosión al contacto con el suelo, además son cubiertas con mantas de plástico, para protegerlo de la exposición a la intemperie. Las puntas son protegidas con capuchones o aisladas de las zonas de tránsito de personal con tablas y/o mallas de seguridad.

### **Despacho de Materiales**

En general, el despacho de materiales lo realiza el mismo encargado del taller de producción. A la llegada de los camiones se registra su ingreso en la vigilancia y se procede al carguío del material habilitado que será enviado a obra. Por lo general se trata de enviar paquetes de elementos estructurales completos

(cimentaciones, vigas, muros, columnas, etc.) para no tener problemas de armado en campo. Cada paquete sale con su respectiva etiqueta, donde se indica claramente el código de la pieza y el nombre de la estructura a la que pertenece.

### **Control del Inventario**

Esta actividad se realiza mediante la toma de inventarios físicos mensuales tanto en el almacén principal, como en las sucursales. Esta toma de inventario es dirigida por el técnico responsable del control de las existencias, comparando el inventario encontrado físicamente con las cantidades registradas en el archivo de control. Esta toma de inventarios sirve para actualizar los archivos de control y puede ocupar una jornada completa de trabajo del personal de producción.

### **Metodología de codificación de Materiales**

Para cada pieza fabricada se utiliza una codificación simple, la cual se especifica en los planos y planillas de fabricación elaborados por el Área de Ingeniería. Este código se indica en la etiqueta del paquete con su respectivo diámetro y cantidad de piezas empacadas.

#### **2.1.3 Planeamiento de Inventarios**

El control del inventario de materiales se realiza en un cuadro Excel, manejado por un técnico de producción desde las oficinas centrales de la empresa. Las actualizaciones se llevan a cabo según las comunicaciones de retiro de materiales realizadas por parte de los encargados del taller o el ingreso de materiales por orden de compra.

Este cuadro ha sido elaborado básicamente para el control de la cantidad de existencias disponibles, sin mayor énfasis en el registro de movimientos del inventario, debido al tiempo que esta actividad representaría. Así por ejemplo, si una varilla de acero es retirada del almacén para su utilización, simplemente se resta una unidad del inventario registrado.

En la Figura 2.2 podemos observar un fragmento del cuadro empleado para el control del inventario.



**CONTROL DE PEDIDO DE ACERO**  
26/02/2014

ITEM	Descripción	#	Longitud	Densidad Lineal	UND	Cantidad Total Estimada	Pedido a la fecha con OC	INGRESOS (ALMACEN - OBRA)		OPTIMIZACIONES		STOCK	ALERTA	CANTIDAD A PEDIR	TOTAL DE EGRESOS A LA FECHA		Barras enteras enviadas directamente a Obra	Total a Enviar
								TOTAL INGRESOS	Estado de Ingreso	TOTAL EGRESOS	Doblada				Entera			
								1	Varilla Ø3/8"	3	9				0.56	var		
2	Varilla Ø1/2"	4	9	0.99	var	870	523	523	100%	442	81	Ok	-	442	-	-	-	
3	Varilla Ø5/8"	5	9	1.76	var	5096	3058	3058	100%	941	2117	Ok	-	941	-	-	-	
4	Varilla Ø5/8"	5	12	1.76	var	466	446	446	100%	446	0	Ok	-	446	-	-	-	
5	Varilla Ø3/4"	6	9	2.24	var	3009	4,166	4166	100%	5613	-1447	PEDIR!!	1447	5,603	10	-	10	
6	Varilla Ø3/4"	6	12	2.24	var	1132	739	739	100%	174	565	Ok	-	174	-	-	-	
7	Varilla Ø1"	8	9	3.97	var	9789	6250	6250	100%	6103	147	Ok	-	3,191	2,912	-	2,912	
8	Varilla Ø1"	8	12	3.97	var	14769	9440	3322	35%	4572	-1250	PEDIR!!	1250	3,040	1,528	630	898	
9	Varilla Ø1.3/8"	11	12	7.91	var	15767	11820	7936	67%	7499	437	Ok	-	6,301	1,198	-	1,198	
<b>Total (Ton)</b>						<b>2752</b>	<b>1969</b>	<b>1309</b>		<b>1294</b>	<b>15</b>		<b>89</b>	<b>1003</b>	<b>291</b>			
<b>Viajes (#)</b>						<b>110</b>	<b>79</b>	<b>52</b>		<b>52</b>	<b>1</b>		<b>4</b>	<b>40</b>	<b>12</b>			
Observaciones																		

Figura 2.2 Fragmento del archivo empleado para control de inventario.

Como puede observarse, en el cuadro son registradas las existencias de almacén, el requerimiento de adquisiciones y la criticidad de cada tipo de varilla.

El cuadro de control descrito líneas arriba cumple básicamente dos funciones:

- Identificación de necesidades de abastecimiento externo.
- Información referida a la cantidad disponible de varillas de acero en almacén.

Los principales inconvenientes de estos archivos de control de inventarios son los siguientes:

- La información no se actualiza permanente ni automáticamente, ya que depende de una persona para el registro de stock del almacén.
- El encargado del control de inventario no puede contar con la información de todas las operaciones realizadas por el personal de taller, lo que dificulta el registro actualizado de las existencias. Es frecuente que para la habilitación de piezas de una determinada armadura, no se utilicen varillas enteras y se recurra a material sobrante de otras armaduras. Para esto se elabora una planilla adicional de optimización de cortes, donde se indica a los encargados de taller la forma en que deben cortar las varillas para generar la menor cantidad de merma, sin embargo esta indicación no siempre es tomada en cuenta por el personal a cargo. Por ende deben hacerse conteos semanales de lo existente en almacén, tanto de varillas enteras como de mermas para tener una idea algo más cercana al stock real.
- Al no llevarse con precisión un historial de ingresos y salidas de materiales, no es posible realizar un análisis del comportamiento del inventario basado en este control.

## 2.2 Diagnóstico de la Situación Actual

El análisis realizado en los puntos anteriores, permite conocer la situación actual de cada una de las actividades de gestión del inventario y la influencia del entorno en que se encuadra FEGASA, determinando de esta forma una gran cantidad de problemas y características de cada una de las actividades de gestión del inventario que limitan la capacidad para abastecer adecuadamente los materiales y suministros necesarios a las obras.

De acuerdo a la Teoría de las Restricciones, intentar mejoras en cada función aisladamente, puede llevarnos a construir un sistema compuesto por óptimos

locales que a la larga pueden estorbarse entre sí en el propósito de llegar a la meta. Además existe la posibilidad de que un sistema planteado de esta forma, esté pasando por alto algún aspecto que no corresponde a ninguno de los subsistemas analizados.

La identificación del problema raíz será realizada utilizando un Árbol de Realidad Actual (ARA), que nos permitirá diagramar las relaciones de causa y efecto que conectan a los problemas encontrados, a los cuales denominaremos Efectos Indeseables (EIDES), siguiendo la metodología planteada en la sección 1.4.

**Primer paso:** Identificación de los efectos indeseables (EIDES). En este primer paso, han sido considerados 15 EIDES:

EIDE 1: Existe una alta velocidad de crecimiento en las operaciones.

EIDE 2: La Gerencia de Producción se ve presionada a minimizar el costo logístico.

EIDE 3: La Gerencia de Producción prefiere destinar recursos a planes de expansión que a la adquisición de recursos para las líneas de producción existentes.

EIDE 4: La competencia ha alcanzado niveles sin precedentes.

EIDE 5: El personal técnico considera prioritarias las labores propias de la producción por sobre las de control y documentación del inventario.

EIDE 6: El personal dedica cada vez más tiempo a las actividades de control y documentación de inventarios.

EIDE 7: La Empresa no cuenta con personal especialista en labores logísticas de la Gestión de Compras.

EIDE 8: Conforme crece la Empresa, crecen las necesidades de adquisición de materiales.

EIDE 9: No se tiene un historial de fallas de materiales, ni de movimientos logísticos.

EIDE 10: Existe alto riesgo de duplicidad y error en la denominación de piezas habilitadas.

EIDE 11: Los almacenes han excedido la capacidad de sus instalaciones. El flujo de piezas habilitadas de taller a obra es demasiado lento por falta de unidades de transporte.

EIDE 12: Los controles de inventario son insuficientes y están centrados en el conteo de la cantidad de varillas enteras descuidando las mermas.

EIDE 13: Las actividades logísticas se han realizado de manera empírica.

EIDE 14: Existe exceso de inventario de algunos materiales y falta de otros.

EIDE 15: Existe la tendencia a adquirir sólo los materiales necesarios para cubrir la demanda del momento.

**Segundo paso:** La Figura 2.3 muestra el ARA preliminar constituido sólo por los EIDES encontrados. A este punto, el diagrama no muestra relaciones causa – efecto totalmente claras.

**Tercer paso:** Se agregan entidades explicativas que completan el sentido de las relaciones causa – efecto iniciadas en el paso anterior.

**Cuarto paso:** El árbol de realidad actual construido ha permitido finalmente encontrar la causa raíz de la problemática que presenta la Gestión del Abastecimiento de FEGASA, tal como se muestra en la Figura 2.4.

**Problema raíz:** La Gestión del Abastecimiento de FEGASA es cada vez más cara e ineficiente.

Como se observa en el diseño del **ARA**, esta entidad es la causa raíz de la problemática del abastecimiento y al mismo tiempo, se origina a raíz de las entidades que conforman esta situación, originándose un bucle que hace que esta situación se alimente a sí misma, magnificando la dimensión del problema.

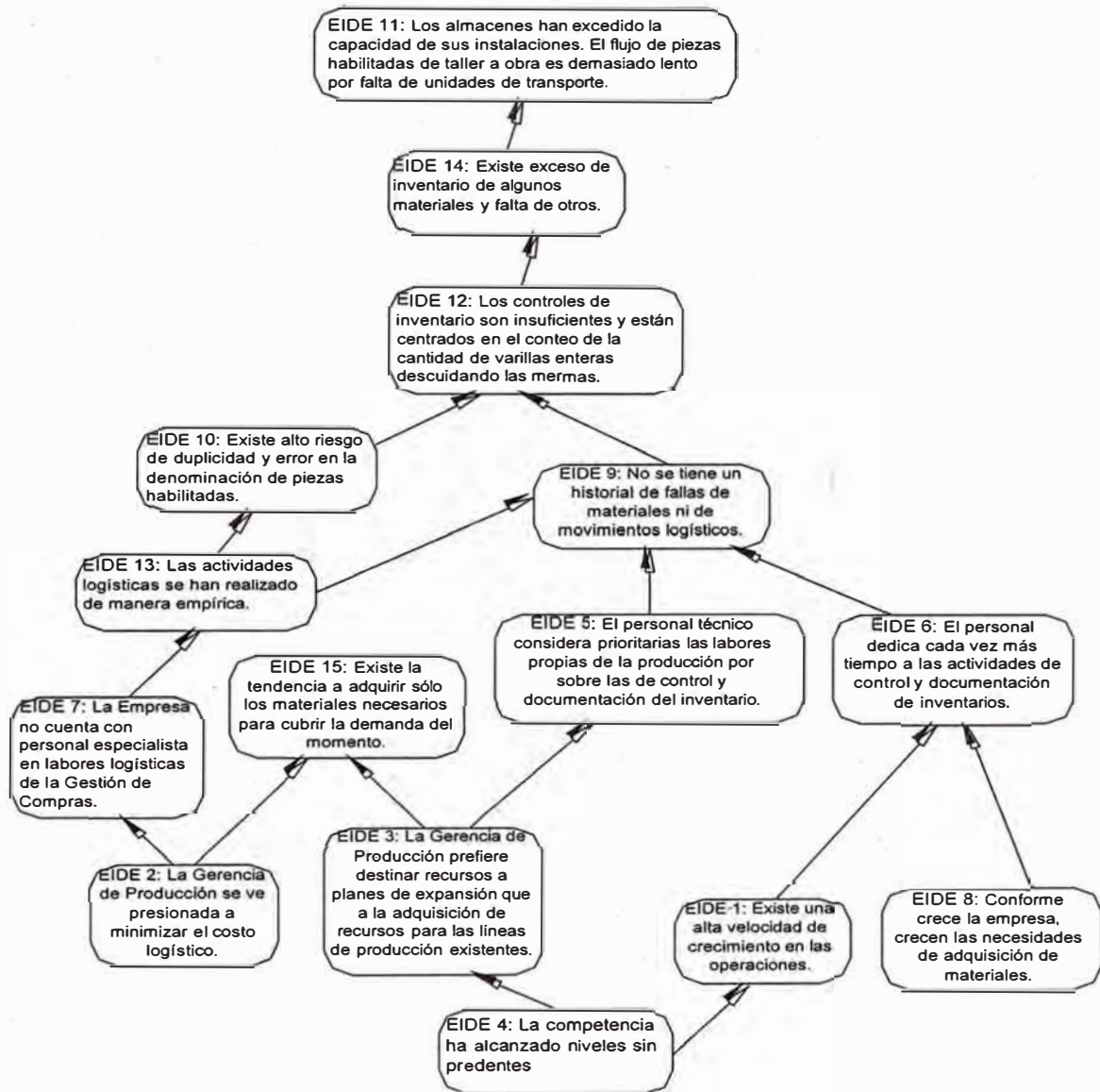


Figura 2.3. Árbol de Realidad Actual inicial para la Gestión Logística de Abastecimiento de FEGASA



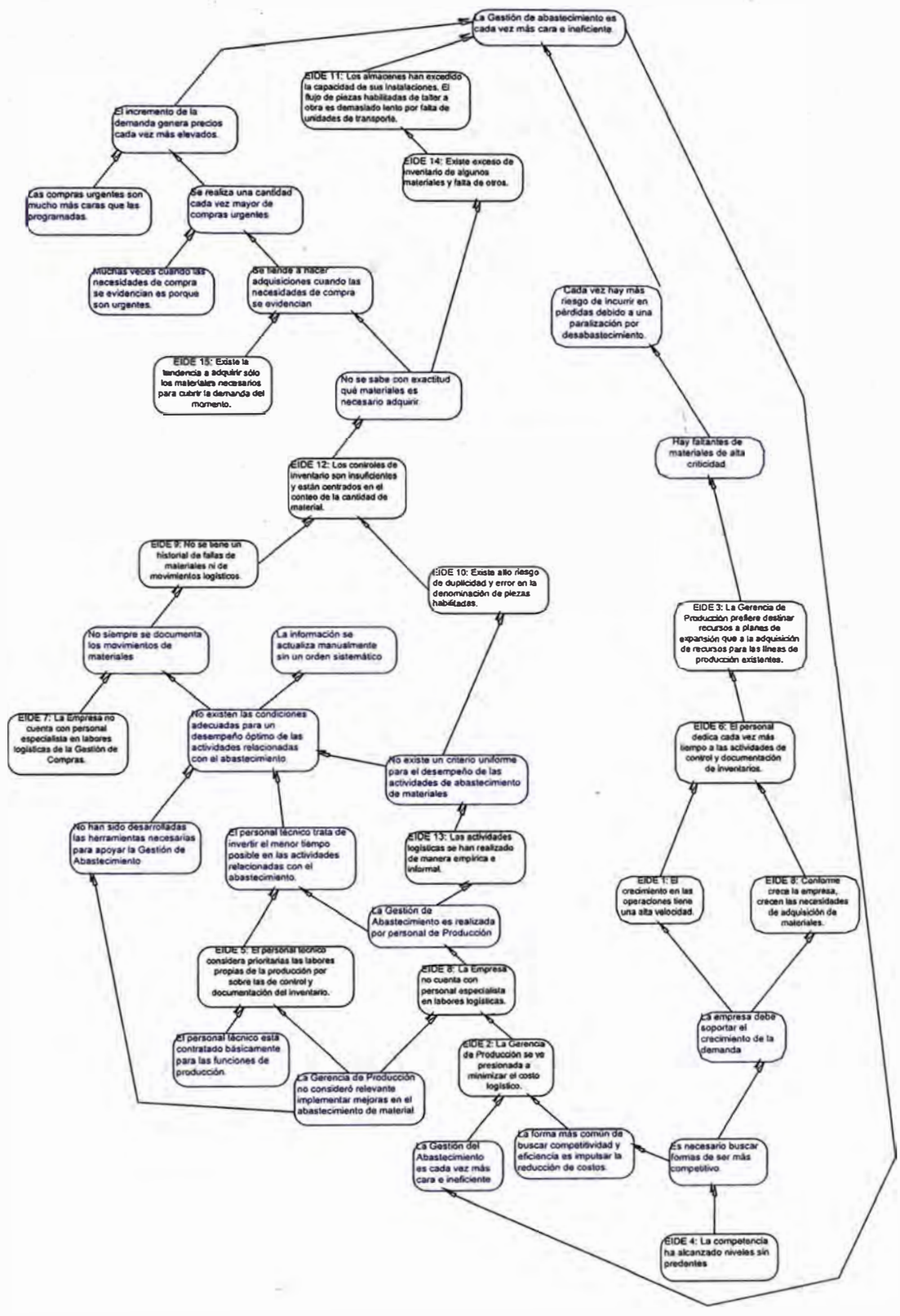


Figura 2.4. Árbol de Realidad Actual inicial para la Gestión Logística de Abastecimiento de FEGASA con entidades explicativas

## CAPÍTULO III: APLICACIÓN DE MÉTODOS SUGERIDOS

### 3.1 ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN DEL ABASTECIMIENTO

Prosiguiendo con la metodología expuesta en la sección 1.4, la obtención de la solución a la problemática se logrará de acuerdo a las siguientes fases:

- Obtención de una solución inicial.
- Construcción de la Solución.
- Determinación de objetivos intermedios.
- Construcción de un plan detallado de solución.

#### 3.1.1. Plan para la eliminación del Problema Raíz

El Árbol de Realidad Actual nos ha permitido visualizar el conflicto que subyace en la situación actual. En este caso, el conflicto está dado por las acciones que están siendo llevadas a cabo para mejorar la eficiencia del abastecimiento de materiales.

Para identificar el conflicto planteado, se considera como objetivo el opuesto al problema raíz determinado en el árbol de realidad actual y graficamos la nube de evaporación del conflicto, identificando los requisitos que son necesarios para el logro del objetivo, tal como se puede observar en la Figura 3.1.

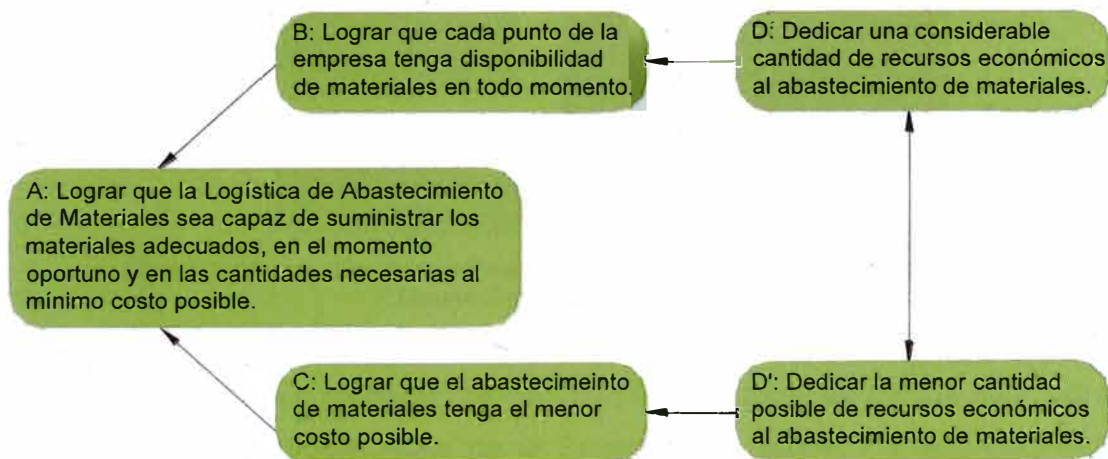


Figura 3.1 Identificación del conflicto existente en la Gestión de Logística del Abastecimiento de FEGASA.

Para resolver el conflicto identificado líneas arriba y encontrado en el árbol de realidad actual, es necesario identificar los que se encuentran detrás de cada una de las conexiones entre las entidades observadas. La Tabla 3.1 contiene los

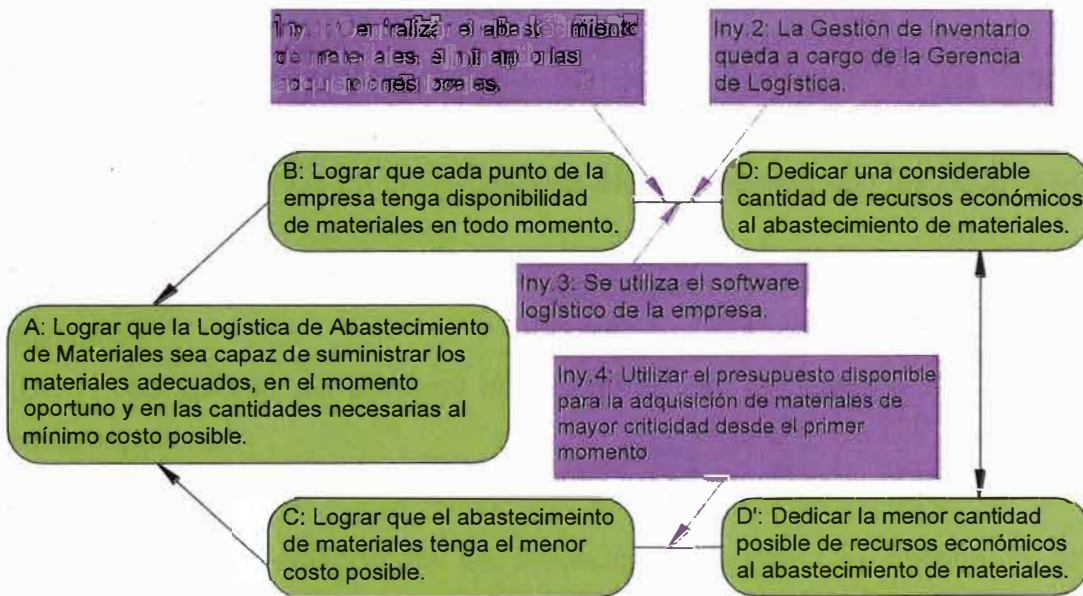


supuestos implícitos que han sido extraídos de las relaciones entre las entidades de la Figura 3.1.

Supuestos B – D	Supuestos C - D'
1. La problemática del abastecimiento hace necesario que el personal esté cada vez más dedicado a las labores logísticas	1. La forma más directa de minimizar los costos es reduciendo los recursos económicos dedicados al abastecimiento.

**Tabla 3.1 Supuestos de las conexiones entre las entidades de la nube de evaporación de conflictos**

Tal como menciona la metodología, es necesario encontrar una idea que rompa uno de los supuestos, una inyección que logre que el supuesto ya no sea válido. En este caso se han encontrado las expuestas en la Figura 3.2:



**Figura 3.2 Remoción del conflicto existente en la Gestión de Logística del Abastecimiento de FEGASA.**

Las 4 inyecciones mencionadas se constituyen en puntos de partida para lograr una solución a la problemática de la Empresa, al romper los supuestos que ocasionan el conflicto, tal como puede verse en la Figura 3.2.

### 3.1.2 Planteamiento para una Solución Factible

La elaboración de una solución factible se inicia utilizando un esquema conocido como Árbol de Realidad Futura (ARF), que conduce a la obtención de efectos deseables, los cuales se alcanzarán partiendo de las inyecciones encontradas usando la nube de evaporación de conflictos según la lógica de causa – efecto.

**Primer Paso:** Según la metodología planteada, es necesario encontrar los efectos deseables (EDES) que permitan la construcción del árbol:

EDE 1: Los controles de inventarios son útiles para la toma de decisiones y brindan información suficiente y oportuna.

EDE 2: Se reduce progresivamente el costo de adquisición de materiales.

EDE 3: Se generan recursos para la expansión de la empresa sin afectar el abastecimiento de materiales.

EDE 4: Se reduce progresivamente el riesgo relacionado con la falta de materiales de mayor criticidad.

EDE 5: Los inventarios en los almacenes están alineados con las necesidades de abastecimiento de los talleres.

EDE 6: Se minimiza el riesgo de problemas causados por la duplicidad de piezas habilitadas.

EDE 7: Las labores del personal técnico no se ven afectadas por dedicarse a temas logísticos.

EDE 8: El inventario de materiales se reduce sin afectar la producción.

**Segundo paso:** Partiendo de las inyecciones iniciales, se obtiene el ARF preliminar. Han sido agregadas algunas entidades que permiten clarificar las conexiones entre las inyecciones y los efectos deseados que fueron anotados inicialmente.

**Tercer paso:** Una vez determinado el ARF inicial, se revisa su conformación y se identifica las ramas que podrían hacer que la solución planteada conduzca a nuevos efectos indeseables. Estas entidades se conocen como ramas negativas. En la Figura 3.3 han sido identificadas las ramas negativas del ARF inicial.

En las Figuras 3.4 a 3.8 se detalla el efecto de las ramas negativas identificadas:

**Rama Negativa N° 1:** En esta rama se plasma el efecto de encargar la totalidad de actividades que conforman la Gestión del Abastecimiento a la Gerencia de Logística, incluyendo la administración de los materiales almacenados.



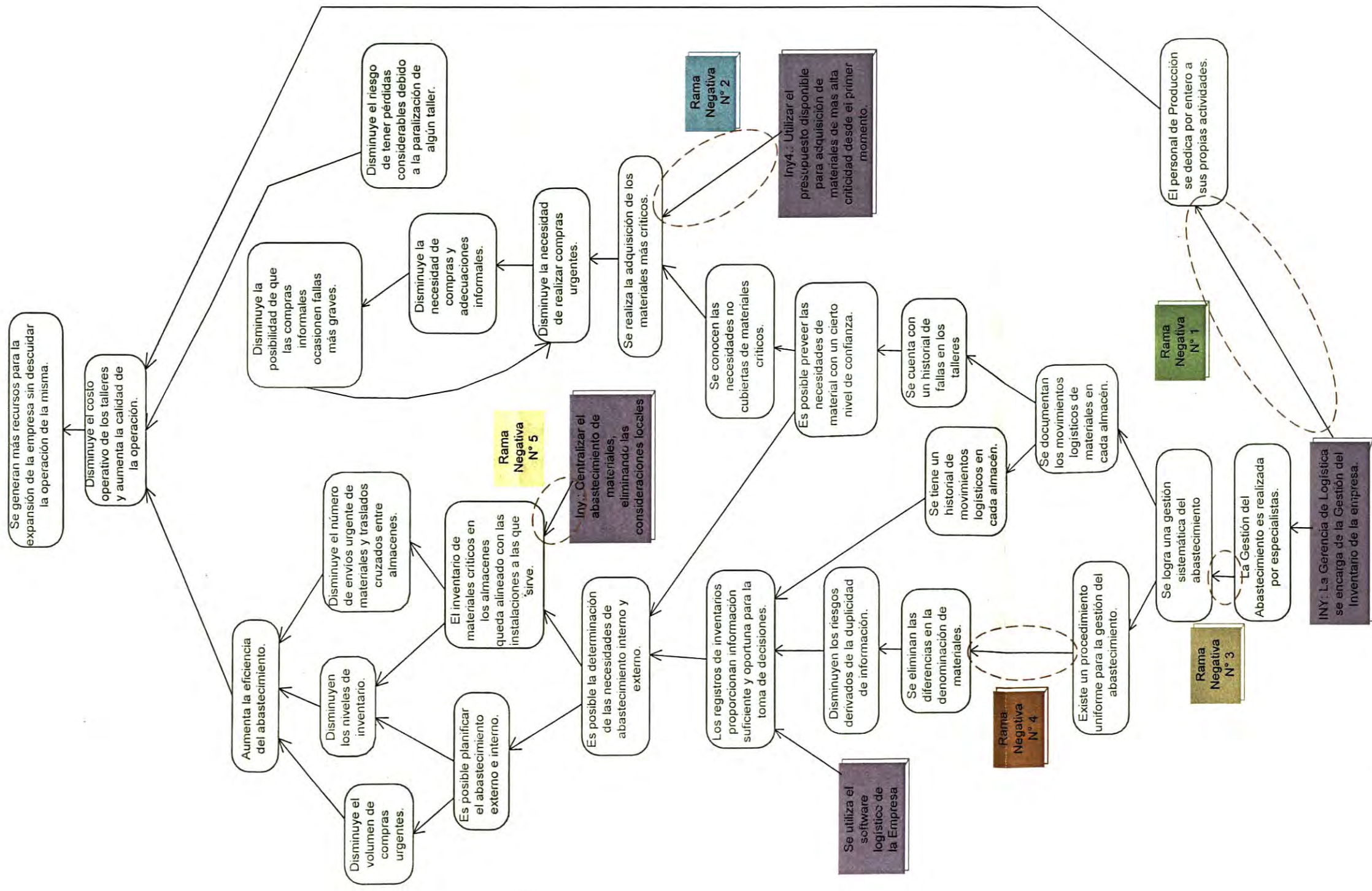


Figura 3.3 Árbol de Realidad Futura inicial para la Gestión Logística de Abastecimiento de FEGASA.



Figura 3.4. Rama Negativa N° 1

Como puede observarse en la Figura 3.4, esta rama negativa podría encarecer la Gestión del Abastecimiento.

**Rama Negativa N° 2:** La segunda rama negativa tiene lugar cuando se plantea la adquisición de todos los materiales de mayor criticidad que se requieran en un primer momento, hasta cubrir el presupuesto disponible. Tal como se puede observar en la Figura 3.5, esta inyección podría llevar a la Empresa a descuidar su expansión y por tanto a perder ventas futuras, teniendo en cuenta que la competencia es demasiado fuerte.

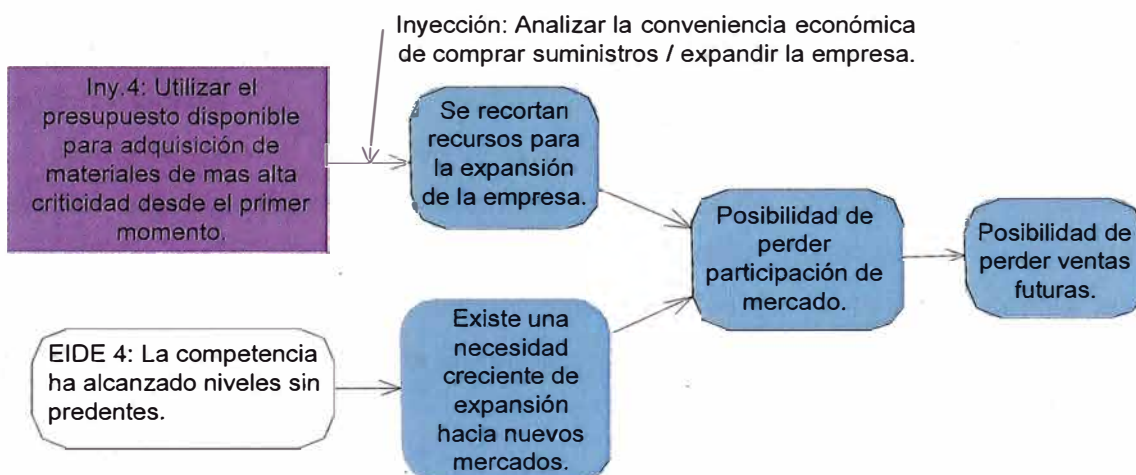


Figura 3.5 Rama Negativa N° 2



**Rama Negativa N° 3:** Esta rama negativa muestra el posible resultado de encomendar la gestión del abastecimiento de materiales a la Gerencia de Logística y adoptar la utilización del software empleado para las actividades logísticas de abastecimiento sin tener en cuenta que es necesaria una revisión y adecuación de los procesos de abastecimiento y la calidad de la información con la que se cuenta para iniciar la gestión.

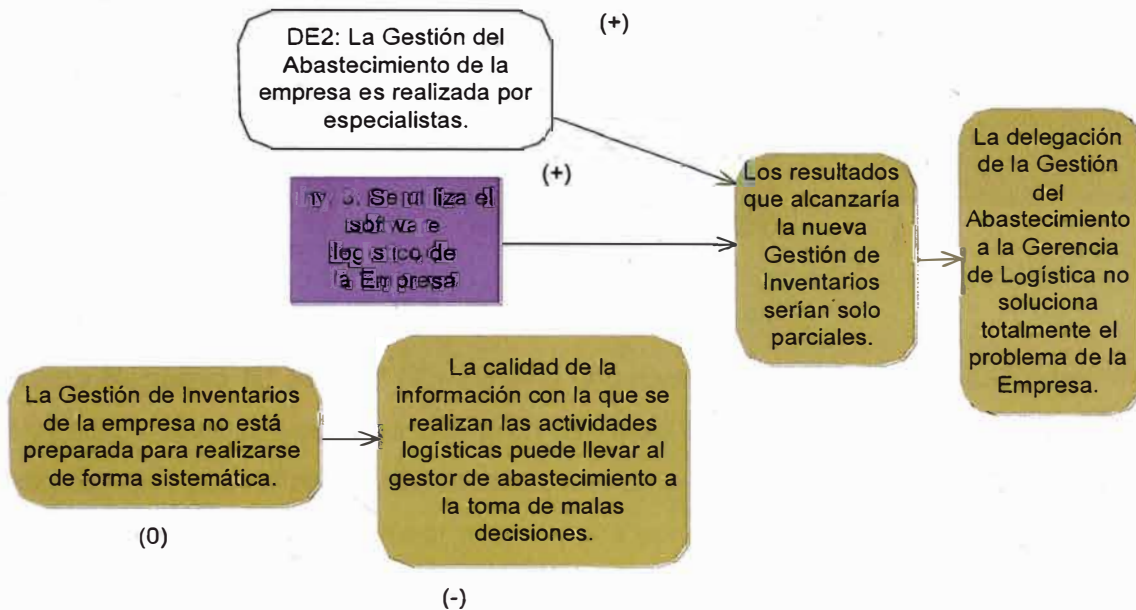


Figura 3.6 Rama Negativa N° 3

**Rama Negativa N° 4:** Esta rama negativa muestra la problemática ocasionada por adoptar rígidamente procesos que pueden ser muy útiles para mantener el control del inventario, pero que podría afectar el desempeño de las labores del personal técnico.

La rama negativa N° 3, se refiere a las consecuencias de la adopción de una gestión del abastecimiento sistemático partiendo de procesos que no están preparados para soportarla, mientras que la rama negativa N° 4, muestra básicamente las posibles consecuencias negativas de no tener en cuenta las necesidades particulares de la Gerencia.

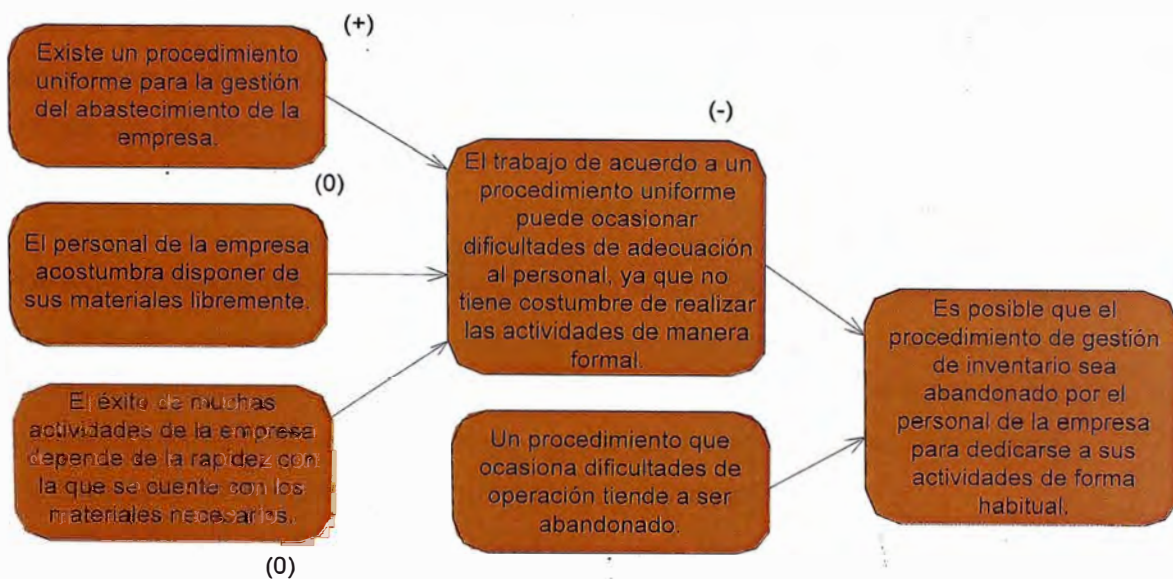


Figura 3.7 Rama Negativa N° 4

**Rama Negativa N° 5:** Esta última rama negativa está referida a la posibilidad de conducir a la empresa hacia una gran cantidad de traslados cruzados buscando obtener una centralización del inventario. Como se puede observar en la Figura 3.8, esta inyección puede llevar al sistema a encarecer los costos de distribución debido a la cantidad de traslados necesarios.

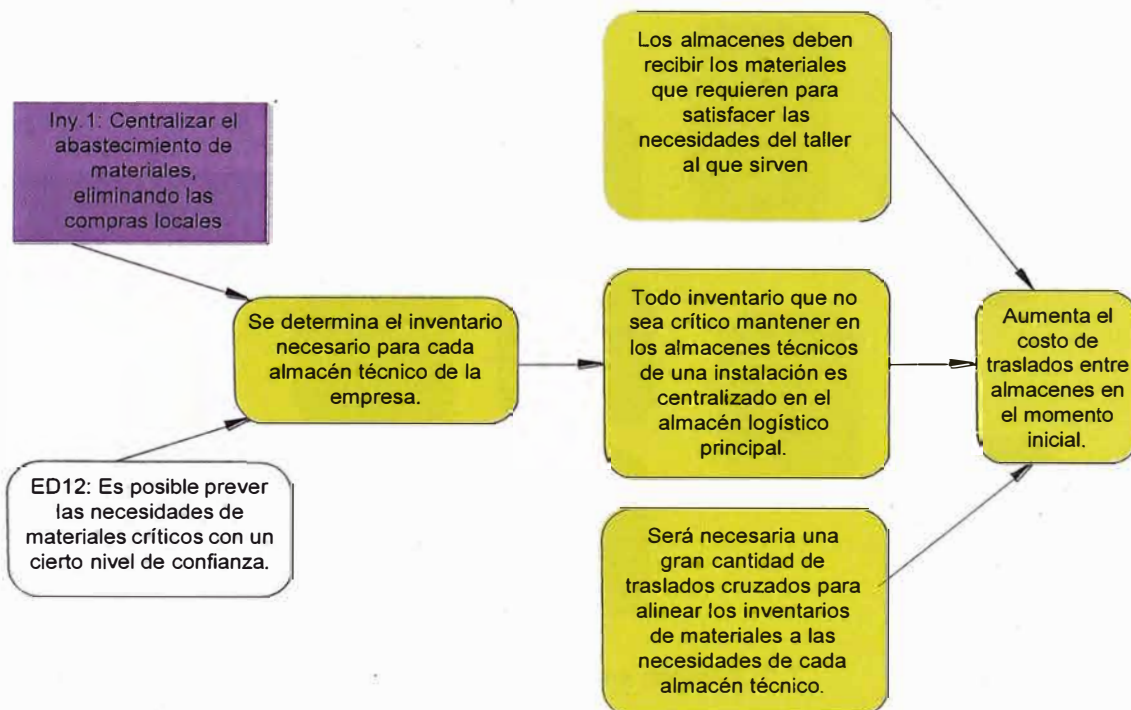


Figura 3.8 Rama Negativa N° 5

**Cuarto Paso:** Una vez identificadas las ramas negativas, es necesario removerlas mediante la inclusión de inyecciones que puedan cambiar la orientación de las mismas, tal como se puede observar en las Figuras 3.9 a la 3.13.

**Poda de la Rama Negativa N° 1:** Tal como se aprecia en la Figura 3.9, la rama negativa N°1 puede ser removida derivando funciones de abastecimiento al personal técnico encargado de las instalaciones. Las funciones a ser delegadas son básicamente relacionadas con el control del inventario en cada almacén:

- Actualización de registros y movimientos de inventarios.
- Toma de inventarios cíclicos.

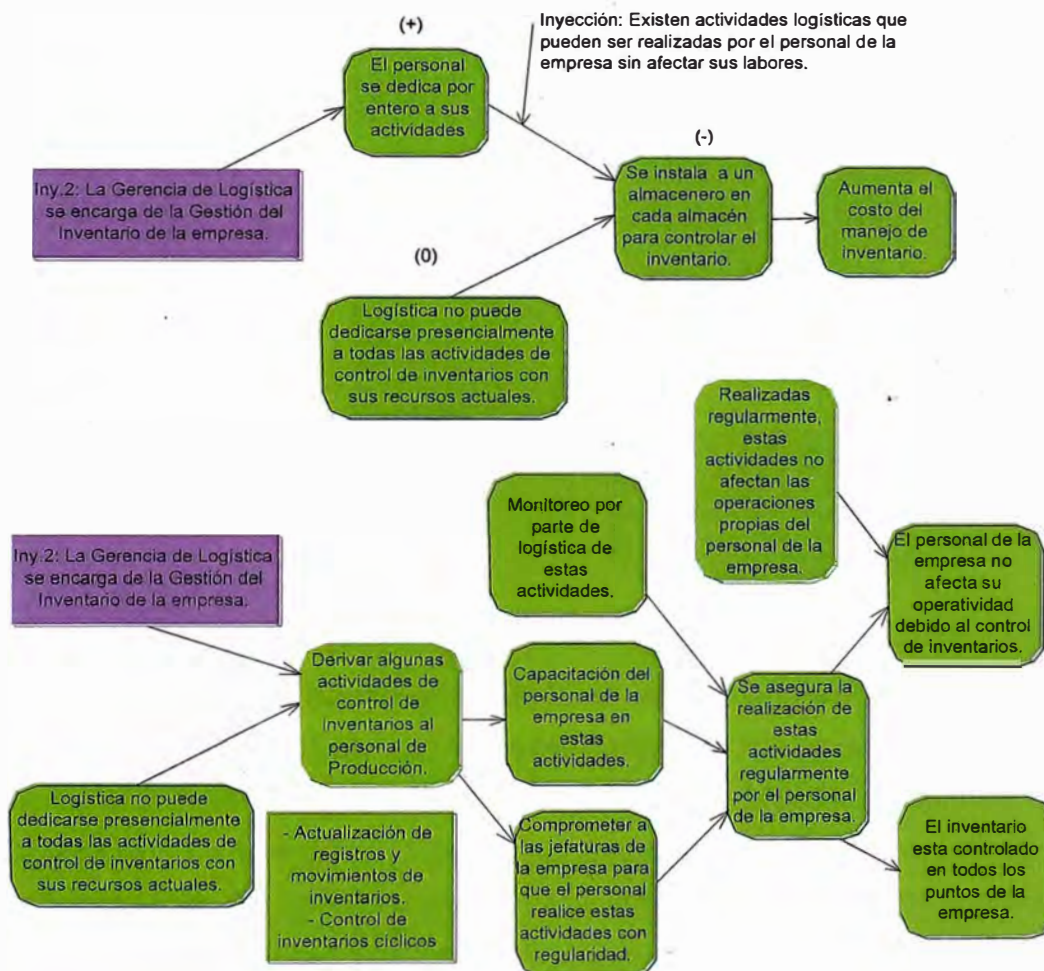


Figura 3.9 Poda de la rama negativa N° 1

**Poda de la Rama Negativa N° 2:** Esta rama puede ser removida considerando la conveniencia económica tanto de los planes de expansión como de las



necesidades de abastecimiento y estableciendo un orden de prioridades en la administración de los recursos, según lo mostrado en la Figura 3.10.

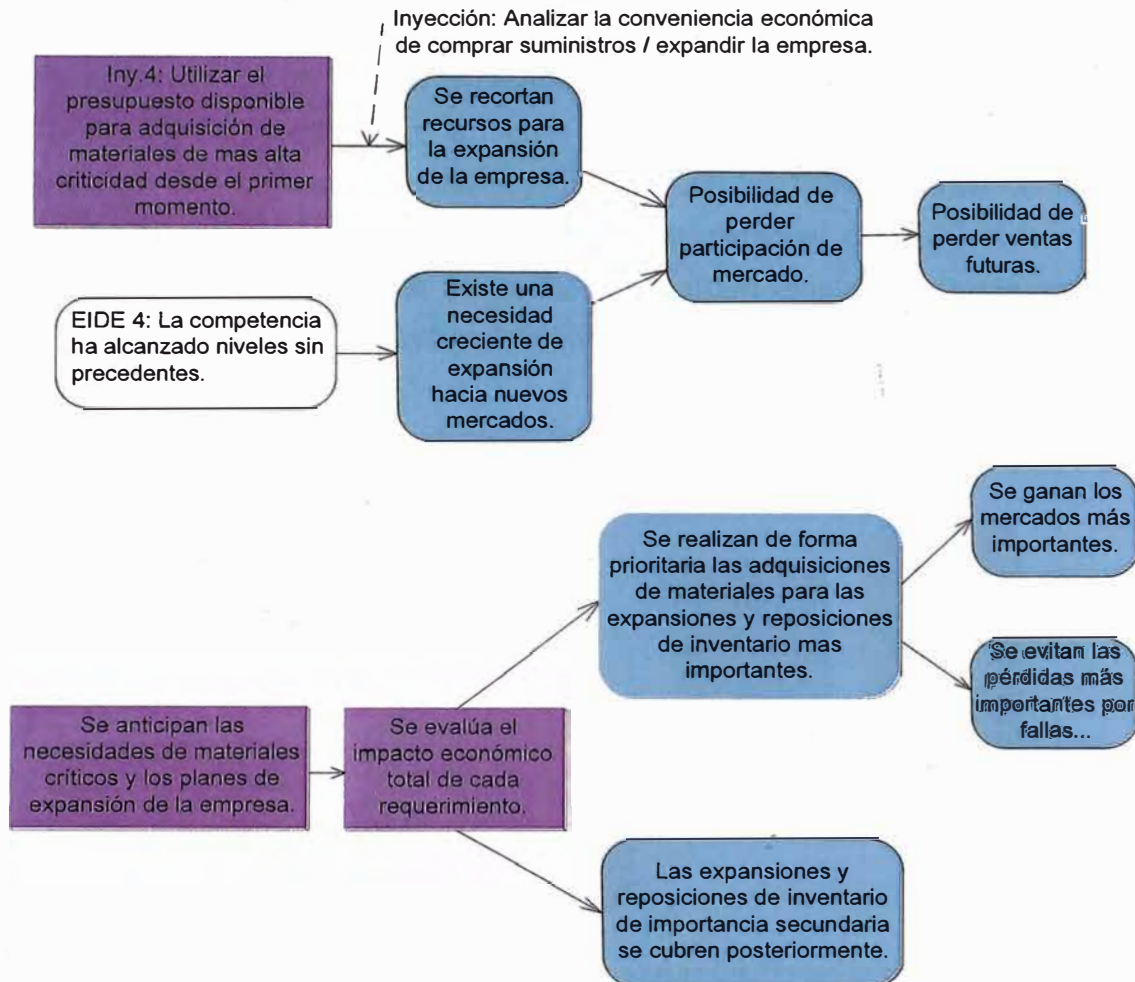


Figura 3.10 Poda de la rama negativa N° 2

**Poda de la Rama Negativa N° 3:** Esta rama negativa, permite visualizar consecuencias negativas de la construcción de un modelo sistemático y mecanizado para el abastecimiento sobre la base de procesos empíricos.

La remoción de esta rama se logra utilizando la inyección adicional mostrada en la Figura 3.11: Realizar una adecuación inicial de los procesos logísticos de abastecimiento, con el fin de lograr su sistematización. Se muestra por tanto, la necesidad de dividir en dos fases la solución a la problemática planteada:

- Primera parte: Adecuación inicial de la Gestión Logística de Abastecimiento a un modelo sistemático, obteniendo la información de partida que será utilizada en el desarrollo de las funciones logísticas.

- Segunda parte: Logro de la meta del Sistema Logístico de Abastecimiento, creado a partir del punto anterior.

**Poda de la Rama Negativa N° 4:** En este caso, una de las necesidades puntuales del personal es priorizar las actividades propias de la operación por sobre el control del inventario. Básicamente, la inyección correspondiente para podar esta rama, mostrada en la Figura 3.12, está dirigida a este esquema de prioridades. Tal como se ha visto en la Figura 3.11, las actividades de control y registro del inventario serán monitoreadas por personal de la Gerencia de Logística, permitiendo de esta forma que se realicen regularmente, tan pronto como el personal técnico haya culminado con las operaciones propias de su función.

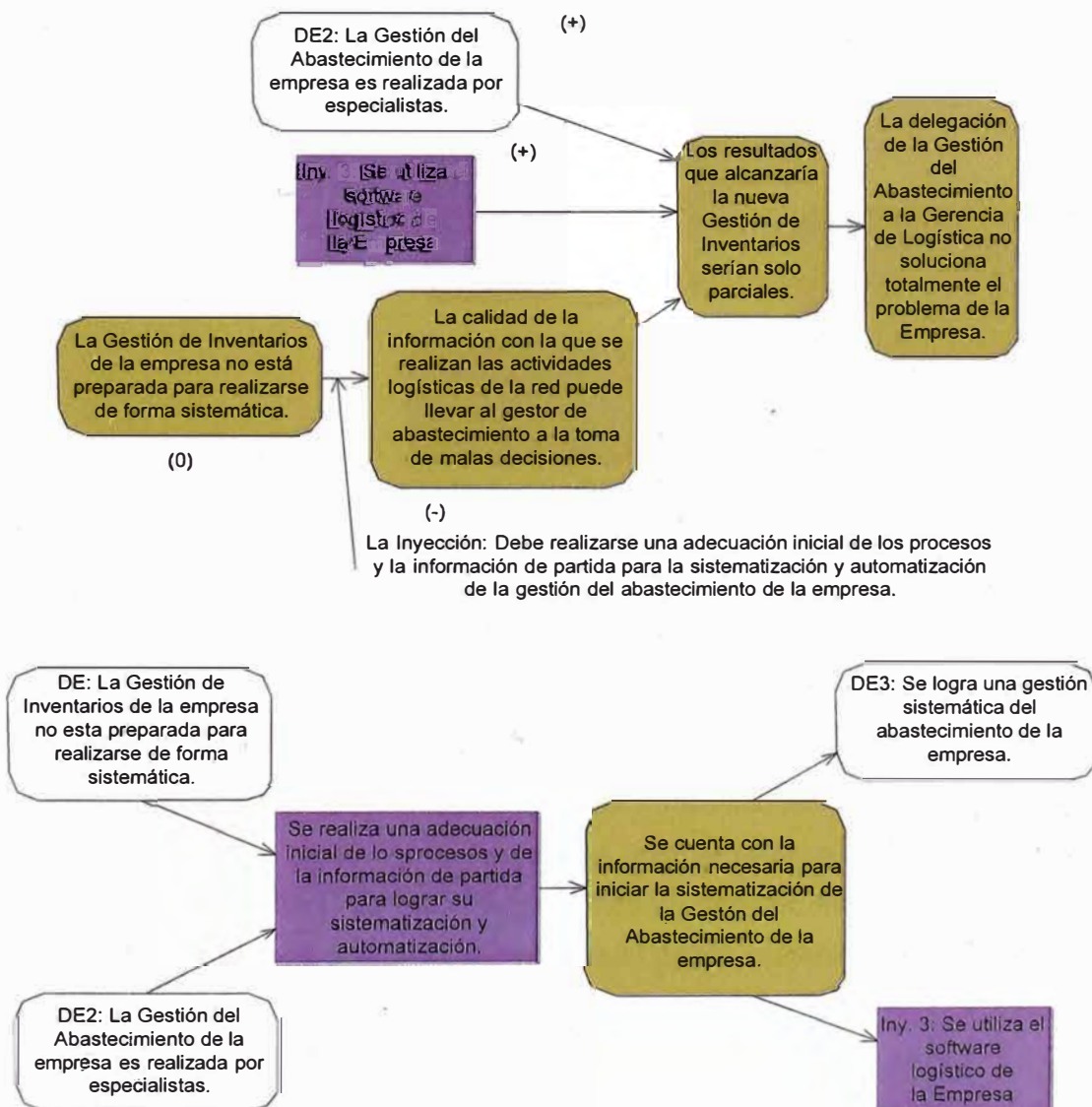


Figura 3.11 Poda de la rama negativa N° 3

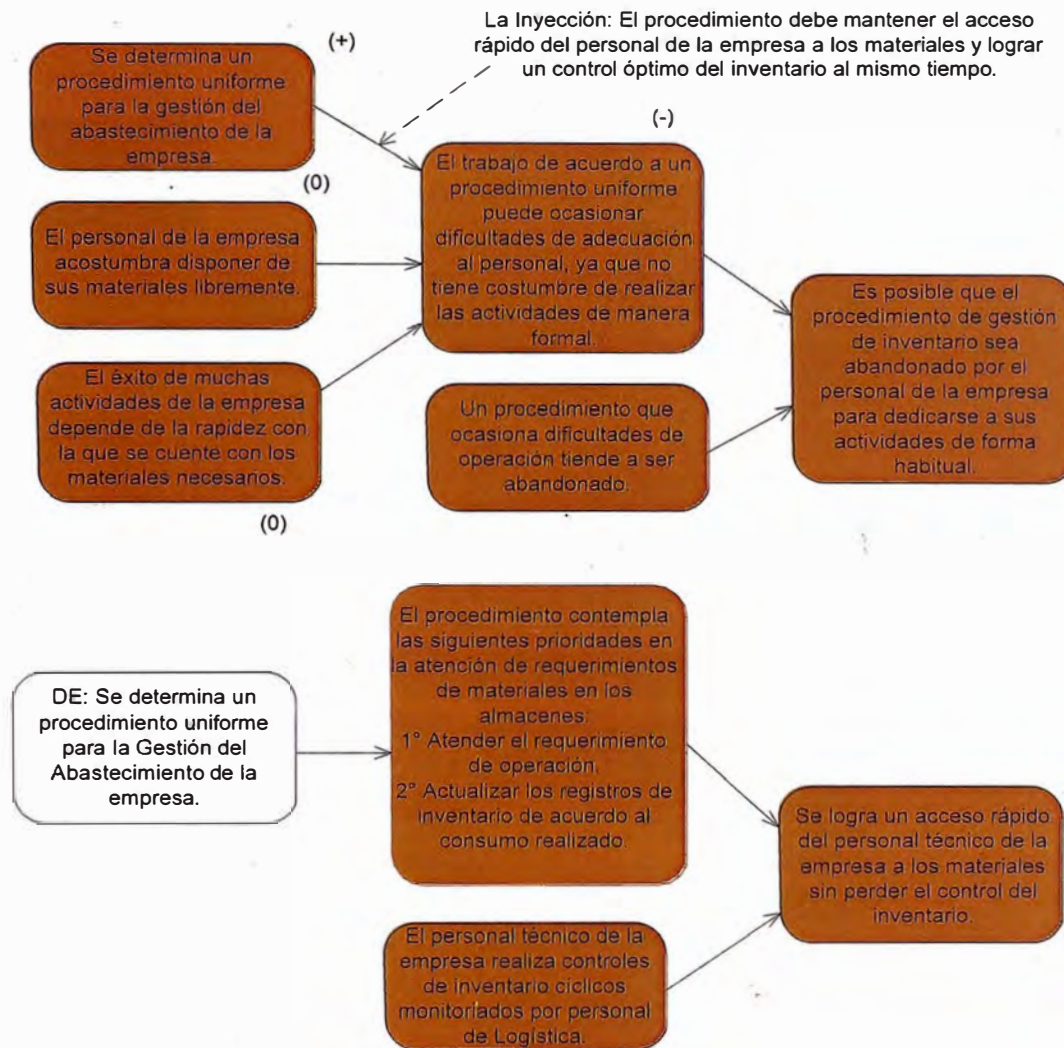


Figura 3.12 Poda de la rama negativa N° 4

**Poda de la Rama Negativa N° 5:** La quinta rama negativa está referida a la problemática relacionada con la centralización de los materiales que no es crítico mantener en almacén.

La rama negativa muestra la posibilidad de multiplicar el costo de distribución cuando se realicen estas operaciones y es posible removerla programando los traslados de materiales, de manera que éstos se realicen según un cronograma que afectará lo menos posible a la distribución de los materiales y a la operación de los talleres.



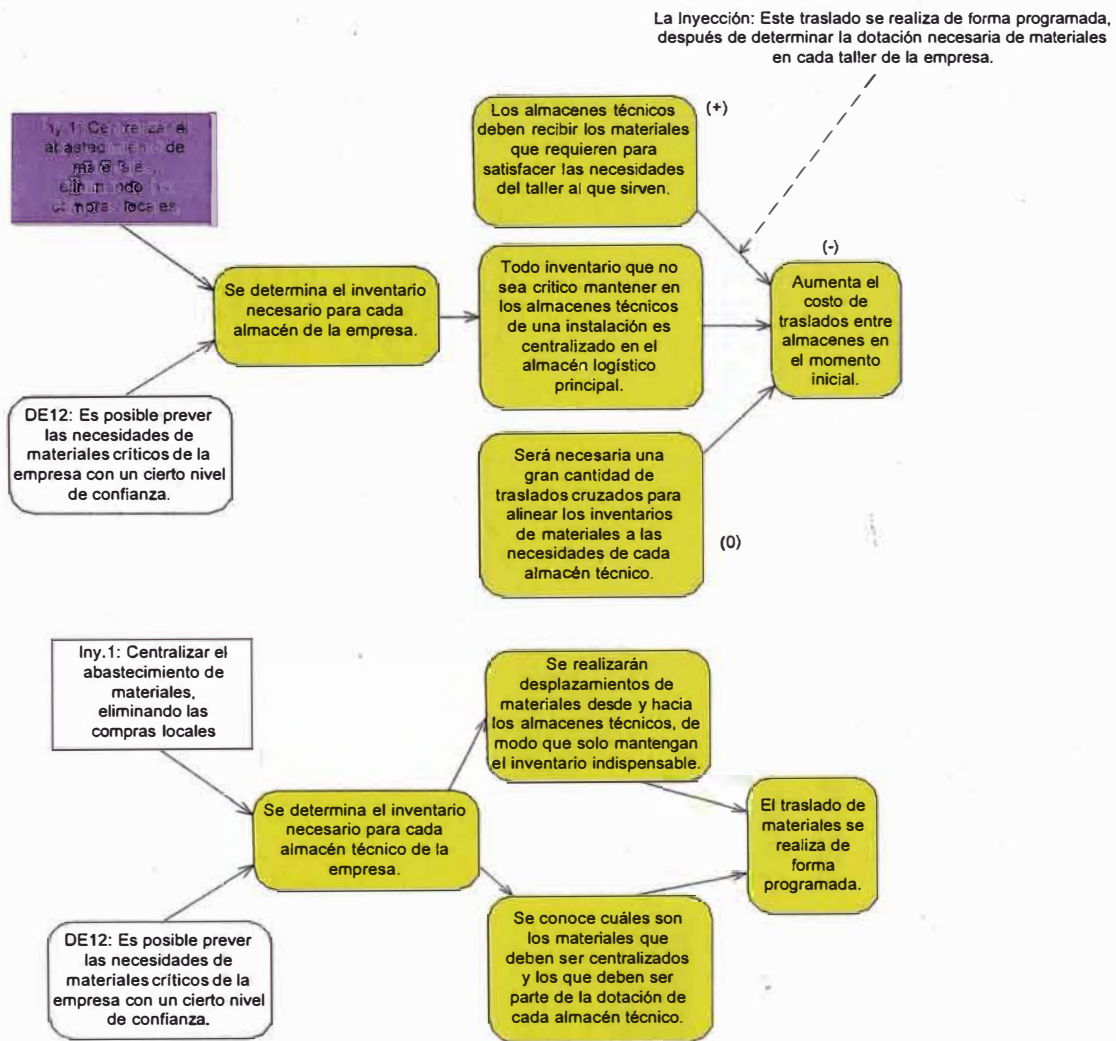


Figura 3.13 Poda de la rama negativa N° 5

**Quinto Paso:** Finalmente, el árbol de realidad futura contiene la estructura final de la solución, considerando todas las inyecciones necesarias para evitar la generación de nuevos efectos indeseables, como puede verse en la Figura 3.14.





### 3.1.3 Establecimiento de objetivos intermedios

Conforme a la metodología, es necesario implementar las inyecciones que fueron encontradas mediante la elaboración del Árbol de Realidad Futura y el análisis realizado posteriormente para “podar” las ramas negativas mediante la elaboración del Árbol de Prerrequisitos. En el caso de estudio serán elaborados dos árboles de prerrequisitos, cada uno de los cuales tiene como objetivo final la obtención de cada una de las etapas en las que se divide el panorama de solución que puede ser visualizado en el Árbol de Realidad Futura:

- Lograr que la gestión del abastecimiento de FEGASA se realice de forma sistemática.
- Disminución del costo operativo del abastecimiento, aumentando al mismo tiempo la eficiencia de su funcionamiento.

**Primer paso:** Elaboración de una lista de obstáculos que dificultan la consecución del objetivo y acciones y condiciones necesarias para superar estos obstáculos. Estas se convertirán en objetivos intermedios que funcionarán como marcadores en el camino hacia el logro del objetivo. Los obstáculos y objetivos intermedios encontrados pueden apreciarse en el Cuadro 3.2, ordenados de acuerdo a un criterio cronológico.

OBSTÁCULOS	OBJETIVOS INTERMEDIOS
La Gestión del Abastecimiento de materiales no es realizada por especialistas que le pueden dar una forma sistemática.	Encomendar a la Gerencia de Logística la Gestión del Abastecimiento de la Empresa.
El personal percibe que pierde el control de parte de sus labores y que no va a disponer de sus materiales libremente.	Difundir la función de la Gestión de Inventarios al personal, mostrando en qué consiste.
La Gerencia de Logística no conoce las características del servicio que necesita la Gerencia de Producción.	Levantar información inicial acerca de las necesidades de abastecimiento de la red: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de los materiales.</li> <li>• Características del servicio necesario.</li> <li>• Verificación y reconocimiento de las instalaciones.</li> </ul>
La Gerencia de Logística ha enfocado sus labores en el control de materiales, no de infraestructura.	La Gerencia de Logística debe identificar los aspectos que hacen diferente la gestión del abastecimiento de la empresa a la de materiales.

No se tienen procesos ni procedimientos definidos para la gestión del abastecimiento en forma sistemática.	Se determinan los procesos que deben llevarse a cabo para una gestión sistemática óptima del abastecimiento.
La Gerencia de Logística necesita recursos adicionales para realizar la gestión del abastecimiento.	Determinar y adquirir recursos necesarios para que la Gerencia de Logística pueda realizar la Gestión del Abastecimiento.
No se tiene información completa sobre los materiales.	Se realiza un levantamiento detallado de la información relevante de materiales. Catalogación e inventario de materiales. Debe tenerse en cuenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionalidad de los materiales.</li> <li>• Instalación donde se utiliza cada material.</li> <li>• Información de fallas y criticidad.</li> </ul>
Es ineficiente y complicado llevar el control de los inventarios en hojas de cálculo y actualizar estas manualmente.	Se utiliza el software logístico de la Empresa para la Gestión del Inventario.
El personal de producción no maneja el software logístico de la Empresa y no podría aplicarlo para la gestión del inventario	Se realiza una capacitación del personal en los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición de nuevos procedimientos</li> <li>• Uso del software logístico</li> </ul>
La Gerencia de Logística no puede dedicarse presencialmente a todas las actividades de gestión del abastecimiento.	Derivación de algunas actividades de la gestión del abastecimiento al personal de producción.
Existe exceso de algunos materiales y ausencia de otros en varios puntos de la empresa.	Centralización del abastecimiento de materiales eliminando consideraciones locales.
Existe la necesidad de contar con stock de materiales para el abastecimiento de elementos críticos y para la expansión de la empresa.	Realización de un plan inicial de adquisiciones de materiales urgentes (expansión y reabastecimiento).
Existen aspectos puntuales que pueden quedar sin contemplarse en la gestión del inventario.	Se realizan las adecuaciones necesarias para la corrección de temas puntuales en la gestión de los inventarios de la empresa.

**Cuadro 3.2 Lista de obstáculos para la sistematización de procesos de la Gestión Logística del Abastecimiento y objetivos intermedios que deben ser alcanzados para superarlos.**

**Segundo Paso:** Obtenidos los obstáculos y objetivos intermedios, se procede al armado del árbol de prerrequisitos, el cual puede ser observado en la Figura 3.15.

**Tercer Paso:** El Árbol de Prerrequisitos permite visualizar la composición de los objetivos intermedios que culminarán en la obtención del objetivo final. Sin embargo, la consecución de estos objetivos intermedios debe superar también algunos obstáculos intermedios. A continuación se detalla la obtención de objetivos que requieren superar una cantidad significativa de obstáculos:



**Objetivo: Levantamiento de información relevante acerca de los materiales.**

OBSTÁCULOS	OBJETIVOS INTERMEDIOS
El equipo de Catalogación y Toma de Inventarios, no conoce la función y las características de cada material.	Se solicita el apoyo del personal técnico para la identificación y conteo de materiales.
No se puede asegurar la disponibilidad del personal técnico para la identificación de los materiales.	Las jefaturas designarán al personal que apoyará a la Gerencia de Logística en la identificación de los materiales.
Los almacenes están desordenados y no hay una división entre material nuevo, habilitado y reutilizable.	Se realiza un ordenamiento y rotulado previo en los almacenes y se define el estado (nuevo, habilitado, reutilizable) de cada material.
Cada encargado de las instalaciones tiene una denominación diferente para los materiales. No existe uniformidad de identificación.	Se realizan los 3 pasos de la catalogación de materiales: característica, estado de operación y proyecto en el que serán utilizados.
El inventario no está clasificado físicamente por criticidad.	Se realiza una clasificación de los materiales basada en la criticidad de los mismos.
No se sabe si los materiales almacenados en cada punto de la empresa corresponden efectivamente a lo consignado en los archivos de control de inventarios.	Se realiza la toma del inventario físico de las existencias en las instalaciones de la red.
Pueden generarse dificultades futuras originadas por el desconocimiento del personal técnico de la empresa de la nueva nomenclatura de materiales y el empleo de códigos para la gestión logística.	Debe difundirse la nueva nomenclatura de materiales entre el personal de la empresa.

**Cuadro 3.3 Lista de obstáculos para el levantamiento de información acerca de los materiales y objetivos intermedios que deben ser alcanzados para superarlos.**

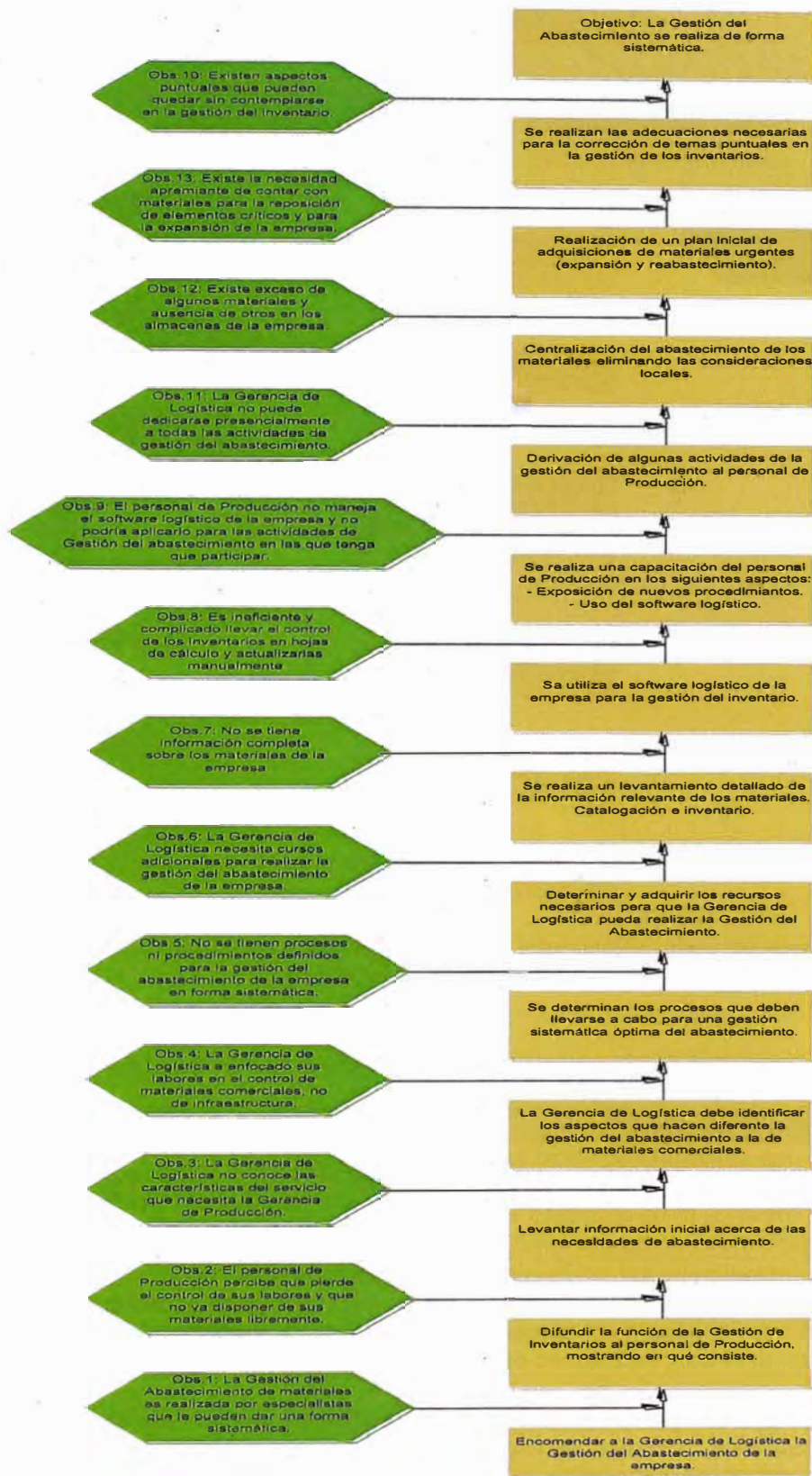


Figura 3.15 Árbol de prerequisites de la sistematización de los procesos de la Gestión Logística del Abastecimiento de FEGASA.

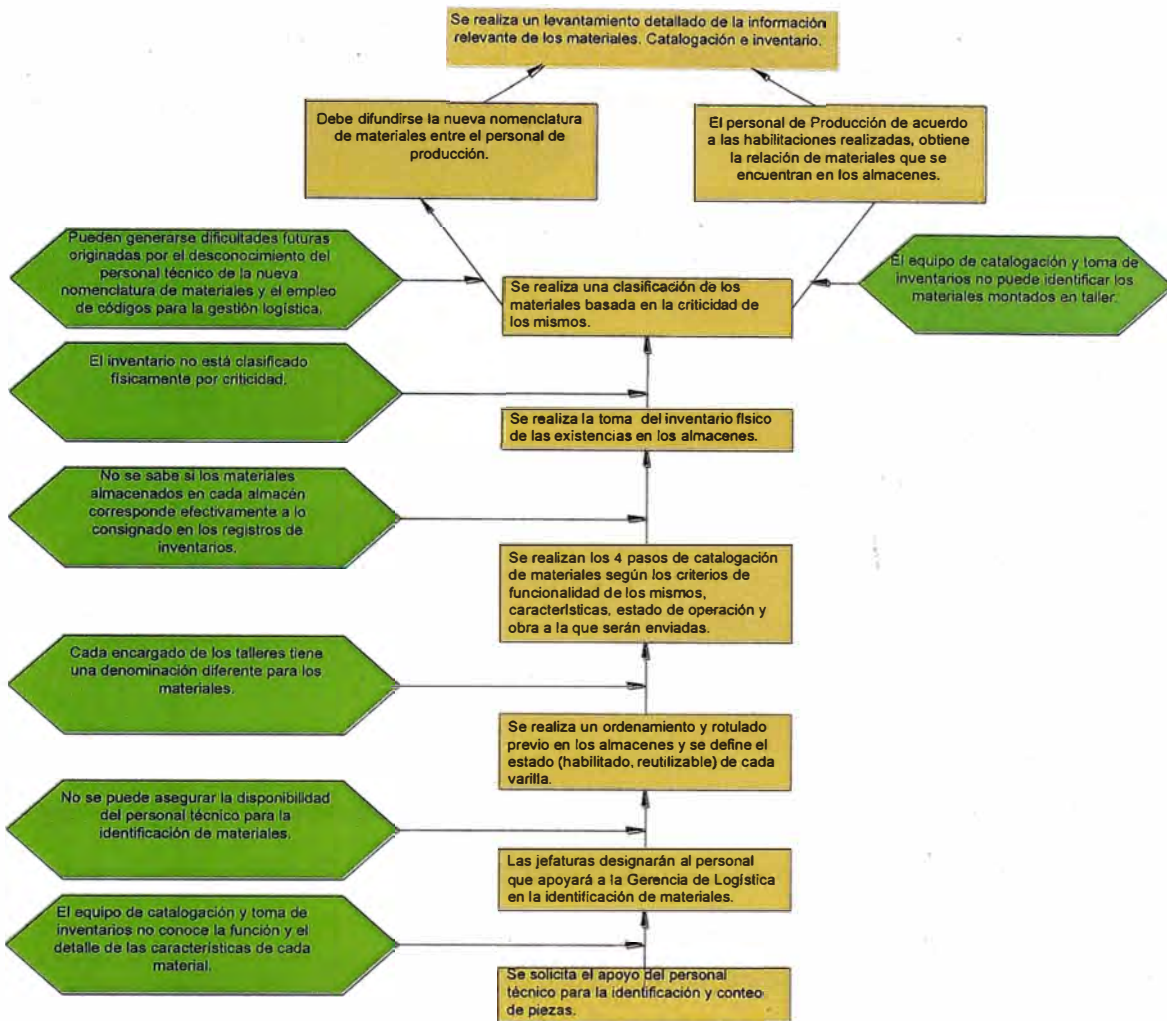


Figura 3.16 Árbol de prerequisites del levantamiento de información relevante acerca de los materiales de FEGASA.

**Objetivo: Inicio de la utilización del software logístico de la Empresa**

OBSTÁCULOS	OBJETIVOS INTERMEDIOS
No se cuenta con los datos necesarios para iniciar el control del inventario de la Empresa en el software logístico.	Los datos provenientes del levantamiento de información deben ser cargados en el software logístico de la Empresa como información inicial.
Existen operaciones propias de la empresa que son diferentes a las controladas por el software logístico (orientado básicamente al control de materiales).	Se realizan las adecuaciones necesarias al software para que pueda soportar los procesos y procedimientos que se diseñan para la producción.
El personal no conoce el manejo del software logístico de la Empresa para las actividades de control de inventarios.	Se capacita al personal en el manejo de las funcionalidades del software logístico de la Empresa, necesarias para soportar los procesos que realizará.

Cuadro 3.4 Lista de obstáculos para el levantamiento de información acerca de la utilización de software logístico y objetivos intermedios que deben ser alcanzados para superarlos.



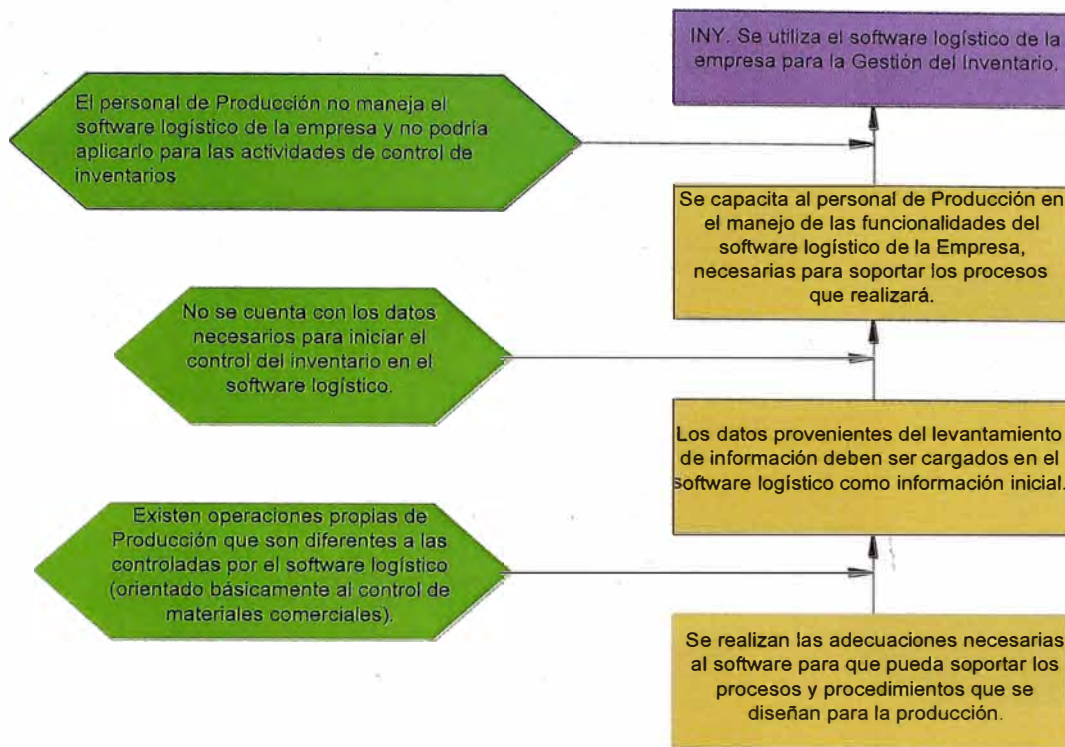


Figura 3.17 Árbol de prerequisites para el inicio de la operación utilizando el software logístico de FEGASA.

**Objetivo: Delegación de algunas actividades de Control de Inventarios al Personal de Producción.**

OBSTÁCULOS	OBJETIVOS INTERMEDIOS
El personal no conoce los métodos necesarios para realizar las actividades de control de inventarios.	Se capacita al personal de producción en las labores encomendadas.
No están definidas las actividades que serán delegadas al personal técnico.	Las actividades a delegar serán las siguientes: - Toma de inventarios cíclicos - Actualización de registros y movimiento de inventarios
Las actividades de control de inventarios que debe realizar el personal, pueden consumir tiempo de la operación regular de producción.	Las labores que se delegarán al personal de producción no deben restar tiempo significativo de operación, si se realizan regularmente.
El personal de producción prioriza otras actividades, postergando la realización de labores de control de inventarios.	Se debe lograr el compromiso de las jefaturas de la empresa para que el personal cumpla con las actividades encomendadas.
El personal de la empresa puede cometer errores al realizar las actividades de control de inventarios y no corregirlos.	La Gerencia de Logística establecerá un monitoreo de las actividades de control de inventarios realizada, de acuerdo a una programación semanal.

**Cuadro 3.5 Lista de obstáculos para la delegación de actividades de control de inventarios al personal de producción y objetivos intermedios que se deben alcanzar para superarlos.**



Figura 3.18 Árbol de prerequisites para la delegación de actividades de control de inventarios al personal de Producción de FEGASA.

### 3.1.4 Plan Detallado de la Solución

Prosiguiendo con la metodología TOC, una vez planeada la solución y delimitados los objetivos intermedios, es necesario concretar estos objetivos en acciones que permitan la transición desde el estado inicial al futuro deseado.

En el presente caso, mediante la utilización de un **árbol de prerequisites** ha sido obtenida la secuencia en la que estos objetivos deben ser alcanzados. De acuerdo a ésta, ha sido construido el **árbol de transición** mostrado en las Figuras 3.19 a la 3.23.



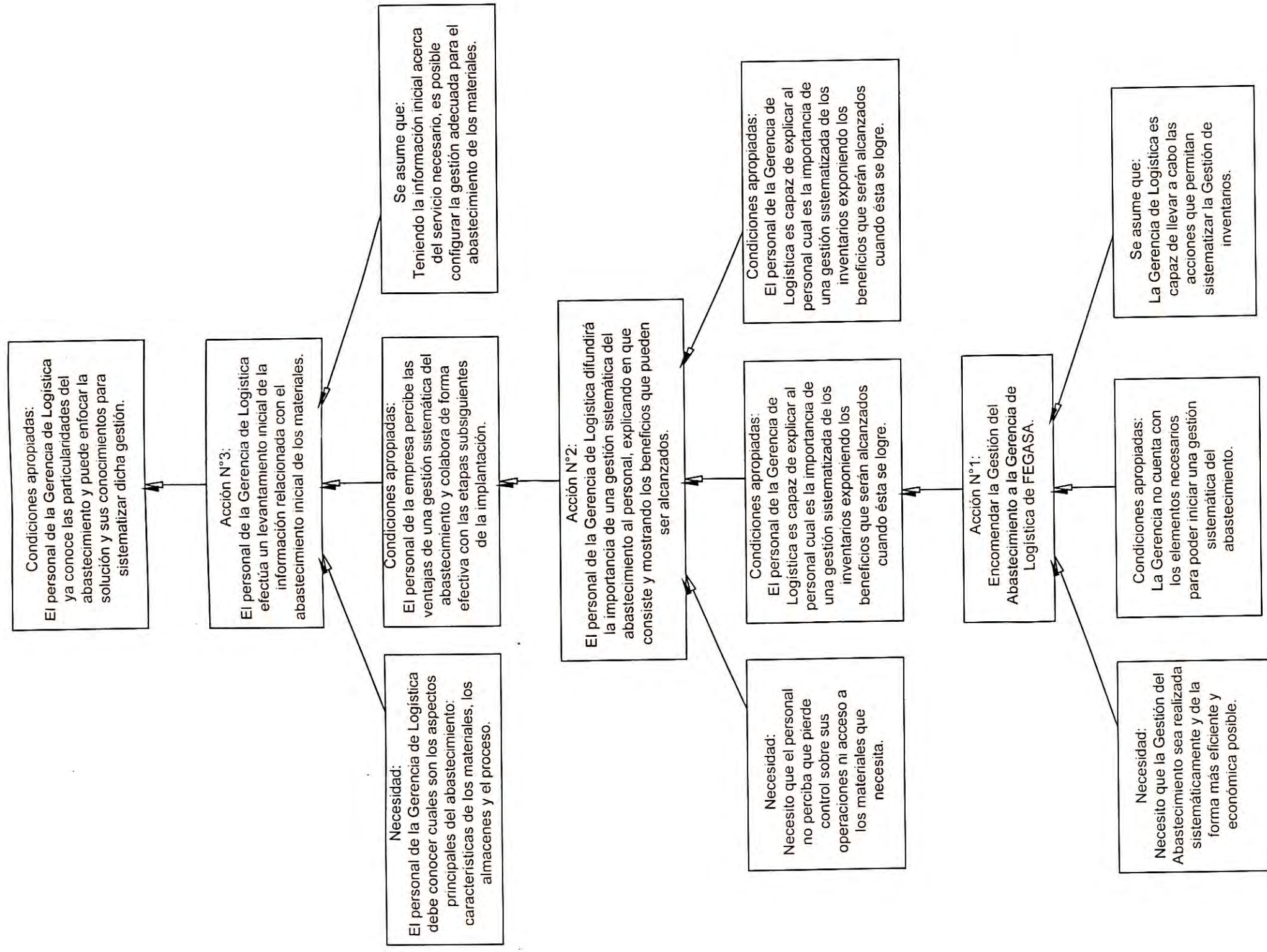


Figura 3.19 Árbol de Transición para la implementación de un Sistema Logístico de Abastecimiento de materiales de FEGASA.



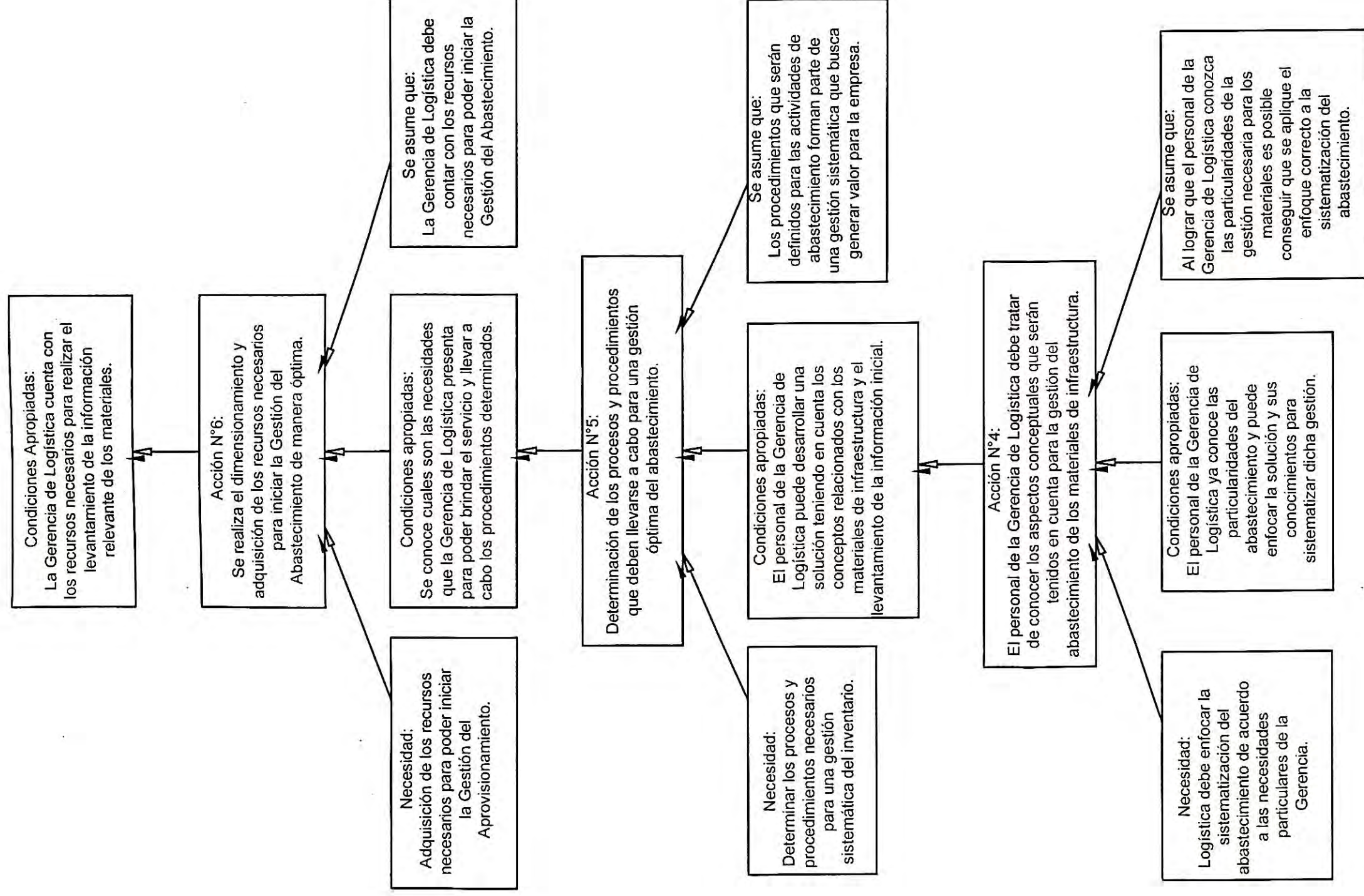


Figura 3.20 Árbol de Transición para la implementación de un Sistema Logístico de Abastecimiento de materiales de FEGASA. (Continuación 1)



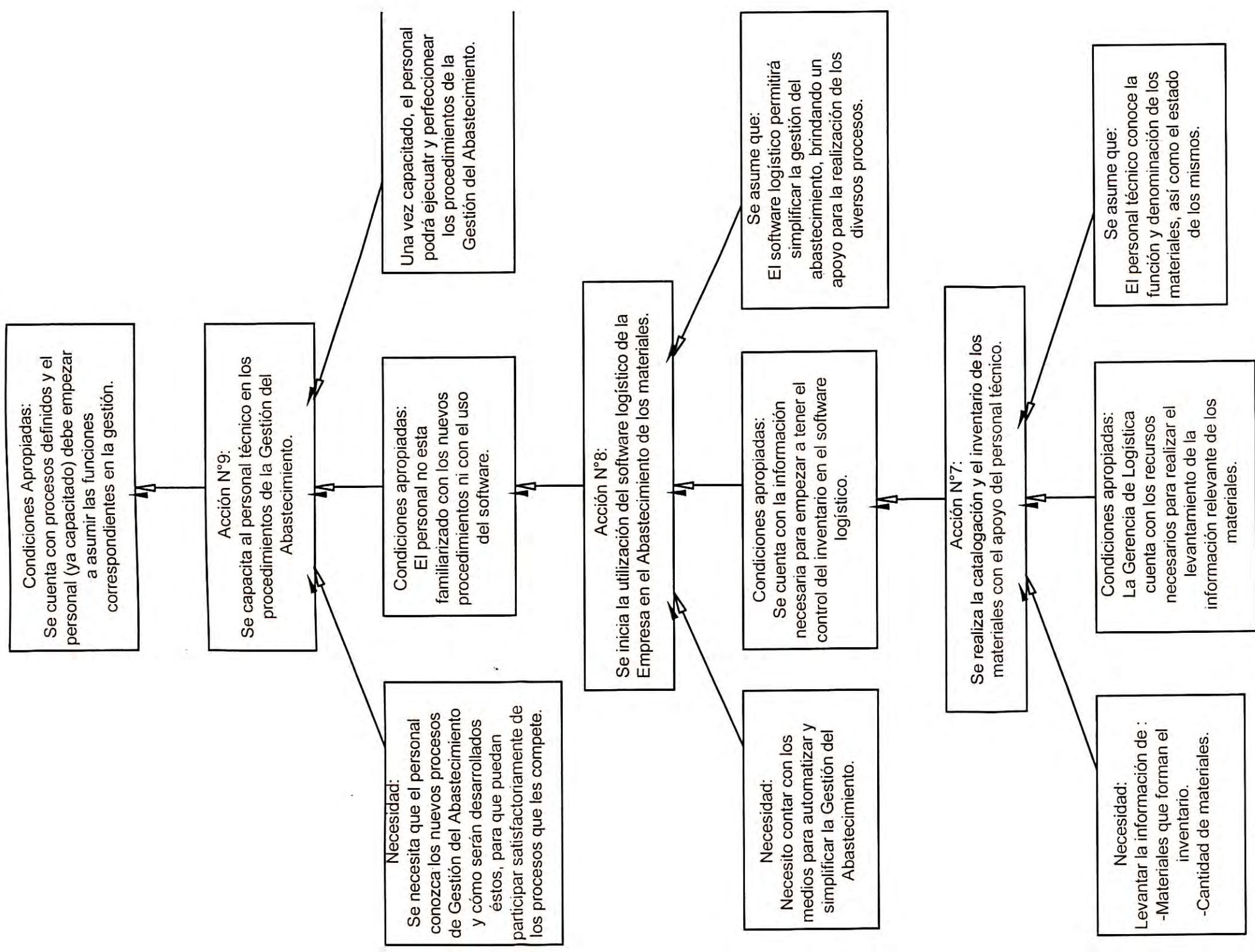


Figura 3.21 Árbol de transición para la implementación de un Sistema Logístico de Abastecimiento de materiales de FEGASA (Continuación 2)



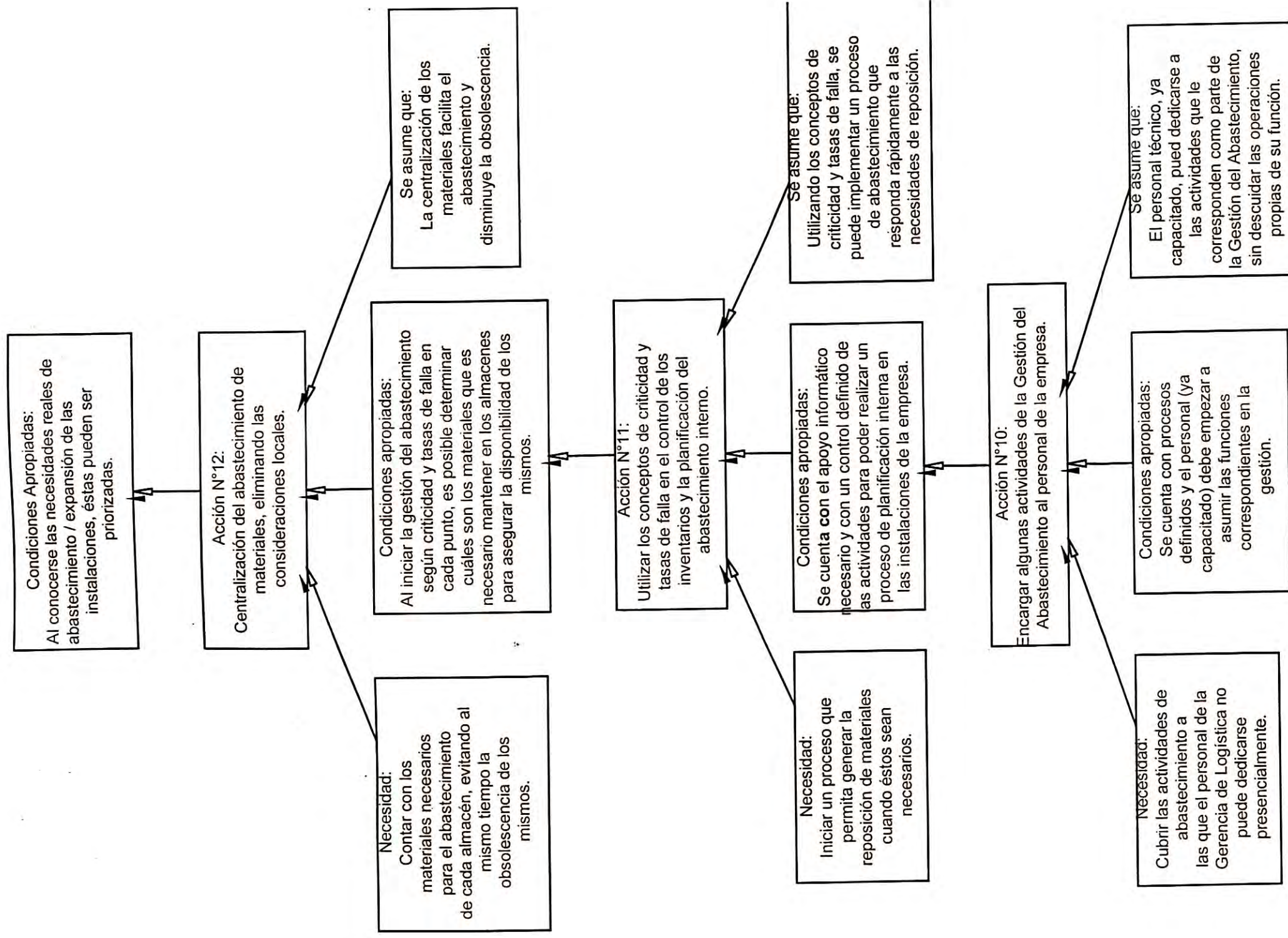
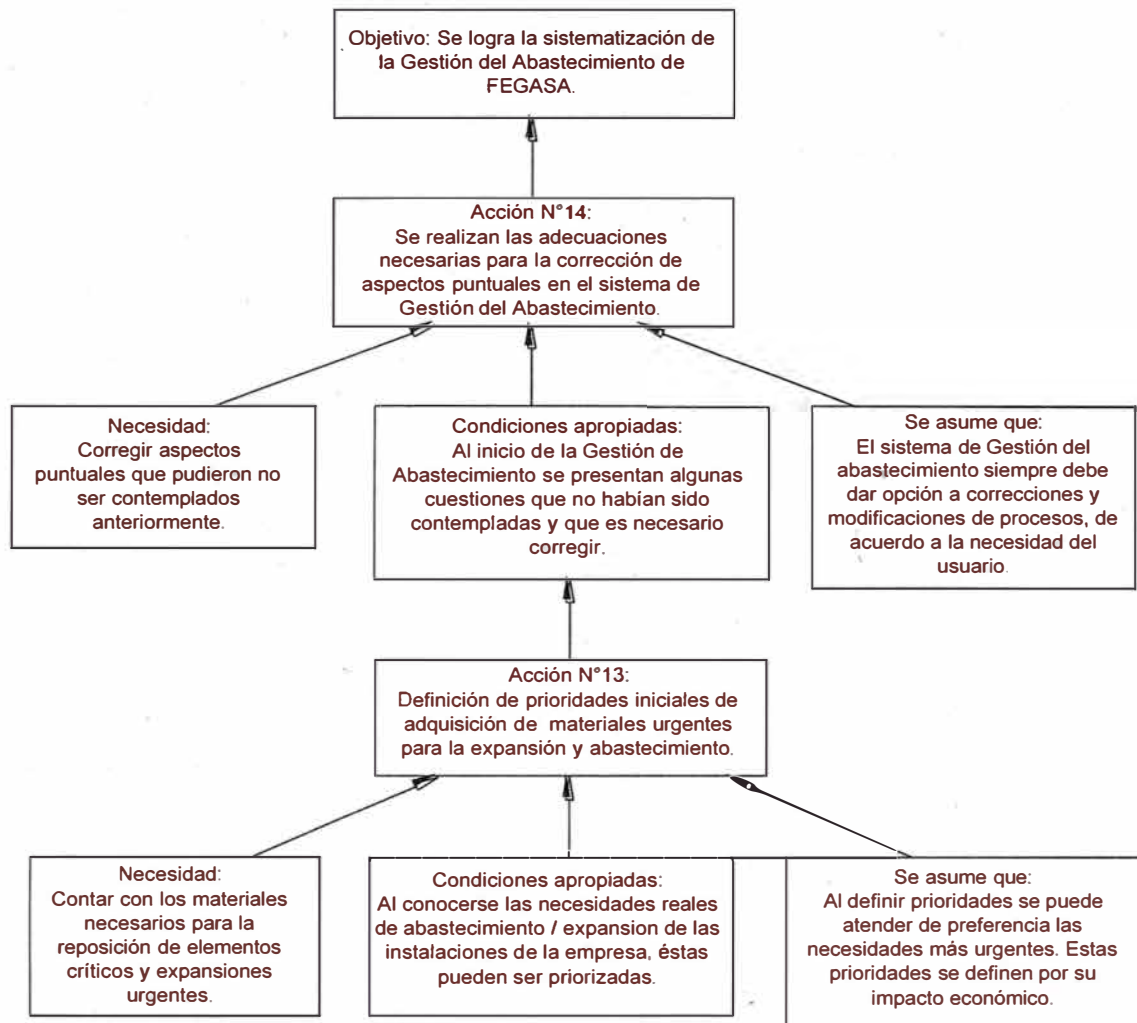


Figura 3.22 Árbol de transición para la implementación de un Sistema Logístico de Abastecimiento de materiales de FEGASA (Continuación 3)



**Figura 3.23** Árbol de transición para la implementación de un Sistema Logístico de Abastecimiento de materiales de FEGASA (Continuación 4)

El esquema de construcción del árbol de transición para la implementación de un sistema logístico de abastecimiento, muestra cómo es que se determina cada acción a tomar, analizando previamente la necesidad que debe satisfacerse mediante la toma de la mencionada acción, las condiciones que permiten que la acción sea efectivamente tomada y las cuestiones que es necesario asumir para determinar que la acción sea un paso más hacia el logro del objetivo planteado: **Conseguir que la Logística de Abastecimiento de Materiales sea capaz de suministrar a la Empresa los materiales adecuados, en el momento oportuno y en las cantidades necesarias al mínimo costo posible.**

## CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1.- El análisis y diagnóstico efectuados nos permitieron descubrir la situación de la logística de la Empresa FEGASA, observando aspectos puntuales de la problemática del proceso logístico que obstaculizan el abastecimiento de recursos, siendo las principales:

- a) El Abastecimiento de materiales no es realizada por especialistas que le pueden dar una forma sistemática.
- b) El personal percibe que pierde el control de parte de sus labores y que no va a disponer de sus materiales libremente.
- c) El Área de Logística no conoce a detalle las características del servicio que necesita el Área de Producción.
- d) El personal de producción no maneja el software logístico de la Empresa y no puede aplicarlo para la gestión del inventario.
- e) Logística no puede dedicarse presencialmente a todas las actividades de gestión del abastecimiento.
- f) El equipo de Catalogación y Toma de Inventarios, no conoce la función y las características de cada material.
- g) Los almacenes y talleres están desordenados y no hay una división entre material nuevo, habilitado y reutilizable.
- h) Cada encargado de taller tiene una denominación diferente para los materiales. No existe uniformidad de identificación.
- i) Las actividades de control de inventarios que debe realizar el personal de producción, consumen demasiado tiempo afectando la producción.
- j) El personal de producción prioriza otras actividades, postergando la realización de labores de control de inventarios.

Integrando estos aspectos para determinar su efecto conjunto, llegamos a la conclusión general de que la causa raíz de la problemática es:

**k) La Gestión del Abastecimiento es cada vez más costosa e ineficiente.**

2.- Para cada una de estas y otras dificultades identificadas se encontraron soluciones individuales, pero apuntando a un objetivo final común, a continuación se muestran tales soluciones en el mismo orden que se describieron líneas arriba.



- a) Se crea la Gerencia de Logística a quien se encomienda la Gestión del Abastecimiento de la Empresa.
- b) Se difunde la función de la Gestión de Inventarios al personal, mostrando en qué consiste.
- c) Se levanta información sobre las necesidades de abastecimiento de la empresa:
  - Características de los materiales.
  - Características del servicio necesario.
  - Verificación y reconocimiento de los talleres y obras.
- d) Se realiza una capacitación del personal en los siguientes aspectos:
  - Exposición de nuevos procedimientos
  - Uso del software logístico
- e) Derivación de algunas actividades de la gestión del abastecimiento al personal de producción.
- f) Se solicita el apoyo del personal técnico para la identificación y conteo de materiales.
- g) Se realiza un ordenamiento y rotulado previo en los almacenes y se define el estado (nuevo, habilitado, reutilizable) de cada material.
- h) Se realizan los 3 pasos de la catalogación de materiales, características, estado de operación y proyecto en el que serán utilizados.
- i) Las labores que se delegan al personal de producción se realizan regularmente para no restar tiempo significativo de operación.
- j) Las jefaturas se comprometieron a que su personal cumpla con las actividades encomendadas.

Estas y otras soluciones parciales dieron como resultado un efecto conjunto mediante el cual podemos llegar a la conclusión general:

**k) El área de logística suministra los materiales adecuados, en el momento oportuno y en las cantidades necesarias al mínimo costo posible.**

5.- El sistema de abastecimiento diseñado en este trabajo permitirá:

- La optimización del abastecimiento de materiales, tanto en el Almacén Central, como en los diversos almacenes de la empresa, ya que se cuenta con un amortiguador de inventario alineado con las necesidades de las instalaciones cubiertas por cada almacén y con existencias



centrales en el Almacén Central. Todos estos inventarios han sido determinados de acuerdo al consumo esperado de los materiales y el tiempo de reposición. En pocas palabras, el sistema logístico diseñado permitirá a la logística de la empresa, lograr que se cuente con los materiales adecuados, en el momento y lugar oportunos con un costo mínimo, es decir, llevar a la logística de la empresa hacia su meta.

- Generar valor para la Empresa mejorando el tiempo de respuesta ante alguna necesidad de abastecimiento de los talleres, contribuyendo de esta forma a una mejora continua de la calidad de operación.

## RECOMENDACIONES

En la realización de trabajos similares a la presente, se recomienda considerar las siguientes pautas:

- Lograr la optimización de un sistema no significa optimizar por separado cada uno de los procesos que lo conforman; por el contrario, significa encontrar una forma de lograr que el sistema como un todo logre una mejora continua, acercándose progresivamente a su meta.
- En la mayoría de los casos se presentan tanto restricciones físicas, como restricciones políticas. Es recomendable iniciar el proceso a partir de estas últimas, ya que muchas veces las restricciones políticas no permiten la explotación de las restricciones físicas para lograr que el sistema avance hacia su meta.
- Uno de los puntos más importantes en el diseño de un sistema de abastecimiento consiste en determinar el tamaño del amortiguador de inventario necesario para que un cuello de botella pueda funcionar adecuadamente.

## BIBLIOGRAFÍA

- BALLOU, RONALD H (2004) "Logística, Administración de la cadena de suministro" 5ta Edición México.
- MORA GARCIA, LUIS ANIBAL (2010) "Gestión Logística Integral" 3ra Edición Bogotá, Colombia.
- PAU COS, JORDI (1998) "Manual de Logística Integral" 1ra Edición Madrid, España.
- [www.logistpilot.com](http://www.logistpilot.com) (10 de Marzo 2014)
- [www.calidad.org](http://www.calidad.org) (09 de Marzo 2013)
- [www.gestiopolis.com](http://www.gestiopolis.com) (10 de Marzo 2013).