

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Estudio de alternativas para incrementar la eficiencia operacional  
de una planta de producción de fertilizantes compuestos”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentada por:

Ricardo Paúl Rodríguez Almeida

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2004

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios siempre conmigo,

A mis Maestros forjadores,

A mis Amigos de siempre,

Al Ing. Ernesto Martínez.

# DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MARIBEL

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Eduardo Rivadeneira P.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Ernesto Martínez L.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Arq. Rosa Rada A.  
VOCAL

---

Dr. Kléber Barcia V.  
VOCAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponden exclusivamente y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Ricardo Rodríguez Almeida

# INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS .....	IV
SIMBOLOGÍA .....	V
INDICE DE FIGURAS .....	VI
INDICE DE TABLAS .....	VII
INDICE DE PLANOS.....	VIII
ANTECEDENTES .....	1
CAPITULO 1	
1. ANALISIS DEL ENTORNO.....	6
1.1 Descripción del ámbito organizacional.....	7
1.2 Funcionalidad y características de los fertilizantes compuestos...	13
1.3 Estructura del mercado local de fertilizantes.....	24
1.4 Cadena de abastecimiento.....	31
CAPITULO 2	
2. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL.....	33
2.1 Descripción del problema.....	34
2.2 Caracterización del proceso actual.....	48

2.3 Evaluación de condición operativa de la planta actual.....	51
2.4 Análisis Causal.....	59
CAPITULO 3	
3. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION.....	66
3.1. Mejora del Proceso Actual.....	67
3.1.1. Flujo de Materiales.....	68
3.1.2. Estándares del proceso.....	77
3.1.3. Balance de línea.....	81
3.2. Mejora del equipo e infraestructura actual.....	93
3.2.1. Reparación de elementos.....	102
3.2.2. Cambio de Elementos.....	104
3.3. Adquisición de una nueva línea de producción.....	106
3.4. Evaluación del impacto de cada alternativa.....	110
CAPITULO 4	
4. ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS.....	119
4.1 Análisis Económico.....	120
4.2 Análisis Financiero.....	125
4.3 Selección de alternativa.....	130
CAPITULO 5	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	131
APENDICES	
BIBLIOGRAFÍA	

## **ABREVIATURAS**

scs	sacos
Kg	kilogramos
Tm	Toneladas Métricas
gr	gramos
m <sup>3</sup>	metros cúbicos
m <sup>2</sup>	metros cuadrados
m	metros



## SIMBOLOGÍA

N	Nitrógeno
P	Fósforo
K	Potasio
S	Azufre
Mg	Magnesio
B	Boro
\$	Dólares estadounidenses
V	Voltios
A	Amperios
RPM	Revoluciones por minuto
TMH	Toneladas métricas por hora
TIR	Tasa Interna de retorno
VAN	Valor Actual Neto
%	Porcentaje
Cl	Cloro
Cu	Cobre
Fe	Hierro
Mn	Manganeso
Mo	Molibdeno
Zn	Zinc
H	Hidrógeno
Na	Sodio
C	Carbono
O	Oxígeno

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1	Organigrama estructural de la empresa..... 11
Figura 1.2	Esquema general de nutrición de una planta.....16
Figura 1.3	Utilización del amoniaco para elaborar fertilizantes.....19
Figura 1.4	Esquema de la disponibilidad de fósforo en el suelo.....20
Figura 1.5	Nomenclatura de fertilizantes compuestos.....22
Figura 1.6	Tamaño del mercado de fertilizantes compuestos.....25
Figura 1.7	Distribución del volumen de fertilizantes de la empresa.....26
Figura 1.8	Distribución del mercado de fertilizantes.....28
Figura 1.9	Distribución del mercado de fertilizantes compuestos.....29
Figura 1.10	Cadena de distribución de fertilizantes.....30
Figura 1.11	Cadena de abastecimiento de fertilizantes.....32
Figura 2.1	Impacto de la eficiencia operacional en el crecimiento del negocio.....34
Figura 2.2	Capacidad empleada vs. Capacidad ociosa.....39
Figura 2.3	Distriución de causas de ineficiencias operacionales.....40
Figura 2.4	Causas de desperdicio en línea de mezclado.....41
Figura 2.5	Relación tipo de producto vs tiempo de producción.....44
Figura 2.6	Proceso esquemático de generación de virada de sacos.....47
Figura 2.7	Diagrama funcional del proceso.....49
Figura 2.8	Flujo de materiales actual de la línea mezcladora.....50
Figura 2.9	Diagrama de Pareto para causas principales de paras.....61
Figura 2.10	Análisis Ishikawa (Falta de Transporte en línea).....63
Figura 2.11	Análisis Ishikawa (Fallas mecánicas).....64
Figura 2.12	Análisis Ishikawa (Tiempo de mezclado).....65
Figura 3.1	Flujode materiales actual.....69
Figura 3.2	Proceso virada de sacos.....71
Figura 3.3	Mecanismo llenado super sacos.....72
Figura 3.4	Doblador automático de sacos.....73
Figura 3.5	Flujo de materiales propuesto de la línea mezcladora.....74
Figura 3.6	Balance de línea en situación actual.....82
Figura 3.7	Alimentación del mezclador.....87
Figura 3.8	Homogenización de materias primas.....88
Figura 3.9	Nivel de homogenización vs tiempo de mezclado.....90
Figura 3.10	Balance de línea con readecuación propuesta.....92
Figura 3.11	Compresor de la mezcladora.....96

Figura 3.12	Tipo conexiones eléctricas exteriores.....	97
Figura 3.13	Tipo conexiones eléctricas interiores.....	97
Figura 3.14	Motor de Banda N°1.....	98
Figura 3.15	Matriz de riesgo cualitativo ASME.....	100
Figura 3.16	Impacto en productividad.....	112
Figura 3.17	Costo de desperdicio anual.....	113
Figura 3.18	Impacto en reproceso.....	115
Figura 3.19	Impacto en mano de obra.....	116
Figura 3.20	Tiempo de atención a clientes en línea.....	117
Figura 4.1	Costo mantenimiento anual de línea.....	124

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operaciones realizadas en las instalaciones.....	7
Tabla 2. Clasificación de nutrientes minerales.....	17
Tabla 3. Concentración de nutrientes en fertilizantes simples .....	23
Tabla 4. Tamaño del mercado local de fertilizantes.....	24
Tabla 5. Participación de fertilizantes compuestos en el negocio.....	26
Tabla 6. Distribución de capacidades de planta por línea.....	37
Tabla 7. Productividad – hora de la línea de mezclado.....	39
Tabla 8. Distribución % de pérdidas de capacidad.....	39
Tabla 9. Causas de desperdicio en línea de mezclado.....	40
Tabla 10. Evaluación general de la condición operativa de la línea mezcladora.....	52
Tabla 11. Distribución del impacto de causas de paras de producción de la línea.....	60
Tabla 12. Análisis del flujo de materiales actual.....	70
Tabla 13. Criterio de gestión de elementos en base al flujo de materiales....	75
Tabla 14. Estándares de capacidad actual en la línea mezcladora.....	79
Tabla 15. Análisis de capacidades en situación actual.....	83
Tabla 16. Análisis de homogenización de Fertilizantes Compuestos.....	89
Tabla 17. Evaluación cualitativa de inspección visual a elementos de la mezcladora.....	94
Tabla 18. Listado de elementos a reparar en la línea.....	103
Tabla 19. Listado de elementos a reparar en la readecuación de la línea...	105
Tabla 20. Especificaciones de capacidad del equipo requerido.....	107
Tabla 21. Detalle de oferta de nueva línea de mezclado.....	108
Tabla 22. Costos de Inversión inicial en cada alternativa.....	122
Tabla 23. Montos de reducción de costos operativos anuales.....	123
Tabla 24. Tabla de amortización – Línea actual.....	127
Tabla 25. Tabla de amortización – Nueva Línea.....	127
Tabla 26. Flujo de caja proyectado para alternativa de readecuación.....	128
Tabla 27. Flujo de caja proyectado para alternativa de adquisición.....	129
Tabla 28. Cuadro índices de evaluación financiera de cada alternativa.....	130

## **BIBLIOGRAFIA**

1. **CÍA TÉCNICAS REUNIDAS S.S** E-6800. Planta Bulk Blending. Guayaquil Ecuador. 1,981.
2. **EMPRESA RELACIONADA**, “Procedimiento para Controlar el Proceso de Producción”. FER PP 14. Noviembre 2,002
3. **HAROLD HILL**, Propuesta Técnica Néctar Group. Ashton Gate Road, Romford, Essex RM3 8UF Reino Unido.
4. **IAPI – ESPOL**, “Diagnóstico de los proceso de Comercialización para Identificar y jerarquizar proyectos de mejora en la empresa”. Julio 2,001. Tomo I, pp 88-92; 108; 143
5. **JUPESA**, Informe Final de Inspección Técnica del la Planta Mezcladora. J-STE-FTS-IF-BB-01. (Julio 2003).

## **RESUMEN**

La empresa agroindustrial donde se desarrolla la tesis está asentada en Guayaquil desde 1,964 y es unidad de negocio de un holding conformado por capital nacional y extranjero que adquirió la planta de producción y comercialización de fertilizantes simples y compuestos en 1,994.

El problema existente es la baja eficiencia operacional de la línea de producción de fertilizantes compuestos que se evidencia en pérdidas en los tiempos de atención a clientes, desviaciones de especificaciones técnicas del producto, alto desperdicio y elevado porcentaje de mantenimiento correctivo. Las causales de esta ineficiencia están en factores propios del proceso y condiciones operativas de la línea debido a las dos décadas que ha permanecido operativa sin un plan de mantenimiento eficaz.

El objetivo de la tesis es evaluar la alternativa más conveniente económica y operativamente para solucionar esta ineficiencia; para esta evaluación se analizará las tres opciones que la empresa ha considerado en el plan de

desarrollo para este segmento del negocio: mejoras al proceso, adecuación de la línea actual y adquisición de una nueva línea.

Las metodología a emplearse en el estudio está compuesta por las siguientes herramientas: Análisis Causal, Análisis y Balance de Proceso, Evaluación de Eficiencias y Análisis Económico para selección de alternativas.

El resultado esperado es la estimación de mejora en la eficiencia y el retorno económico que se puede obtener con cada alternativa, de manera que permita recomendar a la empresa la decisión de inversión más conveniente para el escenario que se presenta al momento de desarrollar el estudio.

## **ANTECEDENTES**

Esta primera parte del estudio introduce antecedentes históricos, de entorno y de mercado respecto a la empresa que sirven de base para establecer objetivos, justificación y alcance de la tesis a desarrollar.

### **LA EMPRESA**

La tesis se realiza en una empresa agroindustrial que forma parte de un importante grupo productor y exportador agropecuario ecuatoriano que cuenta con una participación de capital multinacional; la misión actual de la empresa se enfoca a satisfacer la demanda de insumos agrícolas del sector agropecuario del país.

#### Reseña Histórica

La marca de fertilizantes comercializada por la empresa tiene una existencia de 30 años en el mercado ecuatoriano y fue administrada estatalmente hasta 1994, a partir de esa fecha el estado ecuatoriano decide su privatización para evitar las pérdidas que la misma había empezado a generar; es así como pasa a ser subsidiaria de un holding agroindustrial que al asumir su administración realiza una importante inversión con el objeto de implementar la nueva visión que tendría la empresa.

Esta nueva visión consistió en eliminar todos los procesos de transformación química para fertilizantes que la empresa tenía hasta esa fecha. De esta manera las operaciones de la empresa quedan orientadas a la importación de fertilizantes elaborados desde diferentes plantas a nivel mundial, con los cuales se lleva a cabo un proceso de ensacado simple o mezcla física para elaborar fertilizantes compuestos. Los esfuerzos de comercialización apuntan al mercado local y a las propias necesidades de las unidades agrícolas que el grupo posee.

Definida esta visión del negocio, las inversiones mencionadas anteriormente se orientaron a preparar una infraestructura que priorice el almacenamiento de fertilizantes al granel y a preparar las instalaciones de la planta para adaptarlas a las operaciones que las otras unidades del negocio generarían, principalmente de operación portuaria para la carga de banano y descarga de fertilizantes en el muelle propio con que cuenta la empresa.

Durante los últimos nueve años de gestión privada, la empresa ha logrado consolidar el liderazgo que le caracterizó en el mercado de fertilizantes del país a pesar de la dinámica que ha caracterizado al mismo; esta misma dinámica es la que ha llevado a la empresa en los dos últimos años a revisar el enfoque de sus operaciones debido a que las necesidades de mercado

han generado la oportunidad de ampliar el espectro de productos del negocio.

A la fecha de elaboración de esta tesis la empresa tiene abierto varios frentes de desarrollo por cada línea del negocio, específicamente en el de fertilizantes compuestos afronta una considerable amenaza por parte de la competencia, ya que este segmento del mercado que inicialmente tenía una participación minoritaria ha iniciado un periodo de crecimiento como resultado de la tecnificación y especialización del sector agrícola; como consecuencia, la dirección necesita definir la inversión requerida para optimizar el proceso de elaboración de fertilizantes compuestos que permita ser coherentes con la estrategia comercial.

Para cumplir el objetivo mencionado se me ha encomendado la realización del estudio como persona responsable del proceso operativo.

## **OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Incrementar la eficiencia operacional del proceso de producción de fertilizantes compuestos.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Incrementar la capacidad de producción del proceso de mezclado a 70 TM/H
- Reducir el desperdicio del proceso de mezclado a niveles menores a 0.2%
- Evaluar y optimizar el nivel de homogenización de fertilizantes compuestos para mantenerlo dentro de las normas regulatorias vigentes.
- Fortalecer y fomentar el crecimiento de la participación de la empresa en el segmento de mercado para fertilizantes compuestos.
- Incrementar la utilidad del negocio en el segmento de productos analizados.

## **JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La apertura total de mercados a partir del 2005 facilitará el ingreso al mercado local de fertilizantes productos elaborados en otros países de la región a precios más competitivos a los que actualmente ofertan las empresas ecuatorianas.

La diferencia competitiva de la que se hace referencia queda marcada principalmente por los costos operacionales generados en el proceso productivo, ya que el costo de materias primas puede asumirse como similares puesto todas las empresas de la región poseen similares ubicaciones geográficas para los proveedores de las mismas.

Dadas estas circunstancias de mediano plazo en el mercado, la empresa necesita encontrar de manera inmediata una solución para mejorar la eficiencia operacional del proceso que permita asegurar que el negocio mantendrá su competitividad una vez que se eliminen las barreras de entrada mantenidas al momento. Por lo tanto el estudio plantea y evalúa de forma práctica las alternativas para la solución de este problema.

# **CAPITULO 1**

## **1. ANALISIS DEL ENTORNO**

El alcance de este capítulo involucra descripción de aspectos organizacionales, del producto y del negocio que tienen una incidencia relevante en el desarrollo del estudio. En cada uno de tales aspectos no se profundizará más allá de lo que esté estrictamente relacionado con el tema analizado.

El análisis del entorno explica los criterios globales tanto técnicos como de mercado que son pilares fundamentales en la justificación de los objetivos que se ha planteado obtener con la ejecución de las alternativas que el estudio plantee.

## 1.1. Descripción del ámbito organizacional

### Actividades de la empresa

Aunque la actividad principal de la empresa es la importación y comercialización de fertilizantes simples y elaboración de fertilizantes compuestos, la misma infraestructura existente ha sido aprovechada por la corporación para el desarrollo de otras líneas del negocio.

En la Tabla 1 se realiza una breve descripción de todas las actividades que se desarrollan dentro de la planta:

**Tabla 1**

### OPERACIONES REALIZADAS EN LAS INSTALACIONES

LINEA DE NEGOCIO	DESCRIPCION
<b>PROCESO DE FERTILIZANTES</b>	Almacenamiento al granel y proceso de ensacado o elaboración de fertilizantes simples y compuestos. El detalle es explicado por el estudio.
<b>DESCARGA DE</b>	Operaciones de puerto que se realizan

<b>FERTILIZANTES</b>	para la manipulación, transporte y almacenamiento de fertilizantes importados al granel en buques de capacidad hasta 30,000 TM de materia prima.
<b>CARGA DE BANANO PARA EXPORTACION</b>	Operaciones de muelle requeridas para recibir fruta de vehículos transportadores de banano, realizar el proceso de verificación de calidad y almacenamiento en los buques para exportación
<b>DESPACHO DE ACERO</b>	El grupo realiza importación de planchas de acero que son descargadas en la autoridad Portuaria de Guayaquil; una vez desaduanizada son transportadas a las instalaciones de la empresa para su posterior despacho a clientes.
<b>DESPACHO DE AGROQUIMICOS</b>	La empresa realiza la importación del producto y subcontrata el servicio para el reenvasado en presentaciones específicas requeridas por el mercado local, que luego

	se despacha a los clientes desde las instalaciones propias.
<b>FABRICACION DE PALLETS</b>	Operaciones que otra empresa del grupo desarrolla para fabricación de pallets que luego serán empleados en el embalaje de cajas de banano para exportación

Como puede evidenciarse en la Tabla 1 las operaciones que se realizan dentro de las instalaciones de la empresa son de diferentes enfoques y orientadas a intereses de otras empresas del mismo grupo. Esta circunstancia es considerada como una ventaja competitiva desde un punto de vista corporativo, principalmente en el negocio de operaciones portuarias para carga de banano; pero a nivel de empresa esta situación ha representado una desventaja por motivos de espacio, costos y consumo de recursos que afectan la actividad propia de la misma: fertilizantes.

### **Estructura organizacional**

La empresa se caracteriza por ser una unidad de negocio autónoma en sus operaciones pero dependiente a nivel económico y organizacional de la matriz del holding del cual es parte en

conjunto con otras cinco empresas relacionadas al negocio agroindustrial.

Esta relación de dependencia ha creado permanente cambio en su estructura organizacional, debido a la permanente centralización de procesos hacia la casa matriz y actualmente al crecimiento que mantiene por la apertura de nuevas líneas de negocios en el área comercial. En la Figura 1.1 se presenta la estructura de la empresa al momento de la realización de esta tesis.

En el organigrama anterior se puede comprobar que se trata de una empresa con una estructura de tamaño considerable, coherente con el volumen de operaciones que se administran.

Como agente relevante en el desarrollo del estudio, se resalta el hecho de que no se cuenta con un departamento de compras propio de la empresa, ya que es uno de los procesos que fue centralizado para obtener una estrategia corporativa de economía de escala. Al no contar con este departamento, el desarrollo de este proceso de adquisiciones se convirtió en una dificultad para la ejecución a tiempo de los planes de mantenimiento o inversión que estén programados, siendo esto finalmente una de las causas de ineficiencias operacionales que se estudiarán en el próximo capítulo.

En el organigrama se ha resaltado los niveles organizacionales que estarán comprometidos en el desarrollo del estudio, esto es Jefe de Unidad, Gerente de Operaciones, Jefes de Producción, Mantenimiento y Calidad, Coordinadores e inspectores de proceso. Cada una de estas áreas interviene desde su enfoque en el establecimiento de los requerimientos técnico económicos para el desarrollo del proceso.

## 1.2 Funcionalidad y características de los fertilizantes compuestos

En esta sección se explica de manera sencilla y figurativa el papel que desempeñan los fertilizantes en el proceso agrícola y los factores que intervienen para su aplicación en suelos.

### Conceptos generales de fertilización

La relación entre hombres y plantas se ajusta perfectamente a una simbiosis en nuestra cadena alimentaria; ya que el hombre colabora con la naturaleza en tres factores preponderantes:

- ✓ Adición de Nitrógeno, fósforo, potasio, cal y el resto de nutrientes necesarios para garantizar un rendimiento óptimo.
- ✓ Control de la disponibilidad de agua en el suelo mediante técnicas de riego y drenaje que optimicen este recurso.
- ✓ Buenas prácticas de labranza y producción para obtener las mejores condiciones ambientales favorables al crecimiento.

De estos tres factores se enfoca el desarrollo de la descripción en el primero de ellos, que implica una adecuada selección de fertilizantes y las características que los mismos deben reunir para determinadas condiciones del suelo.

Un suelo fértil no implica necesariamente un suelo productivo; esto se debe a que existen factores como drenajes, plagas o sequías que influyen en la productividad del suelo y que es importante conocerlos para comprender los requerimientos de cada situación.

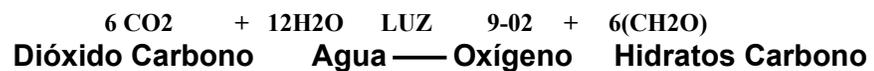
Para entender la productividad del suelo hay que conocer la relación suelo-plantas, influenciada principalmente por los siguientes agentes: aire, calor, luz, soporte mecánico, nutrientes y agua. Todos estos factores tienen una interrelación simultánea, es así como agua y aire ocupan los espacios porosos del suelo, esto hace que aquellos factores que afectan las relaciones hídricas necesariamente influenciarán el aire del suelo, luego estos cambios de humedad afectan la temperatura del suelo, que a su vez en conjunto con el balance de agua afecta la disponibilidad de nutrientes. El crecimiento radicular está también directamente afectado por la temperatura, por el aire y el agua del suelo.

En la continuación del estudio se asume que todos estos factores adicionales que han sido mencionados a las necesidades de nutrientes requeridos están debidamente controlados.

### **Nutrientes necesarios para las plantas**

Son conocidos 16 elementos químicos fundamentales para el normal crecimiento de las plantas. Estos son clasificados en dos grandes grupos: los minerales y los no minerales.

Los nutrientes No minerales.- Son aquellos elementos que se encuentran en la atmósfera y el agua y que son utilizados en el proceso de la fotosíntesis: Oxígeno (O), Hidrógeno (H) y Carbono (C).



Los productos generados en fotosíntesis son los principales causales de la mayor parte del crecimiento de las plantas, si existiera falta de alguno de ellos estuviera escaso el crecimiento se verá afectado.

Los nutrientes minerales.- Son aquellos que provienen del suelo y se los clasifica en tres grupos: Primarios, Secundarios, Micronutrientes.

Los nutrientes primarios son los primeros en carecer en el suelo puesto que las plantas los utilizan en cantidades relativamente

grandes. Aunque la carencia de nutrientes secundarios y micronutrientes ocurre con menos frecuencia, la importancia de ambos tipos es igual de primordial en la fertilización como los nutrientes primarios.

La Figura 1.2 a continuación esquematiza de manera sencilla el sistema de nutrición para cualquier planta en general.



**FIGURA 1.2. ESQUEMA GENERAL DE NUTRICION DE UNA PLANTA**

La tabla 2 a continuación presenta la clasificación de los nutrientes minerales que serán pilares fundamentales en la descripción del papel que desempeñan los fertilizantes inorgánicos que estudiaremos.

**TABLA 2**

**CLASIFICACION DE NUTRIENTES MINERALES**

<b>NUTRIENTES PRIMARIOS</b>	<b>MICRONUTRIENTES</b>
Nitrógeno (N)	Boro (B)
Fósforo (P)	Cloro (Cl)
Potasio (K)	Cobre (Cu)
<b>NUTRIENTES SECUNDARIOS</b>	Hierro (Fe)
Calcio (Ca)	Manganeso (Mn)
Magnesio (Mg)	Molibdeno (Mo)
Azufre (S)	Zinc (Zn)

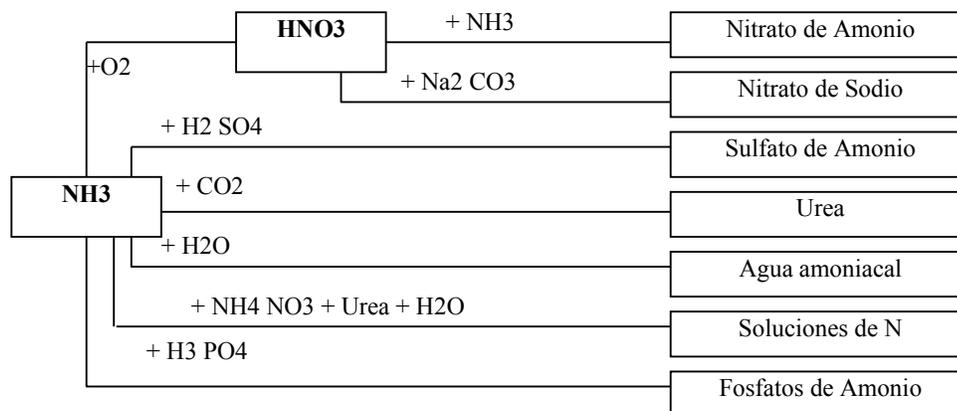
La ausencia ponderada de cada uno de estos nutrientes en el suelo, creará necesidades específicas que la aplicación de fertilizantes inorgánicos simples o compuestos deberá satisfacer.

## **Descripción del papel de los nutrientes primarios (N-P-K)**

### Nitrógeno

El nitrógeno es esencial para el crecimiento de las plantas al formar parte de todas las células vivientes. Específicamente, las plantas asimilan el nitrógeno en forma de amonio ( $\text{NH}_4$ ) o de nitrato ( $\text{NO}_3$ ); en la gran mayoría de cultivos exceptuando el arroz que lo realiza en forma de nitrato. Es primordial para la síntesis de la clorofila, si falta nitrógeno y clorofila el cultivo no empleará luz del sol como fuente energética para desarrollar sus funciones básicas en la absorción de nutrientes. El nitrógeno es componente de las vitaminas y sistema de energía de las plantas.

Para comprender en síntesis su papel debemos señalar que una fertilización nitrogenada aumentará el contenido de proteínas, las cuales forman parte esencial de nuestra cadena alimenticia, puesto que las proteínas llegan a la mesa del hombre directamente a través de las plantas o de los animales que han consumido plantas que contienen proteínas. Ver Figura 1.3



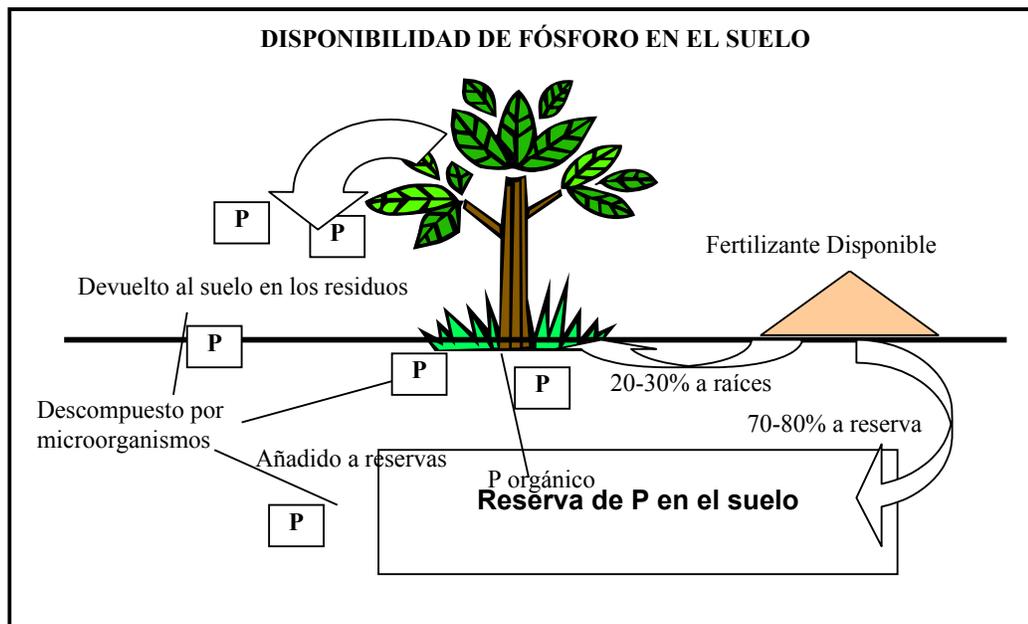
**FIGURA 1.3. UTILIZACIÓN DEL AMONIACO PARA ELABORAR FERTILIZANTES**

### Fósforo

Este nutriente es esencial e insustituible para el crecimiento de las plantas; las mismas deben poseerlo para completar un ciclo normal de producción.

El contenido de fósforo en los fertilizantes se expresa como equivalente de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que es la designación del contenido relativo de fósforo. El pH del suelo es un factor que incide directamente en la proporción en que los iones fósforo son absorbidos por la planta.

Ver Figura 1.4



**FIGURA 1.4. ESQUEMA DE LA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN EL SUELO**

La Figura 1.4 evidencia el patrón general de los suelos, que es la dificultad para obtener cantidades suficientes de fósforo. Esta dificultad es una de las deficiencias más limitantes en la producción mundial de cultivos, por eso se considera como bastante aceptables eficiencias de 20-30% de fosfatos solubles. El principal motivo para dificultar la disponibilidad es que para el fósforo es muy fácil enlazarse químicamente con elementos como Ca y Fe para formar compuestos que las raíces no pueden absorber.

El Fósforo internamente actúa en la fotosíntesis, respiración, almacenamiento y transferencia de energía, división celular,

alargamiento celular y otros procesos en la planta. En cuanto a acciones tangibles, es importante para promover la formación temprana y el crecimiento de raíces, siendo además fundamental para la formación de semillas; tanto es así que la concentración más alta de fósforo se encuentra en la semilla.

### Potasio

Una de las funciones del potasio en el proceso de crecimiento de la planta es ayudar a la translocación de carbohidratos a diversos órganos en la planta. Por ejemplo en las plantas de yuca que contienen niveles óptimos de potasio pueden translocar con más facilidad los carbohidratos, producidos en las hojas por medio de fotosíntesis, a las raíces. El potasio incrementa la materia seca y el contenido de almidón en las raíces. Por otro lado, el potasio reduce el contenido de ácido hidrocianico en las raíces, lo cual reduce el sabor amargo.

Resumiendo las bondades del potasio en las plantas se tiene:

- Ayuda a la planta a soportar condiciones adversas, como la falta de humedad del suelo, las heladas, tolerancia al estrés.
- Favorece la formación transporte y acumulación de azúcares y almidones.

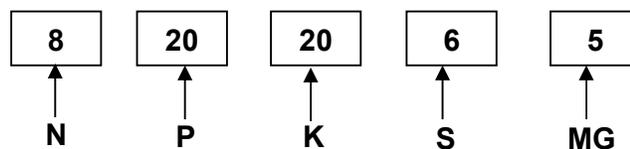
- Controla y regula la actividad de varios elementos minerales.
- El rendimiento total es influenciado en muchas formas por la nutrición del potasio.

### Nomenclatura de los Fertilizantes Compuestos

Una vez explicados los papeles de los principales nutrientes (N – P – K) se debe conocer que los fertilizantes compuestos es la mezcla física de dos o más fertilizantes simples en diferentes proporciones que generan una combinación específica de concentraciones de nutrientes de acuerdo a la necesidad específica de un suelo.

La nomenclatura numérica empleada para identificar un fertilizante compuesto muestra en un orden secuencial N – P – K – S – Mg la concentración porcentual de cada uno de estos elementos.

Para graficar esta nomenclatura se muestra un ejemplo en la Figura 1.5 a continuación:



**FIGURA 1.5. NOMENCLATURA DE FERTILIZANTES**

En ocasiones cuando se agregan micronutrientes se añade un dígito adicional para indicar la concentración de este, generalmente Boro granular.

Los fertilizantes empleados como fuente de concentración de cada uno de los nutrientes son básicamente los indicados en la Tabla 3

**TABLA 3**  
**CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN FERTILIZANTES SIMPLES**  
**EMPLEADOS PARA MEZCLAS**

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>MG</b>	<b>S</b>
<b>UREA</b>	46	0	0	0	0
<b>DAP</b>	18	46	0	0	0
<b>MURIATO GR</b>	0	0	60	0	0
<b>SULFATO MAGNESIO</b>	0	0	0	25	20
<b>SULPOMAG GR</b>	0	0	22	11	22

### 1.3. Estructura del mercado local de fertilizantes

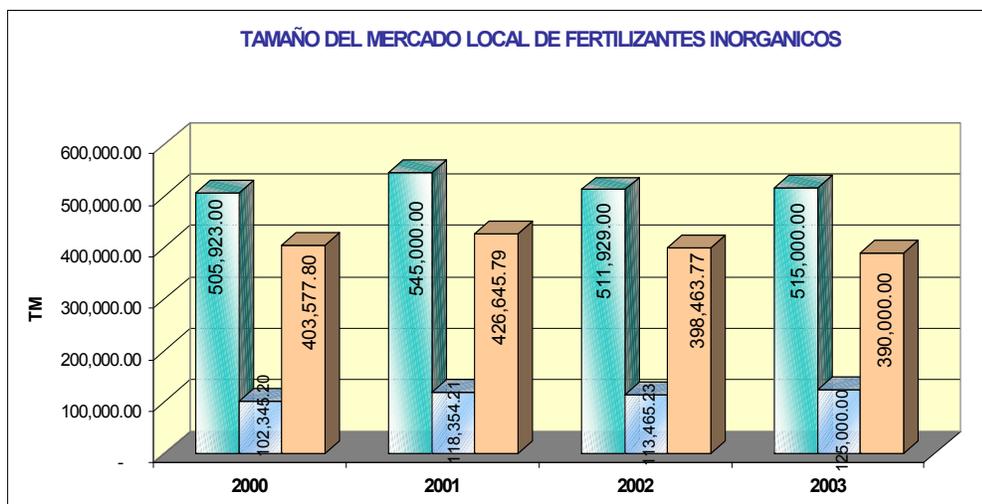
#### Tamaño del mercado

El mercado de fertilizantes inorgánicos sólidos en Ecuador está principalmente determinado por el nivel de tecnificación de nuestro sector agropecuario, el mismo que es bastante bajo en comparación con países desarrollados en este campo.

El comportamiento del volumen de fertilizantes inorgánicos comercializados en el país se presenta en la Tabla 4 y Figura 1.6 a continuación:

**TABLA 4**  
**TAMAÑO DEL MERCADO LOCAL DE FERTILIZANTES**

	2000	2001	2002	2003
<b>Total TM</b>	505,923.00	545,000.00	511,929.00	515,000.00
<b>Compuesto</b>	102,345.20	118,354.21	113,465.23	125,000.00
<b>Simple</b>	403,577.80	426,645.79	398,463.77	390,000.00



Al revisar la tabla anterior se puede notar que el volumen total de fertilizantes está segmentado en dos principales tipos de comercialización: fertilizantes simples y fertilizantes compuestos.

Para el caso específico de este estudio, la proporción de fertilizantes destinada para la comercialización como abonos completos ha venido en incremento en los últimos años (Ver tabla 5) como producto de una progresiva tecnificación del sector. Esta tecnificación responde a los esfuerzos del servicio de asistencia técnica en campo que la empresa y la competencia ha venido implementando.

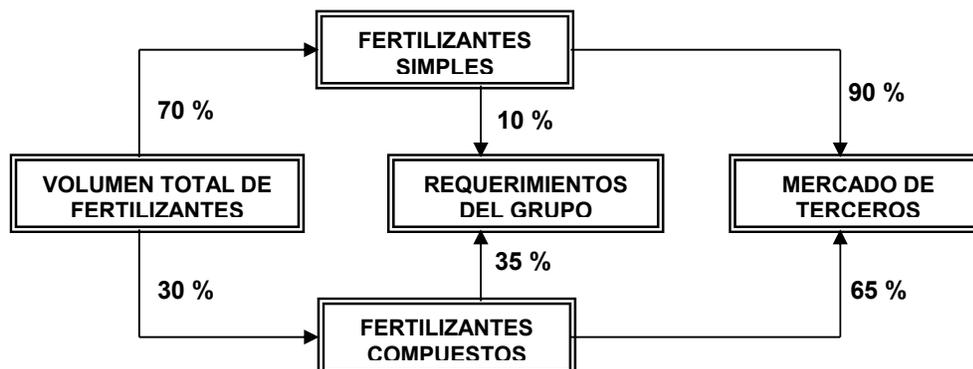
#### **TABLA 5**

### PARTICIPACION FERTILIZANTES COMPUESTOS EN EL NEGOCIO

2000	2001	2002	2003
20.23%	21.72%	22.16%	24.27%

El crecimiento evidenciado es pilar fundamental para la justificación de la inversión que la empresa pretende realizar en el proceso, y la perspectiva de desarrollo de este segmento es de la misma manera promisorio.

Al ser la empresa parte de un holding agroindustrial propietario de grandes empresas agropecuarias, existe participación del mercado que cae dentro de un aprovisionamiento de fertilizantes para el propio grupo. El impacto de este negocio relacionado para el caso de fertilizantes se presenta en la Figura 1.7.



**FIGURA 1.7. DISTRIBUCION DEL VOLUMEN DE FERTILIZANTES DE LA EMPRESA**

Con el detalle de mercado expuesto en esta sección tenemos definido el tamaño de mercado objetivo para el análisis de nuestro estudio:

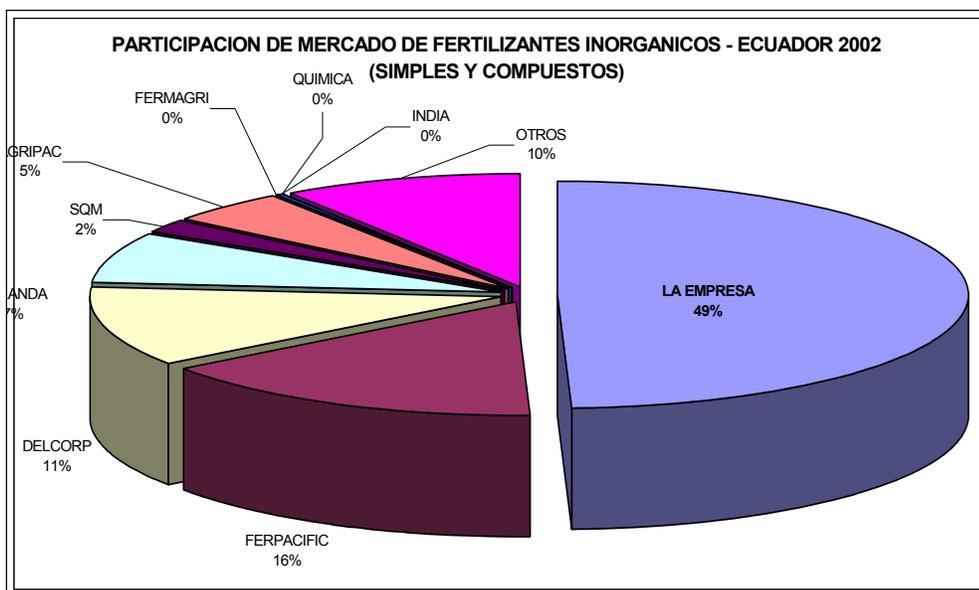
- Tamaño de Mercado Total de Fertilizantes: 515,000 TM
- Tamaño de Mercado de Fertilizantes Compuestos: 125,250 TM

En los actuales momentos de este tamaño de mercado de fertilizantes compuestos, la empresa posee el 72% de participación.

### **Participacion de mercado**

Históricamente la marca de fertilizantes que comercializa la empresa desde su existencia bajo administración estatal ha mantenido el liderazgo absoluto en el mercado local, el mismo que se ha visto fortalecido por el posicionamiento que el producto ha tenido como respuesta a una tradición que se ha transmitido entre distintas generaciones de agricultores. Este liderazgo de mercado aunque es general para todo el país, tiene un mayor margen de predominio en la región interandina

A continuación se presenta la distribución de mercado promedio que se ha mantenido para el mercado general de fertilizantes durante los últimos cinco años hasta la realización de este estudio:

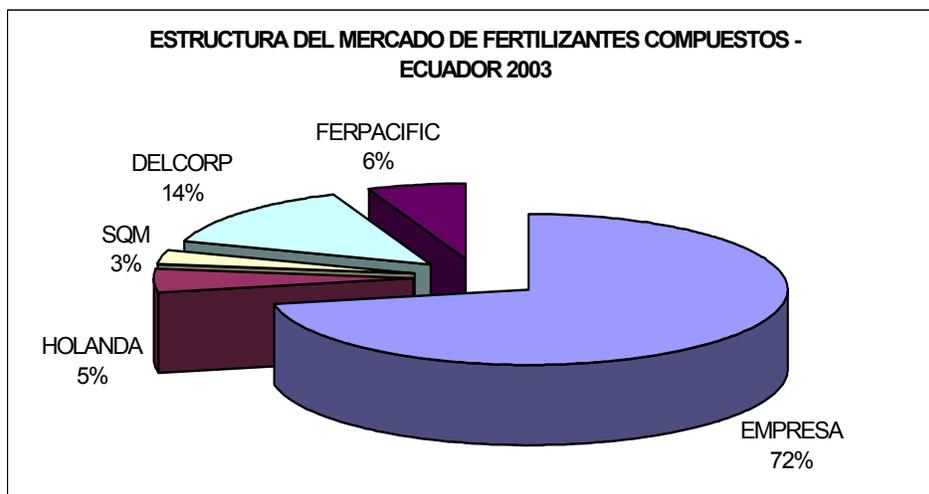


**FIGURA 1.8. DISTRIBUCION DEL MERCADO DE FERTILIZANTES**

Este 49 % de participación del mercado es coherente con los volúmenes de producción de fertilizantes que la empresa ha mantenido, 250,000 TM anuales, de las cuales el 30% han sido como fertilizantes compuesto.

Siendo el segmento de fertilizantes compuestos una oportunidad para el negocio en el plazo inmediato, los esfuerzos de crecimiento

que la empresa ha realizado en este mercado se ven reflejados en la participación que posee para el mismo, aún mayor que en el volumen global entre simples y compuestos. (Ver Figura 1.9)



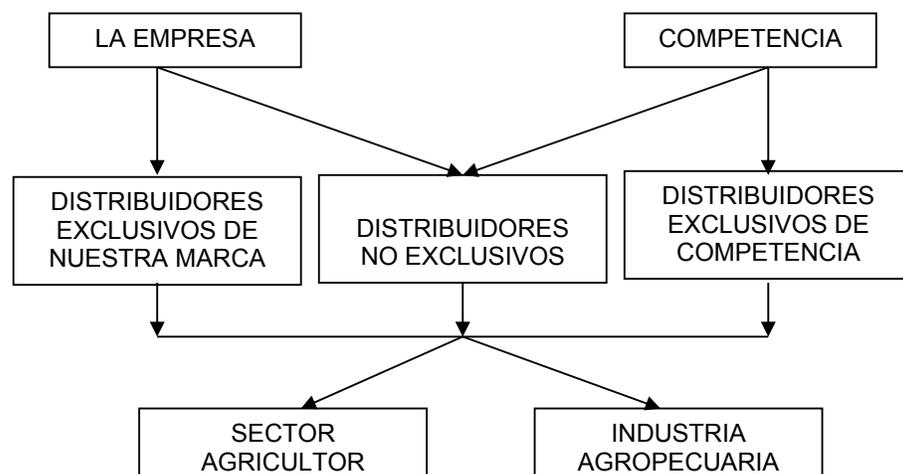
**FIGURA 1.9. DISTRIBUCION DEL MERCADO DE  
FERTILIZANTES COMPUESTOS**

Dado que para el mercado de fertilizantes, las empresas intervinientes no declaran formalmente sus ventas segmentadas, esta distribución ha sido deducida en base al tamaño real y participación del mercado global revisado anteriormente y a la proporción de negocio que los fertilizantes compuestos representan para la empresa.

A pesar de este liderazgo abrumador, la empresa ha iniciado la búsqueda de nichos de mercado especializados en este segmento

(cultivos tecnificados) y prepara iniciativas de desarrollo del proceso para afrontar la entrada de competencia regional con una mayor capacidad de respuesta que la industria local.

Como estrategia comercial para captar parte del segmento minoritario que corresponde a la competencia, a partir del 2003 la empresa rompe el esquema tradicional del mercado local de fertilizantes, en donde las industrias dedicadas llegaban al mercado a través de distribuidores de sus marcas. Es así como la empresa crea sus propios centros de distribución para atender directamente al consumidor (agricultores e industrias agrícolas), principalmente en regiones donde la marca no había tenido suficiente presencia por falta de distribuidores. (Ver Figura 1.10)



**FIGURA 1.10. CADENA DE DISTRIBUCION DE FERTILIZANTES**

#### **1.4. Cadena de abastecimiento**

Revisar la cadena de abastecimiento de fertilizantes compuestos tiene por objeto explicar los factores de aprovisionamiento, origen, costos de transporte y almacenamiento de todas las materias primas e insumos que intervienen en el proceso.

La cadena de abastecimiento de la empresa se considera desde un enfoque logístico como una debilidad del negocio, ya que por estar sujetos a las condiciones de negociación en el mercado internacional de materias primas se crea un desbalance entre los volúmenes importados, las capacidades de almacenamiento y el volumen de ventas para un periodo específico de comparación.

Aunque el esquema siguiente representa en forma práctica cómo opera nuestra cadena de abastecimiento, en adelante para el estudio se debe considerar que es primordial para el negocio mantener el balance entre los siguientes aspectos:

- Importación de fertilizantes
- Capacidades de Almacenamiento
- Volumen de Ventas



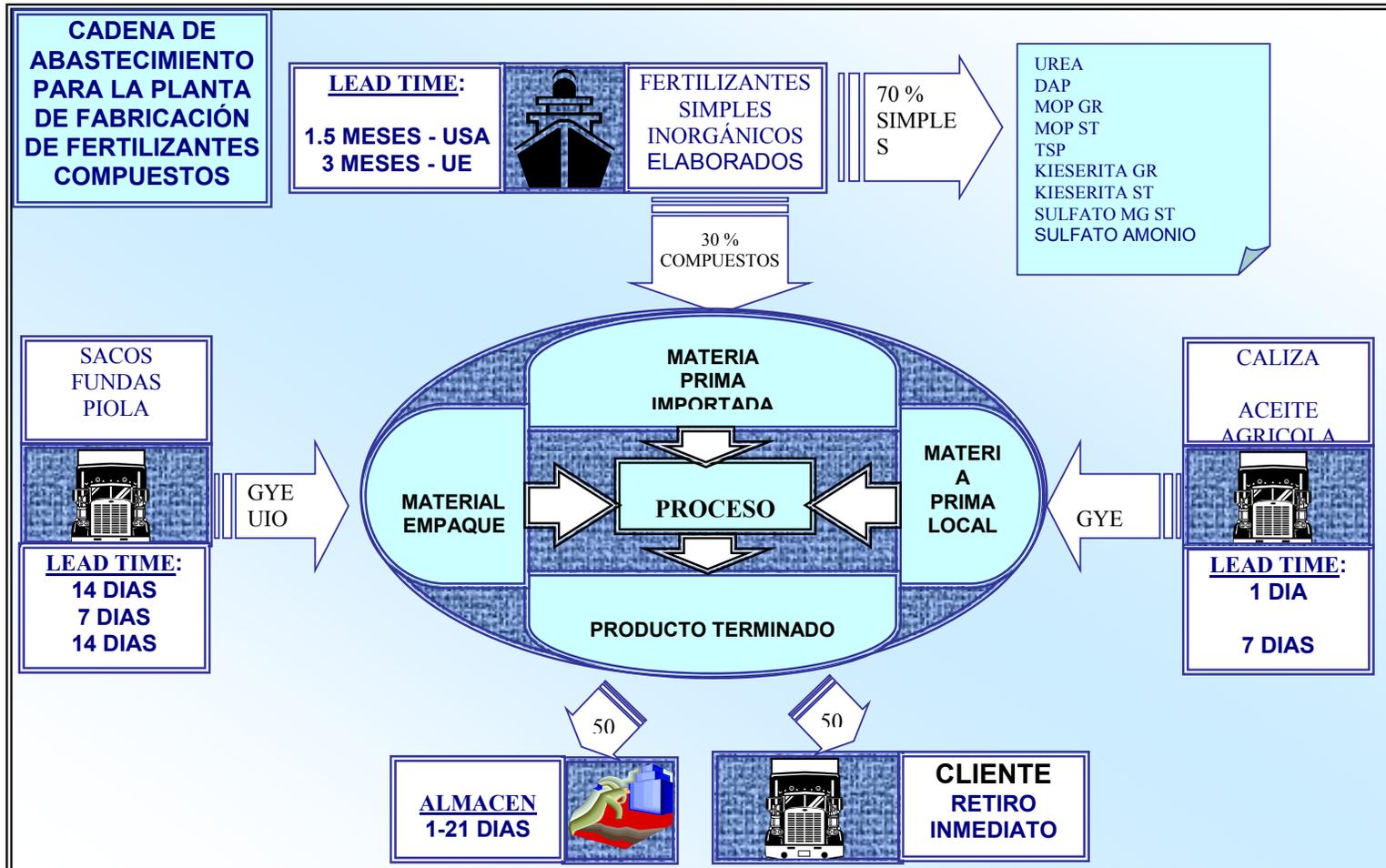


FIGURA 1.11. CADENA DE ABASTECIMIENTO DE FERTILIZANTES

# **CAPITULO 2**

## **2. DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

El objetivo en este capítulo es realizar una evaluación del estado actual de la situación que se debe mejorar; para eso se realiza el análisis y descripción con los siguientes enfoques:

- Descripción del Problema
- Caracterización del Proceso
- Evaluación de la condición Operativa da la línea
- Análisis de Causas

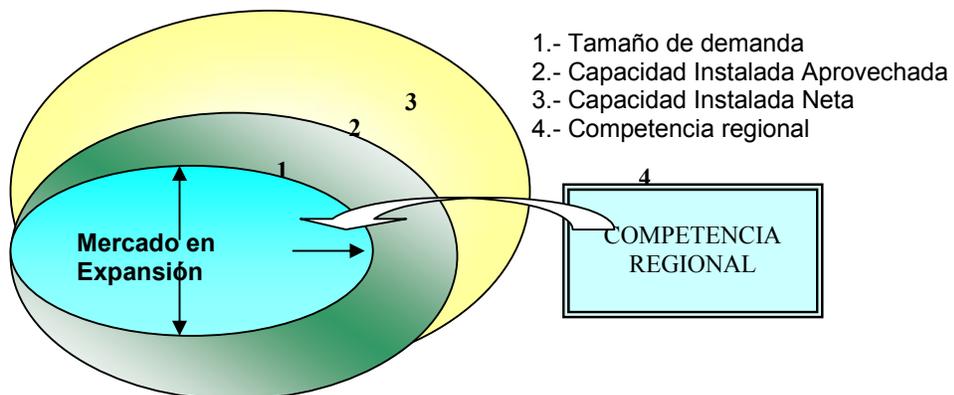
Los dos primeros puntos realizan la inducción de los síntomas que se han evidenciado y han permitido detectar la existencia de un problema, mientras los dos últimos permiten realizar una evaluación para

puntualizar las causas principales y secundarias sobre las cuales se realiza el análisis de optimización.

El estudio realiza la evaluación de la condición operativa de la línea en base a la productividad de cada elemento que la compone que por diseño es esperado.

## 2.1. Descripción del problema

El capítulo 1 evidenció la importante participación del segmento de fertilizantes compuestos y su potencial crecimiento. Si contrastamos esa oportunidad con la amenaza de ingreso al mercado de competencia regional y las fortalezas-debilidades que posee la empresa se evidencia que existe de un problema que puede llegar a ser crítico en mediano plazo. (Ver figura 2.1)



**FIGURA 2.1. IMPACTO DE LA EFICIENCIA OPERACIONAL EN EL CRECIMIENTO DEL NEGOCIO**

La Figura 2.1 muestra la situación actual de la empresa frente a la amenaza de competencia regional más fuerte que la experimentada localmente y el alto riesgo que implica si se mantiene la ineficiencia operacional evidenciada por una capacidad instalada que no está siendo utilizada en su totalidad debido a múltiples factores que este capítulo analiza.

Analizando la Fig 2.1 se tiene que, si en algún momento la demanda propia (1) llega a superar la capacidad real aprovechada (2), la fuga de demanda hacia la competencia será masiva y la pérdida de competitividad debido a ineficiencia operativa causaría pérdidas al negocio. Por ese motivo uno de los objetivos del estudio es plantear las medidas para optimizar la capacidad y recursos disponibles que no habían sido considerados factores limitantes antes de detectar el escenario potencial que se prevee puede presentarse.

Con la visión y perspectiva general que acaba de plantearse, la planta de mezclado de fertilizantes se convierte en el proceso de mayores oportunidades de optimización y desarrollo de la empresa, sustentado principalmente en los siguientes factores :

- Es la única línea de fertilizantes compuestos en la planta

- A pesar de una capacidad instalada mayor a su demanda se debe programar turnos adicionales para cumplir requerimientos.
- Aunque representa el 30% del volumen de producción de la planta, genera el 50% de desperdicio en proceso.
- El 80% de su estructura tiene una existencia de 25 años evidenciado en el avanzado grado de corrosión producto del ambiente salino debido a la presencia del estero salado y los propios componentes de materia prima.
- Los fertilizantes compuestos responden al grado de tecnificación del sector agrícola del país.
- El número de fórmulas que produce (más de 100), dificulta la optimización del espacio-tiempo en almacenamiento o despacho.
- No existen estándares de orden, aseo y organización en el proceso.
- El negocio apuesta a crecer en el segmento fertilizantes compuestos
- Es la línea del negocio de fertilizantes con mayor margen de renta

En base de estos ejes, se realiza una descripción detallada de la manera en que cada uno se manifiesta como efecto de múltiples

causas que quedarán formalmente identificadas en la sección 2.4 de este capítulo.

#### **a. Línea única**

La capacidad instalada nominal de la planta es 370 Tm / hora de las cuales 52 Tm / hora corresponden a la línea de fertilizantes compuestos, esto es 15.2%.

La distribución de estas capacidades se distribuye tal como lo muestra la Tabla 6 :

**TABLA 6**  
**DISTRIBUCIÓN DE CAPACIDADES DE PLANTA POR LÍNEA**

<b>Línea</b>	<b>Capacidad Instalada</b>	<b>Tipo de Producto</b>
Sackett # 1	54 Tm / h	Fertilizante Simple
Sackett # 2	54 Tm / h	Fertilizante Simple
Néctar # 1	70 Tm / h	Fertilizante Simple
Néctar # 2	70 Tm / h	Fertilizante Simple
Néctar # 3	70 Tm / h	Fertilizante Simple

<b>Bulk Blending</b>	<b>52 Tm / h</b>	<b>Fertilizante Compuesto</b>
<b>TOTAL</b>	<b>370 Tm/h</b>	

Al ser la única línea con capacidad de producir fertilizantes compuestos, se convierte en un equipo crítico. Ya que algún tipo de paralización impacta en el 30% de la demanda del negocio y al 100% del segmento de fertilizantes compuestos.

Esta situación es una de las causas principales por las que se considera la alternativa de adquisición de una nueva línea, de tal forma que se posea la flexibilidad y eliminar la dependencia absoluta de la línea existente.

#### **b. Productividad**

La línea de mezclado utiliza solo el 67% de su capacidad instalada, nivel de productividad bastante bajo (Figura 2.2 y Tabla 7). Los principales motivos para las pérdidas de productividad se hacen notar en la Figura 2.3.

TABLA 7

## PRODUCTIVIDAD-HORA DE LA LINEA DE MEZCLADO

Rubro	Valor	Unidad
Capacidad Instalada	52	Tm / h
Producción Real	35	Tm / h
Pérdidas de Capacidad	17	Tm / h

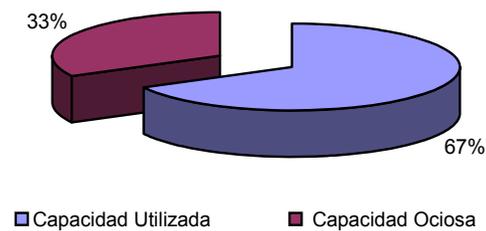
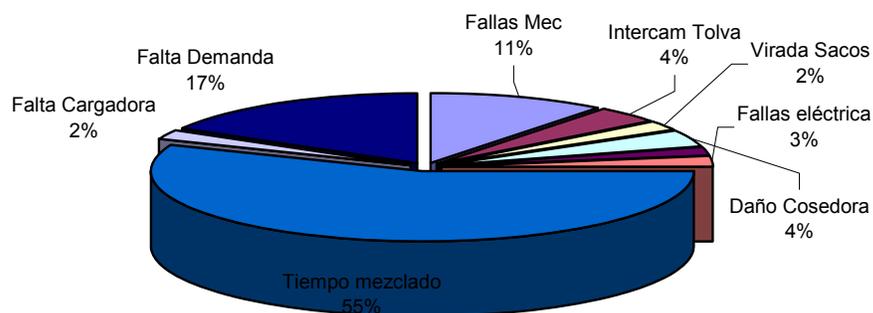


FIGURA 2.2. CAPACIDAD EMPLEADA VS CAPACIDAD OCIOSA

TABLA 8

## DISTRIBUCIÓN % DE PÉRDIDAS DE CAPACIDAD

Fallas Mecánicas	10,50%
Intercambio de productos en Tolvas	4,00%
Desabastecimiento Producto por virada de sacos	2.30%
Daño en coseadora sacos	3.70%
Descalibración Balanza	2,00%
Fallas Eléctricas	2,50%
Tiempo Mezclado	56,00%
Desabastecimiento Producto por Falta cargadora	2,20%
Falta de Demanda	16.8%



**FIGURA 2.3. DISTRIBUCIÓN DE CAUSAS INEFICIENCIAS OPERACIONALES**

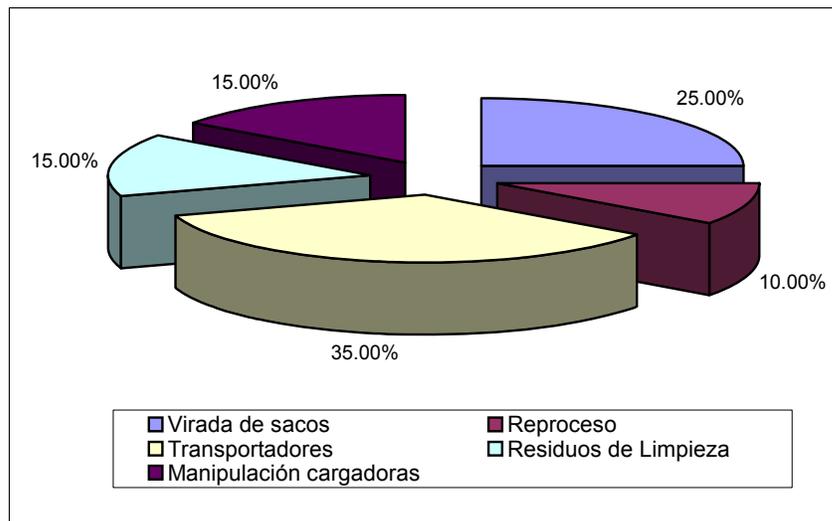
### c. Desperdicio

La planta genera un promedio anual de 900 Tm (\$189,000) de desperdicio, 35 % de ese desperdicio se ha estimado que es generado en la línea de mezclado de fertilizantes, teniendo diferentes causas para que esto ocurra. (Ver Tabla 9 y Figura 2.4)

**TABLA 9**

#### **CAUSAS DE DESPERDICIO EN LÍNEA DE MEZCLADO**

Virada de sacos	25,00%
Reproceso	10,00%
Transportadores	35,00%
Residuos de Limpieza	15,00%
Manipulación cargadoras	15,00%
<b>TOTAL</b>	<b>100,00%</b>



**FIGURA 2.4. CAUSAS DE DESPERDICIO EN LÍNEA DE MEZCLADO**

#### **d. Condición Estructural**

El 60 % de la estructura de los diferentes elementos que componen la línea se encuentra en mal estado de operación debido a los efectos de la corrosión soportada por más de 20 años sin haber tenido un plan de mantenimiento preventivo de la línea.

A excepción de las seis tolvas de almacenamiento de materia prima que fueron reconstruidas con acero inoxidable en agosto del 2001, el resto de la línea requiere una evaluación técnica de condiciones de su estructura. Al ser parte esencial de para los objetivos del

estudio, en la sección 2.3 se realiza una evaluación detallada de la condición operativa de la línea.

#### **e.Tecnificación del sector agrícola (Capacidad de homogenización)**

En el capítulo 1 se realizó la descripción de la función que cumplen los fertilizantes inorgánicos en el proceso de tecnificación agrícola. En el caso específico de los fertilizantes compuestos que requieren cumplir con diferentes grados de concentración en base a proporción de diferentes materias primas, la capacidad de homogenización de la línea se torna en un punto crítico del proceso.

Aunque la línea tiene la capacidad de elaborar un producto con un nivel de homogenización según los rangos de concentración que la norma de referencia aplicable exige, el estudio evaluará el tiempo eficiente que la línea debe emplear para obtener este nivel de proceso.

Entre los principales factores que afecta a la homogenización en una mezcla de fertilizantes se tiene:

- Diferencia granulométrica entre materias primas (fertilizantes)
- Densidad de fertilizantes aplicados

- Transporte fábrica-distribuidor
- Alimentación del mezclador
- Desviación del sistema de pesado
- Dispersión en bandas transportadoras

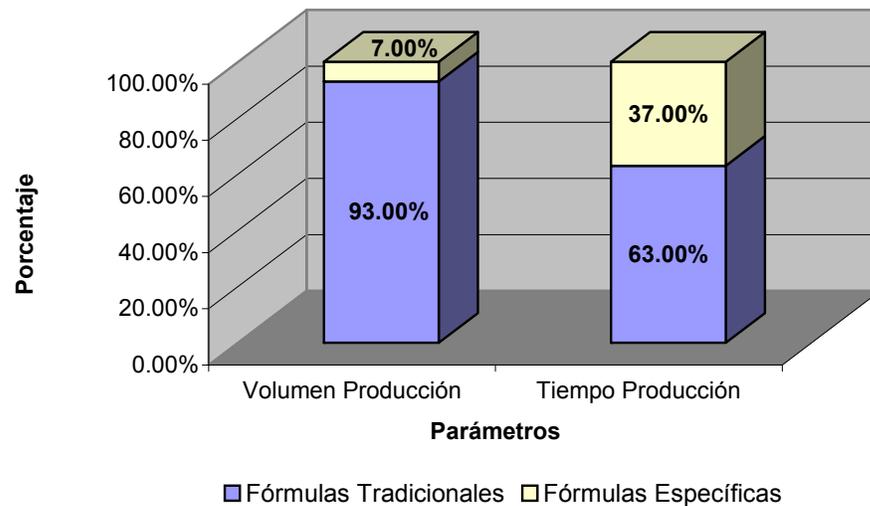
Los tres primeros factores son ajenos al proceso y son consecuencia del comportamiento físico de materia prima empleadas, mientras que los tres últimos factores mencionados son parámetros a controlar mediante la optimización en el diseño y condición operativa de los elementos de la línea.

#### **f. Alta Variedad de ítems**

El proceso de mezclado tiene identificado 10 productos tradicionales sobre los cuales basa el 90% de su producción, pero no se puede descartar la elaboración de fertilizantes compuestos específicos que conforman una variedad bastante considerable que superan las 100 fórmulas.

Desde un enfoque de eficiencia de la línea, esta variedad incrementa el número de paradas programadas para proceder al cambio de una fórmula a otra, es decir, se dificulta el desarrollo de largas corridas de producción.

Para evidenciar la relación volumen de producción – tiempo empleado entre fórmulas tradicionales y específicas observar la Figura 2.5.



**FIGURA 2.5. RELACIÓN TIPO DE PRODUCTO VS TIEMPO PRODUCCIÓN**

La Figura 2.5 refleja el considerable impacto que tiene la variedad de fórmulas en la eficiencia de la línea, este comportamiento está directamente afectado por la relación entre el volumen de producción direccionado para inventario en bodega y direccionado al despacho directo a clientes.

#### **g. Balance en cadena de abastecimiento**

Con excepción de la caliza y aceite agrícola, el resto de materias primas empleadas en el proceso de fertilizantes compuestos son importadas a través del terminal portuario, tal como lo evidencia la descripción en la sección 1.4.

Esta cadena de abastecimiento no siempre está debidamente balanceada en sus volúmenes y tiempos de arribo debido a principalmente a los siguientes factores:

- Precios internacionales.- Al ser Ecuador un mercado emergente, la empresa se ve en la necesidad de realizar sus compras de fertilizante en Europa, Asia o Norteamérica durante intervalos de tiempo en los que el precio  $T_m$  del mismo se considera promocional, descartando casi siempre las políticas de niveles de inventario adecuado.
- Disponibilidad de transporte (buques) .- Las fechas de arribo de materias primas a Ecuador una vez cerrada la compra encuentra su segundo inconveniente en el costo – disponibilidad – capacidad de buques para realizar el transporte desde el puerto origen

- Espacio de almacenamiento al granel .- El 40% de la producción de la planta es producida por necesidad de espacio al granel para realizar la descarga de nuevas importaciones de fertilizantes.

La conjugación de los tres factores descritos lleva al proceso a incurrir a un proceso ineficiente mencionado en la tabla 2.4 denominado “virada de sacos” <sup>1</sup>, que consiste en el proceso inverso de ensacado, esto es retirar productos (sacos) de la bodega de producto terminado para obtener materia prima al granel disponible para el proceso de mezclado.

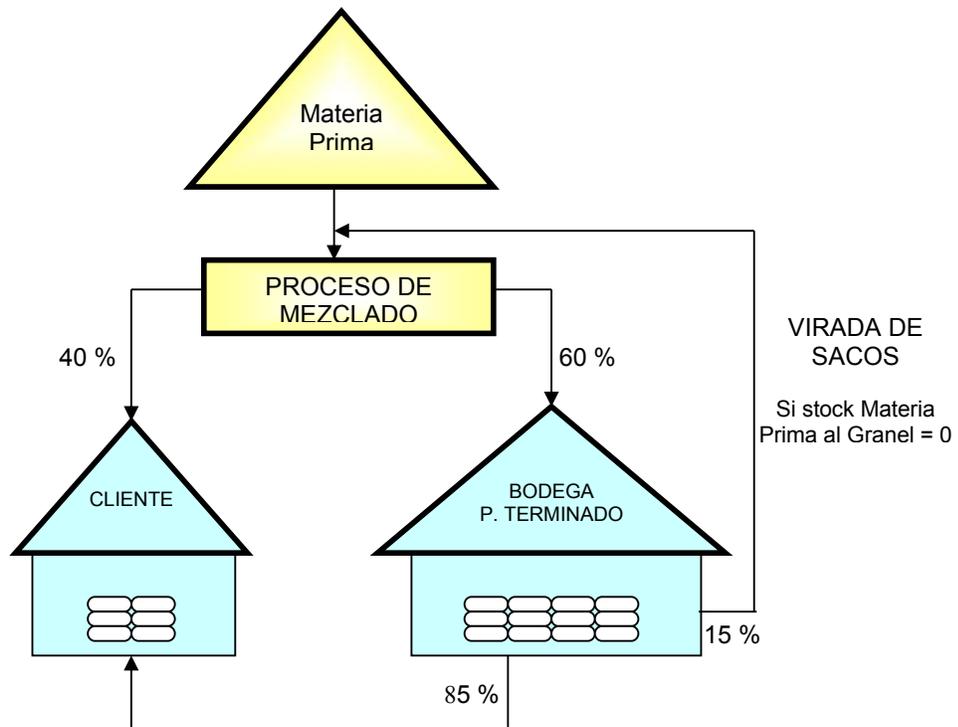
El proceso de virada de sacos afecta al proceso de 3 maneras:

- Desperdicio
- Desabastecimiento del proceso
- Horas Hombre
- Costo

La figura 2.6 de a continuación muestra en forma esquemática la forma en como se incurre en este proceso ineficiente.

---

<sup>1</sup> Proceso de obtención de materia prima al granel a partir de producto terminado (sacos de 50 Kg), es un proceso realizado en forma manual con un ratio de 20 Tm/hora.



**FIGURA 2.6. PROCESO ESQUEMÁTICO DE GENERACIÓN DEL PROCESO VIRADA DE SACOS**

## **2.2. Caracterización del proceso actual**

Esta sección realiza la caracterización básica del proceso de mezclado actual en base de dos diagramas descriptivos:

- Diagrama Funcional del Proceso
- Flujo de Materiales

En el capítulo 3 se analizará en detalle cada uno de estos dos puntos para el análisis de oportunidades de mejoras que cada uno presente. Las Figuras 2.7 y 2.8 muestran en la siguiente página la caracterización en base a los enfoques indicados.





### **2.3. Evaluación de condición operativa de la planta actual**

Esta sección realiza un diagnóstico general de las condiciones mecánicas-operativas en las que se encuentra la línea de mezclado, analizando de manera individual cada uno de sus elementos o subelementos tanto eléctricos como mecánicos y el tipo de impacto que este desempeño tiene ya sea en la eficiencia operativa, la calidad o la seguridad del proceso.

Este análisis se presenta en la Tabla 10 e incluye la capacidad de cada elemento en el caso de que aplique con una muestra fotográfica realizada durante el desarrollo del estudio. Esta evaluación servirá como una entrada para el análisis causal realizado en la sección 2.4 y como base para hacer el levantamiento de necesidades de cambio o reparación de la línea que se estudia como alternativa en el Capítulo 3.















## 2.4. Análisis Causal

En esta sección se identifica las causas más incidentes para los problemas de eficiencia que evidencia la línea y sobre las cuales se enfoca los esfuerzos de solución y que sirven de base de comparación entre las alternativas de mantenimiento o adquisición de una nueva línea.

El análisis causal que realiza el estudio está estructurado en dos partes:

- Análisis Pareto: en base al reporte de distribución porcentual de los tiempos de paras más frecuentes se identifica el 20% los de problemas que generan el 80% de paras de línea.
- Análisis Ishikawa: Para los problemas más incidentes identificados en el punto anterior se realiza el despliegue de causas que los originan (espina de pescado).

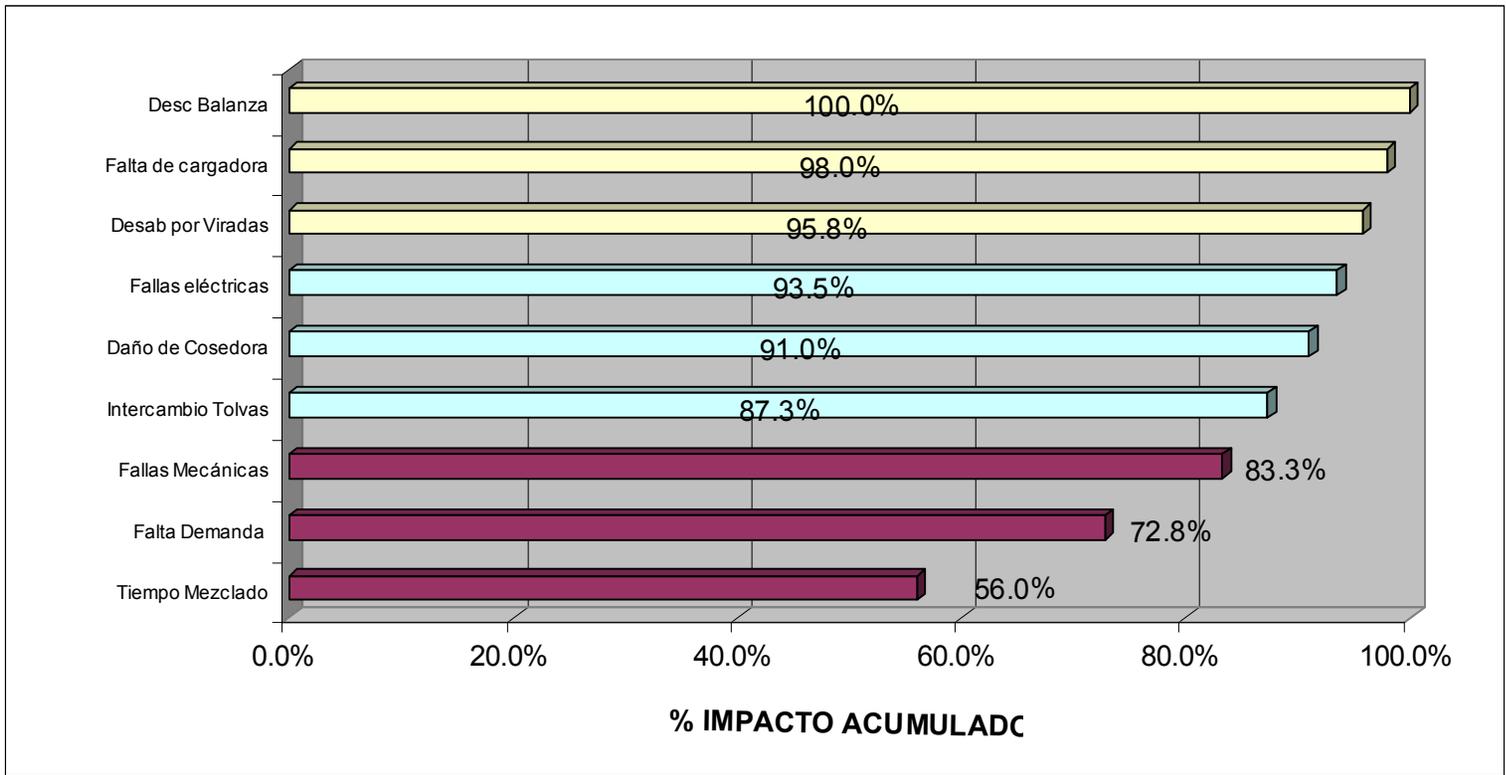
Las causas identificadas se convierten en entradas o criterios de análisis que son empleados en el siguiente capítulo para establecer las oportunidades de mejora en el proceso o infraestructura de la línea actual y para dar especificaciones funcionales en caso de una eventual adquisición

### Análisis de Pareto

**TABLA 11**  
**DISTRIBUCIÓN DEL IMPACTO DE CAUSAS DE PARAS DE**  
**PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA**

ID	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	% IMPACTO	% ACUMULADO
01	Tiempo Mezclado	56.0 %	56.0 %
02	Falta Demanda (Transporte)	16.8 %	72.8 %
03	Fallas Mecánicas	10.5 %	83.3 %
04	Intercambio Productos en Tolvas	4.0 %	87.3 %
05	Daño de Cosedora	3.7 %	91.0 %
06	Fallas eléctricas	2.5 %	93.5 %
07	Desabastecimiento por Viradas	2.3 %	95.8 %
08	Falta de cargadora	2.2 %	98.0 %
09	Descalibración Balanza	2.00 %	100.0 %





**FIGURA 2.9. DIAGRAMA DE PARETO PARA CAUSAS PRINCIPALES DE PARAS DE LÍNEA**

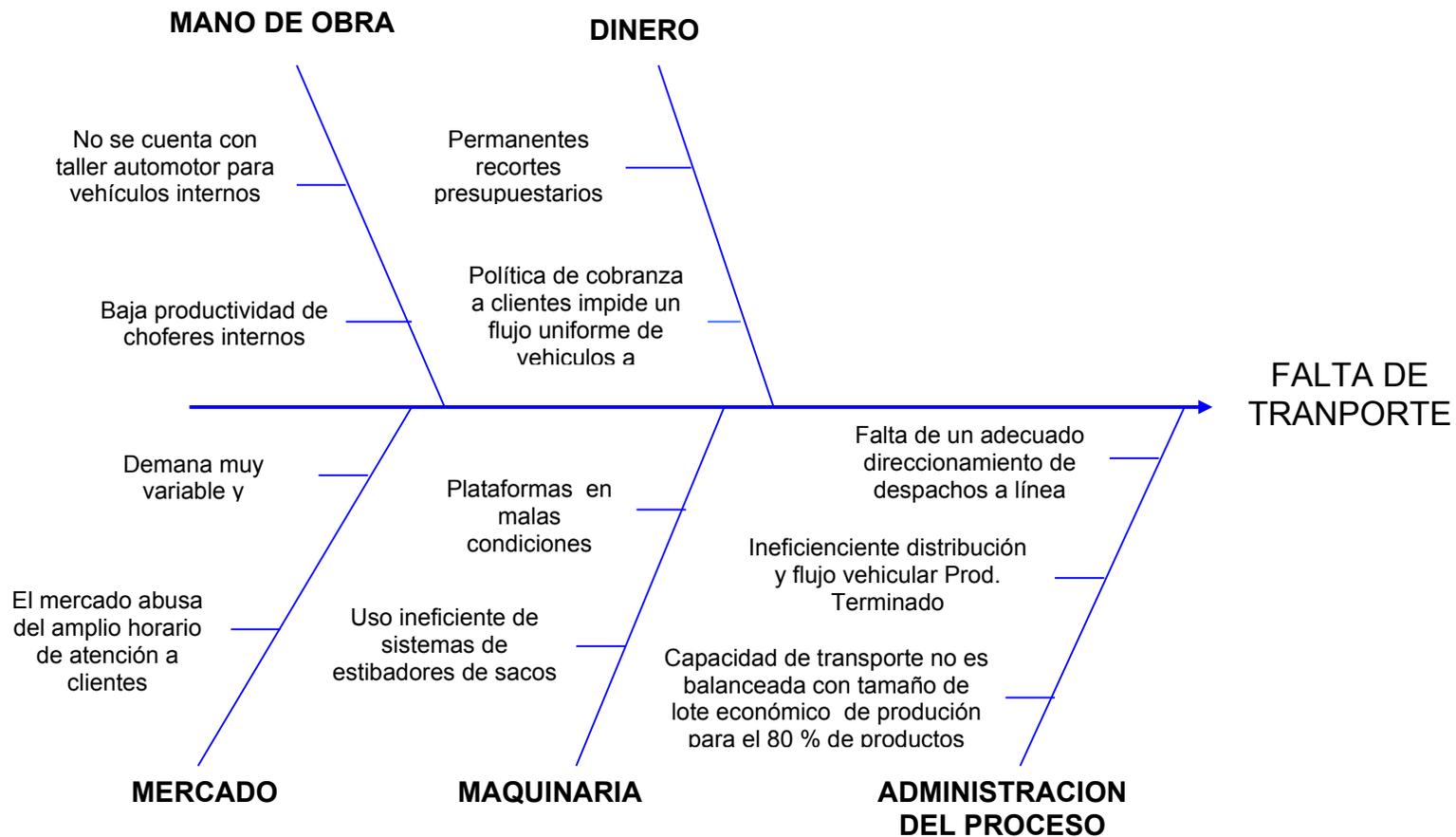
De acuerdo al análisis de Pareto que se refleja en la Tabla 11 y la Figura 2.9 se identifican los 3 problemas más incidentes que representan el 83% de eficiencia de la línea de mezclado:

- Tiempo de Mezclado
- Falta de Transporte (Demanda)
- Fallas Mecánicas (Condición operativa)

Cada uno de estos tres problemas tiene causas principales que deben ser identificadas y analizadas de acuerdo al ámbito al que pertenecen (mano de obra, Materiales y/o Medio ambiente, mercado, administración del proceso, dinero) para establecer el plan de acción recomendado para eliminar la misma o para considerarla en las especificaciones requeridas en caso de un nuevo equipo.

### **Análisis Ishikawa**

Se realiza un análisis de dos niveles (causas principales y causas secundarias) que serán consolidadas y jerarquizadas de acuerdo a la frecuencia de ocurrencia entre todas las espigas.



**FIGURA 2.10. ANALISIS ISHIKAWA DE LA FALTA DE TRANSPORTE EN LÍNEA**

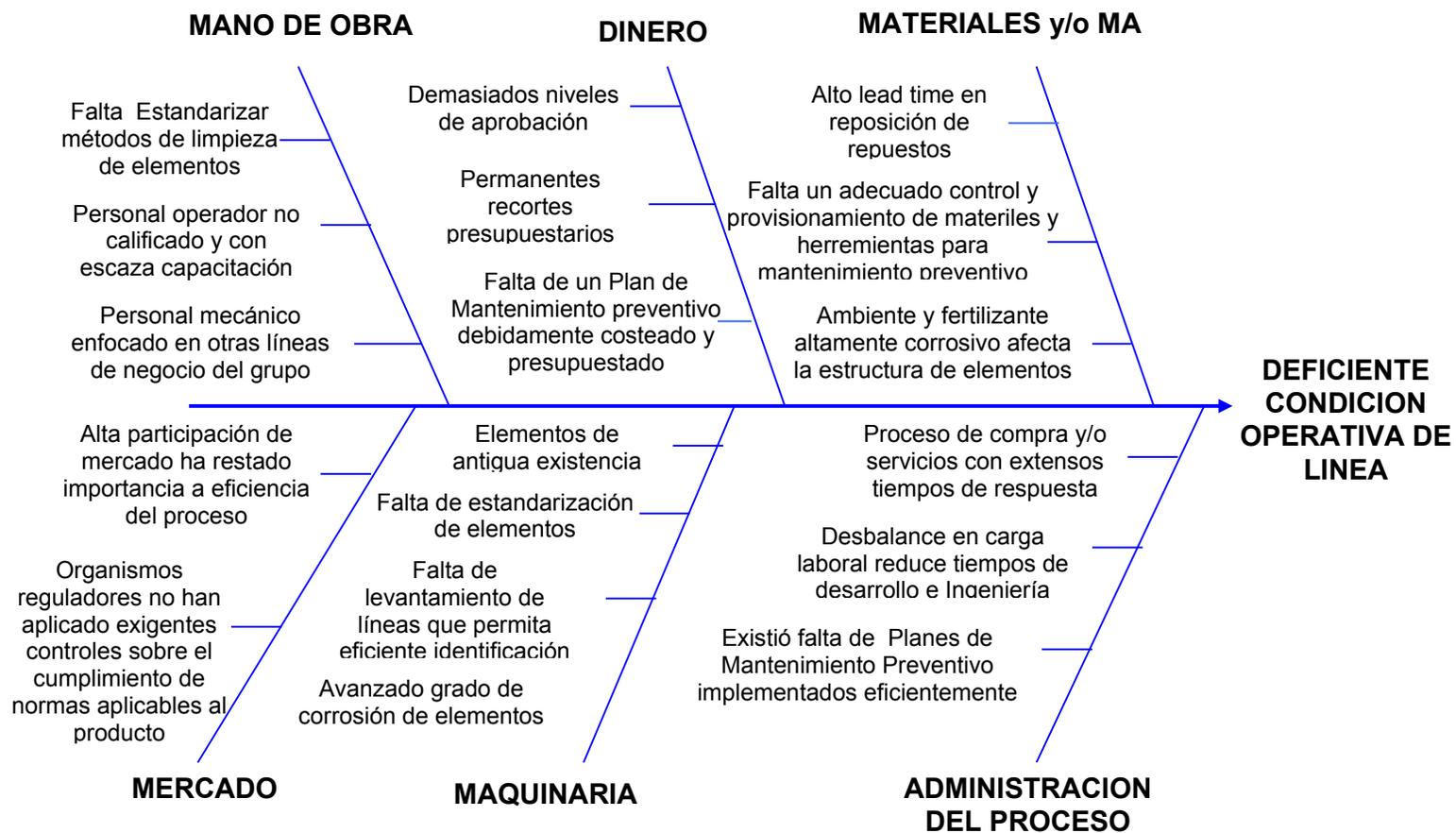


FIGURA 2.11. ANÁLISIS ISHIKAWA DE FALLAS MECÁNICAS

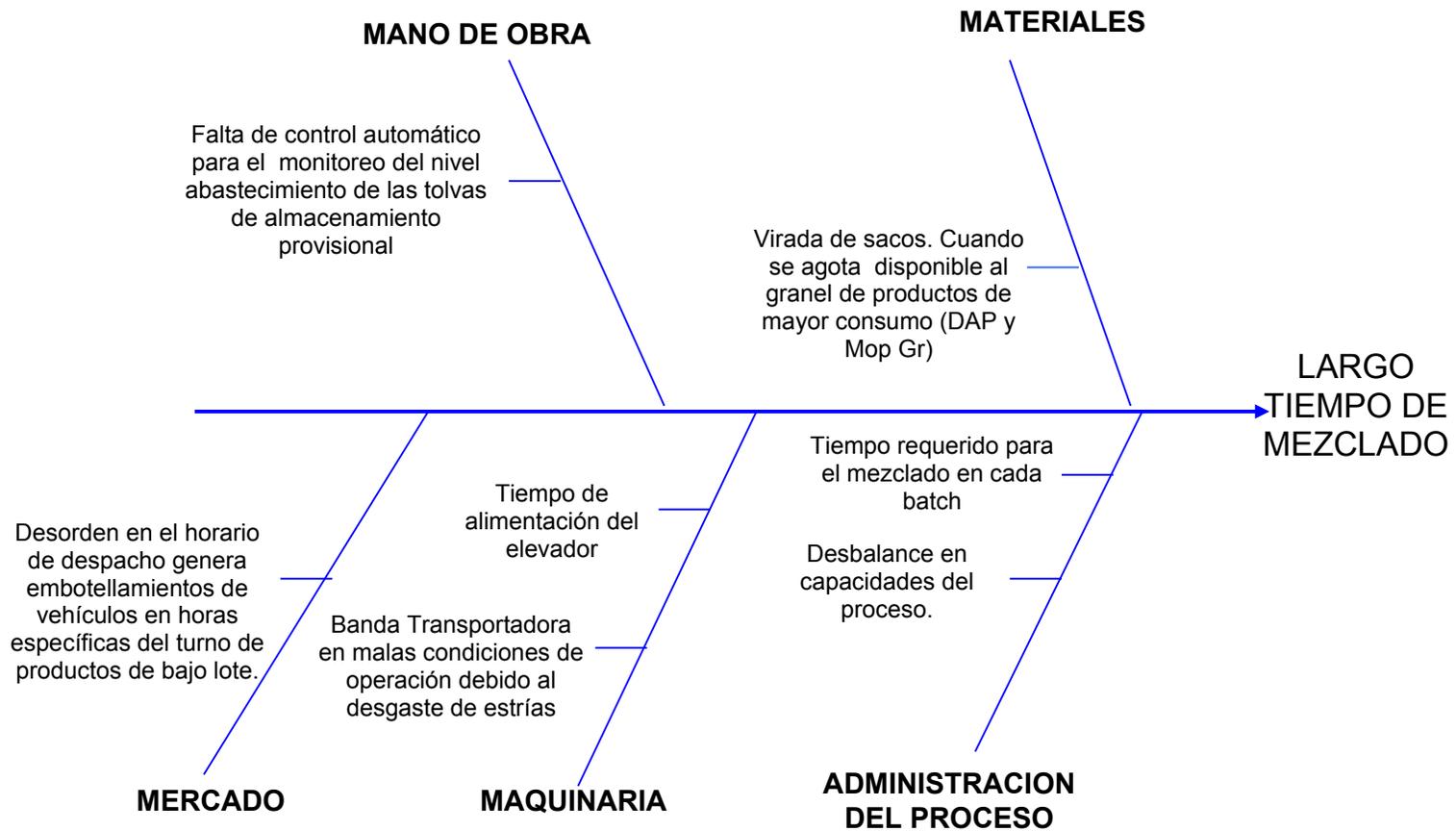


FIGURA 2.12. ANÁLISIS ISHIKAWA DEL LARGO TIEMPO MEZCLADO

# CAPITULO 3

## 3. ESTUDIO DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCION

El capítulo expone y analiza la factibilidad e impacto de las alternativas que dispone para solucionar los problemas de mayor incidencia en el nivel de eficiencia operacional de la línea y que se han expuesto en el capítulo previo.

Para este análisis se emplea tres enfoques como ejes de potenciales desarrollos de eficiencia:

- Mejora del Proceso Actual, que implica que con una mínima inversión se obtenga una optimización de los recursos actuales con que dispone la línea y se desarrolle su eficiencia a través de la revisión del balance de capacidades, el flujo de materiales y mejora de métodos.

- Mantenimiento correctivo total a la línea Actual, analiza el impacto de reparación o cambio de elementos en la línea cuyo deterioro representa alta incidencia en la pérdida de eficiencia.
- Adquisición de una nueva línea, considera la factibilidad de adquirir una nueva línea cuyo retorno de inversión esté evidenciado en el desarrollo tecnológico del proceso y el valor agregado sobre el producto.

### **3.1. Mejora del proceso actual**

La alternativa de mejorar la eficiencia mediante el propio desarrollo del proceso actual sin que implique nueva infraestructura ni incremento trascendental de las capacidades nominales de la línea, es analizado en esta sección en base a los tres ámbitos que se considera más críticos: El Flujo de materiales, Estándares del proceso y Balance de línea. El impacto esperado de esta mejora se evalúa en comparación con la situación actual analizada en la sección 2.2.

### 3.1.1. Flujo de Materiales

Para obtener una optimización bajo este ámbito, se realiza un análisis de la situación actual del flujo de materiales expuesto en la Figura 3.1. En el flujo se aprecia las 12 fases principales que lo componen y en base a esto se evalúa cada una e identifica aquellas que:

- No agregan valor al proceso de mezclado
- Son cuellos de botella en el flujo de materiales
- Generan pérdidas en forma de desperdicio

La Tabla 12 a continuación expone el análisis realizado para el flujo de materiales actual e identifica fases sobre las cuales se puede obtener mejoras o prescindir de actividades en base al criterio ya explicado. Posteriormente a la Tabla 12 se encuentra la Figura 3.1 que permite visualizar los potenciales de mejora analizados.

**TABLA 12**

### ANÁLISIS DEL FLUJO DE MATERIALES ACTUAL

N°	Descripción	Observación	Decisión
1	Viradas de Sacos	Genera desperdicio Crea cuello de botella	Optimizar, cambiar por almacen temporal en Super sacos de 1TM
2	Alimentación de Tolva	N/A	N/A
3	Transporte Tolva elevador	No agrega valor	Eliminar
4	Transporte en elevador	N/A	N/A
5	Distribución	Falta flexibilidad	Incrementar 2 ductos
6	Almacenamiento	Faltan 2 tolvas	Incrementar 2 tolvas
7	Transporte Mezclador-Tolva ensacado	No agrega Valor Genera desperdicio	Eliminar
8	Transporte sacos vacíos	Crea cuello de botella	Eliminar. Emplear bancos en proceso
9	Ensayado	No agrega suficiente valor	Optimizar con doblez de sacos y codificar
10	Estiba	N/A	N/A
11	Transporte	Crea cuello de botella	Optimizar empleando medios de transporte alternos (bandas)

El análisis realizado al flujo de materiales observa la necesidad de eliminar 3 fases que no agregan ningún valor al proceso (3,8,9) que consisten en actividades de transporte de las cuales se puede prescindir.

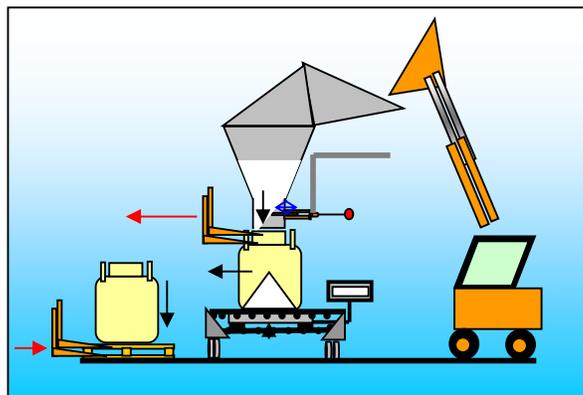
En el caso de optimizaciones se plantea tres puntos:

Viradas de sacos.- Acorde a una adecuada planificación se puede preveer productos que en el futuro agotarán su existencia al granel y por ende ensacarlos en forma temporal en super sacos de 1TM. Esto elimina el desperdicio y optimiza el tiempo de esta actividad cuando sea requerida (Ver Figura 3.2).



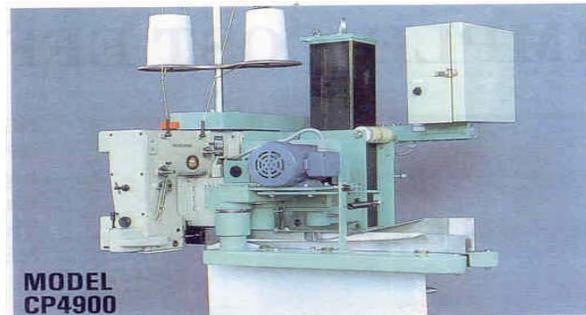
**FIGURA 3.2. PROCESO VIRADA DE SACOS**

El métodos y mecanismo recomendado es el uso de super sacos, en los cuales se almacena en forma temporal lotes de materias primas que son empleadas en el proceso de mezclado y que en algún momento deben ser desalojadas de bodegas al granel por espacios. (Ver Figura 3.3)



**FIGURA 3.3. MECANISMO LLENADO SUPER SACOS**

Ensayado.- Casi la totalidad del valor agregado del proceso se da en la actividad de homogenizado de las diferentes materias primas que intervienen, por eso se considera que la fase de ensacado tiene un valor agregado mínimo sobre el producto. Considerando las debilidades del saco en seguridad y capacidad de aislamiento a la humedad, se considera oportuno agregar la actividad de doblador a través de un elemento en línea.



**FIGURA 3.4. DOBLADOR AUTOMÁTICO DE SACOS**

Transporte.- En el capítulo 2 se evidenció que una cantidad muy importante de tiempos muertos en la línea se debe a falta de transporte, ya sea vehículos de clientes o plataformas para almacenamiento interno. El lograr prescindir de esta variable a través del empleo de un eficiente sistema de bandas transportadoras ayudará a incrementar la eficiencia de la línea de producción.

Considerando los planteamientos para la optimización del flujo de materiales actual, en la figura 3.5 se presenta el Flujo de materiales propuesto a implementar.



### **Modificaciones requeridas por diseño del Flujo de Materiales**

Es necesario determinar en base al Flujo de Materiales mejorado, aquellos elementos que deben ser eliminados, añadidos o modificados en la línea. Pueden existir partes o elementos para los que no se sugiere ninguna de las tres alternativas y por tanto no son considerados. Este análisis es independiente del que se realice en la sección 3.2 en donde se evalúa la reparación o cambio de elementos por deterioro. Ver Tabla 13 .

**TABLA 13**

#### **CRITERIO DE GESTIÓN DE ELEMENTOS EN BASE A FLUJO DE MATERIALES**

<b>ELEMENTO</b>	<b>ELIMINA</b>	<b>MODIFICA</b>	<b>AÑADE</b>	<b>OBSERVACION</b>
TOLVA N ° 1		X		Cambio de orientación
BANDA N ° 1	X			Se puede alimentar directamente desde la tolva al elevador.
DISTRIBUIDOR		X		Se agrega 2 ductos de distribución
TOLVAS ALMACEN		X		Se agrega 2 tolvas

MEZCLADOR		X		Se incrementa capacidad a 6 TM por minuto
TOLVA N°2	X			No cumplirá función al eliminarse la banda N° 2
BANDA N° 2	X			Se conecta Mezclador con las tolvas de Ensacado
TOLVAS ENSACADO		X		Se ubican directamente bajo el mezclador y se balancea capacidad
BANDAS HORIZONTALES (2)		X		Se alarga 20% por ergonomía del operador
COSEDORAS (2)		X		Se añade cortador automático
DOBLADOR			X	Para seguridad y conservación del producto
TOLVA DE CONFINAMIENTO			X	Bajo las tolvas de almacenamiento para descargar en el mixer
BANDAS DE ALMACENAMIENTO			X	Para stockear bodega de producto terminado.

### 3.1.2. Estándares del proceso

Esta sección refiere el término de estándares del proceso a la medición más aproximada de los niveles de capacidad (TM) y productividad (TM/Hora) que cada fase o actividad del proceso de mezclado alcanza en condiciones normales de producción.

Una vez que en la sección previa fueron establecidas las modificaciones que se consideran necesarias para el flujo de materiales, se realiza el levantamiento o actualización de los estándares de capacidad y productividad de cada una de las actividades o fases del proceso que se consideran relevantes al momento de realizar el balance de línea en la sección 3.1.3.

Las actividades para las que se realiza la revisión de estándares de productividad TM/H son :

- Alimentación de Tolva Principal
- Llenado de Tolva
- Alimentación del mezclador
- Mezclado

- Ensacado

Los elementos de la línea para los que se realiza el levantamiento o confirmación de estándares de capacidad en volumen TM son:

- Tolva de alimentación
- Elevador
- Mezclador
- Tolva de Almacenamiento
- Tolvas de Ensacado

La Tabla 14 muestra los estándares de capacidad para cada una de las partes o fases que se han señalado, la tabulación de mediciones que se realizaron para aquellos procesos en los que se requería actualización o levantamiento de estándares se encuentra en el Anexo 2.

Una consideración relevante en este detalle es que los estándares señalados corresponden a desempeños de elementos en condiciones dentro de las especificaciones de los mismos; de no ser el caso se considera la especificación de capacidad de fábrica.

**TABLA 14**  
**ESTÁNDARES DE CAPACIDAD ACTUAL EN LA LÍNEA MEZCLADORA**

<b>ELEMENTO O PROCESO</b>	<b>CAPACIDAD ACTUAL</b>
Alimentación Tolva Principal	95 TM / H
Alimentación Mezclador	21 SEGUNDOS / 2 TM
Mezclado	70 SEGUNDOS / 2 TM
Transporte Mezclador-Ensacado	115 SEGUNDOS / 2 TM
Ensacado (por línea)	60 TM / H
Tolva Alimentación	3 m <sup>3</sup>
Elevador Canguilones	78 TM/H
Mezclador	4.5 TM
Tolva almacenamiento	15 m <sup>3</sup>
Tolva de Ensacado	6 TM X 2 = 12 TM

Los estándares detallados han sido evaluados en base al funcionamiento actual de la línea con todos los

inconvenientes de eficiencia que han sido detallados, incluyendo la limitación de que está produciendo en batch de 2 TM cada uno. De esta manera, estas capacidades son empleadas para realizar la determinación de los cuellos de botella que se han presentado y diagnosticar el desbalance de línea detectado.

Casi la totalidad de estos estándares se encuentran en niveles de capacidad poco óptimos debido a la concepción actual del proceso o a la condición mecánica de la línea y es sobre este punto que se concentra el balance de línea en la sección siguiente, en la cual se plantea la optimización o eliminación de cada proceso / elemento para llegar al balance requerido.

Aunque las mejoras al proceso recomendadas en el Flujo de materiales, implica el ensamblaje vertical de las fases del proceso, en la sección 3.2.2, se considera la situación actual del proceso para posteriormente realizar el contraste con la propuesta de línea una vez balanceada y así obtener el impacto en la mejora de productividad que se presenta al finalizar este capítulo.

### **3.1.3. Balance de Línea**

En esta sección se preseta la situación actual de la línea, con el desbalance de sus capacidades y luego se realiza el balance de línea con las respectivas readecuaciones y mejoras que el equipo requiere.

#### **Situación Actual**

La situación actual se presenta en la Figura 3.6 en la página a continuación; en la misma que se puede analizar y detectar un desbalance de capacidades entre las fases del proceso, que se puede solucionar mediante la modificación del flujo de materiales y capacidad de elementos principales, parte de lo cual está planteado en la sección 3.1.1.

El cuello de botella detectado en el proceso es el Ciclo de Mezclado con una capacidad de 34.95 TM / H que implica un nivel de productividad del 49% respecto al nivel máximo de despacho en línea que se requiere 70 TM / H. Respecto a esta hay que resaltar que para el análisis de balance se considera que la política de la empresa es priorizar el despacho directo a vehículos del cliente. En la tabla 15 se detalla las causales principales de este desbalance.

**TABLA 15**

**ANÁLISIS DE CAPACIDADES EN SITUACIÓN ACTUAL**

SUBPROCESO	CAPACIDAD	OBSERVACIONES
ALIMENTACION	95 TM/H	Esta capacidad se provee empleando un montacargas de 2TM al 100%.
TRANSPORTE	100 TM/H	Esta banda labora sin novedades en su capacidad, mas no agrega valor en el proceso.
ELEVADOR	78 TM/H	Fiuncionamiento subestándar, requiere un mantenimiento en su motor-reductor, cadena de canguilones y estructura del mismo para alcanzar 100 TM / H
MEZCLADO	34.95 TM/H	Un falta de determinación del tiempo adecuado para la Homogenización en el mezclador, el desgaste de la banda trasportadora, y el mal estado de celdas de carga limitan el batch a 2 TM empleando 206 segundos para el ciclo en cada uno.
ENSACADO	120 TM/H	El sistema de Ensacdo está funcionando

		sin inconvenientes operativos, aunque de las 2 líneas existentes se emplea solamente una debido al cuello de botella en el ciclo de mezclado que no permite abastecer simultáneamente ambas tolvas
DEMANDA	70 TM /H	Esta capacidad de demanda está en función de la política de despachar al cliente directamente en la línea, y corresponde al nivel máximo de afluencia de despacho que se presenta en las temporadas y horarios “pico”.

Una vez detalladas las causas principales en el desbalance, es necesario especificar a qué nivel de capacidad se requiere recuperar el balance general de la línea, para posteriormente especificar las medidas a tomar para recuperar o controlar el nivel de capacidad requerido para cada fase, ya sea que la misma esté por encima o bajo del nivel que se establezca según corresponda.

### **CALCULO DEL NIVEL DE CAPACIDAD REQUERIDO**

Se establece el nivel de capacidad requerido para que la línea pueda satisfacer el máximo nivel de demanda esperado y de esta manera tener el nivel de referencia para balancear cada uno de los subprocesos a esta capacidad.

El segmento de negocio de fertilizantes compuestos, tal como fue explicado en el primer capítulo del estudio, tiene un gran potencial de crecimiento en mediano plazo; específicamente refiriendo el Plan de Negocios de la empresa, se estima que este segmento tenga un crecimiento anual promedio de 5.4% en los próximos 5 años (27% Total). Por lo tanto, si el nivel máximo de flujo de despacho de este segmento actualmente se ubica en 70 TM / H, se tiene que el nivel de capacidad mínimo requerido para la línea de mezclas sería:

Nivel de Demanda Máxima Actual: **70 TM / H**

% Crecimiento Segmento de Mezclas 5 años: **27%**

Capacidad de Producción Requerida:  $70 * 1.27 = 88.9 \text{ TM / H}$

### **ELIMINACION DE LOS CUELLOS DE BOTELLA**

De los procesos analizados en el balance de la situación actual, se tiene que la Alimentación del sistema (entradas) y la Demanda (Salidas) no requieren ser modificadas en su capacidad, mientras que el Transporte de Tolva de alimentación a Elevador será eliminado según lo planteado en 3.1.1.

Con las salvedades indicadas se realiza una eliminación del cuello de botella del proceso que es el Mezclado – 34.95 TM / H - y el balance del proceso de Ensacado que se encuentra sobredimensionado - 120 TM / H - para llevarlos al nivel de capacidad requerido: 90 TM / H.

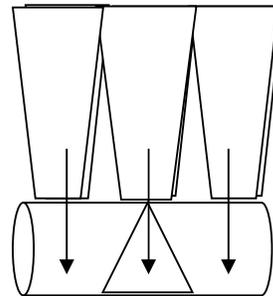
#### Proceso Mezclado (Cuello de Botella) :

Actualmente este subproceso está compuesto por tres pasos secuenciales cuya ejecución no puede ser realizada en forma simultánea, es decir no se puede realizar un batch mientras no se haya concluido totalmente el inmediatamente precedente. El tiempo de duración de estos tres pasos es lo que determina la capacidad de este subproceso

considerando que se encuentra realizando batches de 2 TM por limitación en la capacidad de las celdas de carga.

Se analiza cada uno de los tres pasos para revisar su adecuada optimización:

Alimentación de Materia Prima en el Mezclador.- La materia prima es alimentada al mezclador desde las tolvas de alimentación mediante la apertura/cierre de compuertas neumáticas. Ver figura 3.7.

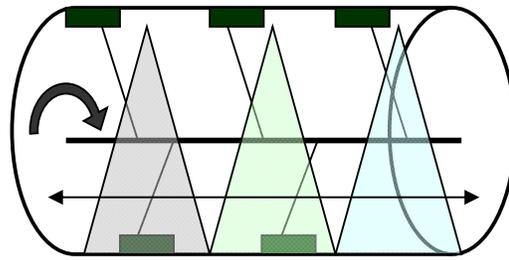


**FIGURA 3.7. ALIMENTACIÓN DEL MEZCLADOR**

El tiempo de alimentación es relación directa de la cantidad que se descarga, teniendo un tiempo actual de 13 Seg / TM.

Mezclado de Materias Primas .- Una vez que el mixer tiene lectura de haber sido alimentado con la totalidad de peso de las materia primas requeridas de una fórmula específica, el

mismo inicia la Homogenización mediante la rotación de un eje mecánico con brazos transversales que trasladan la materia prima granulada dentro del mezclador en sentido vertical y axial durante 70 segundos. Ver Figura 3.8



**FIGURA 3.8. HOMOGENIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS**

Para encontrar el tiempo óptimo requerido por el mezclador para un nivel de homogenización adecuado según lo que establece la norma INEN, se realizó un diseño experimental mediante el cual se hace un muestreo sencillo de la variable Tiempo de mezclado a diferentes niveles y así determinar el impacto en el resultado % Concentración Requerido.

El resultado se expone en la tabla 16 y Figura 3.9, mediante; se encuentra como evoluciona el nivel de homogenización en función del tiempo y permite inducir que a partir del nivel 50 segundos se obtiene un resultado que está dentro de los parámetros que se requieren según la formulación.





Descarga del Mezclador.- La mezcla homogenizada es descargada a las tolvas de ensacado mediante una banda transportadora de 36" con estrías, la misma que presenta un avanzado desgaste debido a la fricción y genera la mayor cantidad de desperdicio en el sistema.

La propuesta es emplear el mismo principio gravimétrico que la alimentación para realizar esta descarga a las tolvas de ensacado que estarían directamente abajo del mezclador y por tanto el tiempo empleado por batch alcanza un nivel de 65 segundos.

Una vez analizados los tres subprocesos que componen la fase de mezclado, la implementación llevaría esta fase a una capacidad de 100 TM/H y para complementar el balance se emplearía en la fase de ensacado el doblador de sacos revisado en 3.1.1, con lo cual la capacidad de esta fase se reduce de 120 a 95 TM /H y así obtener el balance general de línea que se muestra en la Figura 3.10



### **3.2. Mejora al equipo e infraestructura actual**

Esta alternativa considera la necesidad de realizar una adecuación de la estructura de la línea actual mediante la reparación de ciertos elementos y/o el cambio de otros, de manera que se elimine las ineficiencias generadas por esas partes.

Aunque este análisis está relacionado con las modificaciones planteadas en la Tabla 13 de la sección anterior como parte de la alternativa de readecuación de la línea actual, la decisión de cambio o reparación está dada en base a la evaluación realizada a los elementos principales de la estructura en base a los criterios y conclusiones obtenidas luego de los siguientes análisis: Inspección Visual, Medición de espesores, Análisis de riesgos.

Al tratarse de una evaluación técnica de las condiciones de la estructura, parte de los análisis de los mencionados fueron contratados a una empresa especialista en metalúrgica y corrosión, cuyos resultados son empleados en conjunto con los otros análisis realizados para decidir el cambio o reparación de partes.

### **A.- Inspección Visual**

Se inspecciona todos los elementos para detectar daños leves o considerables causados por corrosión, fractura del material o desgaste.

La Tabla 10 en capítulo anterior en que se realiza la evaluación de la condición operativa de la línea sirve de referencia para realizar una lista de chequeo de todos los elementos que evalúe los siguientes parámetros: Soporte, Corrosión, Pintura, soldadura. Ver Apéndice 3

De esta lista de chequeo evidenciada en la Tabla 17 se obtiene el siguiente resultado cuantitativo evaluando en la escala 0 - 5 cada parámetro:

**TABLA 17**  
**EVALUACIÓN CUALITATIVA DE INSPECCIÓN VISUAL A ELEMENTOS DE LA**  
**MEZCLADORA**

<b>ELEMENTO</b>	<b>Soporte</b>	<b>Corrosión</b>	<b>Pintura</b>	<b>Soldadura</b>	<b>% Total</b>
Tolva 1 (Alimentación)	1	1	2	0	25 %
Banda 1	4	4	3	4	75%

Ducto Banda- Elevador	3	1	1	3	40%
Elevador	1	2	3	4	50%
Distribuidor	1	0	1	3	25%
Piso del Disribuidor	1	0	1	1	15%
<b>ELEMENTO</b>	<b>Soporte</b>	<b>Corrosión</b>	<b>Pintura</b>	<b>Soldadura</b>	<b>% Total</b>
Tolvas Almacenamiento	5	4	4	4	85%
Mezclador	2	3	2	3	50%
Piso Mezclador	1	0	1	3	25%
Tolva 2	2	1	1	2	30%
Estructura Banda 2	4	4	3	3	70%
Tolva ensacado	4	3	3	3	65%
Chimbuzo ensacador	5	4	4	4	85%
Bandas horizontales	4	3	3	3	65%
Bandas Estibadoras	3	3	3	3	60%
Escaleras (3)	1	1	0	2	20%
<b>0 = Menor Desempeño    5 = Mejor Desempeño</b>					

De la tabla anterior se puede inducir que aquellos elementos que presentan una condición de mantenimiento igual o menor al 50% son consideradas como las más críticas y se recomendará su reemplazo.

Adicionalmente a las estructuras fijas que han sido inspeccionadas existen otros elementos del sistema que evidencian una necesidad de mantenimiento correctivo o reemplazo, específicamente se tiene las siguientes observaciones:

#### Sistema Neumático :

Al inicio del estudio se tenía un compresor de aire compartido con otras líneas de producción, esto provocaba pérdidas de presión que significa cierres inapropiados de las electroválvulas y por ende desviaciones en la dosificación de materias primas. El problema ha sido corregido con la instalación de un nuevo compresor. Ver Figura 3.11.



**FIGURA 3.11. COMPRESOR DE LA MEZCLADORA**

La observación en el sistema neumático se refiere al mantenimiento preventivo de las electroválvulas que están sometidas a la agresividad del fertilizante y taponamiento por el mismo motivo. Es también importante realizar un ordenamiento e identificación de las líneas de aire.

#### Sistema Eléctrico y de Motores :

La línea cuenta al momento del estudio con un sistema eléctrico que carece de normas básicas de identificación, ordenamiento y protección; adolece de tener líneas eléctricas betustas que requieren un reemplazo inmediato pues han sido causas de cortocircuitos. Ver Tabla 10 - Fig 3.12 Y 3. 13.



**FIGURA 3.12. TIPO CONEXIÓN EXTERIORES**



**FIGURA 3.13. TIPO CONEXIONES INTERIORES**

Se cuenta con seis motores en la línea de producción que en forma general requieren un mantenimiento correctivo de sus carcazas por

el avanzado estado de corrosión y protecciones de seguridad para las poleas de los mismos cuando aplica el caso. Ver Tabla 10 y Fig 3.14.



**FIGURA 3.14. MOTOR  
BANDA N° 1**

### **B.- Medición de Espesores**

Al ser esta una medición técnica con equipo especializado se contrata los servicios de una empresa especialista. Se realiza la medición de espesores a la estructura en las diferentes partes que en la inspección visual realizada por los especialistas es recomendable aplicar. Para este ensayo se utiliza Inspección No Destructiva por Ultrasonido . Ver apéndice 4

**TABLA 17**  
**RESULTADOS DE MEDICIÓN DE ESPESORES A ELEMENTOS**  
**DE MEZCLADORA<sup>1</sup>**

ELEMENTO	ESPESOR MINIMO	ESPESOR PROMEDIO
SOPORTES DEL MEZCLADOR	14.8 mm	15.42 mm
PRIMER PISO DE LA ESTRUCTURA	5.7 mm	7.09 mm
BANDA N°1	5.6 mm	5.86 mm
MEZCLADOR	5.1 mm	5.9 mm
TOLVA N° 2	3.2 mm	4.44 mm

### **C.- Análisis de Riesgos**

El objetivo del análisis de riesgos es determinar la probabilidad de falla total de la estructura, evaluada en base a factores de: equipo, daño, inspecciones, proceso, diseño, del material y agentes físico-químicos.

<sup>1</sup> Insp No Destructiva por Ultrasonido. IV.Inspección Técnica a Planta Mezcladora. Jupesa. Julio 2003

El resultado técnico es entregado por la empresa especialista contratada que realiza la auditoría a la línea y determina el riesgo de falla Acorde a la Matriz de Riesgo Cualitativo de ASME.<sup>1</sup> Ver la Figura 3.15.

Factor de Probabilidad					
5					Riesgo Alto
4				Riesgo Medio Alto	
3			Riesgo Medio		
2		Riesgo Bajo			
1					
	A	B	C	D	E
	Factor de Consecuencia				

**FIGURA 3.15. MATRIZ DE RIESGO CUALITATIVO ASME**

El resultado de la auditoría realizada por el especialista (Ver Apéndice 5) se evalúa según la matriz y se ubica a la línea de mezclado con un Riesgo 5 A que se interpreta:

<sup>1</sup> “Structural reliability and Risk Assessment – ASME”

**La estructura de la línea tiene un alto riesgo de falla que adicional a la para del proceso puede provocar accidentes serios y graves a las personas y/o propiedad y requiere una acción urgente que prevenga las mismas.<sup>2</sup>**

Esto confirma la necesidad de realizar el reemplazo o reparación de las partes que luego de los análisis realizados han resultado como críticas y potenciales causantes de fallas.

Una vez que se tiene los resultados de los análisis previos, en las secciones 3.2.1 y 3.2.2 se presenta el listado de elementos que requieren mantenimiento correctivo o reemplazo respectivamente. Este listado de elementos sirve para tener una base técnica que permita el mejor costeo posible para obtener el rubro de la inversión total que implica la alternativa que analiza esta sección. Se ha empleado el criterio propio del estudio en conveniencia con las estimaciones económicas de la empresa tiene para plantear el cambio o reparación con las respectivas especificaciones.

---

<sup>2</sup> Inspección Técnica a Planta Mezcladora. Jupesa. Julio 2003

### **3.2.1. Reparación de elementos**

La Tabla 18 presenta el listado de elementos que se recomienda reparar, con su respectivo costo estimado que incluye materiales y horas hombre considerando que estos trabajos se realizan con personal propio de la empresa.

Cons estos parámetros, el costo estimado por el rubro de reparación de los elementos de la mezcladora es: \$ 14,000.

Luego de la implementación de reparación de los elementos, es necesario que se implemente las siguientes medidas preventivas para que la inversión realizada obtenga un mejor retorno:

- Programa de Inspecciones planeadas por personal competente
- Programa de Mantenimiento Preventivo
- Planes de Acción de contingencia para Mantenimiento correctivo
- Implementación de rutinas de limpieza planeadas a operadores



### 3.2.2. Cambio de Elementos

El cambio de elementos de la línea es la gestión de mayor peso en la alternativa de mejora al equipo actual, dado que según lo analizado gran parte de la línea se encuentra en condiciones de criticidad y requiere reemplazo inmediato. La selección del tipo de materiales a emplearse para esta labor es coherente con el tipo de ambiente y materiales que se manipulan.

Por la labor técnica que implica la construcción y reemplazo de estas partes mecánicas, esta obra se recomienda sea tercerizada para que se realice con personal calificado.

En la Tabla 19 se detalla los elementos en mención con las respectivas especificaciones para proceder a su reemplazo, que con los respectivos costos detallados implica una inversión total por cambio de elementos de \$112,900. Se debe considerar los siguientes rubros de Inversión:

- Obra Eléctrica (Cambio, ordenamiento, identificación): \$ 8,350
- Obra Civil (Cimentación para cambio estructura elvador): 12,200



### **3.3. Adquisición de nueva línea de producción**

La alternativa de adquirir una nueva línea de producción es considerada con el criterio de que todo equipo tiene una vida económica para el proceso y por tanto la opción de reemplazo de maquinarias será siempre inherente a la administración de operación de una planta industrial.

En el caso de la empresa que estudiamos, cuenta con el antecedente de haber ido expandiendo su capacidad de ensacado mediante la compra de nuevas ensacadoras de última generación, lo cual dio paso a dar de baja a equipos obsoletos. Para esta ampliación la empresa ha contado con proveedores externos debidamente calificados y especializados en este tipo de equipo de llenado / mezclado, los cuales han sido considerados para ofertar la línea de mezclado con las especificaciones requeridas para el proceso.

Para efecto de considerar costos indirectos de la adquisición del equipo se menciona que el equipo tendrá la misma ubicación en planta que la línea actual, por lo tanto la obra civil previo a este montaje es incluida en el costo de la alternativa así como las instalaciones eléctricas para la puesta en marcha del nuevo equipo.

### **Especificaciones de capacidad del equipo requerido**

En forma general se ha requerido la oferta de un sistema de mezclado de diseño vertical de 50 TMH de capacidad para ser montado en un área de 60 m<sup>2</sup> a nivel del mar en clima tropical y a una humedad relativa del 90% en promedio. Las especificaciones de capacidad requeridas del equipo se detallan en la Tabla 20.

**TABLA 20**

#### **ESPECIFICACIONES DE CAPACIDAD DEL EQUIPO REQUERIDO**

<b>Cantidad</b>	<b>Elemento</b>	<b>Capacidad</b>
1	Tolva alimentación	4 M3
1	Elevador Canguilones. 15 mts	120 TM / HORA
8	Tolvas almacenamiento	10 M3
1	Mezclador – Sistema Dosificación	6 TM / MIN
2	Unidades de Ensacado	60 TM / HORA
2	Bandas Transportadoras Cargadoras	200 kg (10° a 60°)
1	Sistema Extracción polvos	N/A
1	Sistema dosificador de líquidos	12 Lts / min. (0.86 gr/cc)

Con los requerimientos y especificaciones detallados, se obtuvo como la oferta más conveniente la detallada en la Tabla 21.

**TABLA 21**  
**DETALLE DE OFERTA DE NUEVA LÍNEA DE MEZCLADO DE FERTILIZANTES AL GRANEL**

<b>Cant</b>	<b>Elemento</b>	<b>Costo Unit (US\$)</b>	<b>Costo Total (US\$)</b>
1	Tolva alimentación	\$ 6,200	\$ 6,200
1	Elevador Canguilones	\$ 73,000	\$ 61,200
8	Tolvas almacenamiento	\$ 11,800	\$ 92,000
1	Mezclador – Dosificador	\$ 54,000	\$ 54,000
2	Unidades de Ensacado	\$ 53,000	\$72,000
2	Bandas Transportadoras	\$ 11,300	\$12,600
1	Extractor polvos	\$ 4,200	\$ 4,200
1	Dosificador de líquidos	\$ 3,300	\$ 3,300
1	Sist. Reporte consumo MP	\$ 8,500	\$8,500
2	Contadores Sacos	\$ 1,600	\$3,200
8	Sensores Nivel	\$ 1,100	\$ 8,800

Esta oferta totaliza \$326,000 que son valores puesto el equipo en la fábrica de la empresa e incluyendo su respectivo montaje.

A este costo de inversión en el equipo se añade los siguientes costos complementarios requeridos para el montaje del nuevo equipo en la planta:

- Obra Eléctrica: \$ 8,500
- Obra Civil: \$18,200

Los costos detallados previamente para esta alternativa son utilizados en el capítulo 4.1 subsiguinete para el análisis de inversión inicial requerida.

#### **Ventajas de adquirir una nueva linea**

- Reducción de Costo de Mantenimiento
- Reducción Reproceso
- Reducción del Desperdicio
- Optimización en la Homogenización
- Imagen del proceso de la empresa

Para revisar el esquema del diseño de esta línea oferta Ver Apéndice 7

### **3.4. EVALUACION DEL IMPACTO DE CADA ALTERNATIVA**

En esta fase del estudio se encuentra que las alternativas analizadas se resumen a dos al consolidar las mejoras al proceso como tal con las readecuaciones requeridas por la condición operativa ya que ambos aspectos están directamente relacionados para obtener una íntegra Readecuación de la línea actual que se comparará con la opción de adquirir un nuevo equipo.

Para realizar la comparación de estas dos alternativas se realiza una evaluación del impacto que la implementación de cada una tendrá en la eficiencia operacional del proceso y su respectiva valoración en términos económicos. Esta evaluación se obtiene simulando el nivel de desempeño que se espera de cada alternativa para cada uno de los siguientes enfoques de eficiencia del proceso:

- A. Productividad.- Se evalúa la capacidad de mezclado del equipo en Toneladas métricas por cada hora de producción.
- B. Desperdicio.- Se cuantifica el nivel porcentual de materia prima no recuperable que generaría cada equipo.

- C. Reproceso.- Se cuantifica el nivel porcentual de materia prima que debe ser reprocesada por dosificaciones erróneas en el proceso.
- D. Mano de Obra.- Evalúa la reducción del costo de mano de obra por la automatización de ciertas fases del proceso.
- E. Tiempo de atención de clientes.- Evalúa la flexibilidad para atender diferentes clientes de manera simultánea.
- F. Mantenimiento.- Cuantifica económicamente el rubro por Mantenimiento de línea requerido en cada caso.

### **Evaluacion de cada ambito de eficiencia**

#### **A. Productividad**

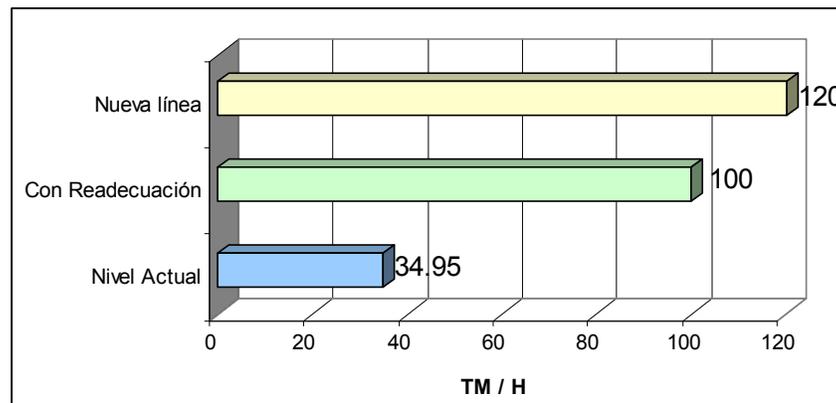
##### Línea Actual Readecuada

Revisando el balance de la figura 3.10 se obtiene que la capacidad máxima de la línea sería 100 TM / H, con lo cual está en un nivel de capacidad que supera el mínimo requerido para atender el mayor flujo de demanda estimado en 70 TM /H.

##### Línea Nueva

La línea ofertada (apéndice 7) tiene una capacidad máxima de 120 TM / H con lo cual también abastece el nivel mínimo requerido.

Para graficar el impacto obtenido respecto al nivel de productividad actual ver Figura 3.16



**FIGURA 3.16. IMPACTO EN PRODUCTIVIDAD**

## **B. Desperdicio**

### Línea Actual Readecuada

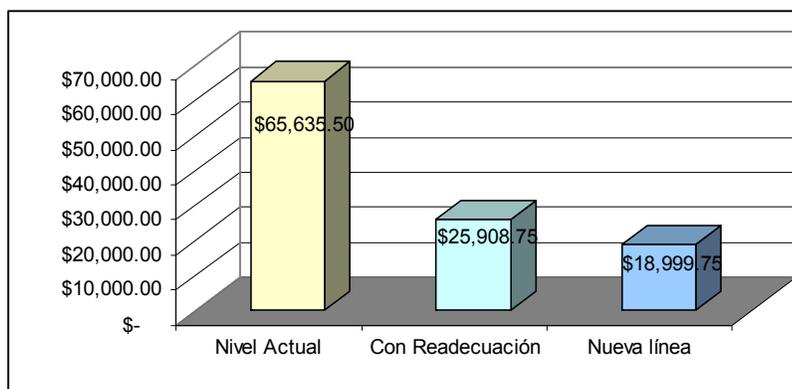
El 60 % del desperdicio está generado por efecto de las bandas transportadoras y Viradas de Sacos. Estos dos factores de desperdicio más incidentes se reducirían totalmente con la implementación de las readecuaciones propuestas; es decir, que la masa total de desperdicio actual de la línea que esta en un nivel del 0.38% se reducirá en un 60% , quedando el nivel esperado en 0.15%.

Cuantificando en términos económicos esto representa con un volumen proyectado de 82,250 Tm y un costo promedio de \$210 por Tm un costo de \$39,726.75.

### Línea Nueva

En la línea nueva se espera reducir el 70% del desperdicio, quedando solamente una cantidad inevitable por lo que representa manipulación de cargadoras y residuos de limpieza. Con esto el nivel de desperdicio se reduce de 0.38 % a 0.11 %.

Cuantificando esta reducción con los mismos parámetros previos, esto implica una reducción de \$ 46,635.75. Para graficar el impacto económico obtenido respecto al nivel de desperdicio actual ver Figura 3.17



**FIGURA 3.17. COSTO DE DESPERDICIO ANUAL**

### **C. Reproceso**

Actualmente se tiene un nivel de reproceso del 0.3% del total de tonelaje producido durante un periodo, y el mismo se produce generalmente por equivocaciones en la dosificación (70% de eventos) y por material depositado en los ángulos de tolvas de ensacado que quedan como residuos de lotes de producción.

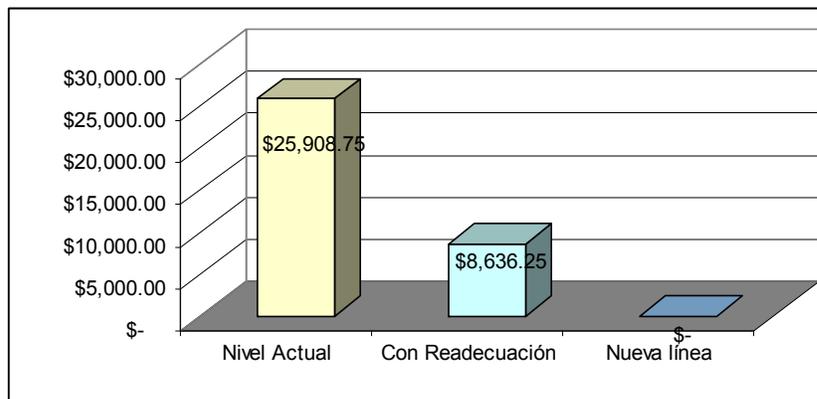
#### Línea Actual Readecuada

Con la implementación de la dosificación automática se reduce el 70% del problema, quedando aún por diseño el 0.1% de reproceso por efecto de las tolvas de ensacado que no se ha sugerido cambiar. Cuantificando económicamente esta mejora se tiene que con el mismo volumen anual de 82,250 TM y a un costo de \$105 Tm (degradada) se tiene una reducción de costo anual de \$17,272.5

#### Línea Nueva

Se estima eliminar totalmente el reproceso actual de la línea, pues el nuevo equipo elimina los dos factores explicados. Cuantificando esta reducción con los mismos parámetros previos, implica una reducción de \$ 25,908.75

Para esquematizar el impacto económico anual ver figura 3.18



**FIGURA 3.18. IMPACTO EN REPROCESO**

#### **D. Mano de obra**

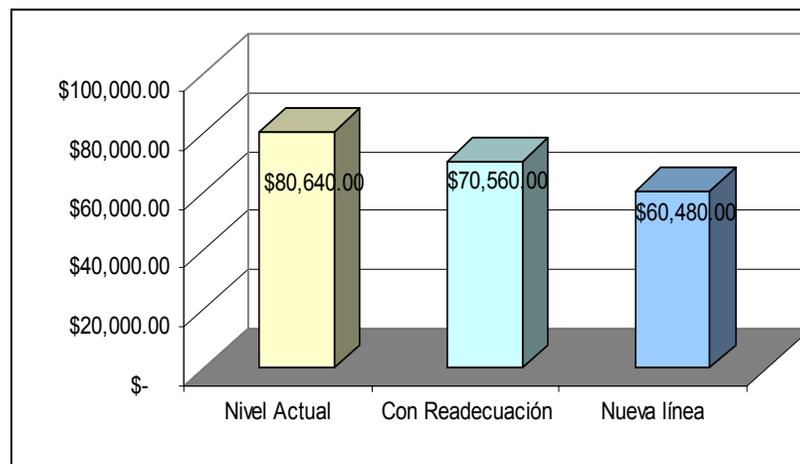
##### Línea Actual Readequada

Con la automatización en la dosificación se elimina 2 de los 4 operadores para dosificar con que actualmente cuenta la línea. Esto con un costo promedio por operador de \$420 representa a la empresa una reducción de \$10,080 en mano de obra directa

##### Línea Nueva

La nueva línea al también incluir automatización en dosificación reduce los mismos 2 operadores mencionados previamente, pero adicionalmente también automatiza el cosido-cortado en ensacdo, que representa un reducción de 2 operarios adicionales.

Con esto se obtiene una reducción de \$20,160 en mano de obra directa. Contrastando con la situación actual en la que se emplea 16 operarios en todo el proceso se tendría una mejora representada en la Figura 3.19.



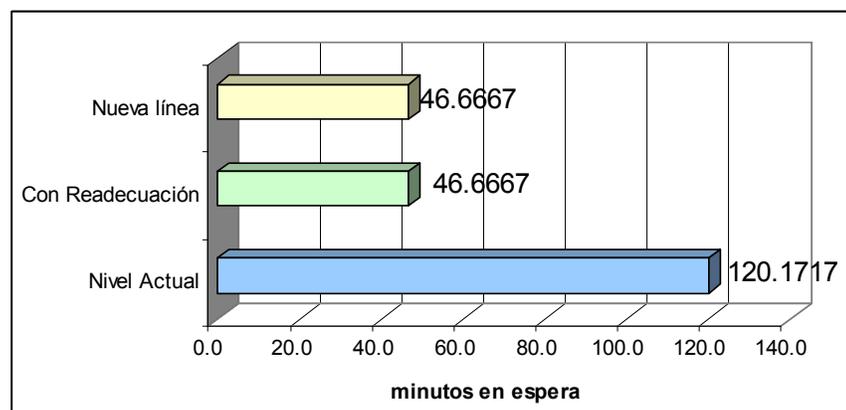
**FIGURA 3.19. IMPACTO EN MANO DE OBRA DIRECTA**

### **E. Tiempo de atención a clientes**

El sistema actual mantiene un flujo de demanda máximo de 70 TM/H, que contrastado con la capacidad limitada en las actuales circunstancias (34.95 TM / H) da que un vehículo que esté en el último turno en cola en estos horarios de alta afluencia, deberá esperar al menos 2 horas para empezar a ser atendido en la línea. Este tiempo de atención contrasta con el tiempo promedio de una

unidad en el sistema de despacho 82 minutos incluyendo el proceso de facturación y administrativo).

Para esta variable ambas alternativa estudiadas (readecuación o adquisición de línea) presentan la ventaja que permiten realizar un despacho simultáneo de 2 vehículos y con el doble de capacidad que la línea actual, es decir que el mismo vehículo con el mismo último turno solo deba esperar 45 minutos. Ver Figura 3.20.



**FIGURA 3.20. TIEMPO ATENCIÓN A CLIENTES EN LÍNEA**

Esta variable es mucho más difícil de cuantificar pero para efectos comparativos en el nivel de servicio permite evidenciar una significativa mejora en la atención inmediata de requerimientos.

## F. Mantenimiento

Actualmente para la línea mezcladora la distribución de costo por tipo de mantenimiento se encuentra de la siguiente manera:

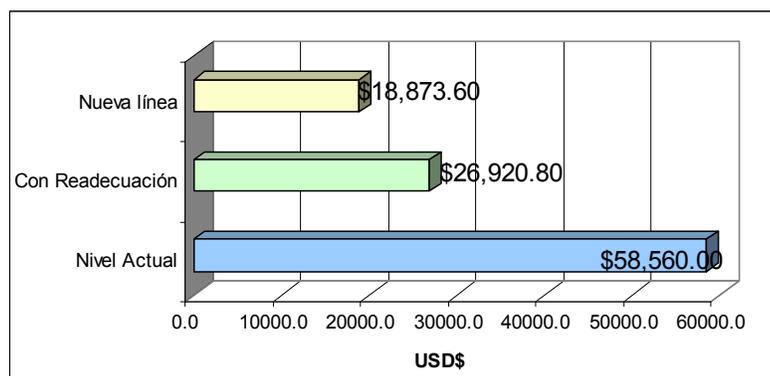
- Mantenimiento Correctivo ( 60%): \$2,914 mensuales
- Mantenimiento Preventivo (40%): \$1,966 mensuales

### Línea Actual Readecuada

Con la readecuación se espera reducir en 90% el Correctivo pero mantener el mismo nivel preventivo, por ende su costo \$1,966 por mes. Esto representa una reducción de \$31,471.2 al año.

### Línea Nueva

Con esta alternativa se espera una eliminación del mantenimiento correctivo y al ser un equipo nuevo reducir en 20% el mantenimiento preventivo, esto implica reducir \$39,686.4 anuales.



**FIGURA 3.21. COSTO MANTENIMIENTO ANUAL DE LÍNEA**

# **CAPITULO 4**

## **4. ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO DE LAS ALTERNATIVAS**

En este capítulo se realiza el análisis económico en base a establecer los montos económicos de inversión inicial y de operación anual que durante un periodo específico -10 años - cada alternativa deberá incurrir (Sección 4.1). Establecidos estos montos se realiza el análisis financiero (flujo de caja) para establecer las tasas de retorno que corresponde a cada alternativa y de este forma evaluar económicamente lo más conveniente para la empresa (Sección 4.2.).

Las ventajas o desventajas operativas y de calidad analizadas en los capítulos previos han sido valorizadas en 3.4. y dichos valores incluidos en los flujos para que sea considerado este impacto en la decisión final de inversión

#### 4.1. Análisis económico

Las dos alternativas comparadas en términos económicos (“Readecuación de Estructura y Proceso” y “ Adquisición de Nueva Línea” ) están compuestas por Inversiones previo a la puesta en marcha del proyecto (Ver Tabla 22) y de reducción en costos operativos anuales estimados en base a la historia del proceso (Ver Tabla 23). La reducción de los costos será quien genere el flujo positivo en el análisis financiero en la sección subsiguiente.

##### Rubros de Inversión inicial :

- Equipo .- Implica adquisición de todo equipo mecánico, eléctrico o electrónico listo para montaje.
- Adicionales .- Todo equipo mecánico, eléctrico o electrónico que otorgue un valor agregado al equipo pero del cual se pueda prescindir para una operación normal de la línea.
- Estructura Mecánica.- Reparación o cambio de elementos de la línea por el estado o rediseño del sistema. Este rubro no aplica en el caso de la adquisición de una nueva línea.
- Obra eléctrica.- Toda instalación de líneas electricas requeridas por el equipo o por la intalación de la línea en el sitio destinado para el efecto.

- Obra civil.- Adecuación de la localización actual en la planta para un adecuado montaje del equipo a instalar.

Reducción de Costos Operativos Anuales:

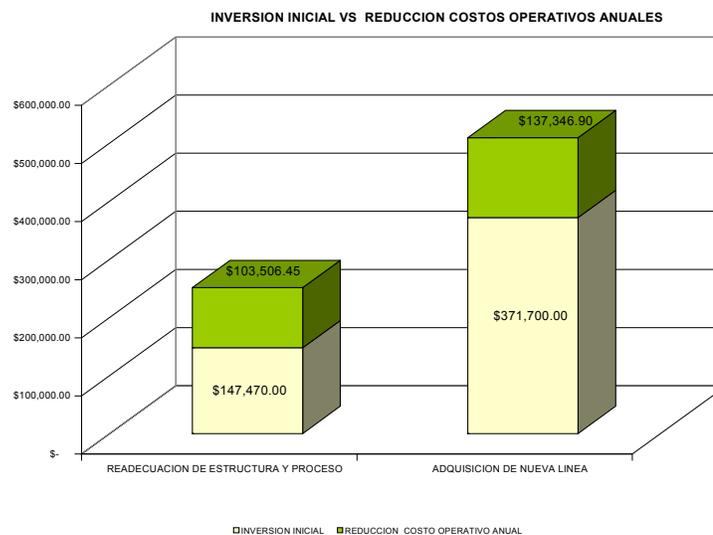
- Mano de Obra.- Con un Costo promedio de \$420 mensuales por operario es el valor que cada alternativa genera como ahorro para el proyecto.
- Reproceso.- Toda materia prima que puede ser recuperada .
- Desperdicio.- Toda materia prima que no puede ser recuperada.
- Mantenimiento.- El monto en que se reduce el mantenimiento correctivo por efecto de la implementación del proyecto.
- Energía Eléctrica.- El ahorro generado en el consumo de energía por efecto de la implementación del proyecto y el uso de motores más eficientes.





Analizando comparativamente los montos detallados en las Tablas 22 y 23 se observa lo siguiente:

- La reducción en costos operativos anuales es más notoria en el caso de un equipo nuevo, pero la diferencia entre ambas no representa un monto considerable.
- Existe una considerable diferencia en los montos de Inversión Inicial, siendo la alternativa de Adquirir una nueva línea 250% más costosa en este sentido.
- Aunque se tiene de referencia la comparación de estos montos (Ver Figura 4.1), la evaluación técnica para la selección en términos económicos está dada en base al escenario de financiamiento que se presenta y al flujo de caja proyectado.



**FIGURA 4.1. COMPARATIVO INVERSION INICIAL Y REDUCCION COSTOS OPERACIONALES**

## 4.2. Análisis financiero

En esta sección se evalúa técnicamente los montos económicos de inversión inicial y egresos / ingresos periódicos que generará el proyecto, con esto se obtiene el flujo de caja que permitirá evaluar mediante el método de la tasa de Retorno y VAN la alternativa más conveniente en términos financieros.

Al ser un proyecto que se desarrolla en una empresa ya existente existen ciertas premisas que se asumen para una adecuada evaluación del flujo de caja proyectado:

- No se considera en el flujo de cada alternativa todos los costos operativos-administrativos de la empresa, salvo aquellos que sufran una variación producto de la implementación del proyecto y que estarán expresados en formas de ingresos o desembolsos según corresponda.
- En caso de reemplazo de línea, el equipo actual es vendido y su valor incluido en el flujo de esa alternativa
- Los ingresos del flujo de cada proyectado serán los valores obtenidos como Reducción de los costos operativos anuales.

- Se aplica depreciación lineal a 10 años sin valor de salvamento para ambas alternativas

Escenario de Financiamiento:

- Amortización del 100% de la inversión a 5 años
- Tasa del 10% anual capitalizable semestralmente
- Tasa de Descuento impuesta por inversionistas 15%
- El ahorro decrece al 8% anual, a partir del 5° año al 5% anual

Las Tablas 24 y 25 detallan los desembolsos semestrales correspondientes a la amortización de la Inversión inicial de cada alternativa y que se representan en el flujo de caja proyectado como Gastos financieros.

En las Tablas 26 y 27 se presenta el flujo de caja proyectado a 10 años de las alternativas de Readecuación y Adquisición de una nueva línea respectivamente. En los mencionados flujos se presenta como ingresos (ahorros) los montos establecidos por reducción de costos operativos anuales de la Tabla 23.







### 4.3. Selección de alternativa

Una vez que se ha evaluado la factibilidad técnica de la implementación de las alternativas y obtenido los niveles de eficiencia operacional de cada una valorizados económicamente para su respectivo análisis, la decisión de selección de la alternativa más conveniente para la empresa queda remitida a la comparación de los índices de evaluación financiera analizados.

En base a este criterio y una vez que el estudio demuestra que ambas alternativas analizadas son financieramente viables, se selecciona la implantación de la alternativa de Readecuación de la línea actual pues representa un mejor escenario de inversión.

**TABLA 28**

**CUADRO DE INDICES DE EVALUACIÓN FINANCIERA DE CADA ALTERNATIVA**

	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>
	<b>READECUAR ESTRUCTURA Y PROCESO</b>	<b>ADQUISICION DE NUEVA LINEA</b>
<b>Inversión</b>	147,470	371,700
<b>Valor Actual Neto</b>	235,734	135,330
<b>Tasa Interna de Retorno</b>	55%	25%
<b>Tasa de descuento</b>	15%	15%
<b>Período de recuperación</b>	1.7 años	3.4 años

# **CAPITULO 5**

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

1. Una inadecuada condición mecánica y de mantenimiento de la línea, en conjunto con actividades ineficientes en el proceso han sido causales principales para una baja eficiencia operacional de la línea en productividad y desperdicio.
2. Considerando los resultados financieros complementados con las expectativas operacionales de eficiencia se demuestra que aunque ambas alternativas analizadas son financieramente viables es más

conveniente realizar las mejoras al proceso y readecuación al equipo actual en los aspectos puntualizados.

3. La implementación de la alternativa planteada permitirá incrementar la capacidad de producción de 34.95 TM / Hora a 90 TM / H.
4. El incremento en la eficiencia operacional en los aspectos analizados implicará una reducción de costos operativos anuales por \$103,506
5. Se verificó que la línea y proceso actual tienen la capacidad de homogenización adecuada para mantener las especificaciones técnicas del producto dentro de los niveles que la norma de referencia lo establece, aunque el tiempo empleado para obtener ese nivel puede ser reducido.
6. Con la implantación de las readecuaciones en la línea, el nivel de atención al cliente en línea se verá incrementado en forma

considerable al poder atender diferentes requerimientos en forma simultánea.

7. La cadena de abastecimiento de materias primas importadas debe ser balanceada con el comportamiento de la demanda del mercado interno para evitar procesos ineficientes como viradas de sacos que merman la capacidad de una línea.

### **Recomendaciones**

1. Implementar la alternativa de reacondicionamiento planteada y monitorear los niveles reales de mejora obtenidos en productividad, desperdicio y homogenización respecto a la situación actual.
2. Realizar el cambio de los elementos críticos en los que se evidencia condiciones de riesgo o falla inminente deben ser atendidas en forma inmediata para evitar accidentes.

3. Implementar un plan de inspecciones planeadas que retroalimente al Plan de Mantenimiento Preventivo, con la finalidad de evitar recurrencia en el deterioro de los elementos más críticos de la estructura.
4. Las rutinas de limpieza ordinarias de línea deben ser debidamente inspeccionadas y aprobadas con el objeto de reducir el agresivo efecto del tipo de materias primas empleadas.
5. Como fase inicial para la Readecuación del sistema actual previo a su funcionamiento como un sistema vertical, se puede reducir el ángulo de inclinación de la banda transportadora para la reducción del desperdicio y deshomogenización de las mezclas.
6. Al ser la única línea de mezclado, la obra a realizarse en la misma deberá ser coordinada de tal manera que su ejecución se realice en verano (baja demanda) y con un aprovisionamiento de producto terminado adecuado para que no se afecte comercialmente al negocio.

# **APENDICE 1**

Volumenes de Producción Años 2,002 – 2,003

## **APENDICE 2**

Actualización de Estándares de Tiempo y Capacidad de Procesos

## **APENDICE 3**

Evidencia Fotográfica del estado de elementos de la línea de mezclado

# **APENDICE 4**

Medición de espesores de los elementos principales de la línea mezcladora  
Consultor: Jupesa Agosto 2003

# **APENDICE 5**

**“ EVALUACION DE ESTRUCTURA DE LA MEZCLADORA POR  
INSPECCION NO DESTRUCTIVA POR ULTRASONIDO Y  
DETERMINACION DE RIESGOS”**

**Consultor. Jupesa a Agosto 2003**

# **APENDICE 6**

“ Dimensionamiento de elementos principales de la linea actual”

**Consultor. Jupesa a Agosto 2003**

# **APENDICE 7**

“ Diseño Esquemático de Nueva Línea Mezcladora Ofertada”

PRODUCCION DEL AÑO 2,003 (EN UNIDADES 50 KG)

Productos	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
MEZCLA 22-0-32	21.014	2.315	26.604	15.770	18.035	17.583	14.818	14.125	600	169	3.284	17.497	151.814
MEZCLA 18-0-36	1.924	0	2.909	1.796	0	3.484	706	1.004	502	30	0	1.099	13.454
FERTIREY BANANO VERANO	0	0	0	0	976	1.867	2.250	2.702	5.239	3.978	2.367	2.015	21.394
FERTIREY BANANO INVIERNO	0	0	0	0	1.285	892	533	20	90	182	343	0	5.581
FERTISAMAG 19-11-15 GR	1.533	2.463	4.237	1.393	1.567	3.104	1.771	1.951	1.566	1.334	2.173	2.571	25.663
FERTISAMAG 19-11-15 ST	949	2.220	2.422	1.677	1.310	2.027	1.355	1.265	1.791	1.716	1.769	2.090	20.591
MEZCLA 15-15-15-6-5	0	0	0	0	0	0	6	0	3	0	0	0	9
MEZCLA 6-16-20-8-6	0	0	0	0	0	0	0	0	440	90	400	231	1.161
MEZCLA 9-24-15-6-5	0	0	0	0	0	0	0	0	400	1.310	1.366	220	3.296
MEZCLA 7-19-24-5-4	0	0	0	0	0	0	0	0	420	1.200	530	800	2.950
MEZCLA 25-10-19	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	200
MEZCLA 15-6-23-3	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120
FERTIFORRAJE COSTA	0	0	0	0	0	0	0	0	6	20	20	0	46
MEZCLA 21-0-27-22	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100
MEZCLA 19-4-25-3-2	460	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	460
MEZCLA 13-13-17-4-3	0	0	0	403	639	0	0	0	2.555	0	0	1.200	4.797
MEZCLA 15-15-10-4-3	0	0	595	1.063	1.020	1.400	400	0	2.394	0	184	2.200	9.256
MEZCLA 18-9-12-5-4	0	0	2.133	1.032	220	0	0	0	1.225	0	0	1.025	5.635
MEZCLA 20-9-17-4-3	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0	0	0	500
MEZCLA 30-0-21	1.000	1.170	0	0	0	0	1.200	4.800	1.500	0	1.800	1.200	12.670
MEZCLA 6-15-13-11-8	0	40	0	0	0	513	0	0	0	0	0	0	553
MEZCLA 13-6-26-6	0	150	0	0	0	580	0	0	0	0	0	0	730
MEZCLA 15-7-33	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	38
FERTIFORRAJE	0	80	0	150	20	110	110	130	100	190	270	545	1.705
MEZCLA 17-6-21-6	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500
MEZCLA 19-19-19	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
MEZCLA 6-15-13-11-6	0	0	0	400	103	0	0	0	0	0	0	0	503
MEZCLA 13-13-17-3-2	0	0	0	0	1.400	845	730	499	0	0	0	0	3.474
MEZCLA 0-23-15-6-5	0	0	0	0	440	2.000	1.020	0	0	0	0	0	3.460
MEZCLA 0-15-20-8-6	0	0	0	0	700	821	990	300	0	0	0	0	2.811
MEZCLA 22-12-12	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	40	80
MEZCLA 0-18-24-5-4	0	0	0	0	0	136	364	0	0	0	0	0	500
MEZCLA 0-13-13-12-10	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	400
MEZCLA 0-20-0-8-6-3	0	0	0	0	0	133	0	0	0	0	0	0	133
MEZCLA 29-0-14-4-3	0	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	0	40
MEZCLA 31-0-20	0	0	0	0	0	0	0	0	540	0	200	0	740
MEZCLA 23-2-0-17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
NPK CLASE A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.060	1.803	596	3.459
NPK CLASE B	0	0	0	0	0	0	0	0	4.600	0	1.080	0	5.680
NPK CLASE C	0	0	0	0	0	0	0	0	6.900	0	1.073	0	7.973
Total Otras Formulas	27.000	8.938	38.940	23.784	27.793	36.395	26.293	26.796	31.071	11.279	18.662	35.665	312.616
10-30-10	18.266	42.430	45.244	37.489	30.941	35.130	20.810	24.538	27.532	28.026	26.087	51.233	387.726
8-20-20	14.649	26.621	35.120	29.308	21.947	19.665	12.043	15.233	17.983	17.751	16.629	36.295	263.244
15-15-15	12.869	21.063	18.582	14.149	13.035	12.914	11.114	12.378	13.818	12.213	13.842	23.189	179.166
12-36-12	970	1.200	1.070	1.740	1.180	930	712	1.143	1.341	1.325	1.120	2.395	15.126
23-0-30	5.330	842	856	330	1.678	923	2.000	4.706	8.469	9.485	5.350	14.700	54.669
8-24-8	1.257	1.800	2.970	1.810	1.753	2.470	1.930	2.590	1.870	1.490	1.050	2.490	23.480
13-26-6	400	1.750	1.805	1.990	1.130	1.050	831	1.170	1.580	1.970	1.850	4.676	20.202
<b>Total Compuestos</b>	<b>80.741</b>	<b>104.644</b>	<b>144.587</b>	<b>110.600</b>	<b>99.457</b>	<b>109.477</b>	<b>75.733</b>	<b>88.554</b>	<b>103.664</b>	<b>83.539</b>	<b>84.590</b>	<b>170.643</b>	<b>1.256.229</b>
Urea	147.239	307.065	257.139	227.454	156.267	155.052	135.035	194.585	261.566	183.394	188.070	310.631	2.523.497
Mrto.Pot.Gr.	30.754	40.306	45.922	21.134	25.782	33.984	23.008	26.488	32.459	26.027	24.164	35.460	365.488
Mrto.Pot.St.	24.604	23.007	18.647	11.406	17.749	17.790	11.419	19.700	31.709	22.202	16.057	20.604	227.894
D.A.P.	16.294	33.315	45.954	33.825	26.569	29.942	22.915	28.685	43.961	40.407	34.097	59.566	415.530

Sulfato Mag. St.	4.469	3.164	3.358	1.508	10.849	4.942	2.909	1.667	1.645	1.831	1.064	8.295	45.701
Sulfato Mag. Gr.	9.505	4.755	7.343	4.658	3.009	2.174	2.602	476	377	519	454	1.392	37.264
Superfosfato Triple	8.343	3.734	641	673	8.730	8.973	12.106	4.676	934	4.403	7.535	18.422	79.170
Nitrato de Amonio	20.509	15.488	3.195	0	7.428	40.303	13.994	9.733	212	64	600	22.534	134.060
Sulfato de Amonio	4.207	6.848	5.807	3.726	7.758	10.381	8.755	14.792	26.852	16.883	350	1.249	107.608
Fosfato Monocalcico	5.865	8.554	8.792	10.581	6.039	7.636	4.822	6.968	6.814	4.507	5.038	5.854	81.470
Total Simples	271.789	446.236	396.798	314.965	263.180	311.177	237.565	307.770	406.529	300.237	277.429	484.007	4.017.682
Total Fertilizantes	352.530	550.880	541.385	425.565	362.637	420.654	313.298	396.324	510.193	383.776	362.019	654.650	5.273.911

## **ANEXO**

**“ EVIDENCIA FOTOGRAFICA DEL ESTADO DE ELEMENTOS DE LA  
LINEA DE MEZCLADO “**

## TOLVAS DEL SISTEMA



**TOLVA ALIMENTACIÓN PRINCIPAL**



**TOLVA BAJO EL MIXER**



**TOLVAS DE ALMACENAMIENTO**

## ELEVADOR DE CANGUILONES



**BALDE O CANGUILON DEL ELEVADOR**



**ESTRUCTURA DEL ELEVADOR**



**DESCANSOS DEL ELEVADOR**

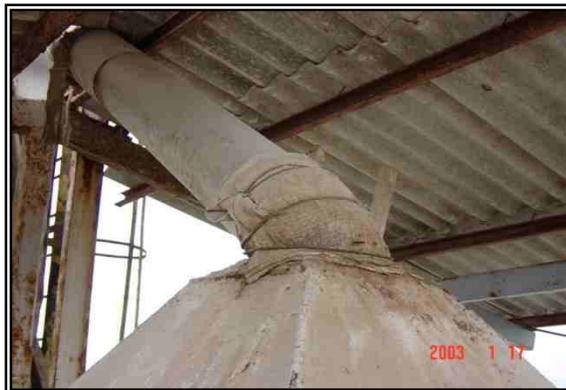
## DUCTOS DE DISTRIBUCION DE MATERIA PRIMA



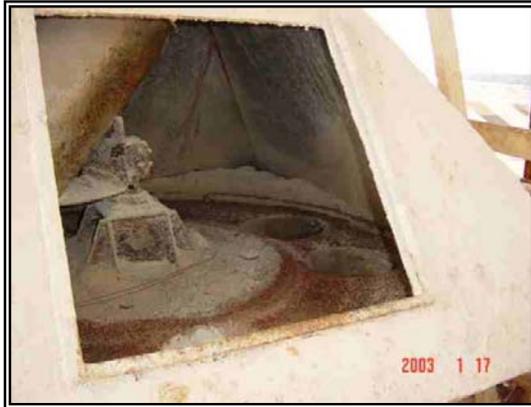
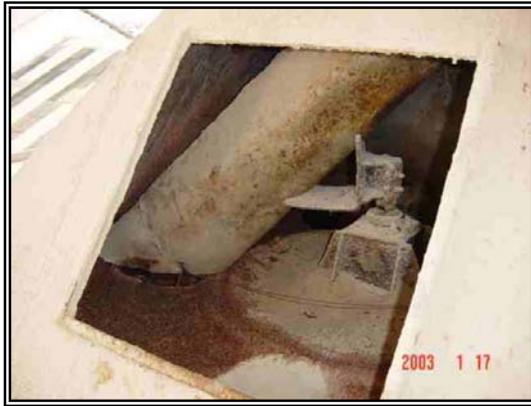
DUCTOS DE DISTRIBUCION A TOLVAS



DUCTO PRINCIPAL. VISTA SUPERIOR



DUCTO PRINCIPAL. VISTA INFERIOR



**MEZCLADOR – CELDAS DE CARGA**



**CELDA DE CARGA 1 DE 4**



**BASE DEL MEZCLADOR. FALTA DE ANCLAJE**



**MIXER**

## **ELEMENTOS NEUMATICOS**



**PANEL DE CONTROL NEUMATICO**



**ELECTROVALVULA DE TOLVA**



**ELECTROVALVULA DEL MIXER**

## PISOS Y ESCALERAS



PISO DEL MIXER



PISO DEL DISTRIBUIDOR



ESCALERAS AL MIXER Y ELEVADOR

**BANDAS Y RODILLERIA**



**BANDA MIXER-TOLVA ENSACADO  
VISTA INFERIOR**



**BANDA MIXER – TOLVA ENSACADO  
VISTA SUPERIOR**

**ANEXO**

**“ EVALUACION DE ESTRUCTURA DE LA MEZCLADORA POR  
INSPECCION NO DESTRUCTIVA POR ULTRASONIDO Y  
DETERMINACION DE RIESGOS”**

**Estudio. Jupesa a Julio 2003**

**ANEXO**

**“ MEDICION DE ESPESORES DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DE  
LA LINEA MEZCLADORA ”**

**Estudio Jupesa a Julio 2003**

**ANEXO**

**“ DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS PRINCIPALES DE LA LINEA DE  
MEZCLADO “**

**Estudio Jupesa a Julio 2003**