



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y MEJORAS AL PROCESO DE PRODUCCIÓN
EN UNA PLANTA DE ESPECIALIDADES QUÍMICAS**

Nery Antonio Aguirre Ramos

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, noviembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO Y MEJORAS AL PROCESO DE PRODUCCIÓN
EN UNA PLANTA DE ESPECIALIDADES QUÍMICAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

NERY ANTONIO AGUIRRE RAMOS

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de Lopez
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Aku Castillo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y MEJORAS AL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA PLANTA DE ESPECIALIDADES QUÍMICAS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha agosto de 2005.

Nery Antonio Aguirre Ramos

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por haberme dado la vida y permitirme alcanzar mis metas.

VIRGEN MARIA

Gracias por haberme fortalecido con amor y fe en los caminos del Señor.

MIS PADRES

Hugo Antonio, por su cariño, ejemplo, y apoyo incondicional.

Aura Violeta, **D.E.P.** desde el cielo guardas mi vida como lo hiciste en la tierra con amor, gracias por haber compartido este sueño que hoy vemos hecho realidad. Siempre estarás en mi recuerdo y corazón.

MIS HERMANOS

Hugo Yovani y María de los Ángeles, por su cariño y fraternal ayuda.

MIS ABUELOS

María Orbelina y María Carlota, por su cariño y consejos.

Benjamín y Manuel, **D.E.P.** su recuerdo y presencia siempre estará conmigo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	
1.1 Antecedentes históricos de la empresa	1
1.2 Actividades a las que se dedica	1
1.3 Funciones básicas de los departamentos que componen la empresa	3
1.4 Estructura organizacional	8
1.5 Visión, misión, y estrategia	8
1.6 Ubicación de la empresa	10
2. MARCO TEÓRICO	
2.1. Conceptos generales de mantenimiento	11
2.1.1. Concepto de mantenimiento	11
2.1.2. Tipos de mantenimiento	11
2.1.2.1 Mantenimiento correctivo	12
2.1.2.2 Mantenimiento predictivo	14
2.1.2.3 Mantenimiento preventivo	16
2.1.2.4 Mantenimiento mejorativo	18
2.1.2.5 Otros tipos de mantenimientos	18

2.2	Métodos de lubricación	20
2.2.1	Clases de lubricación	21
2.3	Métodos de programación de la producción	23
3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	
3.1	Descripción del departamento de manufactura	25
3.1.1	Descripción de las actividades de mantenimiento	25
3.1.1.1	Descripción de la maquinaria y equipo	25
3.1.1.2	Descripción de las actividades actuales de mantenimiento	28
3.1.1.3	Diagnóstico del programa de mantenimiento actual	28
3.1.1.3.1	Tipos de mantenimiento que se realizan	30
3.1.1.4	Análisis de costos de las actividades de mantenimiento	31
3.1.1.5	Determinación de tiempo perdido	31
3.1.2	Descripción de las actividades de producción	33
3.1.2.1	Descripción del proceso de producción	34
3.1.2.1.1	Proceso de mezclado, envasado, taponado, etiquetado	34
3.1.2.2	Determinación de la capacidad instalada	41
3.1.2.3	Diagnóstico del proceso de producción	47
3.1.2.3.1	Paros y eficiencia y tiempo muerto de maquinaria	48
3.1.2.3.2	Áreas de oportunidad de mejoras	51
3.1.2.3.2.1	Análisis proceso de elaboración producto	52
3.1.2.3.2.2	Análisis proceso de llenado	53
3.1.2.3.2.3	Análisis proceso de taponado y etiquetado	54

3.1.2.4	Estudio de tiempo de operación	55
3.1.2.5	Balance de líneas	63
4.	DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	
4.1	Tipo de mantenimiento a implementar	67
4.2	Personal involucrado en las actividades de mantenimiento	68
4.3	Clasificación de maquinaria y equipo	71
4.4	Codificación maquinaria y equipo	73
4.5	Recopilación de historial de mantenimiento	74
4.6	Recopilación de información del fabricante y manuales de operación	75
4.7	Funcionamiento y capacidad de la maquinaria y equipo	78
4.8	Diseño del programa de mantenimiento	78
4.8.1	Solicitud de ajuste/reparación	79
4.8.2	Reporte de anomalías	81
4.8.3	Fichas históricas	83
4.8.4	Realización de inspecciones y visitas	84
4.8.5	Orden de trabajo	87
4.8.6	Cronograma de acción del programa de mantenimiento	89
4.8.7	Procedimiento de mantenimiento	100
4.8.8	Reporte mensual de mantenimiento	102
4.8.9	Control de paros de la línea y tiempos muertos	103
4.9	Programa de lubricación	104
4.9.1	Revisión de los listados de lubricación existentes	104
4.9.2	Diseño y elaboración del programa de lubricación	105
4.9.3	Identificación de puntos a lubricar	107
4.9.4	Cantidad, tipo de lubricante y frecuencia de relubricación	108
4.9.5	Identificación de puntos de engrase	110
4.9.6	Identificación de depósitos de aceite o grasa	110

4.9.7	Fundamentos teóricos para almacenaje, transporte y manejo de lubricantes	111
4.9.8	Manipulación de lubricantes	111
4.9.9	Almacenamiento de lubricantes	112
4.10	Métodos de supervisión	114
4.11	Índices de evaluación del mantenimiento	114
4.12	Estudio económico de la implementación de la propuesta	119
5.	MEJORAS AL PROCESO DE PRODUCCIÓN	
5.1	Identificación de áreas de mejoras	121
5.1.1	Propuestas para la elaboración del producto	121
5.1.2	Propuestas para el taponado	123
5.1.3	Propuestas para el llenado de producto	124
5.1.4	Propuestas para el etiquetado y embalaje de producto	138
5.1.5	Condiciones de trabajo	141
5.2	Diagrama de flujo de operaciones	148
5.3	Diagrama de recorrido	150
5.4	Estudio de tiempo de operación	151
5.5	Determinación de la capacidad instalada	153
5.5.1	Determinación de eficiencia	156
5.5.2	Modelo del flujo de la programación	158
5.6	Análisis económico de las propuestas de mejora	161
5.7	Implementación del nuevo método	162
5.8	Balance de líneas	163
	CONCLUSIONES	167
	RECOMENDACIONES	171
	BIBLIOGRAFÍA	175
	APÉNDICE	177

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Organigrama de la empresa	9
2	Ubicación de la empresa	10
3	Diagrama causa y efecto para el programa de mantenimiento actual	30
4	Distribución de la capacidad de producción instalada	46
5	Diagrama causa – efecto para el para el proceso de producción actual	48
6	Diagrama de operaciones con método actual	60
7	Diagrama de flujo de operaciones con método actual	61
8	Diagrama de recorrido método actual	62
9	Balance de líneas, método actual	63
10	Formato de solicitud de ajuste y/o reparación	76
11	Formato de reporte de anomalías	79
12	Formato de historial de reparaciones de fallas y/o averías	80
13	Formato de control de visita/inspección	82
14	Formato de orden de trabajo	84
15	Diagrama de bloques del procedimiento de mantenimiento	97
16	Formato de reporte mensual de mantenimiento	98
17	Formato de control de paros en la producción	99
18	Plano de la bodega de almacenamiento de lubricantes	109
19	Gráfico de número de paros no programados	112
20	Gráfico de horas de paros no programados	113
21	Gráfico de costos por servicios de mantenimiento en el tiempo	114
22	Taponadora neumática	118
23	Diagrama de llenado semiautomático de líquidos por peso	120
24	Diagrama de llenado semiautomático de líquidos por volumen	121

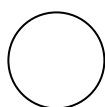
25	Máquina llenadora tipo lineal	123
26	Mesa para ingreso de envases vacíos	124
27	Resultados de pruebas de llenado de semilíquidos volumétricamente	127
28	Diagrama de pistón para llenado de productos semilíquidos	128
29	Máquina neumática dosificadora de semilíquidos	129
30	Llenado de líquidos utilizando boquilla de doble salida	130
31	Diagrama de doble boquilla con accionamiento con pedal	132
32	Engrapadora para cerrado de cajas	135
33	Dispensador de cinta adhesiva	136
34	Extractor de aire tipo ventury	139
35	Medidas para cálculo de iluminación	140
36	Distribución de lámparas	142
37	Diagrama de operaciones, método propuesto	143
38	Diagrama de flujo de operaciones, método propuesto	144
39	Diagrama de recorrido, método propuesto	145
40	Distribución de la capacidad de producción, método propuesto	149
41	Formato de orden de producción	154
42	Balance de línea, método propuesto	158

TABLAS

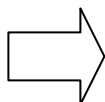
I	Determinación del tiempo perdido por paros no programados	32
II	Tiempo de producción por batch	42
III	Tiempo muertos en tanques mezcladores, situación actual	50
IV	Estudio de tiempo de operación, método actual	56
V	Tiempo de operación para una producción de 850 gal., método actual	58
VI	Tabla de procedencias de las operaciones	63
VII	Cálculo de la eficiencia para 3 estaciones	64
VIII	Personal involucrado en el mantenimiento	71
IX	Clasificación de maquinaria y equipo	68
X	Código de ubicación de equipos	73
XI	Guía de operación del equipo	75
XII	Cronograma anual del mantenimiento preventivo	89
XIII	Cronograma mensual de mantenimiento	93
XIV	Programa de mantenimiento preventivo	94
XV	Programa de lubricación	104
XVI	Lubricantes a utilizar en los diferentes equipos	108
XVII	Número de paros no programados de la maquinaria	114
XVIII	Horas de paros no programados	116
XIX	Costos de mantenimiento	117
XX	Estudio económico de la implementación de la propuesta	120
XXI	Resultados en pruebas de llenado volumétrico de productos tipo gel	129
XXII	Cálculo de luxes recomendado	144
XXIII	Tiempo de operación, método propuesto	149
XXIV	Capacidad de producción, método propuesto	151
XXV	Análisis económico de las propuestas de mejora	159

XXVI	Tabla de procedencias de operaciones, método propuesto	161
XXVII	Cálculo de la eficiencia para 4 estaciones	162

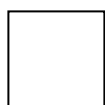
LISTA DE SÍMBOLOS



Operación



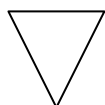
Transporte



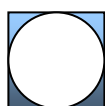
Inspección



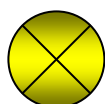
Demora



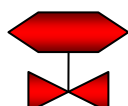
Almacenaje



PLC (Controlador Lógico Programable)



Medidor de volumen



Electroválvula

GLOSARIO

Agitador	Máquina utilizada para mezclar materias primas para lograr su homogenización.
Análisis de operaciones	Es la separación de las partes de un proceso para observar el funcionamiento específico de cada una, de esta forma llegar a conocer e incluso a optimizar el funcionamiento del proceso.
Corrosión	Deterioro de los materiales de las piezas debido a la exposición de estas al ambiente.
Desgaste	Pérdida del material de las piezas debido al rozamiento constante entre dos o más superficies en movimiento.
Estudio de tiempos	Es la actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada.
Fricción	Es la resistencia que se opone al movimiento de un cuerpo al deslizarse sobre otro.
Homogenizar	Acción de uniformizar la mezcla de las materias primas para la fabricación de los productos.

Ingeniería de métodos

Es el conjunto de procedimientos sistemáticos para someter a todas las operaciones de trabajo directo e indirecto a un concienzudo escrutinio, con vistas a introducir mejoras que faciliten más la realización del trabajo y que permitan que éste sea hecho en el menor tiempo posible y con una menor inversión por unidad producida.

Lubricación

Servicio de mantenimiento, donde se aplica aceite a las piezas móviles de los equipos o donde el manual de la maquinaria lo indique.

Normalización

Establecer normas específicas que rijan un determinado grupo de actividades.

Proceso

Conjunto de actividades que reciben uno o más insumos y crea un producto de valor para el cliente.

Protocolo

Documentos utilizados para autorizar la aplicación del mantenimiento, llevar registros y recolectar información para mejorar el programa de mantenimiento preventivo.

Tiempo Estándar

Tiempo promedio permisible para llevar a término una actividad específica.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en la planta de especialidades químicas Alkemy S.A. Inicialmente se presenta en el trabajo generalidades de la empresa, actividades a las que se dedica, como esta conformada así como la visión y misión de la misma, esto con el objeto de conocer los inicios, la evolución y los objetivos que la empresa persigue.

Luego se presentan algunos conceptos teóricos de los principales temas a desarrollar en este trabajo, los cuales servirán para fundamentar el estudio presentado, tomando como base métodos ampliamente reconocidos.

Más adelante se presenta un estudio de las condiciones actuales en que opera la empresa actualmente, tanto desde el punto de vista de producción como de mantenimiento. En él se detallan la maquinaria y equipo con que cuenta cada área de la empresa, así como un diagnóstico de las actividades de la actividad de mantenimiento que se realiza actualmente. También se analiza el proceso de producción, se describen todas las operaciones necesarias para la elaboración de los productos, se determina la capacidad instalada y se hace un diagnóstico de los factores que influyen en el desempeño actual de la planta. Luego se analizan las principales áreas de oportunidad para mejorar el proceso de producción, y se realizan un estudio de tiempo de operación.

En seguida se muestra el diseño de un programa de mantenimiento preventivo, el personal involucrado, el diseño de formatos para la administración del mantenimiento, indicando la forma correcta de ser llenados y el alcance que se desea con su utilización las actividades específicas a realizar en las intervenciones de mantenimiento, y los intervalos de tiempo entre cada inspección. Además, se diseñan formatos para medir la

eficiencia del programa de mantenimiento. También se diseñó un programa de lubricación, identificando los puntos a lubricar, el tipo de lubricante a utilizar, la frecuencia de lubricación, y el almacenamiento de los lubricantes. Asimismo se hace un estudio económico de la ejecución de la propuesta.

Finalmente, se presentan propuestas para mejorar el proceso de producción, realizando propuestas para la implementación de tecnología acorde a ritmo de producción actual y esperado a mediano plazo, así como se promueve el mejor aprovechamiento de los recursos con que cuenta la empresa. Además se muestra un estudio de tiempo que refleja la disminución en los tiempos de operación que se pueden alcanzar con la implementación de dichas propuestas, y el derivado aumento en la capacidad de producción de la planta. Por último se presenta un estudio económico que justifique su implementación.

OBJETIVOS

- **General:**

Diseñar un programa de mantenimiento preventivo y plantear propuestas de mejoras al proceso de producción.

- **Específicos:**

1. Identificar las ventajas y desventajas de la situación actual del departamento de manufactura.
2. Determinar la capacidad de producción instalada, en base a las condiciones de operación actual de la planta.
3. Establecer la eficiencia actual de la maquinaria y equipo.
4. Evaluar la situación actual de las actividades de mantenimiento que se realizan en el área de producción.
5. Determinar la eficiencia actual del proceso de producción.
6. Identificar las áreas de oportunidad que permitan aumentar la capacidad de producción y la eficiencia del proceso.
7. Diseñar un programa de mantenimiento preventivo que se ajuste a las condiciones de operación de la planta.

8. Elaborar formatos para la administración del mantenimiento, que permitan registrar las intervenciones realizadas.
9. Diseñar métodos de supervisión para evaluar la efectividad del programa de mantenimiento.
10. Elaborar un programa de lubricación que identifique los puntos a lubricar, el tipo de lubricante recomendado y la frecuencia de lubricación.
11. Plantear propuestas de mejoras al proceso de producción, mediante la utilización de la tecnología apropiada, y el mejor aprovechamiento de los recursos.
12. Medir el alcance esperado de las propuestas planteadas en el aumento eficiencia.
13. Establecer la capacidad de producción esperada de la planta después de la implementación de las propuestas de mejora.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el hombre utiliza distintas máquinas para facilitar las actividades que realiza habitualmente, en las empresas son utilizadas máquinas para realizar hasta las operaciones más simples, con el fin de reducir el tiempo de producción y aumentar la capacidad de producción.

Sin embargo, el manejo de maquinaria requiere de un mantenimiento adecuado para evitar que estos equipos fallen en el momento menos oportuno. Por esta razón el mantenimiento industrial realiza una función primordial en los procesos productivos de cualquier empresa, cuando se busca incrementar los niveles de productividad, calidad y seguridad.

Se debe contar con un apropiado programa de mantenimiento que cubra los requerimientos que genere el uso de la maquinaria, para garantizar el buen funcionamiento de los equipos y alcanzar el nivel de calidad que esperan los clientes.

Ademas se debe contar con la tecnología apropiada en la producción, que garantice la capacidad de respuesta a la demanda de productos, y permita realizar las operaciones con eficacia y eficiencia.

Teniendo en cuenta la necesidad de la creación de un apropiado programa de mantenimiento y la mejora del proceso de producción, se tuvo la oportunidad de realizar este trabajo de graduación, en el cual se presentan todos los elementos que se tomaron en cuenta para elaborar un programa de mantenimiento que se adecue a las necesidades de la empresa, y para mejorar las operaciones en el proceso productivo, con miras a lograr una correcta asignación y utilización de recursos materiales y humanos.

1. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes históricos de la empresa

La empresa fue fundada en agosto de 1,989 con la visión de liderar el mercado de las especialidades químicas y brindar beneficios equitativos para todos aquellos que están relacionados con la organización. Su diferenciación esta basada en el servicio y la implementación de sistemas integrales que garanticen resultados eficientes y efectivos.

Actualmente es una corporación que ha mantenido el liderazgo en la venta de sistemas en el mercado industrial e institucional y se ha transformado en una compañía regional a nivel centroamericano que vende satisfactores y da aportes de valor a los clientes aumentando la productividad y manteniendo una mejora continua en los sistemas implementados.

La relación comercial esta basada en los principios de honestidad, lealtad y equidad lo que ha permitido mantener alianzas estratégicas de largo plazo con los clientes e innovara través de transferencia tecnológica adecuada a cada una de las necesidades de ellos manteniendo un especial cuidado del medio ambiente.

1.2 Actividades a las que se dedica

La empresa se dedica al diseño, la manufactura y comercialización de especialidades químicas entre las cuales se encuentran las siguientes líneas de aplicación:

- Línea industrial
- Línea institucional
- Línea de alimentos

- Línea de lavandería
- Línea de metales
- Línea de potencia

Asimismo se pueden indicar las siguientes áreas en las cuales la empresa tiene participación:

- **Acondicionamiento de aguas**

La empresa cuenta con sistemas químicos y equipos diseñados para garantizar un óptimo desempeño en el acondicionamiento de aguas:

- ✓ Sistemas químicos para tratamientos de aguas orientados a aumentar la eficiencia de los equipos de generación de vapor, evitando incrustaciones, corrosión y contaminación biológica.
- ✓ Sistemas químicos para ingenios, los cuales cubren las áreas de bactericidas, antincrustantes para evaporadores, dispersantes, aditivos para combustibles a través de tecnologías acordes a las necesidades y amigables al medio ambiente.
- ✓ Equipamiento externo para acondicionamiento de aguas (suavizadores y desmineralizadores, equipos de ultra filtración, ósmosis inversa, lámparas ultravioleta, clorinadores, filtros de arena, de carbón y cartucho) orientado a aumentar la eficiencia y obtener la calidad de agua deseada

- **Limpieza y sanitización**

Cuenta con sistemas químicos orientados a garantizar la limpieza y sanitización de cada una de las áreas que conforman las industrias procesadoras de alimentos, así como instituciones, restaurantes, hoteles, clubes y lavanderías.

- **Mantenimiento Industrial**

Soluciones químicas especialmente formuladas para la limpieza y mantenimiento de industrias que procesan o transforman materias primas en productos terminados; manteniendo los componentes mecánico-eléctricos y superficies, libres de suciedad y grasa que pueda provocar accidentes, paros y costos ocultos.

El entorno comercial actual, demanda de las empresas la generación de productos y servicios de alta calidad para mantener su competitividad. Los clientes se benefician no solo de un alto nivel de satisfacción sino además tienen acceso a costos razonables ya que la empresa dedica su energía en dirección de la eficiencia y eficacia.

La filosofía de la empresa esta basada en la implementación de sistemas eficaces y eficientes que integran consistentemente la calidad en los productos y la asesoría técnica que presta con el seguimiento para el mejoramiento continuo del trabajo, permiten lograr resultados satisfactorios para el cliente, los cuales se materializan en costos bajos y el establecimiento de sistemas de óptima calidad.

1.3 Funciones básicas de los departamentos que componen la empresa

La empresa esta conformada por los siguientes departamentos:

- **Gerencia**

Esta constituida por la alta dirección y entre sus funciones abarca todas las actividades que reflejan el compromiso con la calidad de los productos. Crear un ambiente dentro de la organización orientado y consciente de la importancia del cumplimiento de los requerimientos y satisfacción del cliente tanto interno como externo.

Establecer una política de calidad y objetivos de calidad que reflejen el compromiso de la alta dirección encaminados a alcanzar la satisfacción y requerimientos del cliente. Realizar revisiones gerenciales para asegurar que todos los elementos que integran la empresa estén realizando sus actividades con calidad y mejorado periódicamente. Asegurar, dentro de las posibilidades de la organización los recursos que sean necesarios para mantener, revisar y mejorar la calidad de sus productos y servicios.

- **Mercadeo**

Proceso que se encarga de todo lo relacionado con la investigación de mercados, la estrategia general de comercialización corporativa, así como la diferenciación de cada área comercial. Monitorea las necesidades de los clientes así como verifica que los beneficios sean percibidos y recibidos por los clientes a través de los productos y servicios.

Incluye la planeación estratégica de cada una de las líneas de comercialización dentro del entorno y objetivos de mercado a desarrollar, alineado a la visión previamente establecida, con la finalidad de alcanzar un crecimiento vertical y horizontal en el mercado. Las fases que intervienen en el proceso son: plan de marketing, investigación de mercados, desarrollo de productos nuevos, satisfacción del cliente.

- **Diseño y desarrollo**

Proceso que abarca todas las actividades relacionadas a la investigación, planeación, fijación de condiciones y lineamientos del diseño de productos, del desarrollo y evaluación de productos nuevos y modificación de productos existentes con el objetivo de ofrecer productos de alta calidad y desempeño. Define los requerimientos a ser alcanzados por el producto. Estos deben incluir los requerimientos identificados del cliente o mercado, requerimientos reglamentarios y legales aplicables, requerimientos

derivados de diseños previos similares y cualquier otro requerimiento esencial para el diseño y desarrollo del producto.

La verificación del diseño incluye comparar el nuevo diseño con un diseño similar probado, desarrollar pruebas y demostraciones, desarrollar métodos alternativos de análisis, registrar los resultados de la verificación. Realiza una validación del diseño y desarrollo para confirmar que el producto resultante es capaz de satisfacer las necesidades establecidas de clientes y usuarios, bajo las condiciones planeadas.

- **Manufactura**

Proceso que involucra las actividades necesarias para la transformación de la materia prima en producto terminado, por medio de la interrelación y coherencia de sub-procesos que abarca la adquisición de materiales, la producción, mantenimiento y despacho, garantizando la calidad a lo largo del proceso. El departamento de manufactura esta integrado por las siguientes áreas:

- ✓ **Infraestructura**

Coordina la actualización de la información sobre la infraestructura apropiada para la realización de los productos teniendo en cuenta las necesidades y expectativas del cliente, así como la conformidad con los requisitos del producto. Ésta actualización se realiza anualmente, o bien, puede ser consecuencia del proceso de revisión por la dirección. Incluye los siguientes recursos:

- Edificios
- Áreas de trabajo
- Herramientas y equipos para el desarrollo de los procesos de fabricación y servicio al cliente
- Servicios de apoyo para la producción
- Tecnología de la información y de comunicación

✓ **Compras**

Compra únicamente materias primas e insumos que cumplen con los requisitos especificados, por medio de evaluaciones de los proveedores, para suministrar productos que cumplan con los niveles de calidad esperados.

✓ **Control y planificación de la producción**

Para realizar este control se incluye lo siguiente:

- Instrucciones de trabajo para hacer las tareas cuando sea necesario
- Instrucciones para usar el equipo cuando sea necesario
- Disponibilidad del equipo apropiado para la producción
- Disponibilidad y uso apropiado de los equipos de seguimiento y medición
- Información que describe las características del producto
- Seguimiento y medición del proceso
- Seguimiento y medición del producto
- Implementación de actividades para liberar el producto y su entrega.

✓ **Identificación y trazabilidad:**

Es un proceso cuyo fin es recopilar todos los datos que puedan utilizarse para saber la historia, la aplicación o la localización de todo aquello que este bajo consideración. Se da trazabilidad a los productos que estén relacionados con:

- El origen de los materiales y partes
- La historia en cada una de las etapas de formulación y empaque
- La historia en la distribución y localización del producto terminado después de su entrega.

Además se efectúan las pruebas e inspecciones a los productos antes de que hayan sido liberados al cliente. Cuida la preservación de sus productos, para esto se han establecido e implementado procesos para la identificación, manejo, embalaje, almacenamiento, conservación, y entrega del producto.

- **Comercialización**

Se encarga de desarrollar todas las actividades para lograr satisfacer las necesidades requeridas por cada uno de los clientes externos y construir una relación de largo plazo.

Se encarga de la distribución del producto cumpliendo con los tiempos de entrega establecidos y garantizando que el producto llegue en las condiciones adecuadas. También se encarga de brindar asesoría a cada cliente con el fin de obtener el mejor aprovechamiento del producto, y alcanzar la satisfacción de los clientes.

- **Recursos humanos**

Realiza todas las actividades orientadas a la gestión del personal de la organización, en dirección de su competencia y su desarrollo en un ambiente de calidad. En la empresa se valoran niveles de competencias del personal, en armonía con la búsqueda de capacidad de respuesta proactiva de la compañía frente al mercado.

Las competencias que se evalúan incluyen:

- Educación formal
- Experiencia previa
- Habilidades y destrezas
- Relaciones interpersonales
- Actitudes de trabajo.

- **Finanzas**

Abarca todas las actividades que tienen como fin buscar la coherencia financiera de la organización así como del cliente. La orientación de la empresa hacia la eficiencia y eficacia de sus operaciones permiten que los clientes tengan acceso a servicios de alta calidad a costos razonables, y a la vez permite brindar beneficios equitativos para todos aquellos que están relacionados con la organización.

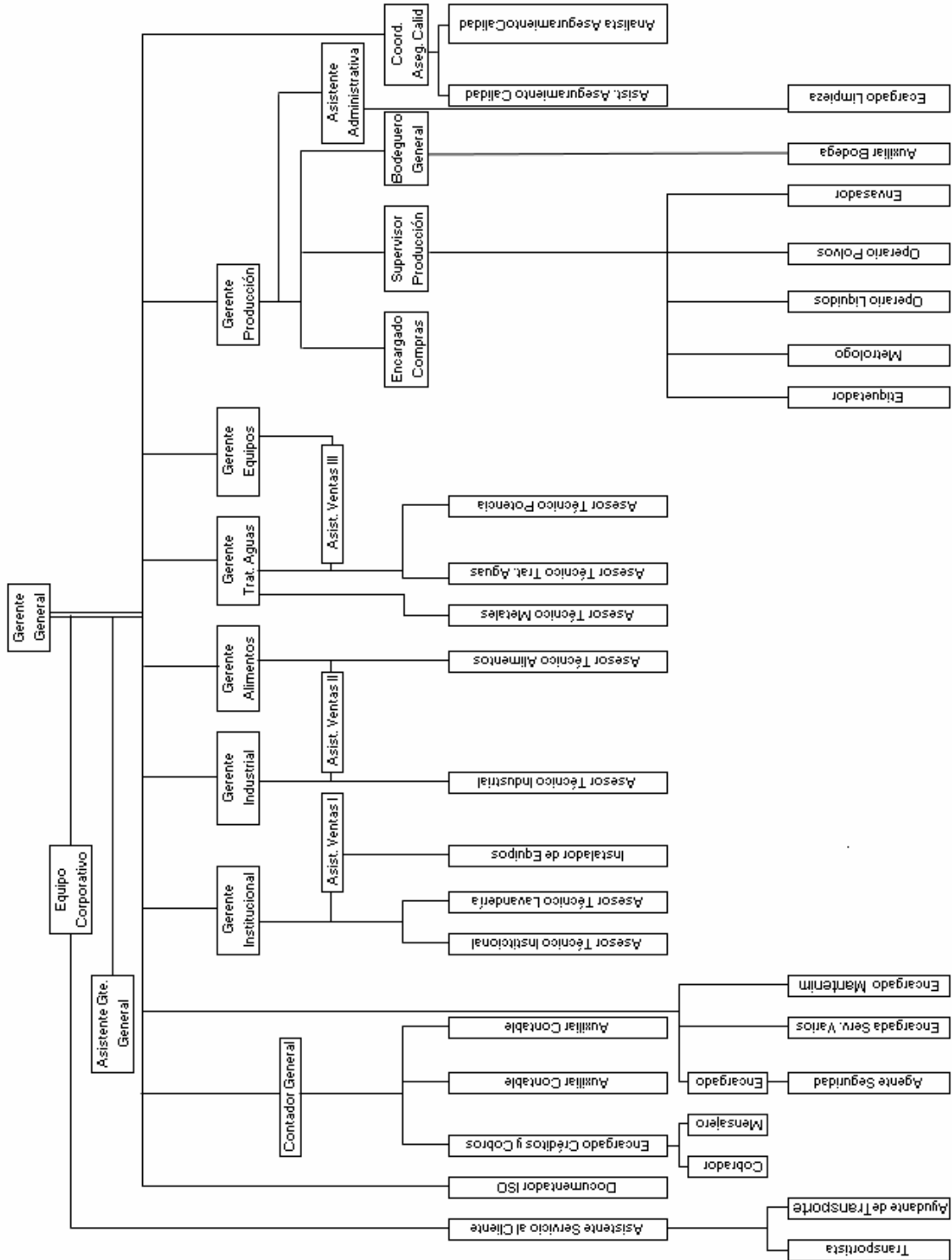
1.4 Estructura organizacional

La estructura organizacional con la que esta conformada es de tipo funcional, en la cual se cuenta con personal especializado en los diversos cargos de la organización. Este tipo de organización permite que cada área esté administrada por expertos en su campo de especialización. Dichas áreas a su vez están interconectadas entre sí, para garantizar un eficiente flujo de información entre toda la empresa. Ver figura 1.

1.5 Visión, misión, y estrategia

- **Visión:** liderar los nichos de mercado en los cuales se intervenga, por intermedio de la lealtad y confianza de largo plazo con los clientes materializando las soluciones que integren servicio de alta calidad, tecnología apropiada para las necesidades del sector, bajo impacto ambiental y coherencia financiera para garantizar la vitalidad tanto nuestra como de los clientes.
- **Misión:** proveer soluciones diferenciadas por su valor a nuestros clientes del mercado industrial e institucional en especialidades químicas, brindando productividad y generando beneficios equitativos a todas las personas que estén relacionadas con el negocio y manteniendo especial cuidado al medio ambiente.

Figura 1. Organigrama de la empresa.



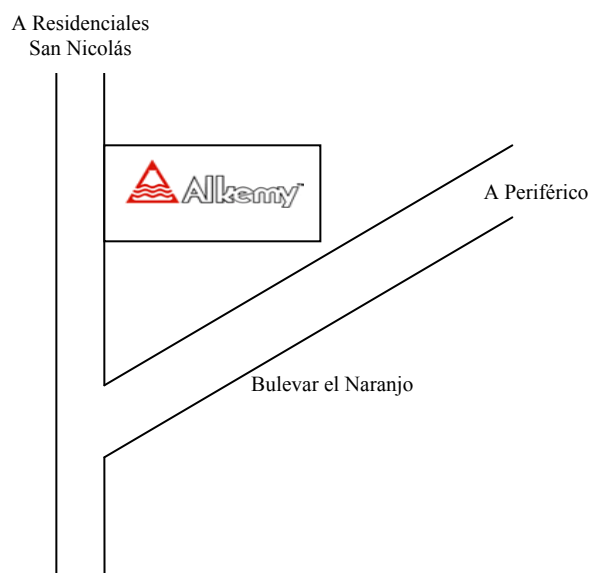
Fuente: Alkemy S.A.

- **Estrategia:** resolver las necesidades de nuestros clientes de forma diferenciada por su calidad, expresada a través de:
 - La asesoría brindada
 - La capacidad de respuesta
 - La habilidad de optimización
 - La tecnología empleada y
 - La atención al cuidado del medio ambiente

1.6 Ubicación de la empresa

La empresa esta ubicada en la 7^a calle 27-51 zona 4 de Mixco, ciudad de Guatemala. Está localizada en una zona de tolerancia industrial autorizada por la municipalidad de la ciudad de Guatemala, según el reglamento de localización e instalación industrial. Ver figura 2

Figura 2. Ubicación de la empresa.



Fuente: Alkemy S.A.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos generales de mantenimiento

Toda actividad productiva de las distintas empresas, sin importar el tipo de producto que fabriquen, conlleva el uso de distintos tipos de máquinas que faciliten la fabricación y el aumento de la velocidad de producción. Al mismo tiempo se generan distintos sistemas de mantenimiento industrial para mantener dichas máquinas en óptimo funcionamiento.

Los sistemas de mantenimiento industrial no son más que las formas en que la empresa va a atender las distintas averías que se presentarán durante la fabricación del producto. Con estos sistemas las empresas buscan establecer una estrategia para elaborar productos de calidad y que les permitan competir con industrias de clase mundial, eliminando la fabricación de productos defectuosos a causa de fallas en los equipos y la reducción de costos por fallas.

2.1.1. Concepto de mantenimiento

Se define como mantenimiento a la serie de métodos, técnicas, procedimientos, tareas y/o trabajos desarrollados o realizados por el hombre en alguna máquina o estructura, de manera periódica y/o constante, con el objetivo de restaurar o conservar el funcionamiento de la maquinaria y esta siga prestando el servicio para la que fue diseñada.

2.1.2. Tipos de mantenimiento

Las distintas empresas, desde la microempresa, mediana o gran empresa pueden aplicar el mantenimiento industrial a sus equipos de producción, escogiendo de las

diversas opciones de mantenimiento industrial que existen. Estas variedades existen debido a los distintos criterios de los analistas que han estudiado el mantenimiento de las máquinas a lo largo de la existencia del mismo y también por la evolución del mantenimiento industrial durante la aplicación de éste a la maquinaria.

Unificando los distintos criterios que se presentan en distintos libros se han determinado principalmente los siguientes mantenimientos industriales:

- Mantenimiento correctivo
 - ✓ No planificado y planificado
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento mejorativo

Esto no quiere decir que sean los únicos tipos de mantenimiento industrial, existen otros algunos de los cuales también serán citados en el siguiente inciso..

2.1.2.1 Mantenimiento correctivo

Este consiste en el reacondicionamiento o sustitución de una o varias partes de una máquina, después que se ha presentado una avería durante el funcionamiento. Este tipo de reparación de falla funcional ocurre de forma inesperada, por lo que su atención es de una forma de emergencia o de urgencia.

Debido a la forma en que se atienden las fallas que se presentan, el mantenimiento correctivo se divide en mantenimiento correctivo no planificado y planificado

- **Mantenimiento correctivo no planificado**

También conocido como mantenimiento correctivo de emergencia, es aplicado cuando ocurre una falla. Debe aplicarse de la forma más rápida posible por el departamento de mantenimiento, para evitar costos por paros en la producción, costos por pérdida de materia prima y lo más importante evitar accidentes que perjudique al personal.

Este tipo de mantenimiento es aplicado cuando es imposible pronosticar cuando el componente va a fallar. Por ejemplo en componentes eléctricos o electrónicos de las máquinas o en equipos que tienen bastante tiempo de vida de uso en las empresas, debido a que estos por su antigüedad tienden a fallar continuamente en especial cuando son sometidos a grandes cargas de producción.

También es aplicado cuando se presenta una falla por el mal uso de la maquinaria, el abandono de la misma o simplemente por el desgaste que ocurre con las piezas o por colocar, sin darse cuenta, una pieza de baja calidad que no cumpla con las expectativas de rendimiento.

Debido a las características de la situación en que se presenta la falla y que no se cuenta con lo necesario para ser corregida, como los manuales de fabricante, repuestos, herramienta, disponibilidad del personal de mantenimiento y/o presupuesto, el realizar este tipo de mantenimiento es más difícil y costoso.

- **Mantenimiento correctivo planificado**

Este mantenimiento también actúa sobre la ocurrencia de una falla. El grado de atención de la avería, en comparación al no planificado, es menor, se considera que los trabajos de reparación se realizan de una forma más cómoda, debido a que se cuenta con

los manuales, repuestos, herramienta, presupuestos y disponibilidad de personal para la corrección de la falla.

Esto quiere decir que se está consiente de que el equipo puede fallar en cualquier momento, en especial si la máquina tiene bastante tiempo de servicio, por lo que se está preparado para atender la falla cuando se presente.

2.1.2.2 Mantenimiento predictivo

Es un programa amplio de captura de datos y su posterior análisis que permite la detección temprana de problemas e identifica la necesidad de realizar un mantenimiento basado en la condición del equipo monitoreado, permitiendo que éste sea realizado de una manera no solo planificada y sistemática, sino antes de que el equipo falle.

Las fallas que se presentan en las máquinas se van produciendo de una forma lenta, por lo que se presentan indicios que permiten establecer que se producirá una falla futura en el equipo de producción.

Debido a las condiciones que se presenta antes de que ocurra la falla, se ha dado lo que se conoce como mantenimiento predictivo o basado en la condición. Este consiste en inspeccionar el equipo en intervalos de tiempo regulares, para detectar las fallas antes de que ocurran, para corregirlas sin perjudicar el servicio que presta la maquinaria el cual es importante en la producción.

Para el análisis y la aplicación del mantenimiento predictivo puede realizarse dos tipos de inspecciones o evaluaciones: de tipo subjetivo y de tipo objetivo.

Las evaluaciones o inspecciones subjetivas son las que se realizan por medio de la experiencia que tienen los operarios y/o técnicos, obtenida por el uso de la maquinaria que manejan diariamente, apoyándose únicamente en la percepción de sus sentidos.

Las evaluaciones o inspecciones objetivas son las que se realizan por medio de instrumentos de medición o pruebas no destructivas.

En este tipo de mantenimiento, las inspecciones objetivas utilizan varios métodos para el análisis de la maquinaria, los cuales serán aplicados según las condiciones de las mismas, estos métodos son los siguientes:

- Métodos térmicos: puede hacerse con el uso de pintura térmica la cual cambia de color con el aumento de la temperatura o puede hacerse por medio de termómetros.
- Monitoreo de lubricación: por medio del análisis del aceite de las máquinas en sus condiciones de color, oxidación y contenido de partículas de metal, así como los niveles del mismo.
- Detección de fugas: el chequeo de niveles ayuda a determinar fugas en las máquinas, una disminución de presión puede ser detectada por medio de ultrasonido gases halógenos.
- Detección de fisuras: por medio del uso de la resistencia eléctrica, flujo magnético, ondas ultrasónicas o radiación, tintas penetrantes.
- Monitoreo de vibraciones: por medio de choque y pulso en la maquinaria.
- Monitoreo del ruido: este monitoreo se puede realizar por medio de decibelímetros los cuales ayudan a prevenir fallas futuras.
- Monitoreo de corrosión: existen varios métodos uno de ellos son las emisiones acústicas para establecer las condiciones de los metales.

Cada método es aplicado según las condiciones del equipo a ser monitoreado y también según las variables a ser inspeccionadas.

2.1.2.3 Mantenimiento preventivo

También conocido con el nombre de mantenimiento basado en el tiempo o mantenimiento planificado. Consiste en la programación de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, reparación, ajuste, calibración, limpieza, lubricación, sustitución o cambio de un equipo o piezas del mismo. Se debe realizar en intervalos de tiempo regulares, sin importar el estado en que se encuentren las piezas de la maquinaria.

El propósito principal de realizar estos cambios de una forma periódica es el de prevenir o anticiparse a las fallas futuras, evitando las descomposturas adicionales que pudieran causar éstas averías, así como disminuir los paros en la producción, pérdida de materia prima y los costos adicionales que generen las fallas.

En otras palabras este mantenimiento es una rápida detección de fallas y tratamiento de las anomalías de la máquina antes de que ocasionen pérdidas en la empresa. Por esta razón el mantenimiento preventivo consiste en dos actividades básicas:

- Inspecciones periódicas planeadas para detectar fallas.
- Intervención de la maquinaria en base a los resultados de las inspecciones y otras fuentes de información.

Esto significa, que éstas serán fuentes de información a ser utilizadas en la elaboración del programa de mantenimiento preventivo, pero para un mejor diseño del programa de mantenimiento preventivo se debe apoyar en las siguientes fuentes de información, clasificadas en:

➤ **Fuentes internas**

En este tipo de fuentes se encuentran principalmente las inspecciones que se realizan al equipo periódicamente. También se incluyen los registros e historial de reparación de cada máquina que posea la empresa, proporcionando la información de las tareas que ha realizado el departamento de mantenimiento a cada máquina. También debe incluirse los archivos de los equipos, instalación, listado de partes, especificaciones, planos generales y de detalle, inventarios de partes y repuestos, experiencia del personal técnico y operativo que son los que tienen el mayor contacto con la maquinaria.

➤ **Fuentes externas**

En este tipo de fuentes se mencionan las recomendaciones que cada fabricante hace, debido a que ellos ya han sometido a distintas pruebas a las máquinas o piezas que vende, conociendo el límite de servicio que pueden prestar las máquinas.

La información o recomendaciones que hacen los fabricantes se encuentran plasmadas en los manuales de cada máquina en donde se especifica qué trabajos de mantenimiento se debe realizar, determina qué piezas se deben cambiar y qué tipo de materiales usar para su reparación. Además proporcionan los intervalos en que se debe realizar el mantenimiento, ya sea en horas de trabajo, número de revoluciones, unidades trabajadas, cantidad de materia prima procesada, ó número de impactos que proporciona la máquina.

Tomando en cuenta estas dos fuentes de información se podrá realizar un mejor programa de mantenimiento preventivo con lo que se disminuirán las causas de fallas que se presentan con mayor frecuencia y determinar su origen. También se podrá

determinar las partes de la maquinaria más propensas a sufrir fallas y determinar de mejor forma el intervalo de tiempo de operación seguro de la máquina.

2.1.2.4 Mantenimiento mejorativo

Este es un tipo de mantenimiento también conocido como mantenimiento de rediseños. Consiste en las modificaciones o cambios que se realizan a las condiciones originales de las máquinas de producción.

Estos cambios se realizan por muchas razones como el incrementar la velocidad de fabricación de la máquina, el cambio del diseño ergonómico de las máquinas que a veces no se acondicionan a las características físicas del personal, buscando de esta manera la comodidad del operario durante el uso del equipo.

Estos cambios en el diseño de la maquinaria, no son un estudio propiamente del departamento de mantenimiento, debido a que la evaluación de estos cambios son analizados en otros departamentos, como por ejemplo en el departamento de producción, por un cambio de diseño ergonómico para la comodidad del operador, pero es mantenimiento el que realiza el trabajo de los cambios físicos de la maquinaria.

2.1.2.5 Otros tipos de mantenimientos

Se han mencionado cuatro tipos de mantenimiento industrial, los cuales se consideran que son los fundamentales y sirven de base para ir mejorando el mantenimiento industrial, dando lugar a nuevas técnicas para aplicar el mantenimiento a los equipos de producción.

El TPM es una de estas técnicas, sus siglas en inglés significan Mantenimiento Productivo Total (*Total Productive Maintenance*). Es un sistema de mantenimiento

japonés desarrollado a partir del mantenimiento preventivo, se asume que tiene sus enfoques representado en cada letra del mismo. La letra M representa las acciones de management y mantenimiento, enfocándose a las actividades de dirección y transformación de la empresa. La letra P representa lo productivo o productividad de los equipos buscando con ellos el perfeccionamiento de estos y lo asociado a la producción. Mientras que la letra T se interpreta como total, la cual involucra todas las actividades que realiza todo el personal que labora en la empresa.

El TPM es una estrategia que une muchas actividades de forma ordenada que ayudan a mejorar la competitividad de la empresa eliminando los accidentes, averías y defectos en los sistemas de producción.

El TPM busca maximizar la eficacia del equipo de producción, crear el sistema de mantenimiento para la maquinaria de forma permanente, que todo el personal, desde la alta gerencia hasta los empleados que usan las máquinas se involucre en el diseño e implementación. En la implementación se buscan actividades de motivación para que el sistema de TPM tenga éxito.

El momento en que se aplica el mantenimiento industrial también da lugar a otro tipo de mantenimiento. El **mantenimiento en parada**, es otro tipo de mantenimiento industrial. Consiste en intervenir el equipo de producción en el momento en que la máquina no tiene ninguna carga de producción, por lo que se mantiene detenida dando la oportunidad de aplicar el mantenimiento sin interrumpir el tiempo de producción, ni tampoco en la programación de producción.

El mantenimiento en parada tiene el inconveniente de que si la empresa que desea aplicar este tipo de mantenimiento tiene grandes cargas de producción será muy difícil que se dé un paro en la maquinaria en algún momento, con lo que no será

conveniente aplicar este tipo de mantenimiento, por esto será necesario programar una fecha para detener la máquina y aplicarle el respectivo mantenimiento.

2.2 Métodos de lubricación

La lubricación es la reducción de la fricción y el desgaste entre dos superficies en movimiento relativo, mediante la aplicación de un lubricante. Es proporcionar una película suave o resbaladiza, que separa dos piezas en movimiento para permitirles el desplazamiento uniforme de una pieza contra otra.

Las funciones del lubricante en maquinaria industrial son:

- Mantener una película de lubricante entre las superficies en movimiento
- Reducir el desgaste.
- Reducir la fricción
- Proteger contra el contacto entre metales

Aditivos:

Son sustancias químicas que se agregan a los lubricantes para mejorar sus propiedades.

Algunos aditivos para lubricantes son:

- Detergentes
- Dispersantes
- Antiherrumbre y anticorrosión
- Antidesgaste
- Antioxidantes
- Antiespumantes
- Mejoradores del índice de viscosidad
- Agentes alcalinos (TBN)

Composición de los aceites lubricantes:

Aceite básico 80-99%

Aditivos 1- 20%

Composición de las grasas:

Aceite base 55-95 %

Espesador 5 -30 %

Aditivos 0 -15%

El método de lubricación se debe seleccionar tomando en cuenta la aplicación, y las condiciones de operación del equipo. En la industria los métodos de lubricación más comunes son:

Métodos continuos:

- Salpique o baño,
- Sistemas presurizados.

Métodos intermitentes:

- Aspersión automática, neblina
- Lubricación forzada
- Aplicación manual

2.2.1 Clases de lubricación

Las clases de lubricación son las siguientes

- Capa límite
- Hidrodinámica
- Mezclada

Lubricación capa límite:

- Ocurre a baja velocidad de los componentes (generalmente cuando se inicia la operación).
- No existe una capa completa entre las piezas en movimiento relativo.
- Existe contacto físico entre las piezas.
- Ocurre el mayor nivel de desgaste.

Lubricación hidrodinámica:

- Las superficies están completamente cubiertas de lubricante.
- No existe contacto entre las piezas en movimiento.
- El desgaste es mínimo

Lubricación mezclada:

Es la combinación de las 2 anteriores.

Los aceites industriales generalmente utilizados son:

- Aceites para cajas de engranajes (minerales y sintéticos)
- Aceites hidráulicos
- Aceites para compresores de aire (minerales y sintéticos)
- Aceites para turbinas
- Aceites grado alimenticio
- Aceites para transferencia de calor
- Aceites para compresores de refrigeración
- Aceites para engranajes abiertos o expuestos
- Aceites soluble para corte de metales

2.3 Métodos de programación de la producción

En la época actual los sistemas de fabricación han incrementado su complejidad. Los productos y las materias primas se obtienen mediante la interacción de numerosas áreas aportantes de partes, piezas, conjuntos, maquinarias, equipos e instalaciones que, contribuyen a tal proceso de obtención de bienes.

Dada esta realidad, se hace necesario establecer una verdadera coordinación entre los numerosos equipos de trabajo que participan en el proceso integral. Se debe trabajar sistemáticamente, estableciendo relaciones informativas con: finanzas, compras, diseño y desarrollo, mantenimiento y control de calidad. La relación con comercialización debe ser permanente. Debe seguir un enfoque jerárquico, en el que se logre una integración vertical entre los objetivos estratégicos, tácticos y operativos y además se establezca su relación horizontal con las otras áreas funcionales de la compañía.

Esta coordinación se logra mediante el planeamiento y programación de actividades, llevadas a cabo entre las diferentes áreas actuantes, esto contribuye al logro de los objetivos con eficacia y eficiencia.

El proceso de planeación, programación y control de la producción consta de los siguientes pasos.

1. El proceso comienza a funcionar con la existencia del pronóstico de la demanda. Se puede afirmar que los pronósticos son el primer paso dentro del proceso de planificación de la producción y estos sirven como punto de partida, no solo para la elaboración de los planes estratégicos, sino además, para el diseño de los planes a mediano y corto plazo, lo cual permite a las organizaciones, visualizar de manera aproximada los acontecimientos futuros y eliminar en gran parte la incertidumbre y reaccionar con rapidez a las condiciones cambiantes con algún grado de precisión.

2. Ese pronóstico, para un lapso anual o para períodos cortos, se convierte en el plan básico o maestro de producción. Básicamente, se puede afirmar que un programa maestro de producción, es un programa detallado que establece la cantidad específica y las fechas exactas de fabricación de los productos finales

Para confeccionar el plan básico, es necesario definir el nivel de producción:

- Siguiendo los picos de la demanda.
 - Producción nivelada o constante durante todo el período bajo análisis.
3. El último paso dentro del proceso jerárquico de planificación y control, lo constituye el programa de producción, el cual le permitirá saber a cada trabajador o a cada responsable de un centro de trabajo lo que debe hacer para cumplir el plan.

La programación de la producción comprende 4 etapas o fases:

- a. La preparación del trabajo (ruta de trabajo).
- b. La programación de las tareas.
- c. El lanzamiento del trabajo a realizar.
- d. El control de avance de lo programado y planificado.

La falta de planificación y programación de la producción puede ocasionar los siguientes problemas:

- Falta de materia prima adecuada.
- Paradas imprevistas de las máquinas
- Cuellos de botella
- Falta de mano de obra
- Baja calidad del producto terminado.

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Descripción del departamento de manufactura

En el departamento de manufactura se lleva a cabo la transformación de la materia prima en producto terminado, a través de procesos definidos y estandarizados. El departamento de manufactura está comprendida por las áreas de producción, bodega, compras, y aseguramiento de la calidad.

El área de producción a su vez está dividida en: producción de líquidos, producción de polvos, metrología, laboratorio y etiquetado.

El área de bodega esta comprendida por: materias primas, material de empaque, y producto terminado.

El área de compras se divide en: compras directas (materias primas, material empaque) y compras indirectas (suministros, servicios).

3.1.1 Descripción de las actividades de mantenimiento

Teniendo en cuenta la importancia que tiene el mantenimiento en todo proceso productivo, se realizó un estudio para determinar las condiciones en las que se trabaja actualmente, con el fin de determinar la efectividad de las actividades de mantenimiento.

3.1.1.1 Especificaciones técnicas de la maquinaria y equipo

Área de Líquidos:

1. Tanque mezclador No. 01
Motorreductor 3 HP, Capacidad 580 galones.

2. Tanque mezclador No. 02
Motorreductor 1 HP.
Arrancador con su estación de mando. Capacidad 550 galones.
3. Tanque mezclador No. 03
Motorreductor 1/3 HP
Arrancador con su estación de mando. Capacidad 300 galones.
4. Tanque mezclador No. 04
Motorreductor 1/3 HP
Arrancador con su estación de mando. Capacidad 300 galones.
5. Mezclador movible No. 05
Motor ½ HP
90 voltios de corriente directa. Capacidad 180 galones.
6. Tanque mezclador No. 07
Motor ½ HP
Arrancador con su estación de mando. Capacidad 50 galones
7. Tanque mezclador No. 08
Motor ½ HP
Arrancador con su estación de mando. Capacidad 50 galones
8. Tanque mezclador No. 11
Motor 2 HP
Arrancador con su estación de mando. Capacidad 850 galones
9. Tanque mezclador No. 12
Motor 2 HP
Arrancador con su estación de mando. Capacidad 850 galones.
10. Tanque móvil No. 57
Motor ½ HP. Capacidad 50 galones
11. Llenadora de galón, tipo lineal,
6 Boquillas con accionamiento neumático,
Banda transportadora, motor ½ HP
12. Selladora de tapón,
Variador de frecuencia, motor ½ HP.

13. Suavizador de agua

14. 02 Extractores axiales área de líquidos

Motor: ½ HP.

Área de polvos:

15. Mezclador de polvos no. 09

Motorreductor 3 HP

Arrancador con su estación de mando.

16. Mezclador de polvos no. 13

Motorreductor 2 HP, 1725 rpm.

Arrancador con su estación de mando

17. Compresor

Marca: Quince 10 HP,

Modelo: TQ 15 de 1755 rpm.

18. Molino

3 HP, 3495 rpm.

Arrancador con su estación de mando.

19. 01 Extractor axial área de polvos

Motor: ½ HP.

Área de metrología:

20. Balanza semianalítica

21. Balanza mecánica

22. Báscula híbrida

23. 03 unidades de aire acondicionado tipo ventana área de oficinas.

Área de bodega:

24. Montacargas a gasolina, Marca Yale

25. Montacargas eléctrico, Marca TCM

- 26. Báscula de 2000 lbs.
- 27. 02 Pallets
- 28. 01 Inyector de aire área de bodega
Motor: ½ HP.

3.1.1.2 Descripción de las actividades actuales de mantenimiento

Actualmente la empresa no cuenta con un departamento de mantenimiento interno, por lo que para realizar el mantenimiento requerido se contratan empresas tipo *outsourcing* para realizar todas las actividades de mantenimiento que necesita la empresa. Las empresas que se contrataron se especializan en diferentes áreas las cuales cubren los requerimientos de mantenimiento de la maquinaria y equipo de la empresa.

3.1.1.3 Diagnóstico del programa de mantenimiento actual

A través de la técnica causa y efecto se realizó el diagnóstico de los principales factores que influyen en las fallas mecánicas de la maquinaria. Este diagrama también llamado diagrama de Ishikawa o espina de pescado permite identificar las causas de un suceso, no solamente las más obvias sino que profundiza en las diferentes variables que conllevan a un resultado.

El primer paso para construir el diagrama causa y efecto es identificar el problema, en el caso del diseño de un programa de mantenimiento el principal problema son las fallas mecánicas de la maquinaria. Luego se procede a identificar las causas del problema, las cuales son los aspectos específicos que influyen en el resultado final. El diagrama causa y efecto desarrollado para el diagnóstico del programa de mantenimiento actual se puede observar en la figura 3.

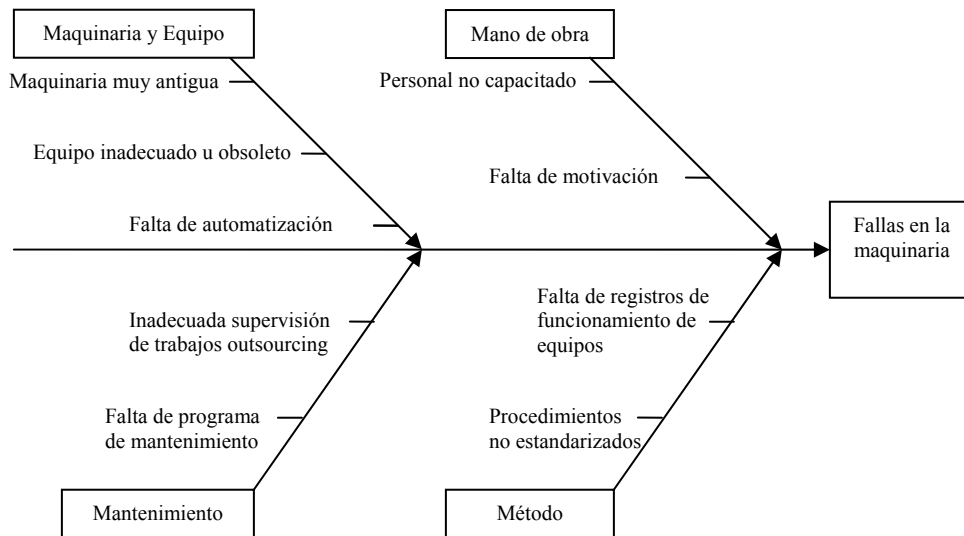
La estructura final del diagrama permite identificar que la maquinaria y equipo utilizado actualmente representa una de las causas principales de fallas. En su mayoría la maquinaria tiene más de 15 años de uso, lo cual indica que es maquinaria muy antigua y en muchos casos inadecuada u obsoleta, ya que el volumen de producción que se tenía cuando la empresa inició a aumentado, sin embargo la maquinaria utilizada sigue siendo la misma desde el inicio de las operaciones. Otro factor a considerar es la falta de automatización en el proceso de producción ya que actualmente se realiza el proceso de una forma manual, esto tiene como resultado que el proceso sea lento, dificultoso, y en muchos casos errado.

Otro factor identificado como causa de las fallas en la maquinaria es la mano de obra, ya que el personal operativo no esta capacitado apropiadamente. Desempeñan su trabajo en base a la experiencia que adquieren pero carecen de conceptos teóricos y prácticos que les permitan desempeñar de mejor forma su trabajo. Además se observa que la falta de motivación es otro factor que influye en el desempeño de las operaciones lo que provoca que no se le dé el uso adecuado a la maquinaria provocando fallas.

Por otra parte, el mantenimiento que se realiza actualmente a la maquinaria resulta ineficiente ya que esta enfocado a resolver las fallas que se produzcan, mantenimiento correctivo, careciendo de un programa de mantenimiento preventivo que se enfoque en disminuir el riesgo de paros no programados en los equipos y aumente la productividad y la vida útil de los mismos. Además se observa que la supervisión de los trabajos de mantenimiento hechos por compañías de tipo *outsourcing* es inadecuada, ya que no se evalúa de forma objetiva cada tarea de mantenimiento desarrollada.

Por último, se puede mencionar que el método utilizado también interviene como una de las causas de fallas, ya que no se tiene estandarizado el procedimiento necesario para registrar los trabajos de mantenimiento realizados, y la supervisión constante de puntos principales para el correcto funcionamiento de la maquinaria.

Figura 3. Diagrama causa-efecto para el programa de mantenimiento actual.



Fuente: Alkemy S.A.

3.1.1.3.1 Tipos de mantenimiento que se realizan

Actualmente, se realiza únicamente mantenimientos correctivos los cuales están a cargo de diversas empresas de tipo *outsourcing* como se puede observar en el anexo 1 en donde se resumen las actividades de mantenimiento realizadas durante el tiempo que duró la recopilación de datos. Dichas empresa se contratan para que brinden soporte técnico en lo que al funcionamiento de la maquinaria se refiere, procurando mantener en condiciones de operación la maquinaria y los equipos que hay en la empresa. En la mayoría de los casos dichas empresa realizan únicamente mantenimientos correctivos, ya que se hacen las reparaciones cuando las fallas ya han ocurrido, siendo muy raras las ocasiones en las cuales se realizan actividades con el fin de prevenir que las fallas ocurran, ya que no se cuenta con un programa de mantenimiento que defina las rutinas de mantenimiento preventivo necesarias para disminuir las probabilidades de fallas en la maquinaria. La empresa SEYC es la empresa que se encarga de las reparaciones de toda la maquinaria e instalaciones de la empresa, sin embargo ésta se apoya en otras empresas cuando es necesario realizar trabajos más específicos. SEYC realiza inspecciones

mensuales para detectar posibles fallas sin embargo no cuenta con un programa de mantenimiento preventivo establecido, en el cual se indique los puntos específicos que se debe inspeccionar y no se llevan los registros necesarios para el control de las actividades de mantenimiento. Por esta razón se realizó un estudio tomando en cuenta las actividades de la empresa y la maquinaria con que cuenta, para elaborar un programa de mantenimiento preventivo en el que se indican los intervalos de tiempo en los cuales debe realizar el mantenimiento preventivo a cada equipo, las actividades específicas a realizar, así como los controles necesarios para la gestión del mantenimiento.

3.1.1.4 Análisis de costos de las actividades actuales de mantenimiento

Para evaluar económicamente las actividades de mantenimiento que se realizan actualmente se llevó a cabo un estudio de los costos por servicios de mantenimiento realizados en la empresa en los últimos 6 meses. En este estudio se consideran todos los costos por servicios de mantenimiento correctivos realizados a la maquinaria y equipo por diversas empresas de tipo *outsourcing* que prestaron esos servicios. El costo total del mantenimiento durante los 7 meses que duró la recopilación de datos asciende a la cantidad de Q.61, 104.08. (Ver detalle en anexo 1). Dicho costo será comparado con el programa de mantenimiento propuesto para evaluar el beneficio que se obtiene al implementarlo. (Ver inciso 4.12)

3.1.1.5 Determinación de tiempo perdido

Al no contar con un departamento de mantenimiento interno en la empresa, se tiene dependencia en la capacidad de respuesta de las empresas que prestan el servicio, el cual resulta ser muy variable. Actualmente al presentarse algún problema en la maquinaria el cual requiera mantenimiento correctivo se llama inmediatamente al proveedor del servicio de mantenimiento para que envíe el personal para realizar la

reparación del daño, el tiempo de respuesta puede durar desde 1 hora, hasta 1 ó 2 días. Lo cual en algunos casos provoca paros parciales del proceso de producción, sin embargo en la mayoría de casos no existen paros generales, debido al tipo de producción por batch (proceso intermitente o por lote) que se realiza, ya que solamente se suspende la producción en el área en donde se presentó el problema. A continuación se presenta el control de paros en la producción que se tuvieron durante el mes de septiembre de 2005:

Tabla I. Determinación del tiempo perdido por paros no programados.

FECHA	TIPO DE FALLA	DURACIÓN DEL PARO	Tipo de paro
2-Sep.	Paro en el motor eléctrico del tanque No. 4	6 horas	Parcial
6-Sep.	Falla en el suavizador de agua	5 hrs. x 10 tanques = 50 hrs.	General
13-Sep.	Fuga en válvula de salida tanque No. 2	5 horas	Parcial
19-Sep.	Paro en motor eléctrico mezclador de polvos	7 horas	Parcial
28-Sep.	Falla en estación de mando tanque No. 12	4 horas	Parcial

Fuente: Alkemy S.A.

El tiempo total perdido por paros no programados en la maquinaria en el mes de septiembre fue de 72 horas. Los paros fueron parciales y generales, los parciales son los que afectan solo un área específica de la planta y los paros generales detienen por completo toda la producción en la planta.

La falta de un programa de mantenimiento preventivo provoca paros no programados en los equipos los cuales representan atrasos en la producción, los cuales disminuyen la capacidad de producción de la planta, por lo que desde el punto de vista del tiempo perdido se refleja nuevamente la necesidad de la implementación de un programa de mantenimiento preventivo.

3.1.2 Descripción de las actividades de producción

La empresa elabora una amplia variedad de productos para distintas aplicaciones, que van desde el acondicionamiento de aguas, limpieza y sanitización, y el mantenimiento industrial. Mensualmente se producen más de 100 variedades de productos en diferentes cantidades y presentaciones, entre los cuales se encuentran productos líquidos, y polvos.

Debido a la diversidad de la producción de la planta el tipo de producción que se realiza es por batch (proceso intermitente), contando con 12 tanques de mezclado para productos líquidos y 3 para polvos. Esto indica que se pueden producir distintos tipos de productos simultáneamente y que para los diferentes productos, se debe realizar diferentes operaciones, con diferentes rutas de proceso y tiempos, ya que dichos tanques pueden trabajar simultáneamente cada uno con un producto diferente.

Entre las ventajas que tiene este tipo de producción por batch es que se pueden elaborar diversos productos simultáneamente y la producción es independiente en cada tanque, por lo que al momento que se presente una falla y se requiera realizar algún mantenimiento solo se detiene la parte del proceso que fue afectada, y no se interrumpe el resto de la producción. La producción solo se vería afectada de forma general en el caso de tener interrupciones en el suministro de agua, electricidad ó aire comprimido. Entre las desventajas se puede observar que el proceso no esta automatizado y no cuenta con maquinaria que pueda aligerar el proceso de producción.

Se cuenta con un área de metrología en donde se realiza el pesado de las cantidades de materias primas que lleva cada batch de producción tanto de líquidos como de polvos. Después de ser pesadas las materias primas, son trasladadas al área de mezcla en donde un operario se encarga de realizar la integración de las materias primas hasta alcanzar las especificaciones requeridas, después se procede al envasado y

taponado para luego ser trasladado el producto al área de etiquetado. Estas actividades se describen con mayor detalle a continuación.

3.1.2.1 Descripción del proceso de producción

Los productos que se elaboran dentro de la empresa se dividen en dos tipos: líquidos y polvos, por lo que el área de producción esta dividida en dos sectores separadas convenientemente para evitar la contaminación entre los productos. Los productos líquidos se diferencian entre sí por su viscosidad, los cuales varían desde una densidad similar a la del agua (1000 kg/m^3) hasta los más viscosos que son los jabones líquidos.

El proceso de producción inicia cuando se recibe una orden de producción, en ésta se especifica el tipo de producto a producir, el número de lote, la cantidad a producir, las materias primas que lleva y la cantidad de cada una de ellas. Además en la orden de producción se hace referencia a la guía de formulación y al instructivo de trabajo respectivo que deberá utilizarse para cada producto.

3.1.2.1.1 Proceso de mezclado, envasado, taponado, etiquetado

El procedimiento de elaboración de productos líquidos es el mismo para todos los productos siendo la única variable el tiempo de mezclado el cual depende de la cantidad a producir. El proceso de elaboración de productos líquidos se describe a continuación.

- **Preparación de las materias primas**

La materia prima es transportada de la bodega de materia prima hacia el área de metrología en donde son pesadas todas las materias primas que se van a utilizar según la

guía de formulación, dependiendo de la cantidad de galones a producir. En el área de metrología, se cuenta con balanzas híbridas y mecánicas, en esta área se pesan las materias primas tanto del área de líquidos como de polvos. Luego son colocadas las materias primas ya pesadas en tarimas para luego ser trasladadas hacia un área de espera en donde permanecen hasta que las recoja el operario encargado de la formulación.

El área de metrología es muy importante en el proceso de producción ya que la calidad del producto depende de la exactitud en el pesaje de las materias primas. Aquí se pesan todos los ingredientes necesarios para la producción tanto de líquidos como de polvos, por lo que es indispensable que se realice de forma rápida y eficiente. Se determinó que en esta área se cuenta con el equipo adecuado para realizar este proceso, balanzas mecánicas e híbridas sin embargo el principal problema detectado es la necesidad de contar con más recurso humano que agilice el pesaje de los materiales, y que esto no sea un factor que retarde la producción.

- **Limpieza de los tanques**

Mientras la materia prima es pesada, los tanques son lavados y desinfectados antes y después de realizar un producto. Se lavan utilizando agua a presión, para eliminar cualquier residuo de otro producto que haya sido elaborado anteriormente en dicho tanque y que pudiera contaminar el producto que se va a fabricar, además se desinfectan con cloro y se esteriliza el ambiente rociando alcohol utilizando atomizadores manuales.

La utilización de agua a presión para el lavado y la utilización de cloro y alcohol para esterilizar los tanques, resulta ser un proceso efectivo obteniéndose el resultado esperado que es la desinfección de los tanques, por lo que este método es apropiado bajo las condiciones actuales. En caso de que el volumen de producción aumente considerablemente será necesario encontrar formas más apropiadas para realizar esta operación.

- **Carga de agua suave**

Los productos líquidos son a base de agua, lo que significa que éste será el elemento que contendrá en mayor proporción, por lo que el primer producto que se carga en el tanque es agua, dicha agua ha sido previamente tratada a través de un suavizador el cual elimina impurezas como el calcio y otras, contenidos en el agua, para que la dureza y la acidez se encuentren en los niveles recomendados por el departamento de control de calidad. El agua llega a través de tuberías instaladas convenientemente hasta cada uno de los tanques, estos tanques a su vez cuentan con un visor de nivel, dichos visores se encuentran debidamente calibrados por medio de una regleta la cual permite medir el galonaje contenido en el tanque.

El método de llenado de los tanques resulta ser satisfactorio, sin embargo la principal problemática observada es que se necesita dos operarios para realizar el llenado de agua en los tanques, ya que la válvula manual que abre y cierra el paso del agua está en la parte superior de los tanques, por lo que el operario debe subir en el mezanine, mientras que el visor para medir el galonaje queda fuera del alcance visual del operario que acciona la válvula de llenado, por lo que es necesario solicitar la ayuda de otro operario que observe cuando el nivel del agua haya llegado a la cantidad requerida.

- **Guía de formulación**

La orden de producción cuenta con un número que hace referencia a la guía de formulación específica que deberá consultar el operario para la realización de un producto. En esta guía se especifican los pasos a seguir, y el orden que debe llevar la carga de las materias primas en el tanque. En estas guías se describe los procedimientos de fabricación de todos los productos.

Estas guías proporcionan una herramienta muy importante para asegurar la calidad del producto, ya que contienen las especificaciones necesarias para que un producto sea aprobado por el departamento de control de calidad.

- **Instructivo de trabajo**

Además de consultar la guía de formulación debe también consultarse el equipo de seguridad personal que requiere la elaboración de cada producto, esto puede incluir:

- ✓ Tipo de overol
- ✓ Gabacha
- ✓ Botas de hule
- ✓ Guantes cortos ó largos
- ✓ Mascarilla desechable ó con filtro
- ✓ Gafas
- ✓ Careta
- ✓ Cofia

El instructivo de trabajo contiene todas las medidas de salud y seguridad necesarias para el desempeño de las labores en la planta de producción, procurando ante todo el bienestar físico de los empleados, al minimizar los factores de riesgos que podrían afectarlos.

- **Mezclado, integración de materia prima**

Los productos se elaboran en tanques de acero inoxidable, los cuales tienen diferentes capacidades desde 50 galones hasta 850 galones. Los tanques cuentan con motores eléctricos monofásicos que mueven las aspas que mezclan el producto. La velocidad de agitación de los tanques es igual a la velocidad de salida de los motores instalados, entre 3,000 a 5,000 rev. /min.

Se transportan las materias primas que fueron pesadas en metrología, hasta el área de producción de líquidos, en donde son introducidos en los tanques según el orden que se indica en la guía de formulación. El mezclado se realiza a través de diferentes tipos de aspas, las cuales giran a la velocidad de salida del motor eléctrico, hasta alcanzar una mezcla homogénea. El tiempo de mezcla entre cada producto puede variar, debido a la cantidad de galones a producir y a las distintas viscosidades de los productos.

El mezclado de los materiales es uno de los procesos más importantes de todos ya que es aquí en donde se integran propiamente todos los materiales para conformar el producto final, este proceso a su vez es el que requiere mayor tiempo de atención por parte de los operarios, ya que el tiempo de mezclado depende de la cantidad de producto a realizar, por lo que resulta muy importante encontrar métodos que puedan reducir el tiempo de mezclado y aumentar la productividad.

- **Control de calidad**

Después que se encuentran mezcladas las materias primas, el departamento de control de calidad realiza pruebas al producto en el que se compara con patrones previamente establecidos. Se miden características como color, viscosidad, pH, acidez y alcalinidad. Cuando el producto cumple con las características del patrón el departamento de control de calidad procede a autorizar o liberar la producción para que proceda a ser empacada y distribuido, de lo contrario se hace un estudio para identificar la viabilidad que pueda ser procesada.

El control de calidad del producto permite asegurar la satisfacción de los clientes y mantener el nivel de competitividad que la empresa ha alcanzado con sus productos.

- **Envasado**

Cuando el producto ha sido liberado por el departamento de control de calidad se procede al llenado de los envases. Las presentaciones de los productos que se envasan en

la empresa son: 1 litro, ½ galón, 1 galón, 5 galones, 15 galones, y 55 galones, siendo la presentación de 1 galón la que se envasa en mayor proporción, alrededor del 95% de la producción total por lo que se describirá el proceso de llenado de envases de 1 galón, siendo el mismo procedimiento de llenado para envases de diferente volumen.

Se colocan manualmente 66 envases de 1 galón sobre una tarima de madera, luego se conecta una manguera a la llave de salida inferior de los tanques, dicha manguera cuenta con una válvula de bola en el extremo lo cual permite que el operario dosifique la cantidad de líquido a llenar en los envases. Se coloca el extremo de la manguera en el envase y se abre la llave de bola permitiendo que el producto fluya por gravedad hasta llegar al nivel de llenado requerido del galón, luego el operario cierra la llave de bola. De esta manera se llena cada envase uno a la vez hasta envasar todo el producto que contiene el tanque.

Este proceso actualmente es totalmente manual por lo que depende de la habilidad de cada operador, ya que solo se puede llenar un envase a la vez y se debe llenar todos al mismo nivel. Por lo que se detecta la necesidad de contar con tecnología que permita hacer este proceso más rápido, específicamente que permita el llenado de más de un envase a la vez, y además que mejore la precisión en el llenado, dosificando la cantidad exacta en cada uno y minimizando el desperdicio de producto.

- **Taponado**

Cuando los envases están llenos se procede taponar los envases de forma manual, se les coloca el plug y se enrosca el tapón. El plug es una tapa de seguridad que se les coloca a los galones para crear un sello de seguridad y evitar fugas de producto. Luego se coloca el tapón enroscable el cual cuenta con un marchamo de seguridad y garantía, para garantizar que el envase está bien sellado y evita que sea alterado su contenido.

El proceso de taponado representa también una oportunidad de mejora ya que actualmente se realiza de forma manual y existen herramientas que pueden hacer este proceso más eficiente.

- **Lavado y secado**

El lavado de los envases se realiza debido a que algunos productos son muy espumosos por lo que existen rebalses de espuma en el llenado enroscando el lado exterior de los envases. El lavado se realiza con agua a presión para eliminar cualquier residuo de producto en la parte externa del galón. Cuando el galón está limpio se procede a secarlo utilizando aire comprimido el cual desplaza la humedad del envase hasta que quede seco.

Este proceso es necesario debido al método de llenado que se utiliza actualmente, ya que permite que el exceso de producto o la espuma se rebalse por el lado exterior del envase, sin embargo este proceso podría ser eliminado si se implementa otro método de llenado que evite esos rebalses de producto.

- **Etiquetado de envases**

Después de lavar y secar los envases se llevan al área de etiquetado en donde se les coloca manualmente una etiqueta a cada galón, estas etiquetas contienen todas las especificaciones del producto como: descripción, ingredientes, aplicación del producto, precauciones, número de lote, y fecha de vencimiento. Estas etiquetas son realizadas por un operario etiquetador, el cual previamente imprime todas las etiquetas que serán necesarias, para el batch que se está produciendo.

Este proceso se realiza de forma manual por lo que el operario podría realizar la misma operación en menor tiempo si utiliza herramientas que puedan agilizar este proceso.

- **Encajado**

Después de etiquetarlos son colocados cuatro galones en cada caja de cartón, se cierra la caja y se sella con silicón, luego se estiban en tarimas. En seguida se les coloca en la parte exterior de cada caja 2 etiquetas, una etiqueta indica las especificaciones del producto que contiene la caja. La otra etiqueta en la es utilizada por el departamento de aseguramiento de calidad para autorizar la liberación del producto cuando ya se le ha realizado pruebas de calidad, esta etiqueta además del sello de liberación contiene el número de lote y la fecha de producción.

Actualmente la información de la etiqueta que utiliza control de calidad para liberar un producto es llenada a mano, por lo que se diseña un método para que ésta información sea llenada utilizando una impresora de computadora.

3.1.2.2 Determinación de la capacidad instalada

El volumen de producción mensual en la planta es muy variable ya que depende de la demanda que se presenta en diferentes épocas del año, sin embargo la capacidad de producción de la planta se ve exigida al máximo en los meses de noviembre y diciembre en los cuales la demanda alcanza 200,000 galones al mes. Este valor indica cuál es la máxima capacidad de producción que se podría exigir al departamento de producción, para cumplir con los picos en la demanda, además tomando en cuenta el crecimiento que se tiene contemplado en la proyección de ventas en el mediano plazo se requiere de una capacidad de producción acorde al crecimiento de la demanda. Para establecer la capacidad de producción máxima instalada se realizó un estudio en donde se programó las actividades que los operarios deben realizar utilizando todos los recursos que tiene disponibles la planta. Actualmente se cuenta con 8 operarios en el área de líquidos, 2 en el área de polvos, 2 en el área de metrología, y 1 etiquetador, sin embargo si se quisiera poner a trabajar el área de líquidos a su capacidad máxima se requerirá de los operarios de todas las áreas, haciendo un total de 13 operarios. Para determinar la capacidad

máxima se asumió que se va a producir el mismo producto en todos los tanques, en este caso es uno de los productos de mayor demanda, un desinfectante líquido, se estudió el tiempo de elaboración que tiene este producto en los diferentes tanques. Tomando en cuenta que la jornada de trabajo es de 9 horas, se distribuyó las actividades de los operarios en las diferentes actividades necesarias para alcanzar la producción máxima de la planta.

A continuación se presenta una simulación de la distribución de los operarios en base a los recursos con que se cuenta actualmente y los procedimientos que se realizan.

Tabla II. Tiempo de producción por *batch*.

Tanque No.	No. de batch a fabricar	Cantidad de galones por batch	Tiempo de elaboración por batch	Total de galones a producir	Tiempo total de elaboración
11	1 batch	850 galones	495 min.	850 galones	495 min.
12	1 batch	850 galones	495 min.	850 galones	495 min.
1	1 batch	580 galones	348 min.	580 galones	348 min.
2	1 batch	550 galones	332 min.	550 galones	332 min.
3	2 batch	300 galones	196 min.	600 galones	392 min.
4	2 batch	300 galones	196 min.	600 galones	392 min.
5	3 batch	180 galones	131 min.	540 galones	393 min.
7	6 batch	50 galones	61 min.	300 galones	366 min.
8	6 batch	50 galones	61 min.	300 galones	366 min.
Total	23 batch		Total:	5,170 galones	3,579 min.

Fuente: Alkemy S.A.

En una jornada de 9 horas, si se utilizan los 9 tanques mezcladores disponibles se pueden producir 23 batch de diferentes cantidades cada uno por lo que se produce una cantidad máxima de galones de 5,170 galones/día.

Para alcanzar esta producción será necesario contar con un empleado en cada uno de los tanques mezcladores, por lo que 9 empleados realizarán las actividades de mezclado, 2 empleados estarán en el área de metrología y 2 en el área de etiquetado.

A continuación se describen las actividades que debe realizar cada empleado:

- **Metrólogo 1:** el empleado que ocupe este puesto permanecerá la jornada completa de 9 horas preparando materias primas para los diferentes batch, en total a lo largo de la jornada producirá 18 batch.
- **Metrólogo 2:** debe preparar 5 batch lo cual le tomará un tiempo de 2.5 horas. Luego debe trasladarse al área de etiquetado para brindar soporte a esta área.
- **Operario 1:** tiene a su cargo la elaboración de un batch de 850 galones lo cual realizará en el transcurso de la jornada completa de 9 horas.
- **Operario 2:** tiene a su cargo la elaboración de un batch de 850 galones lo cual realizará en el transcurso de la jornada completa de 9 horas.
- **Operario 3:** debe elaborar un batch de 580 galones lo cual le tomará 5.8 horas. Luego debe trasladarse al área de etiquetado de cajas y brindar soporte en dicha área.

- **Operario 4:** debe elaborar un batch de 550 galones en 5.53 horas. Etiquetar envases 0.34 horas. Etiquetar cajas 1.1 hora. Etiquetado de control de calidad 1.08 horas.
- **Operario 5:** elabora 2 batch de 300 galones cada una en 6.54 horas. Realiza el encajado de los galones en 1.07 horas. Etiquetado de envases 1.39 horas.
- **Operario 6:** elabora 2 batch de 300 galones cada uno en 6.54 horas. El resto del tiempo debe cerrar y estibar cajas de producto terminado.
- **Operario 7:** elabora 3 batch de 180 galones cada uno en 6.55 horas. Luego debe trasladar todo el producto terminado a la bodega.
- **Operario 8:** tiene a su responsabilidad preparar las cajas de cartón que serán utilizadas durante el día, engrapando las pestañas inferiores de la caja, esto lo realizará en 2.87 horas. Luego debe trasladarse a uno de los tanques y elaborar 6 batch de 50 galones cada uno, esto le tomará 6.1 horas en total.
- **Operario 9:** debe cerrar y estibar cajas, en 2.9 horas. Luego debe trasladarse a uno de los tanques y elaborar 6 batch de 50 galones en 6.1 horas.
- **Etiquetador 1:** el primer etiquetador debe hacer la impresión de todas las etiquetas para los envases y cajas en 3.55 horas. Luego debe llenar la etiqueta de control de calidad en 5.38 horas.
- **Etiquetador 2:** le coloca etiquetas a los envases, este procedimiento le llevará la jornada completa.

Actualmente se puede alcanzar una producción máxima de 5,170 galones al día, por lo que en un mes se obtendría lo siguiente:

$5,170 \text{ galones/día} \times 22 \text{ días/mes} = 113,740 \text{ galones/mes}$ por lo que la capacidad de producción es insuficiente para cubrir con los picos en la demanda que se pudieran presentar, los cuales pueden alcanzar hasta 200,000 galones/mes

Figura 4. Distribución de la capacidad de producción instalada.

Metrologo 1	Pesado de materias primas para 18 batch (9 hrs.)			
Metrologo 2	Pesado de materias primas para 5 batch (2.5 hrs.)	Etiquetado de envases (6.5 hrs.)		
Operario 1	Elaboración de 1 batch de 850 galones (8.25 hrs)			
Operario 2	Elaboración de 1 batch de 850 galones (8.25 hrs)			
Operario 3	Elaboración de 1 batch de 580 galones (5.8 hrs.)		Etiquetado de cajas (3.2 hrs.)	
Operario 4	Elaboración de 1 batch de 550 galones (5.53 hrs)	Etiqu env (0.34 hr)	Etiquetado cajas (1.1 hrs)	Etiquetado control calidad (1.08 hrs)
Operario 5	Elaboración de 1 batch de 300 galones (3.27 hrs)	Encajado (1.07 hrs)	Etiquetado de Envases (1.39 hrs)	Elaboración de 1 batch de 300 galones (3.27 hrs)
Operario 6	Elaboración de 1 batch de 300 galones (3.27 hrs)	Cerrado de cajas y estibado (2.46 hrs.)		Elaboración de 1 batch de 300 galones (3.27 hrs)
Operario 7	Elaboración de 3 batch de 180 galones (6.55 hrs.)			
Operario 8	Elaboración de cajas (2.87 hrs)		Elaboración de 6 batch de 50 galones (6.1 hrs)	
Operario 9	Cerrado de cajas y estibado (2.9 hrs)		Elaboración de 6 batch de 50 galones (6.1 hrs)	
Etiquetador 1	Impresión de etiquetas para envases y cajas (3.55 hrs.)		Llenado de etiqueta de control de calidad (5.38 hrs)	
Etiquetador 2	Etiquetado de envases (9 hrs.)			

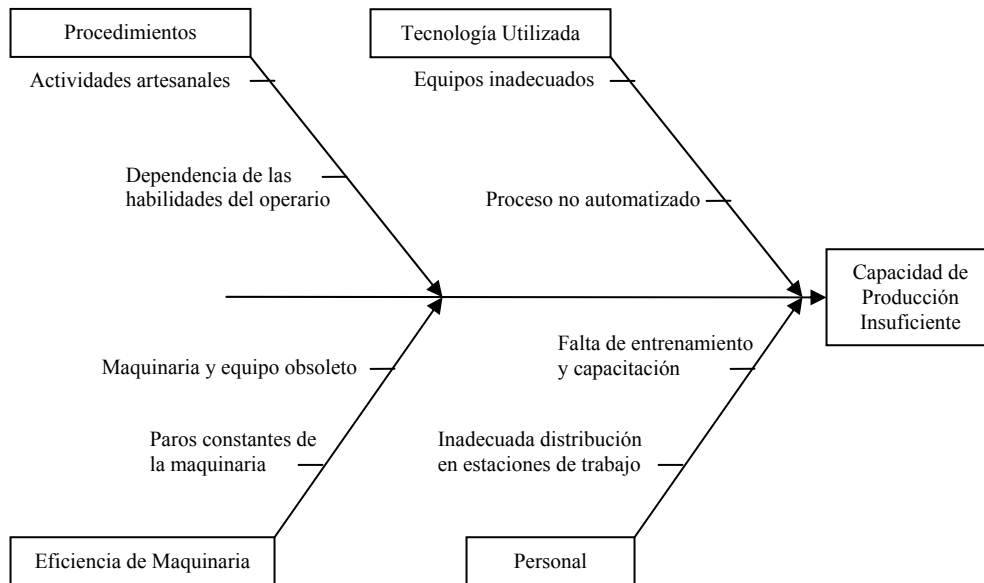
Fuente: Alkemy S.A.

3.1.2.3 Diagnóstico del proceso de producción

El desempeño actual de las actividades en la planta de producción presenta algunas ventajas y debilidades, algunos de los aspectos que benefician este proceso es que debido a que se cuenta con una gran cantidad de tanques mezcladores, se pueden elaborar batch en cada tanque independientes uno de otro. Además permite que se elaboren diferentes tipos de productos en cada tanque de manera intermitente. Esta característica es una ventaja muy fuerte ya que al momento de ocurrir una falla, o que sea necesaria una intervención en algún equipo solo se detiene la parte del proceso afectada pero no se interrumpe las operaciones en el resto de la planta.

Sin embargo al analizar globalmente la planta se puede observar que las condiciones actuales de operación son insuficientes para cubrir la demanda y las proyecciones de crecimiento de la empresa. Los procedimientos manuales que se realizan actualmente no permiten que sean aprovechadas al máximo los recursos con que cuenta la empresa, además la poca inversión en tecnología ha limitado la capacidad de producción. Otros factores como paros en los equipos son provocados por la falta de un programa de mantenimiento, y las habilidades del personal están limitadas por la falta de entrenamiento y capacitación. En el siguiente diagrama se puede observar con mayor detalle los principales factores que limitan la capacidad de producción de la planta.

Figura 5. Diagrama causa-efecto para el proceso de producción actual



Fuente: Alkemy S.A.

3.1.2.3.1 Paros y eficiencia, y tiempo muerto de maquinaria

La falla en los equipos produce paros no programados en la maquinaria, por lo que el tiempo de paro se considera desde que se presenta la falla hasta que la maquinaria es puesta en funcionamiento, sin embargo debido a que se trabaja una producción por batch no se paraliza toda la planta sino únicamente una parte del proceso. Los únicos elementos que pueden provocar un paro general de la planta son los suministros de agua, luz, y aire comprimido, por lo que estos factores deben de tomarse con extrema importancia al planificar el mantenimiento.

Para cuantificar la cantidad de tiempo por paros no programados se contabilizaron los paros ocurridos durante el mes de septiembre 2005 como se pudo observar en el inciso 3.1.1.5, en el cual se puede observar que el tiempo perdido por paros no programados durante ese mes fue de 72 horas.

El tiempo muerto es el tiempo que una máquina esta fuera de servicio, en este caso se considera todo el tiempo que la máquina esta disponible para ser operada pero sin embargo no se utiliza. En este tiempo se puede incluir el tiempo de preparación, cambio de producto y deficiencias en la programación.

Debido a que la producción es intermitente, ya que se elaboran diferentes productos durante el día, existe tiempo muerto en los tanques mezcladores cada vez que se hace cambio de producto. Además no siempre se están utilizando todos los tanques disponibles, en la mayoría de los casos se pudo observar que los tanques pasan cierto tiempo sin ser utilizados después de realizarse cada batch, esto es debido a que no se ha programado producción para todos los tanques, puesto que hay productos que solo se pueden producir en determinados tanques, ya sea por la capacidad del tanque, el tipo de aspa mezcladora, la velocidad de agitación, o si las válvulas de salida del tanque son de acero inoxidable ya que algunos productos son altamente corrosivos. A continuación se presenta un cuadro resumen con los tiempos muertos en horas observados durante el mes de septiembre 2005 en los diferentes tanques.

Tabla III. Tiempos muertos en tanques mezcladores, situación actual.

Tanque	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 7	# 8	# 11	#12	# 57	Total/día
01/09/2005	1.1	0.8	0.8	0.8	0.6	1.4	0.9	1.1	0.8	0.8	9.1
02/09/2005	0.9	0.9	1.2	1.4	0.5	0.8	1.1	0.8	1.3	0.8	9.7
05/09/2005	0.3	1.1	1.4	0.6	0.8	0.8	1.1	0.8	0.9	0.9	8.7
06/09/2005	0.8	0.8	0.8	0.5	0.8	0.9	0.9	0.8	0.6	0.9	7.8
07/09/2005	1.2	1.3	0.8	0.8	0.8	1.1	0.3	0.8	0.9	0.8	8.8
08/09/2005	1.4	0.9	0.8	0.8	1.1	0.8	0.8	1.2	0.3	0.8	8.9
09/09/2005	0.6	0.6	0.9	0.8	0.8	0.8	1.2	1.4	0.8	0.9	8.8
12/09/2005	0.5	0.5	0.8	0.9	1.3	0.8	0.9	0.6	1.2	0.9	8.4
13/09/2005	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.6	0.5	1.4	0.8	8.2
14/09/2005	0.8	0.8	1.2	0.8	0.6	1.2	0.5	0.8	0.8	0.9	8.4
16/09/2005	0.9	0.9	1.4	0.9	0.9	1.4	0.8	0.8	0.9	0.8	9.7
19/09/2005	0.8	0.9	0.8	0.9	0.3	0.8	0.8	0.9	0.8	1.2	8.2
20/09/2005	0.8	0.8	0.9	0.6	0.8	0.9	0.9	0.9	0.8	1.4	8.8
21/09/2005	0.9	0.9	0.8	0.5	1.2	0.8	0.9	0.8	1.4	0.8	9
22/09/2005	1.1	0.8	0.8	0.8	1.4	0.8	0.8	0.9	1.4	1.3	10.1
23/09/2005	0.8	1.4	1.2	0.8	0.8	1.4	0.8	0.8	0.8	0.9	9.7
26/09/2005	1.3	0.6	1.4	0.9	0.8	0.6	0.9	0.8	0.9	0.6	8.8
27/09/2005	0.9	0.5	0.8	0.8	0.9	0.5	0.8	1.2	0.8	0.9	8.1
28/09/2005	0.8	0.8	0.8	0.8	1.1	0.8	0.8	1.4	0.8	0.3	8.4
29/09/2005	0.9	0.8	0.9	1.2	0.8	0.8	0.9	0.8	1.2	0.9	9.2
30/09/2005	0.8	0.8	1.1	1.4	0.8	0.8	1.1	0.8	1.2	0.6	9.4
Total/Tanque	18.4	17.7	20.4	17.8	18	19	17.8	18.9	20	18.2	186.2horas

Fuente: Alkemy S.A.

En el cuadro anterior, se observa que durante el mes de septiembre de 2005 se tubo un tiempo muerto de **186.2 horas**, lo cual tiene un impacto significativo en la eficiencia de la planta.

Los paros y los tiempos muertos de la maquinaria influyen en la eficiencia de la planta, ya que al no ser utilizado completamente el horario de trabajo hace que disminuya la producción diaria esperada. Al considerar el tiempo efectivo laborado y dividirlo entre el tiempo disponible de la jornada de trabajo se obtiene la eficiencia

actual de la planta. La eficiencia se puede calcular si al tiempo disponible de las horas de la jornada de trabajo durante un mes se resta el tiempo perdido por paros y el tiempo muerto y luego esto se divide dentro del tiempo disponible.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{tiempo disponible} - \text{tiempo perdido}}{\text{tiempo disponible}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{(9 \text{ horas/día} \times 21 \text{ días/mes} \times 10 \text{ tanques}) - (72 \text{ hrs. de paros} + 186.2 \text{ hrs. tiempo muerto})}{(9 \text{ horas/día} \times 21 \text{ días/mes} \times 10 \text{ tanques})}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{1890 \text{ hrs.} - 258.2 \text{ hrs.}}{1890 \text{ hrs.}} = 0.8634$$

La eficiencia actual de la maquinaria es de 86.34 %

3.1.2.3.2 Áreas de oportunidad de mejoras

La condición de operación actual de la planta se presenta como una oportunidad para implementar cambios tecnológicos que aumenten la capacidad de producción de la planta y mejorar los métodos de operación utilizados hasta ahora. La observación del proceso de producción refleja que el desarrollo a través de los últimos años no ha sido acorde al avance de la tecnología, por lo que con la implementación de métodos prácticos se puede aproximar las operaciones actuales a la tecnología disponible hoy en día. La propuesta consiste en mejorar los métodos actuales, impulsando el aprovechamiento de los recursos con los que ya cuenta la empresa, así como promover la automatización de los equipos, aumentando con esto la velocidad con que se pueden ejecutar las operaciones y evitar la dependencia en las habilidades del operario. En las diferentes áreas del departamento de producción se pudieron identificar debilidades las

cuales al mismo tiempo representan una oportunidad de mejoras en donde se pueden implementar cambios que aporten beneficios al proceso, como la disminución del tiempo de operación, optimización de los recursos, exactitud en las mediciones, mejorar las condiciones laborales, entre otras. En los siguientes incisos se analizarán cada una de las etapas del proceso de producción identificando los aspectos en que pueden mejorarse.

3.1.2.3.2.1 Análisis del proceso de elaboración producto

El proceso de elaboración se inicia con la medición de las materias primas la cual se realiza en el área de metrología. En dicha área se realiza el pesaje de materias primas lo cual se realiza utilizando básculas y balanzas electrónicas las cuales permiten realizar mediciones dentro de los parámetros establecidos por el departamento de aseguramiento de la calidad.

Cuando las materias primas fueron pesadas se trasladan al área de producción en donde se realiza la mezcla de las materias primas, esto se hace en los tanques mezcladores de acero inoxidable, en los cuales se agita el producto utilizando aspas accionadas por motores eléctricos, hasta alcanzar la homogeneidad del producto.

En el proceso de elaboración del producto se pueden identificar algunas áreas de oportunidad de mejoras, las cuales son muy importantes ya que es el mezclado de productos la actividad que requiere más tiempo de todas, por lo que si se consigue disminuir el tiempo de mezclado se obtendrá un ahorro de tiempo significativo el cual puede ser utilizado para aumentar la capacidad de producción de la planta.

Entre las desventajas que se pueden observar en las condiciones en que operan actualmente los tanques mezcladores se tiene que la velocidad de agitación que se utiliza

actualmente no se puede variar, y debido que la viscosidad de los productos no es la misma, es necesario mezclar a una velocidad apropiada para cada producto, por lo que la agitación se da a la velocidad de salida del motorreductor. Actualmente se utiliza un motor eléctrico y un motorreductor en cada tanque, lo cual no permite variar la velocidad de mezclado. Por lo que se detectó la necesidad de instalar variadores de frecuencia que permitan graduar la frecuencia con la que trabajan los motores eléctricos, esto sería apropiado para mezclar los diferentes tipos de productos que se elaboran, pudiendo mezclar productos a velocidades altas si así lo permiten, o bajas revoluciones en el caso de productos muy densos o espumosos.

Otra de las desventajas que se puede notar en los tanques es que solo cuentan con un tipo de aspas y se considera que el tipo de aspas tiene gran influencia en el mezclado del producto, por lo que surge la propuesta de contar con diferentes tipos de aspas mezcladores en los tanques, ya que la forma de las cuchillas de las aspas produce distintos tipos de agitación, por lo que es necesario contar con diferentes aspas lo cual podría disminuir el tiempo necesario para lograr la homogenización del producto.

3.1.2.3.2.2 Análisis proceso de llenado

El llenado de envases con producto terminado es una operación crítica en el proceso de elaboración de productos, ya que requiere de la atención permanente por parte del operario. Actualmente este proceso se realiza de una manera manual, utilizando una manguera y una válvula de bola para llenar los envases uno a la vez, el operario conecta la manguera a la válvula de salida del tanque y en el otro extremo de la manguera se coloca una válvula de bola, el operario llena los envases uno a la vez, dosificando la cantidad por medio de la válvula. Este procedimiento resulta bastante lento ya que la limitante es que se tiene que esperar a que se llene un envase para empezar a llenar el siguiente. Actualmente este proceso requiere un tiempo de hasta 4 horas para envasar un batch de 850 galones (18 segundos/galón).

Esta operación también representa una oportunidad de mejora al proceso, ya que mas adelante se presentan alternativas para el llenado del producto, con el objetivo de disminuir el tiempo de llenado, para mejorar la capacidad de producción de la planta. Hasta la fecha la empresa ha dado respuesta a la demanda de producción utilizando los recursos con los que cuenta, sin embargo con la creciente demanda de producción, se hace indispensable encontrar métodos que contribuyan a aumentar la capacidad de producción de la planta.

3.1.2.3.2.3 Análisis proceso de taponado y etiquetado

Cuando el producto ya esta envasado se procede al taponado, los galones se cierran con un tapón de rosca de 1½ pulgada de diámetro. Actualmente este proceso se realiza de forma manual enroscando el tapón a cada envase, uno a la vez, este procedimiento resulta ser muy lento ya que el operario tarda aproximadamente 4 segundos en taponar cada envase, lo que al multiplicarlo por la cantidad de galones que se producen en cada batch, representa un tiempo significativo, por ejemplo un batch de 850 galones requiere 1 hora para ser taponado, este tiempo pudiera ser disminuido implementando alternativas para acelerar el proceso de taponado. Más adelante se presentan propuestas que permiten disminuir el tiempo de taponado, utilizando equipos apropiados para esta operación.

Actualmente después de llenar y taponar los envases se procede al lavado y secado, ya que al llenarse los envases utilizando una manguera, el producto se rebalsa y ensucia la parte exterior del envase. El lavado y secado de los envases es una operación que se pudiera eliminar si se utilizan métodos de llenado apropiados que eviten que el producto se derrame en los envases. Si se elimina esta operación se obtendría múltiples beneficios como disminución en el tiempo de producción, eliminación del desperdicio de producto, y ahorro en el consumo de agua y aire comprimido.

Cuando se ha llenado el envase, taponado, lavado y secado, se traslada al área de etiquetado en donde el etiquetador le coloca una etiqueta a cada envase, en esta etiqueta va la identificación del producto, sus principales características, así como el número de lote, la fecha de producción, entre otros. El etiquetado de los envases como prácticamente todas las actividades de la empresa se realiza de forma manual, el etiquetador le coloca una etiqueta a cada envase, toma un rollo de etiquetas que previamente ha impreso, toma un envase, despega una etiqueta y la pega en el galón, este proceso lo repite con cada galón producido durante el día.

Las desventajas de este método es la pérdida de tiempo que se tiene ya que para etiquetar cada envase el operario tarda aproximadamente 12 segundos por galón lo que en una producción de 850 galones representa 2 horas y 50 minutos. El proceso de etiquetado también se pudiera mejorar utilizando medios que permitan agilizar este proceso, ya que todo el producto elaborado en todos los tanques tiene que ser trasladado al área de etiquetado, por lo que este proceso debe ser lo suficientemente rápido para etiquetar todos los envases al ritmo de llegada y evitar el cuello de botella que actualmente se forma en esta área.

3.1.2.4 Estudio de tiempo de operación

A través de la observación de las operaciones en la planta se pudo realizar un estudio de tiempo de operación con el fin de determinar con la mayor exactitud posible, el tiempo necesario para llevar a cabo cada batch o lote de producción. Se analizó el tiempo en cada una de las áreas del proceso de producción, el cual esta en función de la cantidad de los galones a producir

El tiempo de mezclado varía dependiendo de la cantidad de galones a producir, debido a que en la planta se elabora una gran cantidad de productos de diferentes

viscosidades cada uno, por esta razón se diseñó una fórmula que permite calcular el tiempo de mezclado de los productos la cual esta en función de la cantidad de galones a producir en cada batch. $t = 0.075 \times (\# \text{ galones a producir}) + 16.25$

Este estudio de tiempos es una herramienta que proporciona grandes ventajas para poder determinar el tiempo de producción de cierta cantidad de galones de producto, ya que si se desea saber cuanto tiempo llevará la elaboración de un batch, es sencillo calcularlo ya que todas las variables están en función de la cantidad de galones a producir. Algunas de las desventajas que presenta es que la producción real esta sujeta a la disponibilidad de los equipos y suministros necesarios para que se pueda producir en el tiempo programado.

Tabla IV. Estudio tiempo de operación, método actual.

Actividad	Taza de producción	Distancia
Traslado de MP a metrología	5 min.	20 m.
Pesado de materias primas	25 min. /batch. Independiente de tamaño del batch	
Espera, cuando ya están pesadas las materias primas, pasan a un área de espera mientras se limpia el tanque donde se hará la mezcla.	15 min.	
Traslado a tanques de mezclado	4 min.	12 m.
Limpieza de tanque	8 min.	
Carga de agua suave	0.0125 min. / galón (0.75 seg. / galón)	
Mezclado de materias primas	El tiempo esta dado en función de la cantidad de galones a mezclar. $\text{tiempo} = 0.075 \times \text{galones} + 16.25$	

Continúa		
Inspección de control de calidad.	5 min.	
Llenado de envases	0.3 min. / galón, (18 seg. / galón)	
Taponado	0.067 min. / galón, (4 seg. / galón)	
Traslado al área de lavado	1 min. / tarima, (60 seg. / tarima) (1 tarima / 66 galones)	15 m.
Lavado	0.033 min. / galón, (2 seg. / galón)	
Secado	0.025 min. / galón, (1.5 seg. / galón)	
Traslado a etiquetado	1 min. / tarima, (60 seg. / tarima) (1 tarima / 66 galones)	15 m.
Impresión de etiquetas de envases	0.033 min. / etiqueta, (2 seg. / etiqueta)	
Impresión de etiquetas de caja	0.033 min. / etiqueta, (2seg. / etiqueta)	
Etiquetado de envases	0.2 min. / galón, (12 seg. /galón)	
Elaboración cajas (4 galones/ caja)	0.133 min. / caja, (8 seg. / caja)	
Encajado	0.0125 min. / galón, (0.75 seg. / galón)	
Cerrado cajas y estibado.	0.25 min. / caja, (15 seg. / caja)	
Llenado de etiqueta control calidad (1 etiqueta / caja)	0.25 min. / etiqueta, (15 seg. / etiqueta)	
Etiquetado de cajas	0.2 min. / caja, (12 seg. / caja)	
Etiquetado control de calidad	0.05 min. / etiqueta (3 seg. / etiqueta)	
Traslado a bodega prod. terminado	1.5 min. / tarima, (90 seg. / tarima)	20 m.

Fuente: Alkemy S.A.

Tomando en cuenta el estudio de tiempo anterior, se ejemplificará su uso con una programación de producción de un batch de 850 galones. Se sustituirá la cantidad de galones que se desea producir en cada una de las variables del proceso para determinar el tiempo necesario para cumplir con la orden de producción. Luego se elaborarán los diagramas de flujo y de operaciones para una mejor visualización del proceso.

Tabla V. Tiempo de operación para una producción de 850 galones, método actual.

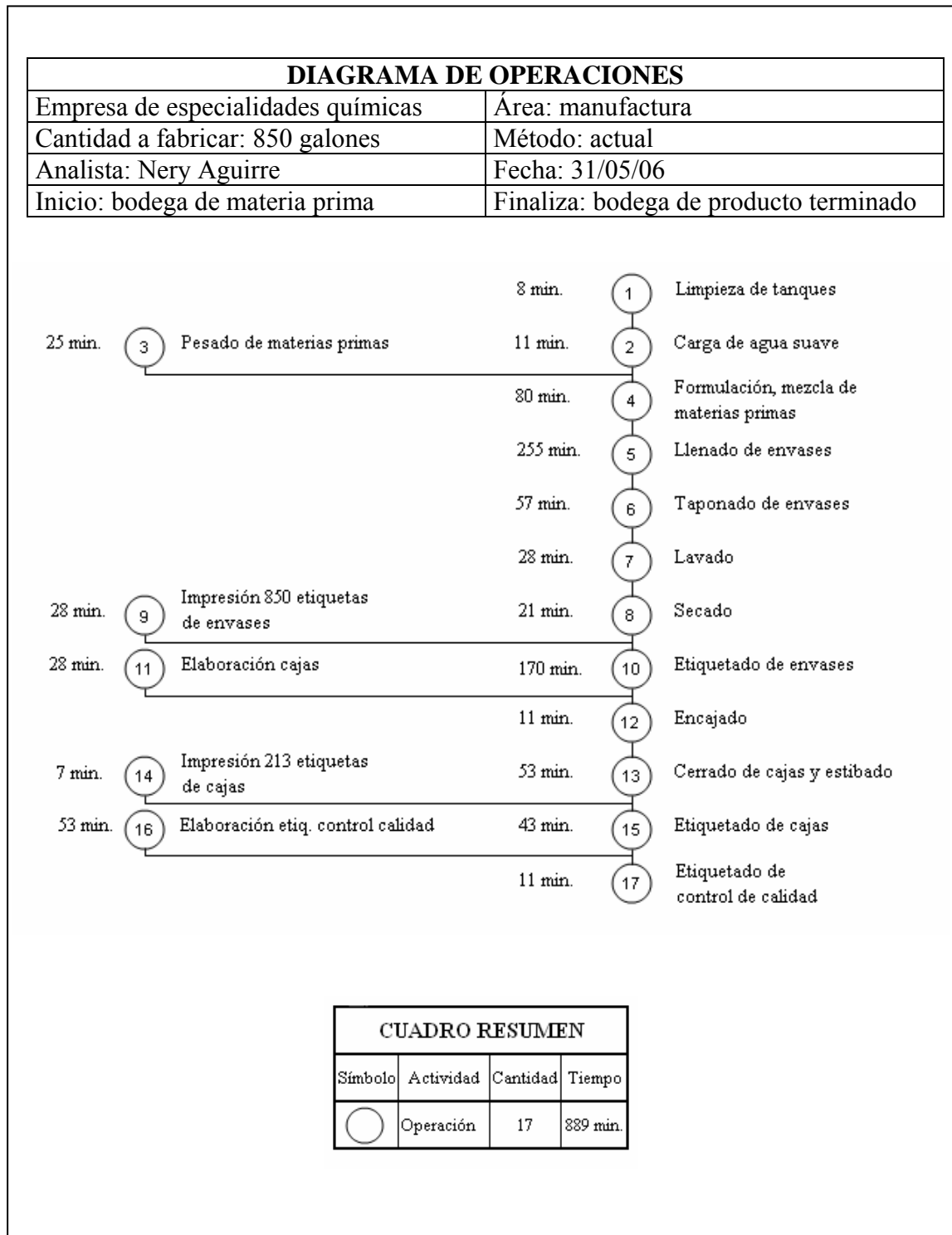
Actividad	Taza de producción	Tiempo	Distancia
Traslado de MP a metrología	5 min.	5 min.	20 m.
Pesado de materias primas	25 min. /batch. Independiente de tamaño del batch	25 min.	
Espera, mientras se limpia el tanque de mezclado	15 min.	15 min.	
Traslado a tanques de mezclado	4 min.	4 min.	12 m.
Limpieza de tanque	8 min.	8 min.	
Carga de agua suave	0.0125 min. / galón (0.75 seg. / galón)	11 min.	
Mezclado de materias primas	El tiempo esta dado por la cantidad de galones a mezclar. tiempo = 0.075 x galones + 16.25	80 min.	
Inspección de control de calidad.	5 min.	5 min.	
Llenado de envases	0.3 min. / galón, (18 seg. / galón)	255 min	
Taponado	0.067 min. / galón, (4 seg. / galón)	57 min.	
Traslado al área de lavado	1 min. / tarima, (60 seg. / tarima) (1 tarima / 66 galones)	13 min.	15 m.
Lavado	0.033 min. / galón, (2 seg. / galón)	28 min.	
Secado	0.025 min. / galón, (1.5 seg. / galón)	21 min.	
Traslado a etiquetado	1 min. / tarima, (60 seg. / tarima) (1 tarima / 66 galones)	13 min.	15 m.

Continúa			
Impresión de etiquetas de envases	0.033 min. / etiqueta, (2 seg. / etiqueta)	28 min.	
Impresión de etiquetas de caja	0.033 min. / etiqueta, (2seg. / etiqueta), (4 galones / caja)	7 min.	
Etiquetado de envases	0.2 min. / galón, (12 seg. /galón)	170 min	
Elaboración cajas (4 galones/ caja)	0.133 min. / caja, (8 seg. / caja)	28 min.	
Encajado	0.0125 min. / galón, (0.75 seg. / galón)	11 min.	
Cerrado cajas y estibado.	0.25 min. / caja, (15 seg. / caja)	53 min.	
Llenado de etiqueta control calidad (1 etiqueta / caja)	0.25 min. / etiqueta, (15 seg. / etiqueta)	53 min.	
Etiquetado de cajas	0.2 min. / caja, (12 seg. / caja)	43 min.	
Etiquetado control de calidad	0.05 min. / etiqueta (3 seg. / etiqueta)	11 min.	
Traslado a bodega producto terminado	1.5 min. / tarima, (90 seg. / tarima)	19 min.	20 m.

Fuente: Alkemy S.A.

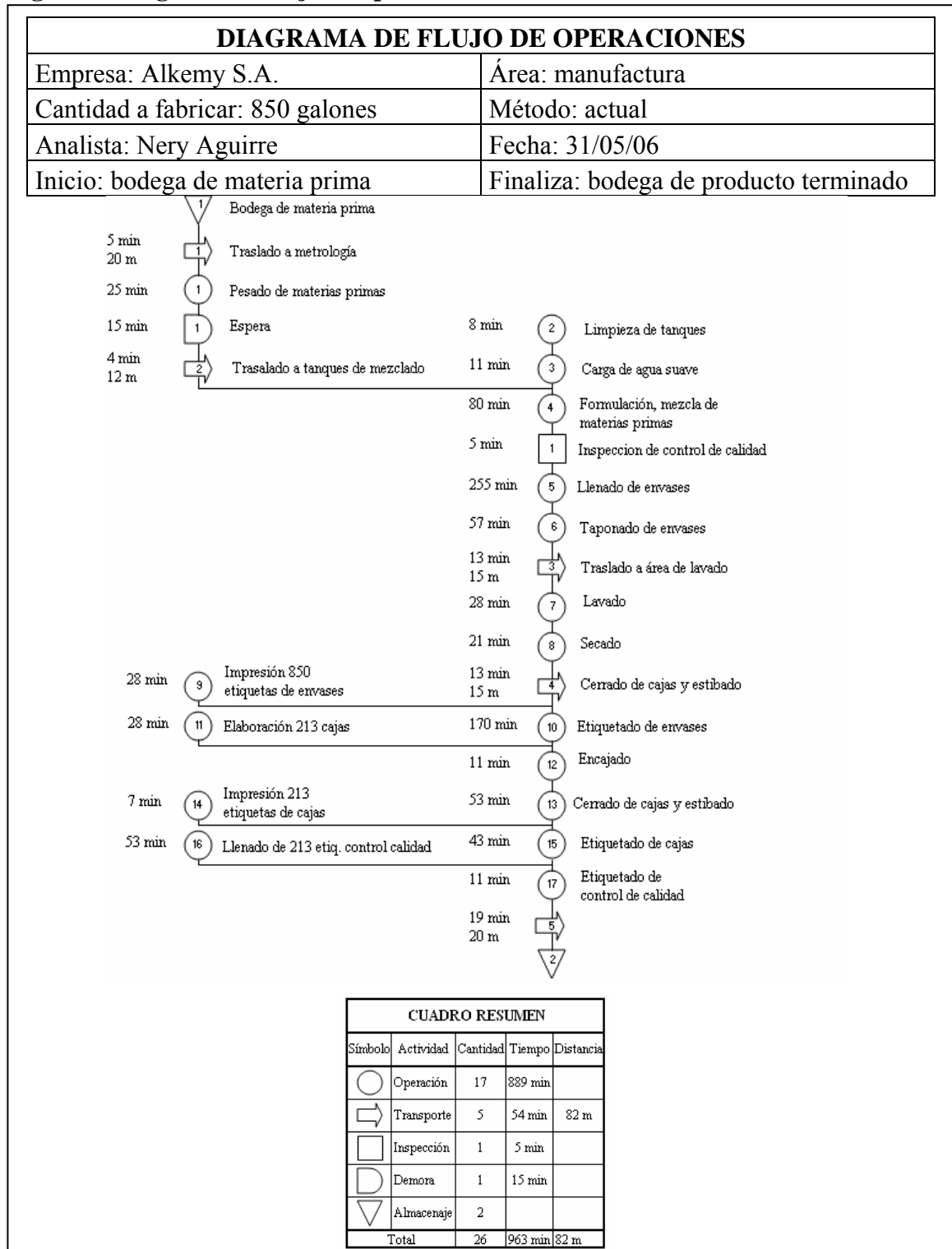
En los siguientes diagramas de operaciones se muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en el proceso de fabricación, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque final del producto terminado.

Figura 6. Diagrama de operaciones con método actual.



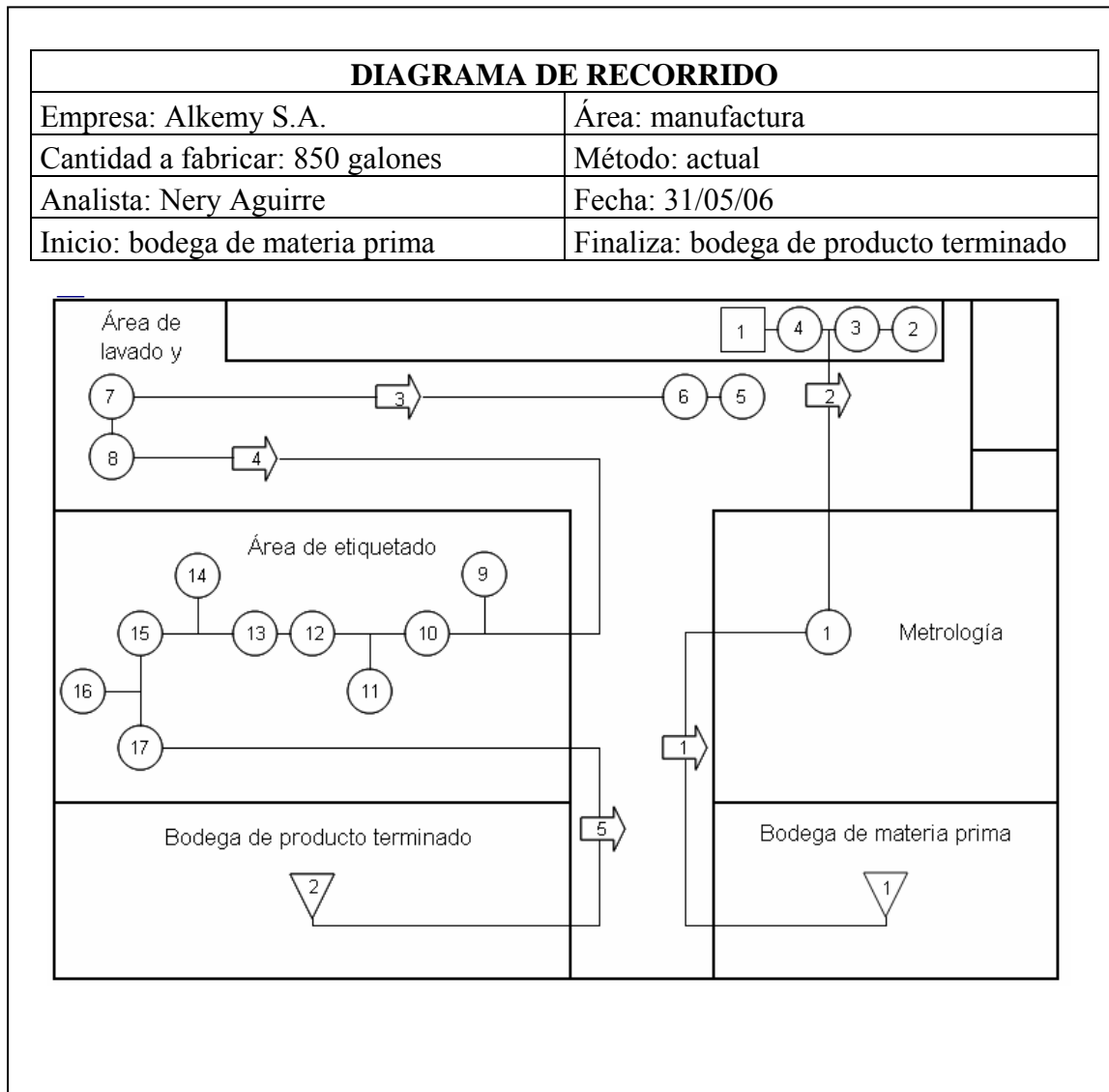
Fuente: Alkemy S.A.

Figura 7. Diagrama de flujo de operaciones con método actual.



Fuente: Alkemy S.A.

Figura 8. Diagrama de recorrido método actual.



Fuente: Alkemy S.A.

La elaboración de un batch de 850 galones con el método actual requiere un tiempo de: 963 minutos / hombre (15.13 horas / hombre).

La producción promedio es de 2,500 galones/día.

3.1.2.5 Balance de Líneas

En toda empresa se busca asegurar un flujo continuo y uniforme de los productos a través de los diferentes procesos dentro de la planta. Un mal balanceo, no sólo se nota en operarios en tiempo ocioso, si no en operarios trabajando a media marcha. Si el tiempo de operación depende más de la velocidad de una máquina que la del operario no se tendrán esas fluctuaciones, pero si es un proceso más manual, inevitablemente se tendrán variaciones, ya que las personas no siempre trabajan al mismo ritmo por que inciden un sinnúmero de variables en los tiempos de operación, desde problemas personales, de ergonomía, de curva de cansancio, hasta psicológicos. En algunas partes los operarios se encuentran trabajando a todo vapor, mientras que algunos en operaciones subsecuentes se encuentran en tiempo ocioso o trabajando a media marcha. Además del tiempo de operación por parte de los operarios también se debe tomar en cuenta la capacidad de producción de la maquinaria. Se debe analizar el proceso para determinar si existe una adecuada asignación de recursos humanos y materiales. Un proceso está balanceado cuando todas sus actividades tienen aproximadamente la misma capacidad.

El balance de líneas además permite determinar la eficiencia actual del proceso al dividir el tiempo efectivo trabajado entre el tiempo de la estación más lenta multiplicado por el número de estaciones como se muestra a continuación.

Tabla VI. Tabla de procedencias de las operaciones.

Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Procedencia	-	1	-	2,3	4	5	6	7	-	8,9	-	10,11	12	-	13,14	-	15,16
Duración	8	11	25	80	255	57	28	21	28	170	28	11	53	7	43	53	11

Fuente: Alkemy S.A.

Tabla VII. Cálculo de la eficiencia para 3 estaciones.

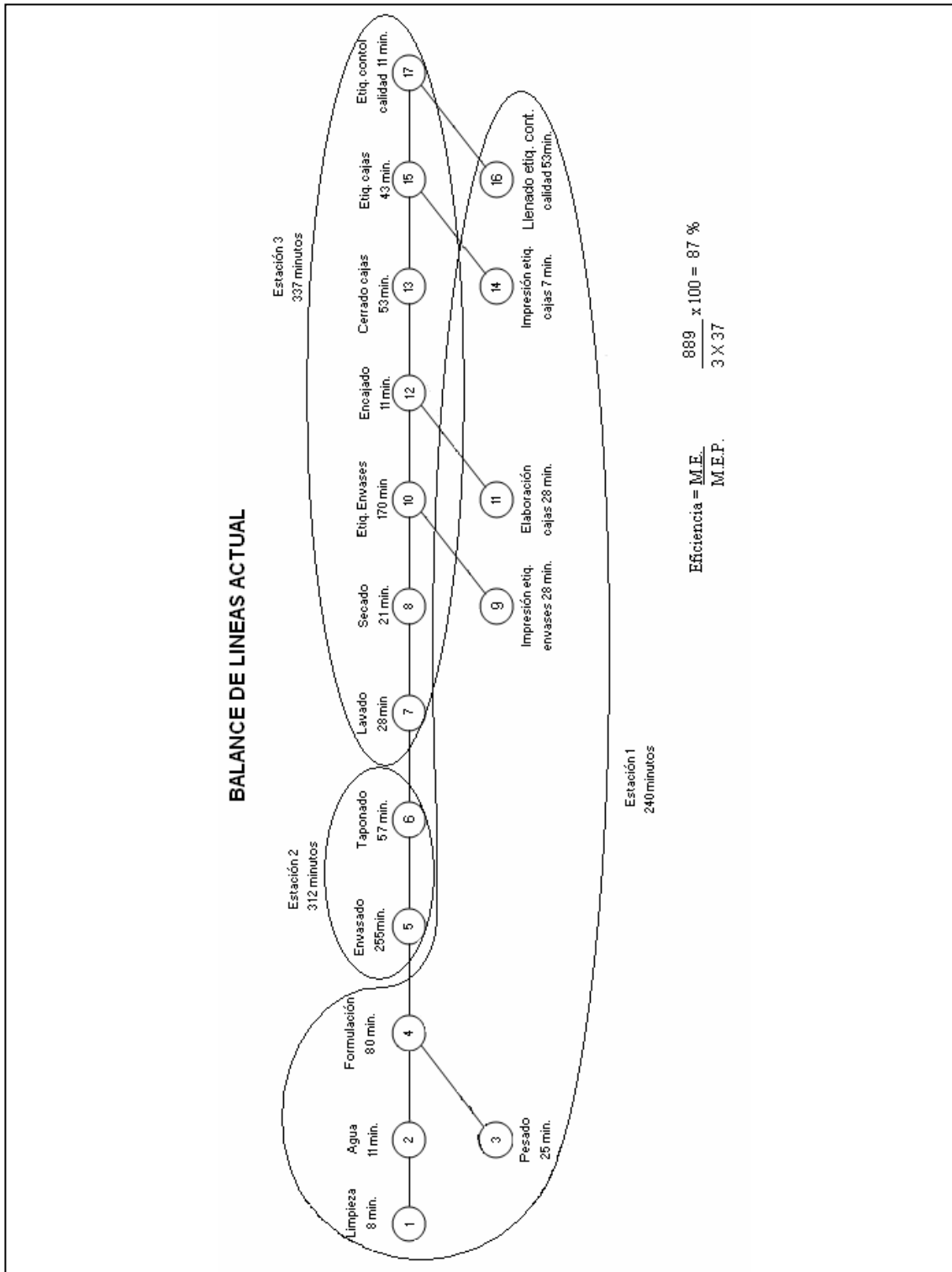
Estación	Operación	t	t de la estación	Acumulado	Ocio	Eficiencia de la estación
1	1	8	240	240	97	71.22 %
	2	11				
	3	25				
	4	80				
	9	28				
	11	28				
	14	7				
	16	53				
2	5	255	312	552	25	92.58 %
	6	57				
3	7	28	337	889	0	100 %
	8	21				
	10	170				
	12	11				
	13	53				
	15	43				
	17	11				

Fuente: Alkemy S.A.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{tiempo efectivo trabajado}}{(\text{tiempo de la estación más lenta}) (\text{número de estaciones})}$$

$$\text{Eficiencia actual} = \frac{889 \text{ minutos}}{(337 \text{ minutos/estación}) (3 \text{ estaciones})} \times 100 \% = 87.93 \%$$

Figura 9. Balance de líneas, método actual.



Fuente: Alkemy S.A.

4. DISEÑO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

La globalización ha creado mercados altamente competitivos, la capacidad de respuesta se ve exigida a centrar los esfuerzos en la mejora de los procesos y aumentar la capacidad de producción. Sin embargo con el aumento en el ritmo de producción se debe implementar un programa de mantenimiento que garantice la disponibilidad esperada de la maquinaria. El mantenimiento adecuado, tiene como objetivo prolongar la vida útil de los bienes, obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y reducir el número de fallas. Las principales responsabilidades del mantenimiento es mantener en buenas condiciones la maquinaria, herramienta y equipo lo cual permite un mejor desenvolvimiento de las operaciones productivas en las empresa. Otros beneficios que pueden derivarse de un buen mantenimiento es la capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

4.1 Tipo de mantenimiento a implementar

El tipo de mantenimiento a implementar en la planta de producción es un mantenimiento preventivo, con el propósito de prever fallas manteniendo los equipos e instalaciones productivas en los niveles de disponibilidad esperados.

El mantenimiento preventivo consiste en la programación periódica de visitas e inspecciones, realizando actividades como ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, y calibración. Estas actividades deben estar apegadas a un programa establecido. Al detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno se asegura que las máquinas y equipos siempre trabajarán en óptimas condiciones, previniendo fallas que producen retrasos o paros en la producción. Al conocer el estado y las condiciones de funcionamiento se aumenta la confiabilidad en los equipos ya que operan en condiciones seguras, se aumenta la vida útil de los equipos, disminuyen los paros no programados y los costos de las reparaciones son menores

4.2 Personal involucrado en las actividades de mantenimiento.

Para llevar a cabo el mantenimiento preventivo se promoverá la participación activa del personal de mantenimiento, producción y gerencia. Ya que se debe crear un compromiso con el programa de mantenimiento que involucre desde el nivel más alto de la gerencia, los diferentes responsables de la planeación y ejecución del mantenimiento, y el personal de producción y de mantenimiento, quienes realizarán actividades en favor de la conservación y buen funcionamiento de la maquinaria. Así mismo se contará con los servicios de empresas *outsourcing* para realizar mantenimiento al equipo que necesite servicio especializado.

Tabla VIII. Personal involucrado en el mantenimiento.

FUNCIÓN	RESPONSABILIDAD	TAREAS DE MANTENIMIENTO
GERENTE GENERAL	Es la persona que dirige y organiza los recursos de la empresa, controlando el cumplimiento de los objetivos, con el fin de obtener los niveles de productividad, rentabilidad y resultados previstos.	Apoyo público al plan de mantenimiento implantado o a implantar en la empresa.
		Toma medidas que motiven al personal a realizar las tareas de mantenimiento
		Aprobación de las medidas y mejoras propuestas.
		Controlar periódicamente los costes asociados al sistema de gestión del mantenimiento.
		Coordinar y organizar la documentación derivada del sistema de información del mantenimiento.

Continúa		
FUNCIÓN	RESPONSABILIDAD	TAREAS DE MANTENIMIENTO
GERENTE DE MANTENIMIENTO	Se encarga de organizar y coordinar el Departamento de mantenimiento.	Estudio de la situación de la empresa, y de la carga de mantenimiento de la misma. Es decir detección de las necesidades referidas al mantenimiento.
		En base a las necesidades detectadas, determinación del sistema de mantenimiento que mejor se adapte a la empresa.
	Es el primer responsable de la empresa en lo que se refiere a estas actividades.	Asignación de las diferentes tareas de mantenimiento a realizar por el personal.
		Valoración de las necesidades de formación del personal involucrado en mantenimiento
		Supervisión y control del trabajo de los jefes de área de mantenimiento.
		Revisión periódica de costes del sistema de mantenimiento y su estudio de viabilidad económico.

Continúa

FUNCIÓN	RESPONSABILIDAD	TAREAS DE MANTENIMIENTO
JEFE DE AREA MANTENIMIENTO	Encargado de la supervisión de las instalaciones, equipos y sistemas para garantizar el adecuado funcionamiento de los mismos dentro de su área (eléctrica, mecánica, y otras).	Control de inventarios de mantenimiento (piezas de repuesto, material de engrase)
		Control y supervisión del trabajo de los operarios de mantenimiento.
		Asignación de recursos materiales y tiempo a emplear en las tareas de mantenimiento.
		Asignación de recursos materiales y tiempo a emplear en las tareas de mantenimiento.
FUNCIÓN	RESPONSABILIDAD	TAREAS DE MANTENIMIENTO
TÉCNICO DE MANTENIMIENTO	Realiza las tareas de mantenimiento de las instalaciones, equipos y sistemas para lograr su adecuado funcionamiento.	Reparaciones y ajustes de equipos.
		Inspecciones y tareas cíclicas de mantenimiento preventivo.
FUNCIÓN	RESPONSABILIDAD	TAREAS DE MANTENIMIENTO
JEFE DE PRODUCCIÓN	Persona encargada del funcionamiento del área de producción.	Control del trabajo de los operarios de producción.
		Control de calidad

Continúa		
FUNCIÓN	RESPONSABILIDAD	TAREAS DE MANTENIMIENTO
OPERARIO DE PRODUCCIÓN	Son quienes trabajan directamente en la planta de producción con la maquinaria industrial.	Comunicación de cualquier anomalía detectada en el funcionamiento de los equipos.
		Limpieza y engrase.
		Pequeñas inspecciones y ajustes.
		Pequeñas reparaciones.

Fuente: Alkemy S.A.

Los operarios de producción pese a realizar las tareas más básicas, su participación es de gran importancia. La correcta realización de las tareas antes descritas evitará numerosas averías y facilitarán el trabajo al resto del personal involucrado en el mantenimiento.

4.3 Clasificación de maquinaria y equipo

El equipo será clasificado según el área al que pertenecen, siendo 5 áreas las que componen el área de producción:

- Laboratorio de producción
- Producción de líquidos
- Producción de polvos
- Metrología
- Etiquetado
- Bodega

Tabla IX. Clasificación de maquinaria y equipo.

Área	Equipo	Código
Laboratorio de producción	Balanza semianalítica	LP-058
	Balanza mecánica de 44 lb.	LP-023
Bodega	Bascula de 2000 lb.	BB-044
	Extractor de aire	BB-072
	Carretilla	BB-069
	Carretilla	BB-071
	Montacargas mecánico	BB-068
	Trocket	BB-070
Metrología	Báscula híbrida	PM-040
	Báscula híbrida	PM-041
	Báscula híbrida	PM-084
	Balanza semianalítica	PM-042
	Trocket	PM-083
Etiquetado	Etiquetadora	PE-095
	Máquina de escribir	PE-097
Líquidos	Báscula mecánica	PL-130
	Báscula mecánica	PL-132
	Báscula mecánica	PL-133
	Compresor	PL-014
	Estufa	PL-127
	Extractor	PL-109
	Llenadora de galón	PL-019
	Montacargas eléctrico	PL-129
	Pallet	PL-112
	Selladora de tapón	PL-113
	Suavizador	PL-110
	Tanque mezclador No. 1	PL-001
	Tanque mezclador No. 2	PL-002
	Tanque mezclador No. 3	PL-003
	Tanque mezclador No. 4	PL-004
	Tanque mezclador No. 5	PL-005
	Tanque mezclador No. 7	PL-007
	Tanque mezclador No. 8	PL-008
	Tanque mezclador No. 11	PL-011
	Tanque mezclador No. 12	PL-012
	Tanque mezclador No. 57	PL-057
	Marmita de 15 galones	PL-111
	Tanque movable de 110 galones	PL-017

Continúa		
	Taponadora de galón	PL-018
	Torre de enfriamiento	PL-128
	Bomba neumática	PL-135
	Trocket	PL-116
Polvos	Balanza híbrida	PP-030
	Extractor de polvos	PP-016
	Extractor de aire	PP-136
	Engrapadora de pedal	PP-121
	Mezclador No. 9	PP-009
	Mezclador No. 10	PP-010
	Mezclador No. 13	PP-013
	Molino	PP-015
	Pistola de silicon	PP-120
	Pallet	PP-134
	Selladora de bolsa	PP-115
	Selladora de bolsa	PP-135

Fuente: Alkemy S.A.

4.4 Codificación de maquinaria y equipo

La codificación de las máquinas y equipos es un elemento principal para la elaboración de un programa de mantenimiento. El código debe estar en un lugar visible en la máquina, para que todos los operarios de mantenimiento conozcan su código y todas las operaciones que se realicen sean referidas al código que le corresponde. Algunos de los beneficios que se obtienen con la codificación son que se consigue una mejor organización de los trabajos, se pueden controlar mejor las acciones y los recursos, pero la principal ventaja es la organización de los recursos según el histórico de cada equipo ya que todas las acciones, las reparaciones, y los recursos que intervinieron en su mantenimiento quedan almacenados en su respectiva ficha histórica.

Actualmente el equipo se encuentra codificado de acuerdo a la clasificación del área a la que pertenecen. Este código está compuesto por las iniciales del área a la que

pertenece el equipo, seguido de un número correlativo de 3 dígitos el cual identifica a cada equipo individualmente.

Tabla X. Código de ubicación de equipos.

CÓDIGO	UBICACIÓN
PL	Producción líquidos
PP	Producción polvos
PM	Producción metrología
PE	Producción etiquetado
BB	Bodega
LP	Laboratorio producción

Fuente: Alkemy S.A.

Ejemplo: PL – 012. Las iniciales indican que el equipo está ubicado en el área de producción de líquidos y el número correlativo indica que se trata del tanque mezclador número 12. La codificación completa de los equipos se puede observar en el inciso 4.3, tabla VII

4.5 Recopilación de historial de mantenimiento

Se determinó que la empresa no cuenta con un procedimiento para recopilar el historial de mantenimiento, ya que esto se reduce simplemente a archivar las facturas por servicios de mantenimiento, a las cuales no se les da el seguimiento adecuado. Se realizó una recopilación de todas las intervenciones de mantenimiento preventivo y correctivo realizadas a los equipos durante los 7 meses que duró la recopilación de datos los trabajos fueron realizados por empresas *outsourcing* (ver anexo 1). En el listado de actividades realizadas se puede observar, la fecha en la que se realizó la intervención, el personal a cargo, descripción del trabajo realizado, y el costo de cada intervención.

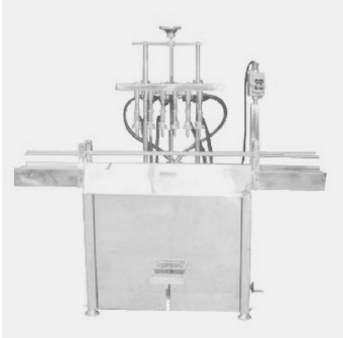
Se comprobó que los gastos por concepto de mantenimiento a la maquinaria durante los meses de agosto de 2005 a marzo de 2006 ascienden a Q.61,104.08. En esta recopilación se observa que las actividades de mantenimiento no tienen un orden lógico y planeado, sino más bien que son reactivas a las circunstancias, se realizan cuando las fallas ya se han presentado, lo que además de los costos de las reparaciones representan un alto costo de oportunidad al detener la producción por paros no programados.

4.6 Recopilación de información del fabricante y manuales de operación

Se comprobó que no toda la maquinaria cuenta con manuales de operación del fabricante, ya que la mayoría de la maquinaria tiene más de 15 años de haberse adquirido y no se archivaron adecuadamente. Otro factor por lo que se comprobó que no se tenían manuales de operación es que algunos equipos no se compraron nuevos, sino que se le compraron a otras empresas que ya los habían utilizado por algún tiempo pero no entregaron los manuales al momento de la compra. Sin embargo se pudo establecer que sí se cuenta con los manuales de los equipos que fueron adquiridos recientemente, los cuales pueden ser utilizados para la instalación del equipo, correcta operación, mantenimiento, así como para encontrar soluciones a fallas comunes en los equipos.

Además de contar con los manuales de operación también se propone la elaboración de guías de operación de todos los equipos, las cuales son elaboradas para obtener instrucciones de operación, de seguridad y mantenimiento. Se realiza una guía de operación a cada equipo basado en los manuales proporcionados por el fabricante, resaltando los aspectos más importantes de la operación, seguridad y mantenimiento.

Tabla XI. Guía de operación del equipo.

GUIA DE OPERACIÓN DEL EQUIPO (GOE PL-019)	
	Equipo: máquina llenadora de líquidos
	Código: PL-019
	Modelo: LG-CA
	Características: Tipo lineal Accionamiento neumático Llenado por gravedad 6 boquillas Banda transportadora
Instrucciones de operación:	
Lave y esterilice el tanque, mangueras, y boquillas de la llenadora.	
Conecte la manguera de salida del tanque de mezclado a las boquillas de la llenadora.	
Coloque envases vacíos en la banda transportadora.	
Conecte la llenadora a una fuente de energía de 220 V AC.	
Conecte la llenadora a una línea de aire comprimido, y regule la presión a 6 bar.	
Coloque el tope que mantendrá los envases en su posición de llenado.	
Presione el pedal que acciona la banda transportadora para que los envases vacíos ingresen a la posición de llenado.	
Accione el interruptor para que las boquillas bajen y se inicie el llenado.	
Mantenga las boquillas llenando hasta que todos los envases hayan alcanzado su nivel.	
Accione el interruptor para subir las boquillas y detener el llenado.	
Quite el tope de la transportadora para que los envases vayan a la mesa de recolección.	
Revise constantemente el nivel del tanque de rebalse, cuando alcance un nivel de $\frac{3}{4}$, cierre la entrada del tanque y encienda la bomba para llevar el producto recolectado en el tanque de rebalse hasta las boquillas y proceder al llenado.	

Continúa
Instrucciones de seguridad:
Utilice siempre equipo de protección personal: gabacha, guantes, botas, gafas, mascarilla.
Mantenga el área de trabajo limpia, seca y despejada.
Evite que las conexiones eléctricas entren en contacto con líquidos.
Mantenga las manos alejadas de mecanismos en movimiento: banda transportadora, cojinetes, accionamiento de las boquillas llenadoras.
Inspeccione que las conexiones de electricidad y aire comprimido no estén dañadas.
Instrucciones de mantenimiento:
Mensualmente realice el siguiente procedimiento:
Inspeccione que las boquillas estén bien apretadas y no presenten fugas.
Desmunte las boquillas y revise el estado interno de las mismas.
Reemplace los empaques tipo O-rin.
Revise que las instalaciones eléctricas no estén dañadas.
Revise el estado de las instalaciones de aire comprimido.
Drene la unidad de mantenimiento del aire comprimido y revise el nivel de aceite.
Limpie la armazón exterior de acero inoxidable.
Inspeccione el estado de las mangueras y abrazaderas, reemplace de ser necesario.
Lubrique las barras del mecanismo de llenado de las boquillas.
Lubrique los cojinetes de la banda transportadora.
Limpie el tanque de rebalse e inspeccione que no tenga indicios de corrosión.

Fuente: Alkemy S.A.

4.7 Funcionamiento y capacidad de la maquinaria y equipo

Para conocer el funcionamiento y la capacidad de la maquinaria y el equipo se diseñaron formatos que servirán para recopilar la información generada por el uso diario de la maquinaria y en donde se registrará todas las intervenciones necesarias de cada equipo con el fin de obtener un historial y poder evaluar la efectividad del mantenimiento. Los formatos son presentados en los incisos 4.8.1 figura 10, al 4.8.5 figura 14.

Algunos de los objetivos que se persiguen con dichos formatos son los siguientes:

- Garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas.
- Dar el seguimiento a las fallas y su evolución después de intervenida la máquina.
- Tener un mejor control del rendimiento de los equipos de producción.

4.8 Diseño del programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento se encuentra detallado en el inciso 4.8.6 y esta compuesto por el cronograma anual de mantenimiento (tabla X), cronograma mensual de mantenimiento (tabla XI), y el programa de mantenimiento preventivo (tabla XII).

Además, se diseñaron formatos para el control y administración del mantenimiento los cuales se muestran en los incisos 4.8.1 al 4.8.5. Los formatos también llamados protocolos servirán para recopilar toda la información generada por el uso de la maquinaria y para registrar el historial de fallas, para poder medir el rendimiento de cada equipo y analizar el mantenimiento que necesita. Los protocolos propuestos son los siguientes:

- Solicitud de ajuste/reparación (inciso 4.8.1).
- Reporte de anomalías (inciso 4.8.2).

- Fichas históricas (inciso 4.8.3).
- Realización de inspecciones y visitas (inciso 4.8.4).
- Orden de trabajo (inciso 4.8.5).
- Reporte mensual de mantenimiento (inciso 4.8.8).
- Control de paros de la línea y tiempos muertos (inciso 4.8.9).

4.8.1 Solicitud de ajuste / reparación

La solicitud de ajuste/ reparación tiene como objetivo registrar todas las fallas y las intervenciones que tienen los equipos, y sirven para identificar los equipos que presentan mayor cantidad de fallas, lo cual indica que se le debe dar un mantenimiento preventivo frecuentemente o el tipo de mantenimiento que se le esta dando no es el adecuado.

En esta ficha se podrá dejar un registro del tipo de trabajo que el solicitante desea que se realice en la máquina. Además servirá para crear un archivo de todas las solicitudes que se hagan.

En este formato se podrá realizar todas las solicitudes de mantenimiento ya sean preventivas o correctivas. Se solicitará la reparación de los equipos que presentan fallas que no permitan iniciar o continuar la producción. También se podrá realizar solicitudes de ajustes a los equipos que no estén trabajando en condiciones óptimas.


Al llenar una solicitud es importante que se llene toda la información que se requiere ya que servirá para llevar un mejor control de las intervenciones a los equipos.

En el formato se debe incluir la siguiente información: número de solicitud, fecha y hora de solicitud, código y ubicación de máquina, nombre del personal que

solicita, tipo de tarea solicitada, descripción de tarea, así como los datos de quien recibe la solicitud.

La solicitud de ajuste/reparación tendrá la siguiente presentación:

Figura 10. Formato de solicitud de ajuste y/o reparación.



FICHA DE SOLICITUD DE AJUSTE Y/O REPARACIÓN

FECHA: Guatemala __/__/20__ HORA DE SOLICITUD: Hrs. __:__ No.: __

MÁQUINA O EQUIPO: _____

CÓDIGO: _____ UBICACIÓN: _____

SOLICITANTE: _____ FIRMA: _____

TAREA SOLICITADA:

AJUSTE: REPARACIÓN: OTRO:

DESCRIPCIÓN DE TAREA: _____

PRIORIDAD:

NORMAL: URGENTE:

RECIBIDO POR: _____ FIRMA: _____

FECHA DE RECEPCIÓN: Guatemala __/__/20__ HORA RECIBIDA: Hrs. __:__

Fuente: Alkemy S.A.

La fecha y hora de de solicitud servirá para llevar el control del momento en que se realizó la solicitud. El número de solicitud será asignado según el correlativo de las solicitudes realizadas.

Máquina o equipo, código y ubicación, permite una rápida identificación del equipo en el que se va a realizar la intervención. El nombre del solicitante y su firma son necesarios para darle formalidad a la solicitud.

Tarea solicitada sirve para indicar el tipo de trabajo que se solicita, si es un ajuste, o reparación. La casilla otros se utilizará al solicitar una intervención preventiva o cualquier otra acción en el equipo.

La prioridad servirá para indicar el grado de importancia que tiene la solicitud, la asignación urgente indicará que la falla debe ser reparada de forma inmediata ya que el proceso puede estar detenido, o que no puede esperar mucho tiempo. La asignación normal indica que la reparación de la falla puede esperar algunas horas o postergarse para el día siguiente.

El nombre de quien recibe y la firma es para indicar quien es el responsable de la recepción de la solicitud. La fecha y hora sirve para llevar el control de la recepción de la solicitud y para programar su atención.


4.8.2 Reporte de anomalías

Por medio del formato de reporte de anomalías se pretende obtener la información de síntomas que pueden provocar fallas. El personal operativo es el que se encuentra en contacto directo con las máquinas y equipos y es quienes tienen mayor conocimiento del funcionamiento normal de las máquinas, además son quienes pueden detectar cuando una máquina tiene mal funcionamiento el cual después podría

convertirse en una falla. Algunos de las anomalías que podrían presentarse son ruidos, vibraciones, disminución de velocidad o fuerza.

Con este formato se creará un registro de las anomalías que presentan los equipos, pero que permiten continuar con la producción, pero que necesita que se realice una inspección para evitar fallas futuras.

Figura 11. Formato de reporte de anomalías.



FICHA DE REPORTE DE ANOMALÍAS

FECHA: Guatemala __/__/20__ HORA DE SOLICITUD: Hrs. __:__ No.: __

MÁQUINA O EQUIPO: _____

CÓDIGO: _____ UBICACIÓN: _____

SOLICITANTE: _____ FIRMA: _____

FECHA EN QUE OCURRIÓ LA ANOMALÍA: __/__/20__

DESCRIPCIÓN DE LA ANOMALIA: _____

RECIBIDO POR: _____ FIRMA: _____

FECHA DE RECEPCIÓN: Guatemala __/__/20__ HORA RECIBIDA: Hrs. __:__

Fuente: Alkemy S.A.

Este formato deberá contener información como fecha y hora en que se hace el reporte la anomalía, número correlativo, máquina, código y ubicación.

La fecha es que ocurrió la anomalía es importante ya que sirve para establecer cuanto tiempo la máquina ha trabajado bajo esas condiciones, y el grado de urgencia que hay para intervenir esa máquina para evitar una falla.

La descripción de la anomalía permite obtener detalles del problema, que circunstancias pueden estar provocando el problema, que acciones se tomarán y programar una fecha para la intervención de la máquina.

Nombre de quien reporta y de quien recibe son importantes para darle seguimiento. La fecha y hora servirá para el control de ingreso de la solicitud y para programar su atención.

4.8.3 Fichas históricas

Este formato sirve para llevar el control de las fallas y reparaciones que se han realizado en cada uno de los equipos. Se realizará una ficha histórica para cada máquina y equipo el cual servirá para obtener información de una forma rápida del comportamiento que ha tenido en los últimos meses.

Estas fichas deberán contener la siguiente información: como encabezado el nombre de la máquina o equipo, código, y ubicación. Luego se registrará la fecha en la que ocurren las fallas, la descripción, el costo de mano de obra, costo de materiales y repuestos, y otros. También debe contener información de quien realizó la reparación, el tiempo de duración, el número de la solicitud de ajuste/reparación o reporte de anomalías, y por quien fue aprobado el trabajo.

La presentación de este formato será la siguiente:

Figura 12. Formato de historial de reparaciones de fallas y/o averías.



FICHA HISTÓRICA POR REPARACIONES DE FALLAS Y/O AVERÍA

MÁQUINA O EQUIPO: _____

CÓDIGO: _____ AREA A QUE PERTENECE: _____

CLASIFICACIÓN: _____

FECHA	FALLA Y/O AVERÍA	COSTO	REALIZADO POR	DURACIÓN	APROVADO POR	SOLICITUD NO.	DIAGNÓSTICO DE FALLA

Vo.Bo. _____

Encargado de Mantenimiento

Fuente: Alkemy S.A.

4.8.4 Realización de inspecciones y visitas

En el caso que se cuente con los manuales de operación de cada máquina se debe acudir a éste para realizar las inspecciones de cada equipo, de donde se puede obtener información de qué partes del equipo se deben inspeccionar y cada cuánto tiempo

realizar dichas inspecciones. En caso de no contar con los manuales se puede realizar consultas con personal especializado en dichas máquinas y en base a la experiencia de operarios y técnicos, y basarnos en la información recolectada en las fichas históricas. Por este motivo es importante programar visitas e inspecciones al equipo que en las que se puedan detectar condiciones que puedan provocar fallas.

Al momento de realizar una visita se hará principalmente por la observación del funcionamiento del equipo y se podrán realizar reparaciones o pruebas menores, con el propósito de comprobar el funcionamiento actual de cada equipo, así como de medir la efectividad de reparaciones que se hayan realizado anteriormente.

Se deben incluir actividades menores de mantenimiento como, lubricación de partes móviles de fácil acceso, chequeo de niveles de aceite, limpieza exterior de la máquina y ajustes de tornillos en cubiertas de los equipos.

Las visitas se deben realizar frecuentemente y en un tiempo relativamente corto. Se debe realizar un registro de las condiciones de operación que se observaron en los equipos, así como los trabajos menores que se realizaron. Las inspecciones se programan con la finalidad de realizar actividades de limpieza y lubricación generales en la maquinaria. Para realizar las inspecciones se debe contar con el equipo necesario para realizar dicho trabajo. Se deberá realizar el cambio de piezas que presenten desgaste o mal funcionamiento.

Las inspecciones y las visitas deberán quedar registradas en un formato especial, en donde se realizará las anotaciones de la actividad realizada. El formato tendrá la siguiente información.

Figura 13. Formato de control de visita/inspección.



CONTROL DE VISITA/INSPECCION

FECHA: Guatemala __/__/20__ HORA: Hrs. __:__ No.: ____

VISITA: INSPECCIÓN:

MÁQUINA O EQUIPO: _____

CÓDIGO: _____ UBICACIÓN: _____

LA VISITA/INSPECCIÓN ES DE TIPO:

PLANIFICADO NO PLANIFICADO

HORA DE INICIO: __:__ HORA FINAL: __:__

ACTIVIDAD REALIZADA	REPARADA		RESULTADO
	SI	NO	

OBSERVACIONES: _____

NOMBRE DEL TÉCNICO: _____ FIRMA: _____

SUPERVISADO POR: _____ FIRMA: _____

Fuente: Alkemy S.A.

4.8.5 Orden de trabajo

En los casos en los que se detecte fallas en los equipos en los cuales es necesario realizar trabajos de mayor escala, se emitirá una orden de trabajo para autorizar dichas reparaciones, para los cuales se deberá detener el equipo completamente. Estas intervenciones se realizarán cuando se detecten fallas debidas a la operación normal de las máquinas o por cualquier otro evento que haya ocasionado paros en dicha maquinaria.

Una orden de trabajo será emitida cuando se deba realizar una intervención ya sea porque está programada como un mantenimiento preventivo o cuando ocurre una falla en el equipo que deba ser corregida inmediatamente, aplicando mantenimiento correctivo.


La orden de trabajo sirve para dar respuesta a las solicitudes de ajuste y/o reparación, reporte de anomalías, así como por las visitas e inspecciones realizadas a los equipos. En ésta se autoriza la reparación de la maquinaria que ha sufrido una falla o se aplicará el mantenimiento preventivo según se solicite en las visitas e inspecciones.

La información que debe contener este documento es la siguiente: nombre y código de máquina a reparar, número de orden de trabajo, fecha y hora de ejecución que se sugiere, ya que en algunos casos la ejecución de la orden no podrá realizarse de inmediato. También contará con la descripción del trabajo a ejecutar, la herramienta y materiales a utilizar para realizar adecuadamente la reparación. Además se indicará el nombre del encargado de realizar el trabajo.

La persona que efectúa la intervención debe anotar la hora de inicio y finalización de la ejecución de la actividad, para registrar el tiempo invertido para solucionar dicha avería y tener una idea del tiempo necesario en futuras intervenciones.

La orden de trabajo tendrá el siguiente formato.

Figura 14. Formato de orden de trabajo.

	
FICHA DE ORDEN DE TRABAJO	
MÁQUINA O EQUIPO:	_____
CÓDIGO:	_____ UBICACIÓN: _____
FECHA: Guatemala __/__/20__	HORA DE EJECUCIÓN: Hrs. __:__
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR:	_____
REPUESTOS A UTILIZAR:	_____
HERRAMIENTA A UTILIZAR:	_____
MATERIALES A UTILIZAR:	_____
OBSERVACIONES:	_____
NOMBRE DE PERSONAL ASIGNADO:	_____
FECHA Y HORA SUGERIDA: Guatemala, __/__/20__.	Hrs. __:__.
FECHA Y HORA DE EJECUCIÓN DEL TRABAJO:	Guatemala, __/__/20__.
HORA DE INICIO: Hrs. __:__.	HORA DE FINALIZACIÓN: Hrs. __:__.
FIRMA DE PERSONAL ASIGNADO:	_____
FIRMA DE RESPONSABLE:	_____

Fuente: Alkemy S.A.

4.8.6 Cronograma de acción del programa de mantenimiento

La realización del mantenimiento preventivo se realizará de acuerdo a un cronograma de acción el cual indicará las fechas en las que se deben realizar las visitas, e inspecciones a los equipos.

En este cronograma se debe considerar las necesidades de mantenimiento que tienen los equipos individualmente lo cual depende del uso, y las condiciones de trabajo. La maquinaria está expuesta al desgaste por la fricción o corrosión, así como a agentes externos que provocan daños al equipo, por lo que se debe programar visitas e inspecciones a los equipos con la frecuencia adecuada.

El criterio que se utilizará para fijar los intervalos de tiempo en los que se realizarán las intervenciones estará basado en los manuales de operación de cada equipo, siguiendo las recomendaciones del fabricante. En el caso que los equipos que no tengan manual de operación se basará en la información recopilada en los reportes de anomalías y solicitudes de reparación así como en la experiencia de los técnicos.

Se contará con un cronograma anual de mantenimiento así como un cronograma mensual. En el cronograma anual aparecerán todas las intervenciones que se realizarán en los equipos a lo largo del año, indicando si debe realizar una visita o una inspección. Además se indicará el nombre del equipo, el código, el área a la que pertenece, el personal responsable, la frecuencia con que deben realizarse las intervenciones así como el mes en el que están programados.

También se contará con un cronograma mensual de mantenimiento en el que se indican las fechas específicas en las que se realizarán las visitas e inspecciones a los equipos. También se pueden incluir intervenciones que no fueron consideradas en el cronograma anual pero que actualmente son necesarias.

Los formatos están firmados por el gerente de producción así como por el encargado de mantenimiento, quienes autorizan la realización del mantenimiento preventivo en las fechas indicadas.

Tabla XII. Cronograma anual del mantenimiento preventivo.

CRONOGRAMA ANUAL DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO																
Área	Equipo / Infraestructura	Código	V/I	Frecuencia	Trimestre Programado											
					1ero			2do			3ero			4to		
					Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Lab. de Producción	Balanza Semianalítica	PL-058	I	Cada 3 meses	x			x			x			x		
	Balanza Mecánica de 44 lb.	PL-023	I	Cada 2 meses		x		x		x		x		x		x
Bodega	Bascula de 2000 lb.	BB-044	I	Cada 4 meses		x				x				x		
	Extractor de aire	BB-072	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Carretilla	BB-069	V	Cada 6 meses						x						x
	Carretilla	BB-071	V	Cada 6 meses						x						x
	Montacargas mecánico	BB-068	I	De acuerdo a las horas de uso												
	Trocket	BB-070	V	Cada 6 meses						x						x
Metrología	Bascula hibrida	PM-040	I	Cada 2 meses	x		x		x		x		x		x	
	Bascula hibrida	PM-041	I	Cada 2 meses	x		x		x		x		x		x	
	Bascula hibrida	PM-084	I	Cada 2 meses	x		x		x		x		x		x	
	Balanza Semianalítica	PM-042	I	Cada 2 meses	x		x		x		x		x		x	
	Trocket	PM-083	V	Cada 6 meses						x						x
Etiquetado	Etiquetadora	PE-095	I	Cada 2 meses		x		x		x		x		x		x

Continúa															
	Máquina de escribir	PE-097	V	Cada 6 meses			x						x		
Líquidos	Bascula mecánica	PL-130	I	Cada 2 meses		x		x		x		x		x	x
	Bascula mecánica	PL-132	I	Cada 2 meses		x		x		x		x		x	x
	Bascula mecánica	PL-133	I	Cada 2 meses		x		x		x		x		x	x
	Compresor	PL-014	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Estufa	PL-127	V	Una vez al año						x					x
	Extractor	PL-109	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Llenadora de galón	PL-019	I	Cada 3 meses		x			x			x			x
	Montacargas eléctrico	PL-129	I	De acuerdo a las horas de uso											
	Pallet	PL-112	V	Cada 2 meses	x		x		x		x		x		x
	Selladora de tapón	PL-113	I	Una vez al año						x					
	Suavizador	PL-110	I	Cada 2 meses ó cada vez que se obtenga arriba de 30 ppm. de dureza en el agua		x		x		x		x		x	x
	Tanque Mezclador No. 1	PL-001	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tanque mezclador No. 2	PL-002	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tanque mezclador No. 3	PL-003	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tanque mezclador No. 4	PL-004	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tanque Mezclador No. 5	PL-005	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tanque mezclador No. 7	PL-007	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Continúa																
	Tanque Mezclador No. 8	PL-008	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tanque Mezclador No. 11	PL-011	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tanque Mezclador No. 12	PL-012	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Tanque Mezclador No. 57	PL-057	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Marmita de 15 galones	PL-111	V	inactivo												
	Tanque movible de 110 galones	PL-017	V	inactivo												
	Taponadora de galón	PL-018	I	Cada 3 meses		x			x			x			x	
	Torre de enfriamiento	PL-128	I	Cada 3 meses	x			x			x			x		
	Bomba Neumática	PL-135	I	Cada 3 meses		x			x			x			x	
	Trocket	PL-116	V	Cada 6 meses						x						x
Polvos	Balanza Hibrida	PP-030	I	Cada 2 meses		x		x		x		x		x		x
	Extractor de polvos	PP-016	V	Cada 4 meses	x				x				x			
	Extractor de aire	PP-136	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Engrapadora de pedal	PP-121	I	Una vez al año												x
	Mezclador No. 9	PP-009	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Mezclador No. 10	PP-010	V	inactivo												
	Mezclador No. 13	PP-013	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Molino	PP-015	V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Pistola de silicona	PP-120	V	Reemplazo cada año si es necesario							x					
	Pallet	PP-134	V	Cada 2 meses	x		x		x		x		x		x	
	Selladora de bolsa	PP-115	I	Cada 6 meses						x						x
	Selladora de bolsa	PP-135	I	Cada 6 meses						x						x

Continúa														
	Extintores (8)		V	Cada 2 meses		x		x		x		x		x
	Fosas Sépticas(5)		I	Una vez al año									x	
	Cisterna de Agua		I	Cada 3 meses	x			x		x			x	
	Techos		I	Cada 6 meses						x				x
	Paredes		I	Cada 6 meses						x				x
	Pisos		I	Cada 6 meses						x				x
	Sistema Eléctrico		V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Aires Acondicionados		V	Cada mes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Lavadora	AA-01	I	Una vez al año										x
	Secadora	AA-02	I	Una vez al año										x
	Baños del personal		V	Cada mes (limpieza todos los días)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Lavado de manos		V	Cada 6 meses					x					x
	Planta telefónica		I	Cada 6 meses						x				x

Tiempo de ejecución

Visita = V = 1 hr.

Inspección= I = 2 a 6 hr

Fuente: Alkemy S.A.

Tabla XIII. Cronograma mensual de mantenimiento.**CRONOGRAMA MENSUAL DE MANTENIMIENTO**

Equipo / Infraestructura	Código	MES: DICIEMBRE AÑO																									
		L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M
		2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	23	24	25	26	27	28	30	31
Balanza Mecánica	PL-023																							I			
Extractor de aire	BB-072																V										
Carretilla	BB-069											V															
Trocket	BB-070												V														
Trocket	PM-083												V														
Etiquetadora	PE-095			I																							
Bascula mecánica	PL-130																						I				
Bascula mecánica	PL-132																						I				
Bascula mecánica	PL-133																						I				
Compresor de aire	PL-014		V																								
Estufa	PL-127					V																					
Extractor de aire	PL-109															V											
Suavizador	PL-110	I																									
Tanque Mezclad. No. 1	PL-001	V																									
Tanque Mezclad. No. 2	PL-002		V																								
Tanque Mezclad. No. 3	PL-003			V																							
Tanque Mezclad. No. 4	PL-004				V																						
Tanque Mezclad. No. 5	PL-005					V																					
Tanque Mezclad. No. 7	PL-007						V																				
Tanque Mezclad. No. 8	PL-008							V																			
Tanque Mezclad. No. 11	PL-011								V																		
Tanque Mezclad. No. 12	PL-012									V																	
Tanque Mezclad. No. 57	PL-057										V																
Trocket	PL-116												V														
Balanza Híbrida	PP-030																						I				
Extractor de aire	PP-136															V											
Engrapadora	PP-121																I										
Mezclador No. 9	PP-009											V															
Mezclador No. 13	PP-013												V														
Molino	PP-015												V														
Selladora de bolsa	PP-115																I										
Selladora de bolsa	PP-135																I										
Extintores (8)																									V		
Techos																						I					
Paredes																							I				
Pisos																								I			
Sistema Eléctrico																					V						
Aire Acondicionado																									V		
Baños del personal																										V	

Fuente: Alkemy S.A.

Tabla XIV. Programa de mantenimiento preventivo.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO								
Área: Producción de Líquidos								
CODIGO	DESCRIPCION DEL EQUIPO	MECÁNICO	ELÉCTRICO	SEMA	MENS	TRIM	SEMS	ANUAL
PL-001	Tanque Mezclador No. 1 Capacidad = 580 galones Diámetro Válvula = 1" Motor Marca = Reliance Potencia = 3 HP	Revisar, reparar o cambiar válvula Revisar y reparar fugas Revisión y cambio de mangueras Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamientos Revisar alineación Pintura de motor	X X X		X		X X X X X X
PL-002	Tanque Mezclador No. 2 Capacidad = 550 galones Diámetro Válvula = 1" Motor Marca = Lightnin Potencia = 1 HP	Revisar, reparar o cambiar válvula Revisar y reparar fugas Revisión y cambio de mangueras Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamientos Revisar alineación Pintura de motor	X X X		X		X X X X X X
PL-003	Tanque Mezclador No. 3 Capacidad = 300 galones Diámetro Válvula = 1" Motor Marca = Lightnin Potencia = 1/3 HP	Revisar, reparar o cambiar válvula Revisar y reparar fugas Revisión y cambio de mangueras Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamientos Revisar alineación Pintura de motor	X X X		X		X X X X X X
PL-004	Tanque Mezclador No. 4 Capacidad = 300 galones Diámetro Válvula = 1"	Revisar, reparar o cambiar válvula Revisar y reparar fugas Revisión y cambio de mangueras Reparación y pintura		X X X		X		

	Motor Marca = Lightnin Potencia = 1/3 HP		Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamiento Revisar alineación Pintura de motor					X X X X X X X
PL-005	Mezclador Movable No. 5 Capacidad = 180 galones Diámetro Válvula = 1" Motor Marca = Lightnin Potencia = 1/2 HP	Revisar, reparar o cambiar válvula Revisar y reparar fugas Revisión y cambio de mangueras Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamiento Revisar alineación Pintura de motor	X X X		X		X X X X X X X
PL-007	Tanque Mezclador No. 7 Capacidad = 50 galones Diámetro Válvula = 1" Motor Marca = Lightnin Potencia = 1/2 HP	Revisar, reparar o cambiar válvula Revisar y reparar fugas Revisión y cambio de mangueras Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamiento Revisar alineación Pintura de motor	X X X		X		X X X X X X X
PL-008	Tanque Mezclador No. 8 Capacidad = 50 galones Diámetro Válvula = 1" Motor Marca = Lightnin Potencia = 1/2 HP	Revisar, reparar o cambiar válvula Revisar y reparar fugas Revisión y cambio de mangueras Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamiento Revisar alineación Pintura de motor	X X X		X		X X X X X X X

PL-011	Tanque Mezclador No. 11 Capacidad = 850 galones Diámetro Válvula = 1 1/2" Motor Marca = Dayton Potencia = 2 HP	Revisar, reparar o cambiar válvula Revisar y reparar fugas Revisión y cambio de mangueras Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Revisar acoplamientos Revisar alineación Pintura de motor	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
PL-012	Tanque Mezclador No. 12 Capacidad = 850 galones Diámetro Válvula = 1 1/2" Motor Marca = Dayton Potencia = 2 HP	Revisar, reparar o cambiar válvula Revisar y reparar fugas Revisión y cambio de mangueras Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamientos Revisar alineación Pintura de motor	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
PL-057	Tanque Móvil No. 57 Capacidad = 50 galones Diámetro Válvula = 1" Motor Marca = Dayton Potencia = 1/2 HP	Revisar, reparar o cambiar válvula Revisar y reparar fugas Revisión y cambio de mangueras Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamientos Revisar alineación Pintura de motor	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	Reductores	Desmontaje y montaje Lavado de cámara de engranajes Cambio de Retenedores Cambio de aceite Inspección de los engranajes									X	X	X	X
	Estaciones de Mando	Desmontaje y montaje Limpieza tornillos de compresión	Limpieza componentes estructura Limpieza componentes internos					X	X	X	X	X	X	

PL-109 A Y B	02 Extractores Axiales Motor Potencia = 1/2 HP	Revisión y/o cambio de faja Lijado y pintura	Revisión y/o cambio de cojinetes Barnizado de bobina Pintura de motor					X X X X X
PL-014	Compresor Marca = Quincy Potencia = 10 HP Diámetro descarga = 1/2"	Revisión de engranes Lijado y pintura	Revisión y/o cambio de cojinetes Barnizado de bobina					X X X X
PL-019	Llenadora de líquidos Accionamiento = Neumático Boquillas = 6 Motor Marca = Lightnin Potencia = 1/3 HP	Revisión y cambio de empaques Revisión y cambio de mangueras Revisión de boquillas Revisión de cilindros neumáticos	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamientos Revisar alineación Pintura de motor	X		X X	X	X X X X X X X
PL-113	Selladora de tapón Motor Marca = Lightnin Potencia = 1/3 HP	Revisión de nivel de lubricante Lijado y pintura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamientos Revisar alineación Pintura de motor	X				X X X X X X X
PL-135	Bomba Neumática Tipo = doble diafragma Diámetro succión = 1 1/2" Diámetro descarga = 1 1/2"	Nivel de aceite del lubricador Limpieza interna Revisión y/o cambio diafragmas Revisión y/o cambio de cheques Revisión y/o cambio mangueras		X				X X X X
	Sistema de tuberías de agua Diámetro = 2" Material = PVC	Revisión y/o cambio de válvulas Revisar y eliminar fugas				X X		
	Sistema de tuberías de aire comprimido Diámetro = 1" Material = 304 SS	Revisión y/o cambio de válvulas Revisar y eliminar fugas Pintura						

	Tablero principal	Pintura	Limpieza interna Apriete de cables Revisión de flipones Reacondicionar líneas eléctricas					X X X X X
	Básculas y balanzas	Calibración personal <i>outsourcing</i> Pintura				X X		
Área de Producción de Polvos								
CODIGO	DESCRIPCION DEL EQUIPO	MECÁNICO	ELÉCTRICO	SEMA	MENS	TRIMS	SEMES	ANUAL
PP-009	Mezclador de Polvos No. 9 Motor Potencia = 3 HP	Revisar estado de aspas Revisar sistema de ventilación Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamientos Revisar alineación Pintura de motor			X X X		X X X X X X X
PP-013	Mezclador de Polvos No. 13 Motor Potencia = 2 HP	Revisar estado de aspas Revisar sistema de ventilación Reparación y pintura estructura	Revisión y/o cambio de cojinetes Lavado de la bobina Horneado de la bobina Medición de humedad Revisar acoplamientos Revisar alineación Pintura de motor			X X X		X X X X X X X
PP-136	Extractor Axial Motor Potencia = 1/2 HP	Revisión y/o cambio de faja Pintura	Revisión y/o cambio de cojinetes Barnizado de bobina Pintura de motor				X X	X X X
Área de Bodega								
CODIGO	DESCRIPCION DEL EQUIPO	MECÁNICO	ELÉCTRICO	SEMA	MENS	TRIMS	SEMES	ANUAL
BB-072	Inyector de aire Motor Potencia = 1/2 HP	Revisión y/o cambio de faja Pintura	Revisión y/o cambio de cojinetes Barnizado de bobina Pintura de motor				X X	X X X

Fuente: Alkemy S.A.

4.8.7 Procedimiento de mantenimiento

Se debe generar una orden de trabajo cuando llegue la fecha programada para realizar el mantenimiento en un equipo, cuando se presente alguna falla inesperada, ó cuando se recibe una solicitud de ajuste/reparación o reporte de anomalías.

La solicitud del ajuste/reparación o el reporte de anomalías puede realizarla cualquier operario o técnico que detecte la necesidad de la intervención en un equipo. Para esto debe llenar el formato respectivo indicando el trabajo que se solicita.

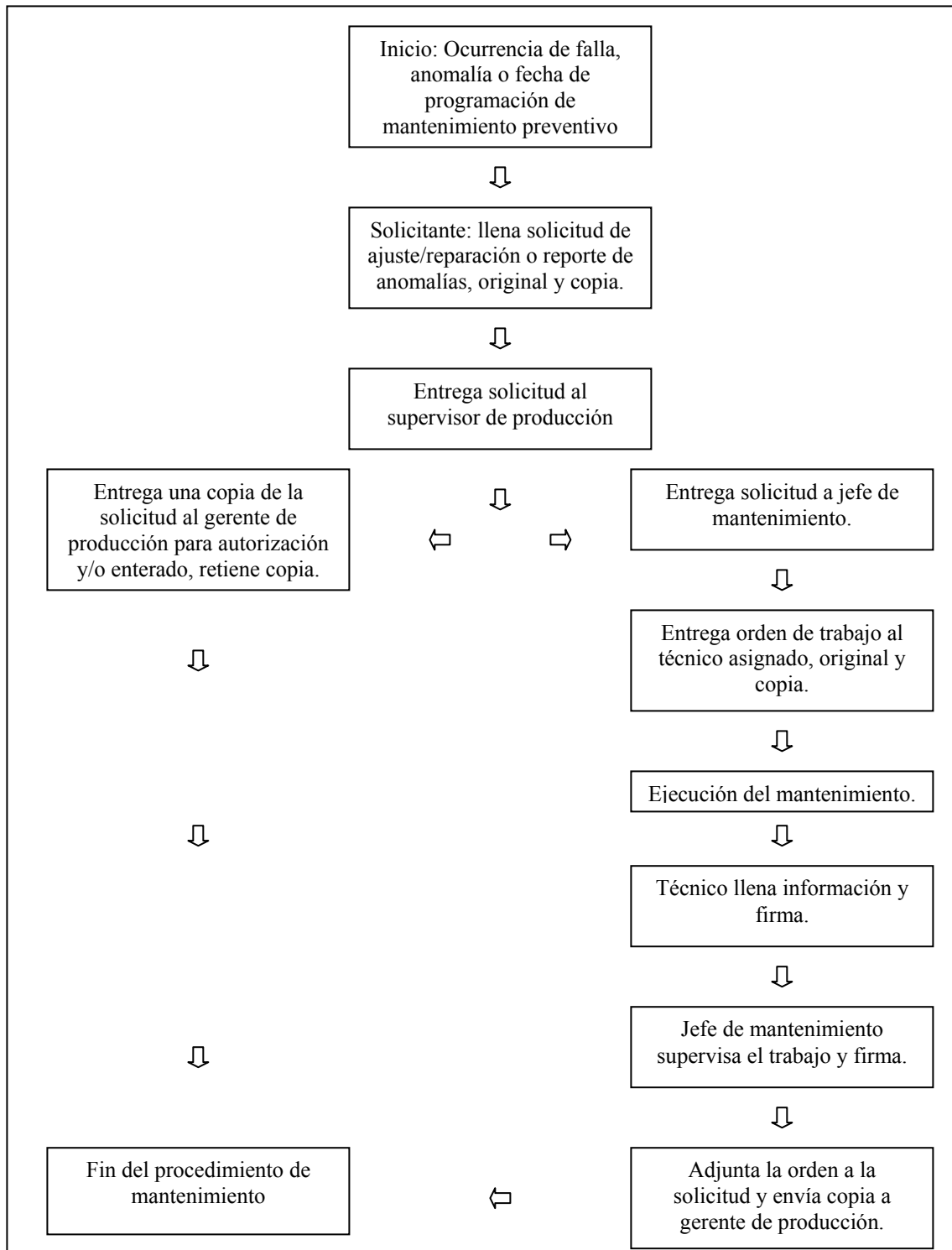
La solicitud estará compuesta de una original y una copia, de las cuales la original se enviará al encargado de mantenimiento, mientras que la copia se enviará al gerente de producción, para ser archivadas como constancia de las solicitudes generadas.

El encargado de mantenimiento evalúa la solicitud y genera la orden de trabajo, indicando el personal responsable de realizar dicho trabajo. Se realiza el trabajo con ayuda de los manuales de operación y las guías de operación de los equipos. Al término del trabajo el responsable que realizó dicho trabajo debe registrar la hora de inicio y finalización del trabajo, y firmar. El encargado de mantenimiento debe supervisar el trabajo realizado y firmar para dar el visto bueno.

La orden de trabajo también esta compuesta de una original y una copia, las cuales deben adjuntarse a la solicitud para dar por terminado el trabajo.

En la figura 15 se presenta el diagrama del procedimiento de mantenimiento.

Figura 15. Diagrama de bloques del procedimiento de mantenimiento.



Fuente: Alkemy S.A.

4.8.8 Reporte mensual de mantenimiento

En este formato se realiza un resumen de todas las actividades de mantenimiento realizadas durante un mes. Tiene como objetivo informar a la alta gerencia los problemas que se dan en los equipos, para analizar la compra de nuevos equipos y tecnología. Además sirve para coordinar con el departamento de producción sus actividades. Para realizar este reporte se hará en base a las órdenes de trabajo generadas así como a las fichas históricas de cada equipo.

El formato contendrá la siguiente información, fecha de ejecución del mantenimiento, máquina o equipo, código, causa que generó el mantenimiento y la solución ejecutada, el número de orden de trabajo y el costo.

Figura 16. Formato de reporte mensual de mantenimiento.

 REPORTE MENSUAL DE MANTENIMIENTO MES: _____ AÑO: 20__						
Fecha	Máquina o Equipo	Código	Causa	No. de orden	Solución	Costo
Vo.Bo. _____ Encargado de mantenimiento						

Fuente: Alkemy S.A.

4.8.9 Control de paros de la línea y tiempos muertos

En este formato se llevará el control de los paros en el proceso de producción y las horas de paro por causa de fallas en la maquinaria. El formato servirá para evaluar el grado de efectividad que tiene el programa de mantenimiento preventivo, el cual busca eliminar las fallas inesperadas.

El formato debe contener la fecha en que ocurre el paro de la línea, el motivo que provocó el paro, el nombre y código de la máquina que fue afectada, la duración del paro. También se debe indicar el nombre del producto que fue afectado, el número de lote, el número de orden de trabajo que se emitió para atender la falla y el personal responsable.

Figura 17. Formato de control de paros en la producción.

 CONTROL DE PAROS EN LA PRODUCCIÓN								
Fecha	Motivo	Máquina	Código	Duración	Producto	Lote	Orden	Personal

Fuente: Alkemy S.A.

4.9 Programa de lubricación

La lubricación es la tarea más importante para la protección de los equipos, un programa de lubricación consiste en identificar los puntos que deben ser lubricados a través de tareas repetitivas con determinada frecuencia, que deben ser programadas, ejecutadas y administradas eficientemente. La lubricación inadecuada o sin la frecuencia correcta ocasiona aproximadamente el 50% de las fallas de cojinetes y un 60% de las fallas mecánicas, el costo de no efectuar las actividades de lubricación adecuadamente, es muy alto, por lo que a esta tarea se le debe dar la importancia necesaria elaborando un programa de lubricación que sea eficiente y fácil de operar. Entre los beneficios que se obtienen al aplicar un programa de mantenimiento se tiene:

- Ahorro de lubricantes por racionalización de su uso.
- Aumento de la seguridad del personal.
- Disminución de los tiempos de parada de los equipos.
- Disminuyen la probabilidad de contaminación de lubricante por manejo.
- Disminuye el tiempo destinado a la lubricación.
- Disminuye la cantidad de personal necesario para la lubricación.
- Aumento de la vida útil de la maquinaria.

En el programa de lubricación se debe identificar los elementos a ser lubricados, asignar el lubricante a ser utilizado, y establecer los períodos de lubricación. En los incisos 4.9.1 al 4.9.9, se desarrolla el programa de lubricación propuesto.

4.9.1 Revisión de los listados de lubricación existentes

La lubricación actual de la maquinaria se hace a través de una supervisión constante de los diferentes equipos, sin embargo no se cuenta con un programa de lubricación en el que se especifiquen los intervalos de tiempo en los que se debe aplicar el lubricante, así como el tipo lubricante que se debe utilizar.

Por este motivo es necesario diseñar un programa que contemple la importancia de la lubricación ya que la falla de un equipo por una mala lubricación puede ser muy costosa, por lo que una adecuada lubricación actúa como un seguro en contra de interrupciones de la producción y el costoso desgaste de los equipos. La reducción de la fricción y el desgaste entre las superficies móviles es más importante cada día a causa de las altas revoluciones por minuto, mayores cargas y temperaturas más altas.

4.9.2 Diseño y elaboración del programa de lubricación

Tabla XV. Programa de lubricación.

PROGRAMA DE LUBRICACIÓN				
Código	Equipo	Elemento a lubricar	Lubricante	Frecuencia
PL-001	Tanque no. 1	Cojinetes	Alvania EP-2	Anual
		Caja reductora	MOBIL GEAR 629 ó equivalente	Anual
PL-002	Tanque no. 2	Cojinetes	Alvania EP-2	Anual
		Caja reductora	MOBIL GEAR 629 ó equivalente	Anual
PL-003	Tanque no. 3	Cojinetes	Alvania EP-2	Anual
PL-004	Tanque no. 4	Cojinetes	Alvania EP-2	Anual
PL-005	Tanque no. 5	Cojinetes	Alvania EP-2	Anual
PL-007	Tanque no. 7	Cojinetes	Alvania EP-2	Anual
PL-008	Tanque no. 8	Cojinetes	Alvania EP-2	Anual
PL-011	Tanque no. 11	Cojinetes	Alvania EP-2	Anual
		Caja reductora	MOBIL GEAR 629 o equivalente	Anual
PL-012	Tanque no. 12	Cojinetes	Alvania EP-2	Anual
		Caja reductora	MOBIL GEAR 629 o equivalente	Anual
PL-057	Tanque no. 57	Cojinetes	Alvania EP-2	Anual
PL-109	Extractor de aire	Cojinetes	NLGI-2	Semestral
PL-014	Compresor	Unidad de mantenimiento	Teresso 68 o equivalente	Mensual
PL-019	Llenadora de líquidos	Cojinetes	NLGI-2	Mensual
		Unidad de mantenimiento	ATF o equivalente	Mensual
PL-113	Selladora de tapón	Cojinetes	NLGI-2	Mensual

		Unidad de mantenimiento	ATF o equivalente	Mensual
PL-135	Bomba neumática	Unidad de mantenimiento	ATF o equivalente	Mensual
PP-009	Mezclador de polvos no. 9	Cojinetes	NLGI-2	Anual
		Caja reductora	MOBIL GEAR 629 o equivalente	Anual
PP-013	Mezclador de polvos no. 13	Cojinetes	NLGI-2	Anual
		Caja reductora	MOBIL GEAR 629 o equivalente 2	Anual
PP-136	Extractor de aire	Cojinetes	NLGI-2	Semestral
BB-012	Inyector de aire	Cojinetes	NLGI-2	Semestral
PL-129	Montacargas eléctrico	Aceite de motor	SAE 20W50	Cada 100 hrs.
BB-068	Montacargas mecánico	Aceite de motor	SAE 20W50	Cada 100 hrs.
BB-069	Carretilla	Cojinetes	NLGI-2	Semestral
BB-071	Trocket	Cojinetes	NLGI-2	Semestral
PP-016	Extractor de polvos	Cojinetes	NLGI-2	Semestral
PP-121	Engrapadora de pedal	Resortes	NLGI-2	Mensual

Fuente: Alkemy S.A.

La responsabilidad de la lubricación se debe delegar a uno de los operarios más brillantes, y no confiarla a personas inexpertas ya que un mal control puede representar pérdidas muy grandes. Este puesto debe ser llenado por una persona que sepa lo que hace acerca de las prácticas de lubricación, que mantenga un control constante sobre los lubricantes y que vigile que no estén contaminados. La lubricación debe ser encargada a una persona que sabe los principios básicos de los elementos mecánicos, lo que hará que el lubricante sea bien aplicado en el lugar correcto en el tiempo adecuado.

4.9.3 Identificación de puntos a lubricar

Los lubricantes reducen la fricción producida cuando un cuerpo macizo entra en contacto con otro cuerpo. La más común es la fricción por deslizamiento que se produce cuando un cuerpo se mueve a través de la superficie de otro. La fricción se reduce por la acción de rodamiento de un objeto, tal como un cojinete de bolas. Aun así los materiales se deforman y desgastan con el uso.

Los lubricantes reducen la fricción porque producen una película aceitosa entre las superficies, con el fin de separarlas por completo. Entonces la única fricción es por el movimiento dentro del líquido aceitoso. En base a este principio se pudo identificar los elementos que necesitan ser lubricados, los cual son básicamente todos aquellos elementos de máquina que tengan movimiento especialmente los que actúan a altas revoluciones, tales como cojinetes, cadenas, engranes y otros.

La metodología aplicada para identificar los puntos a lubricar fue basada en las recomendaciones del fabricante, en los manuales de operación de cada máquinas se especifican que puntos son los que deben ser lubricados, que tipo de lubricante se debe utilizar y con que frecuencia se debe hacer la lubricación. En el caso de los equipos que no se tienen manuales de operación se realizó una inspección visual a través de toda la planta identificando todos los puntos de las máquinas que tienen movimiento, como cojinetes, cadenas, engranes, entre otros, y se estableció los lubricantes que deben ser utilizados en cada punto, buscando información de equipos similares, y a través de la asesoría de personal especializado en el área.

4.9.4 Cantidad, tipo de lubricante y frecuencia de relubricación

- **Cantidad.** La cantidad de lubricante que se aplica debe ser tal que este recubra con una película todos los elementos movibles de las máquinas. O en el caso de motores o sistemas de lubricación, estos pueden contar con una mirilla o medidor para verificar el nivel de aceite necesario.
- **Tipo de lubricante.** Es muy importante seleccionar el tipo de lubricante adecuado para cada aplicación ya que de éste dependerá el resultado satisfactorio en la operación. Lo más importante es seleccionar la viscosidad del lubricante, que es una indicación de la fluidez que tendrá el aceite a temperaturas específicas, ya que la viscosidad cambia con la temperatura. Cuanto más alto sea el índice de viscosidad, menor será el efecto del cambio de temperatura en la fluidez del aceite lubricante.

Además se debe tomar en cuenta los aditivos que contiene el lubricante los cuales se agregan para mejorar sus propiedades. Los aditivos más comunes son:

- 1) antioxidantes, que impiden la reacción del oxígeno con el aceite
- 2) detergentes, que ayudan a mantener limpio el aceite en los motores de combustión interna
- 3) mejoradores del índice de viscosidad, que ayudan al aceite a trabajar a temperaturas más altas
- 4) mejoradores de aceitosidad, que reducen el coeficiente de fricción en los puntos en que la película está muy delgada
- 5) compuestos para extrema presión, que les dan el cuerpo necesario para resistir altas presiones
- 6) depresores del punto de fluidez, que reducen la temperatura a la cual se cristalizan las ceras y parafinas del aceite

7) inhibidores de herrumbre, que ayudan a evitar que la humedad llegue a las superficies metálicas lubricadas.

- **La frecuencia de relubricación.** La frecuencia depende de las condiciones de operación de los equipos. Con el uso los lubricantes se contaminan con polvo, partículas metálicas, y otros. La exposición al oxígeno, calor y otras condiciones de operación producen alteraciones en el aceite y grasas. El efecto de la exposición al oxígeno y al calor depende de si el aceite contiene o no aditivos para ayudarlo a resistir la descomposición. Se estableció la frecuencia de lubricación de los elementos en el inciso 4.9.2.

Tabla XVI. Lubricantes a utilizar en los diferentes equipos.

EQUIPO	LUBRICANTE A UTILIZAR
Reductores y motoreductores lubricados con aceite	MOBIL GEAR 629 o equivalente
Cadenas	Spartan EP 320 o equivalente
Cojinetes y chumaceras	Alvania EP-2
Bombas y compresores	Teresso 68 o equivalente
Lubricadores aire comprimido	ATF o equivalente
Motores de combustión interna	SAE 15W40
Cajas de transmisión vehículos	SAE 75W90
Sistemas hidráulicos	SAE 10W

Fuente: Alkemy S.A.

4.9.5 Identificación de puntos de engrase

Igual que con el aceite es importante identificar los puntos de engrase de la maquinaria y el tipo de grasa que se debe utilizar, teniendo especial cuidado en los elementos que tienen mayores exigencias de trabajo como engranajes, cojinetes, y otros.

La metodología utilizada para identificar los puntos de engrase al igual que con el lubricante, también consistió en la consulta de catálogos de operación de los equipos. En los casos de los equipos que no tienen catálogos de operación se acudió a la comparación con maquinaria similar, o a través de la consulta en diversos medios con personal con la suficiente experiencia en el ramo.

La forma correcta de engrasar un cojinete de bolas es llenar solo las $\frac{3}{4}$ partes del cojinete, ya que cuando el cojinete se calienta, se dilata la grasa y se expande. Así mismo es importante controlar la cantidad de grasa en engranajes y demás elementos mecánicos.

4.9.6 Identificación de depósitos de aceite o grasa

Se pudo comprobar que dentro de la planta no existen equipos que contengan depósitos de aceite o grasa, por lo que la lubricación se debe realizar de forma manual.

La aceitera de mano es el método más común de lubricación, la grasa se aplica con una grasería de presión, con una pistola manual o neumática. Sin embargo cuando hay que lubricar muchos cojinetes y demás elementos, se suele emplear un sistema por gravedad o un sistema de circulación los cuales cuentan con un depósito de aceite o grasa los cuales hay que llenar con frecuencia. Este método ahorra el trabajo de lubricar a mano cada elemento.

4.9.7 Fundamentos teóricos para almacenaje, transporte y manejo de lubricantes

Los aceites y grasas contienen aditivos especiales para darles las características necesarias y apropiadas para trabajos específicos. El manejo y almacenaje inadecuados pueden alterar o destruir estos valores.

La exposición a temperaturas altas o la contaminación por humedad o mugre pueden convertirse en las principales causas para la pérdida de las características del lubricante.

Temperatura anormal: tanto los aceites como las grasas experimentan cambios con las variaciones de temperatura. Las altas temperaturas hacen delgados a los aceites y en ciertas grasas el aceite se separa del jabón.

Contaminación: un lubricante protegido en forma inapropiada es casi seguro que experimentará contaminación por polvo y mugre. También la contaminación por humedad es un problema grande, los lubricantes pueden ser dañados si son contaminados por cantidades apreciables de agua.

4.9.8 Manipulación de lubricantes

Existen muchos equipos que pueden ayudarnos para surtir y transportar lubricantes, tales como pistolas de grasa, bomba de accionamiento manual, y graseras manuales. Sin embargo es muy importante limpiar estos equipos con regularidad. La limpieza no debe limitarse a limpiar con trapos empapados en solvente, sino usar generosas cantidades de disolvente para limpiar y desprender la mugre.

El mayor problema viene de la suciedad y otros contaminantes, por lo que hay que mantener bien cerrados los recipientes y antes de abrir, se debe secar y limpiar los tapones meticulosamente, así como las superficies alrededor.

El manejo de los lubricantes es una operación relativamente simple que da pocos problemas si se planea y se controla en forma adecuada.

4.9.9 Almacenamiento de lubricantes

Nunca es conveniente el almacenamiento a la intemperie ya que las marcas y las etiquetas se pueden desprender o borrar, lo que provocará problemas cuando se requieran en el futuro. También los cambios de temperatura del clima pueden provocar daños en el recipiente, lo que puede originar fugas. La contaminación por humedad es una grave amenaza ya que el agua de lluvia puede ser succionada hacia dentro por los períodos alternos de calor y frío.

El almacenamiento de lubricantes debe hacerse en áreas que los protejan de la intemperie, en donde estén alejados de cualquier fuente de contaminación, temperatura anormal y humedad. Se debe asignar un lugar específico dentro de la planta para el alojamiento de los diversos tipos de lubricantes, preferiblemente un lugar cerrado excepto para el personal autorizado, en un área libre de la contaminación del proceso.

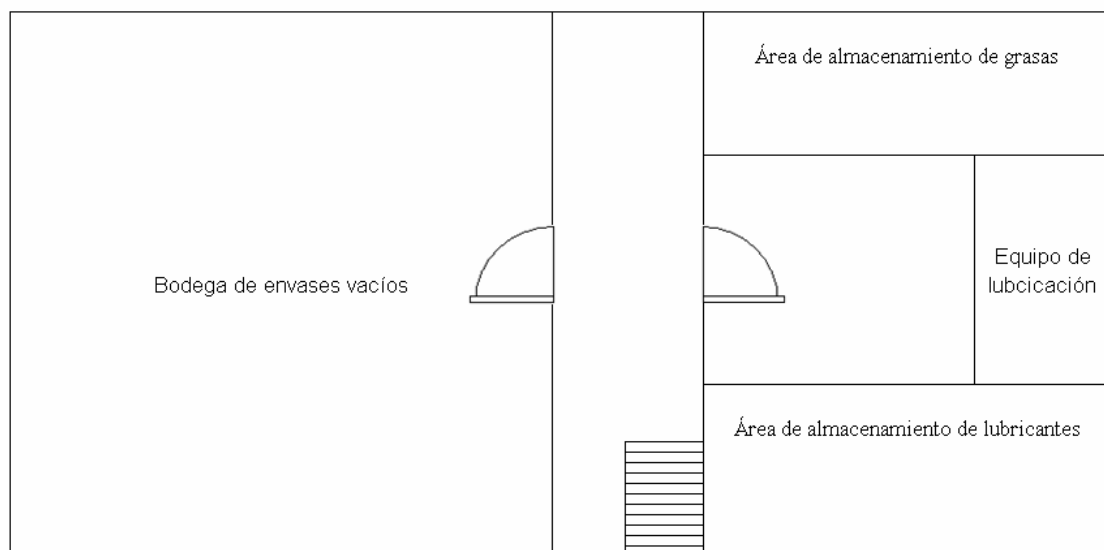
En la planta de producción se pudo establecer que el lugar idóneo para el almacenamiento de lubricantes es en el sótano que se encuentra bajo la planta de producción. En este lugar se almacena actualmente todos los envases vacíos cuando son recibidos del proveedor y esperan a ser trasladados al área de producción para el llenado. En este lugar se reúne las condiciones recomendadas para el almacenamiento de lubricantes ya que no está expuesto a la intemperie, y los cambios de temperatura no son

extremos ya que no recibe la radiación del sol directamente y además no está expuesto a condiciones de humedad que puedan afectar el producto.

El lugar provee condiciones de seguridad para el producto ya que además que lo resguarda del medio ambiente, lo aísla del personal no autorizado, ya que el acceso a esta área está restringido. Esto es beneficioso para evitar contaminación del producto por agentes externos.

El lugar debe estar señalizado identificando el área específica para almacenar cada tipo de lubricante. Debe señalizar el área donde se almacenará los diferentes tipos de aceites y grasas. Además debe indicar las principales medidas de seguridad que se deben conservar las cuales son: acceso sólo a personal autorizado, no fumar, mantenga el área limpia, entre otras. Además se debe contar con estanterías para evitar el contacto directo del producto con el suelo, y para optimizar el espacio utilizado.

Figura 18. Plano de la bodega de almacenamiento de lubricantes.



Fuente: Alkemy S.A.

4.10 Métodos de supervisión

Para llevar el control de la aplicación del mantenimiento se aplicarán diferentes métodos de supervisión como son:

- Reporte mensual del departamento de mantenimiento
- Control de paros de la línea y tiempos muertos

Los cuales se mencionaron en los incisos 4.8.8 y 4.8.9. Estos controles servirán para recopilar la información de las actividades de mantenimiento realizadas. También se cuenta con indicadores que permiten evaluar la efectividad del mantenimiento, los cuales se mencionan en el siguiente inciso.

4.11 Índices de evaluación del mantenimiento

Los índices de evaluación permiten comparar la efectividad de los cambios implementados, al comparar la evolución que ha tenido las actividades de mantenimiento a través del tiempo. La tabulación de los valores observados a través del tiempo permite comparar el avance que se ha tenido y si se ha alcanzado el objetivo trazado. Para simplificar el análisis del mantenimiento se pueden generar gráficas de barras o histogramas que permitan comparar el comportamiento del mantenimiento con el transcurrir del tiempo. Entre los conceptos que resultan importantes evaluar se tienen:

a) Cantidad de actividades realizadas versus programadas

Actualmente no se lleva un control que permita comparar las actividades que se realizaron con las que se programaron en el mantenimiento preventivo. Este análisis resulta muy útil ya que se puede visualizar fácilmente el grado de alcance que se tuvo entre las actividades programadas y en qué medida se está cumpliendo con el programa.

Para ejemplificar su uso se presentará el número de actividades que se tienen programadas en el mantenimiento preventivo, además se muestra una columna para llevar el control de las actividades efectivas realizadas y el porcentaje de cumplimiento con el programa.

b) Número de paros

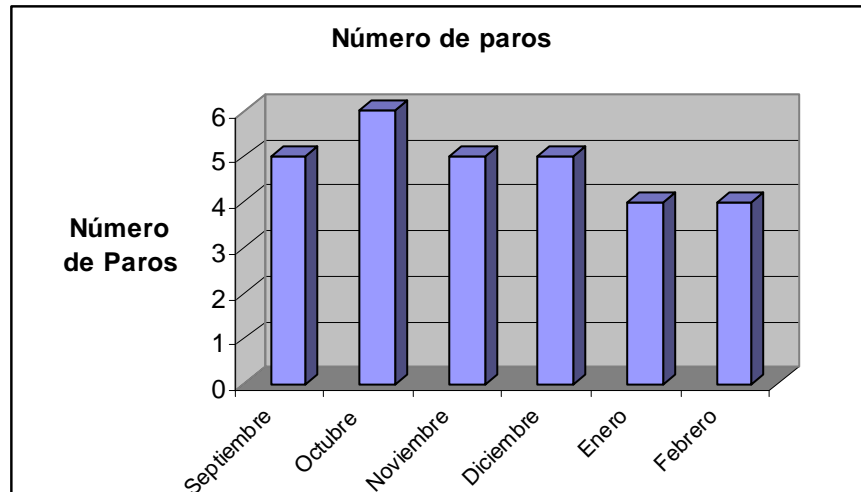
Con este control se puede visualizar el número de paradas no programadas que se tengan en la planta de producción. Como se pudo demostrar en el inciso 3.1.1.5 el número de paros que se tuvo durante el mes de septiembre fueron de 5, al darle seguimiento al número de paros en los meses siguientes se puede visualizar que hasta que se complete la implementación del programa de mantenimiento, el número de paros se mantiene constante, sin embargo se pudo observar que al iniciar la implementación de las actividades preventivas el número de paros disminuye considerablemente. El objetivo del programa de mantenimiento preventivo es eliminar los paros no programadas de la maquinaria.

Tabla XVII. Número de paros no programados de la maquinaria.

Mes	Número de Paros
Septiembre	5
Octubre	6
Noviembre	5
Diciembre	5
Enero	4
Febrero	4

Fuente: Alkemy S.A.

Figura 19. Gráfico de número de paros no programados.



Fuente: Alkemy S.A.

c) Horas de paro

Las horas de paro también deben ser contabilizadas y graficadas para observar el beneficio obtenido por los cambios implementados. En la siguiente tabla se puede observar la cantidad de horas por paros no programados durante los seis meses que duró el estudio en la planta. Se puede notar una disminución considerable en las horas de paro, a partir de la implementación de controles en el mantenimiento de la maquinaria.

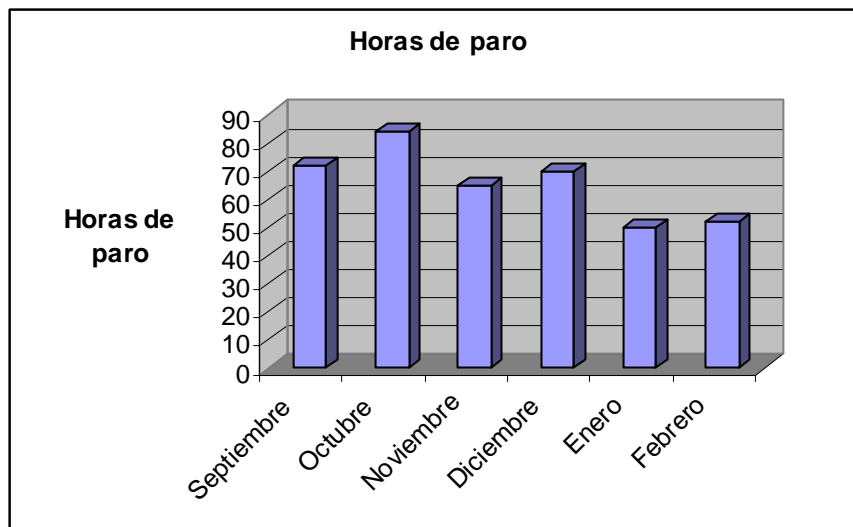
A partir de estas mediciones se pueden definir índices en el número de horas de paro, para poder medir el grado de alcance que se tiene con el objetivo proyectado. Se considera que un indicador alcanzable luego de implementar las propuestas de mantenimiento es de un máximo de 30 horas de paro al mes, dicha meta se espera alcanzar después de los primeros 6 meses de implementación del programa de mantenimiento, y se pudieran reducir conforme se implemente y consolide el programa de mantenimiento.

Tabla XVIII. Horas de paros no programados.

Mes	Horas de paro
Septiembre	72
Octubre	84
Noviembre	65
Diciembre	70
Enero	50
Febrero	52

Fuente: Alkemy S.A.

Figura 20. Gráfico de horas de paros no programados.



Fuente: Alkemy S.A.

d) Costos de mantenimiento (materiales, mano de obra, servicios, y otros.)

Asociado a las actividades de producción están los costos de mantenimiento, dichos costos varían a través de los meses, presentando su punto más alto en el mes de enero, ya que es a finales de mes de diciembre y principios de enero que la empresa programa las actividades de mantenimiento más importantes, debido a que en esta fecha la empresa detiene por una semana las actividades de producción lo cual es aprovechado por el personal de mantenimiento para realizar las reparaciones necesarias a la maquinaria y a las instalaciones en general.

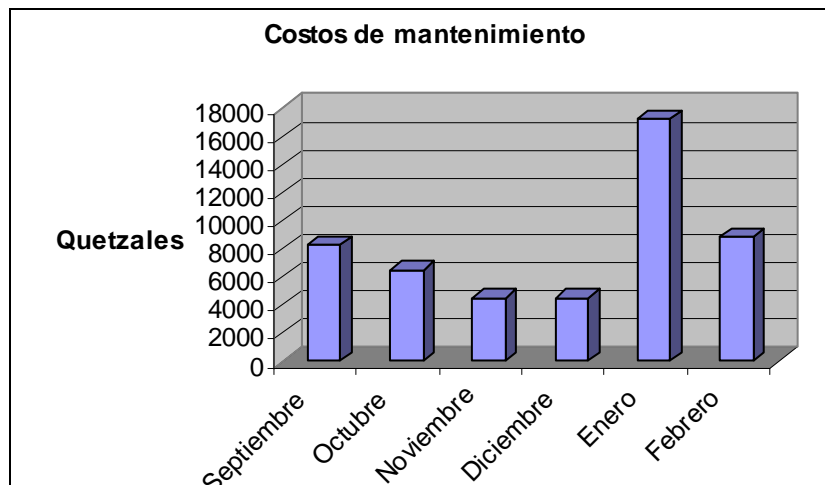
Con la implementación del programa de mantenimiento se espera que los gastos iniciales aumenten debido a la inversión que se debe hacer en mejorar las condiciones actuales de mantenimiento, pero con el transcurso de los meses dicha inversión será recuperada a través de la disminución en los paros de la maquinaria, aumento de la capacidad de producción, mejor aprovechamiento de los recursos, disminución de accidentes, y el aumento en general de la productividad de la planta. En la tabla XVII se observa el comportamiento de los costos por servicios de mantenimiento en los seis meses que duró el estudio en la planta de producción. El detalle se puede observar en el anexo 1

Tabla XIX. Costos de mantenimiento.

Mes	Costos de mantenimiento (Q)
Septiembre	Q.8,279
Octubre	Q.6,520
Noviembre	Q.4,510
Diciembre	Q.4,510
Enero	Q.17,260
Febrero	Q.8,889

Fuente: Alkemy S.A.

Figura 21. Gráfico de costos por servicios de mantenimiento.



Fuente: Alkemy S.A.

4.12 Análisis de costos de la implementación de la propuesta.

Tabla XX. Estudio económico de la implementación de la propuesta.

Requerimiento	Inversión
Capacitación a operarios sobre actividades de mantenimiento	Q.2,000.00
Formularios de mantenimiento:	Q.1,200.00
Solicitud de ajuste / reparación	
Reporte de anomalías	
Fichas históricas	
Realización de inspecciones y visitas	
Orden de trabajo	
Reporte mensual de mantenimiento	
Control de paros la línea y tiempos muertos	
Pistolas de grasa (2 unidades)	Q. 700.00
Bombas de aceite de accionamiento manual (2 unidades)	Q. 600.00
Caja de herramienta y equipo básico.	Q.5,500.00
Total	Q.10,000.00

Fuente: Alkemy S.A.

El costo de mantenimiento correctivo durante los 7 meses que duró la recopilación de datos ascendió a Q61,104.08. Por lo que la inversión inicial proyectada de Q.10,000.00 para la implementación del programa de mantenimiento preventivo se justifica ya que servirá para inicial la capacitación del personal interno, para realizar inspecciones de mantenimiento preventivo, y además se contará con la herramienta necesaria para realizar reparaciones simples a los equipos. Un punto importante a destacar es que la empresa debe continuar delegando en empresas *outsourcing* los trabajos especializados que requieran equipo mas sofisticado. Sin embargo esta dependencia deberá reducirse con la conformación y el fortalecimiento de un departamento de mantenimiento propio.

5. MEJORAS AL PROCESO DE PRODUCCIÓN

5.1 Identificación de áreas de mejoras

La búsqueda de métodos que hagan las actividades más productivas y rentables impulsa a realizar cambios en la tecnología empleada. La evolución es necesaria para ser más competitivos lleva a adoptar nuevos métodos, ya que los métodos que funcionaron en el pasado deben actualizarse constantemente para buscar la excelencia en el futuro, a través de la mejora continua, la innovación y el aprendizaje, teniendo como prioridad la satisfacción del cliente.

Los resultados de una política orientada a la mejora continua beneficia al cliente, al empleado y a la empresa en general. Para esto es necesario identificar los procesos clave, en los cuales es posible realizar mejoras viables, en donde los recursos puedan ser invertidos con la mayor efectividad.

A continuación se presenta una serie de propuestas de mejoras en las diferentes áreas del departamento de producción con el fin de acercar los procesos al dinamismo que el mercado actual demanda.

5.1.1 Propuestas para la elaboración del producto

Variadores de frecuencia de motores: como parte de las propuestas para mejorar la elaboración de los productos, se plantea instalar variadores de frecuencia en los motores eléctricos de los tanques mezcladores. Los variadores permiten cambiar las revoluciones por minuto de los motores, y ajustar la velocidad de mezclado óptima para cada producto.

Algunos de los principales beneficios para instalar estos variadores son los siguientes:

- Existen productos muy espumosos como los jabones, los cuales si se mezclan a una velocidad muy elevada producen una alta concentración de espuma, y en muchas ocasiones debe esperarse varias horas hasta que la espuma se disuelva para poder envasar el producto, retrasando el proceso. Por otra parte hay productos que sí se pueden mezclar a altas velocidades, con lo que se consigue una reducción en el tiempo de mezclado. La velocidad de mezclado esperada reduciría el tiempo de mezclado hasta en 20 minutos por batch (tiempo = $0.0515 \times \text{galones} + 16.25$)
- Otra de las razones para instalar variadores de velocidad es que la viscosidad de los productos no es la misma, ya que existen productos con una densidad cercana a la del agua y otros más densos como los jabones, lo cual requiere de una velocidad de mezclado específica para cada producto, ya que esto puede alterar la consistencia final del producto.
- La mezcla de algunas materias primas requiere diferentes velocidades para alcanzar su homogeneidad.
- Y la ventaja principal de los variadores de velocidad es que disminuyen el consumo de energía eléctrica, dando como resultado considerables disminuciones de costos de operación.

5.1.2 Propuestas para el taponado

Taponado semiautomático: actualmente el proceso de taponado se hace manualmente, el operario debe colocar el tapón y enroscarlo lo cual realiza a un ritmo de 0.067 min. / galón, (4 seg. / galón). Para mejorar el proceso de taponado se propone utilizar taponadoras neumáticas, esto con el fin de reducir el tiempo de taponado y garantizar el cierre adecuado en cada tapón. El tiempo de taponado utilizando de una taponadora neumática manual, puede disminuirse a menos de la mitad del tiempo actual. Después de colocar la tapa sobre la boca del envase, el operador presiona el enroscador contra la tapa con lo cual empieza a girar hasta que el sello de garantía este en su lugar. El ritmo esperado es de 0.033 min. / galón, (2 seg./galón). Estas taponadoras se le pueden adaptar diferentes tipos de boquillas enroscadoras para permitir el cerrado de diversos tipos de envases como 1 galón, 5 galones, y otros. El torque máximo que produce es de 300 N.m. el cual puede regularse según sea necesario.

Figura 22. Taponadora neumática.



Fuente: Alkemy S.A.

5.1.3 Propuestas para el llenado de producto

La creciente demanda de producción impulsa a buscar medios que faciliten las operaciones, para hacer más simples los procesos y reducir los tiempos de operación. El llenado de envases con producto terminado representa un punto crítico en el proceso de producción, ya que requiere un tiempo de atención significativo por parte del operario. Por lo que es necesario adaptar tecnologías que disminuyan el tiempo de producción y ayude a aumentar la capacidad de producción de la planta.

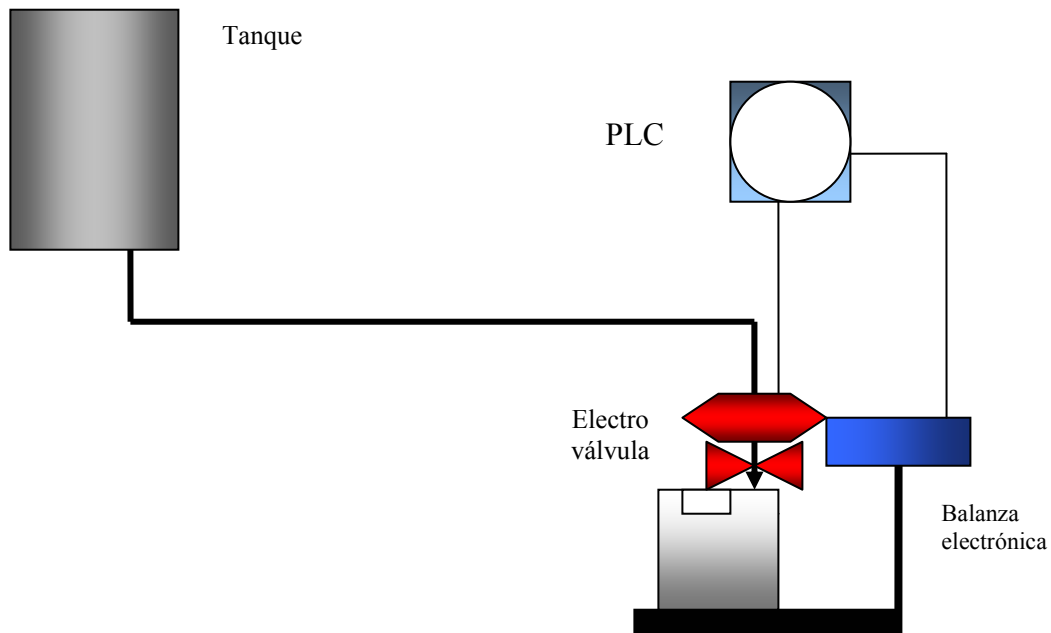
- **Llenado semiautomático de líquidos:**

Se presentan alternativas para realizar el llenado del producto de una manera semiautomática, con el propósito de reducir el tiempo de llenado y mejorar la exactitud. El llenado de productos líquidos se puede realizar de 2 formas: llenado por peso y por volumen.

- ✓ **Llenado por peso**

El sistema utiliza un PLC (controlador lógico programable), una balanza electrónica y una electroválvula. El PLC detecta el peso que marca la balanza y manda una señal para cortar el paso del producto por medio de una electroválvula. El diseño del sistema se muestra a continuación.

Figura 23. Diagrama de llenado semiautomático de líquidos por peso.



Fuente: Alkemy S.A.

Entre las ventajas que ofrece el llenado por peso es que se mejora la exactitud en el llenado, ya que el PLC cierra la electroválvula cuando la balanza indica el peso programado. Además es posible realizar fácilmente cambios en el PLC para programarlo con diferentes pesos, ya que éstos varían dependiendo de la viscosidad de cada producto. Además es posible el llenado con gran precisión de las diferentes presentaciones de envases que se manejan como lo son: 1 Galón, 5 galones, 15 galones, 55 galones.

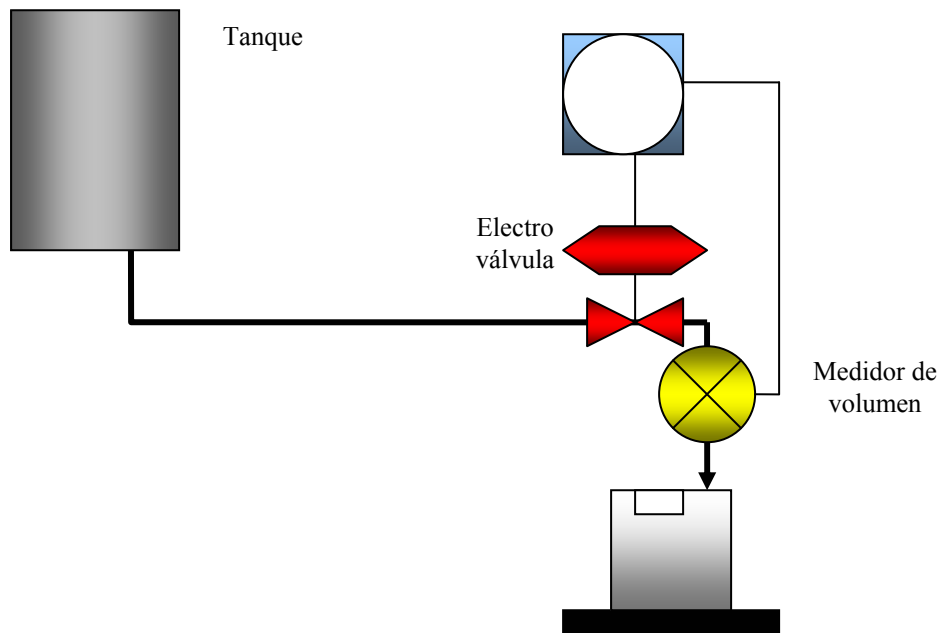
Actualmente se cuenta con balanzas electrónicas pero solamente 1 de ellas (PM-040) es compatible con este sistema, sin embargo se tiene contemplado comprar otras balanzas las cuales sí serían compatibles para la automatización. El sistema promete mejorar la exactitud en el llenado de líquidos, ya que al realizar el llenado por peso asegura que cada envase contenga exactamente la cantidad de producto que se desea y no dependería totalmente de la destreza del operario. La variación permisible actualmente está comprendida entre 1.1% a 1.5% en Peso (± 0.2 lb. / galón.).

También el sistema disminuirá el tiempo de llenado, ya que al llegar al peso programado el sistema corta inmediatamente el paso del producto por lo que el operario ya no perderá tiempo en ajustar el nivel de cada envase. El tiempo esperado de llenado es de 0.2 min. / galón (12 seg. / galón). Al sistema podría estar conectado a una red de tuberías conectadas a las salidas de los tanques, y que lleguen a una misma estación de llenado, por lo que solo se necesitaría adquirir un sistema completo de llenado por peso.

✓ Llenado por volumen

El llenado semiautomático por volumen también está controlado por un PLC, además el sistema cuenta con un medidor de volumen y una electroválvula. Al recibir la señal del medidor de volumen, el PLC manda una señal a la electroválvula para cortar el flujo de producto. El diagrama del sistema se muestra a continuación:

Figura 24. Diagrama de llenado semiautomático de líquidos por volumen.



Fuente: Alkemy S.A.

Entre las ventajas del llenado por medio del medidor de volumen es que no se necesita colocar en una balanza los envases para llenarlos, sino que todos los envases pueden estar colocados sobre una tarima, lo que lo hace un sistema más práctico.

El tiempo esperado de llenado es de 0.2 min. / galón (12 seg. / galón).

El costo del equipo depende de la precisión requerida de la medición, por lo que el medidor necesario requiere una precisión entre 1.1% a 1.5% en volumen (± 50 mL. a 68 mL. / galón.).

- **Incorporación de máquina llenadora al proceso de producción.**

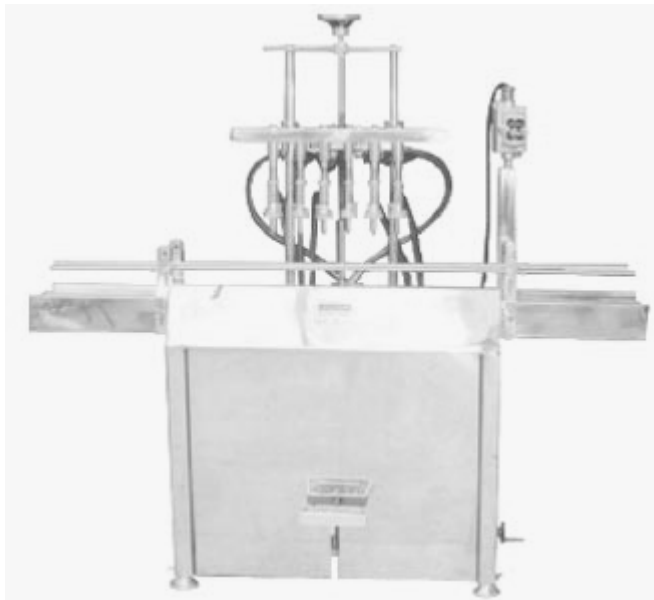
La empresa actualmente cuenta con una máquina llenadora de líquidos y una taponadora de accionamiento neumático las cuales actualmente están fuera del proceso de producción. Actualmente la operación de estas máquinas es ineficiente debido a que en pruebas anteriores se han necesitado 3 empleados o más para operarla, ya que no se cuenta con un diseño adecuado de la estación de trabajo que permita que sea operada por 2 empleados únicamente. Además la máquina llenadora presenta fugas de producto al momento de hacer el llenado debido a que los empaques de las boquillas no realizan la función de sello apropiadamente.

Se realizó un estudio con el objetivo de incorporar al proceso la máquina llenadora, la utilización correcta de esta máquina ayudará a disminuir el tiempo de operación en el llenado de líquidos, también disminuirá el desperdicio de producto por fugas o revales en el llenado, y eliminará el consumo de agua para limpieza de los envases por revales de producto.

La máquina llenadora con que cuenta la empresa es de tipo lineal, de accionamiento neumático, llenado por gravedad, con 6 boquillas, y una banda transportadora.

La utilización de esta máquina puede contribuir significativamente a reducir el tiempo de llenado ya que se llenan 6 galones al mismo tiempo, la velocidad de llenado de todo el batch se reduce, al mismo tiempo que se optimiza el uso de los insumos al evitar el desperdicio de producto por rebalses, y la principal ventaja que ofrece es eliminar la operación de lavado y secado de los envases ya que no sería necesario si el producto no se derrama.

Figura 25. Máquina llenadora tipo lineal.



Fuente: Alkemy S.A.

El primer paso para incorporar la máquina llenadora es eliminar las fugas de producto a través de los empaques de las boquillas, ya que debido a que el llenado es por gravedad es importante que no existan fugas de producto para mantener el mismo nivel de llenado en todos los envases. Se usaron diferentes tipos de empaques con diferente

dureza y se llegó a la conclusión que el tipo de empaque que se necesita debe tener una dureza entre 15 a 25 shore, fabricado preferiblemente de nitrilo, debido a su resistencia a los químicos.

Además para mejorar el ingreso de envases vacíos a la máquina, se diseñó un sistema que permite el ingreso de los envases o galones vacíos a la máquina llenadora. El diseño que se propone consta de una mesa inclinada con una superficie lisa o con rodamientos, en donde se colocará todo el Batch de galones vacíos, la mesa debe contar con guías que permitan ingresar los galones de una forma ordenada hasta la llenadora. Con este diseño se elimina la necesidad de tener un operario únicamente para ingresar los envases a la llenadora, por lo que la operación la máquina solo requeriría de 2 operarios.

Figura 26. Mesa para ingreso de envases vacíos.



Fuente: Alkemy S.A.

Después de realizado el llenado de los envases, son llevados por una banda transportadora hacia otra mesa, en donde esperan que otro operario los ingrese a la

máquina taponadora. La máquina taponadora con que cuenta la empresa también necesita realizarle algunas modificaciones antes de poder incorporarla al proceso, ya que la copa cerradora que tiene actualmente no es de la medida del tapón de galón, por lo que se puede fabricar una copa a la medida del tapón, así como el empaque que lleva la copa en su interior.

Con la incorporación de la máquina llenadora y taponadora al proceso se disminuye el tiempo de llenado y por consiguiente se aumenta la capacidad de producción de la planta. Debido a que la llenadora cuenta con 6 boquillas las cuales llenan al mismo tiempo, el ritmo de llenado esperado es de 6 galones cada 30 segundos (5 segundos / galón). Además se puede obtener niveles de llenado más exactos que al hacerlo manualmente y se elimina casi en su totalidad los derrames de productos y el consumo de agua y aire comprimido al eliminar la operación de lavado y secado de los envases.

- **Llenado volumétrico de productos semilíquidos tipo gel**

En la empresa además de productos líquidos también se producen productos tipo gel, los cuales no fluyen naturalmente, sino que tienen una alta viscosidad.

En la actualidad el llenado de este producto se realiza en presentaciones de 1 libra, empacada en una bolsa plástica. Un operario coloca una bolsa en un depósito que sostiene la bolsa sobre la balanza, remanga la bolsa alrededor del depósito, tara la balanza, y procede a llenarla de gel con otro recipiente y con ayuda de una paleta, hasta alcanzar el peso dentro de los parámetros establecidos (455-460 gramos).

Este proceso es sumamente lento debido al método de llenado que se utiliza necesita mucha precisión por parte del operario para lograr que el peso esté dentro de los parámetros establecidos. El tiempo promedio actual es de 15 segundos / bolsa.

Además existen otros costos asociados como lo es el consumo del papel que se necesita para limpiar la bolsa debido a que cuando se llena, es necesario limpiar el producto excedente en la bolsa. Para mejorar este proceso se diseñó un método de llenado por volumen y no por peso, que pueda agilizar el llenado.

El sistema que se propone para el llenado de gel volumétricamente, consiste en un cilindro dentro del cual se desplaza un pistón, el cual crea un vacío dentro del cilindro. Al accionar el pistón se crea un vacío que succiona el gel y luego lo deposita directamente en la bolsa. El cilindro debe tener exactamente las medidas necesarias para succionar una libra de producto con cada carrera del pistón. Una libra de este producto equivalen a 446 cm³ por lo que se requiere de un cilindro de 5 cm. de diámetro por 22.7 cm. de altura. El cilindro debe estar elaborado en acero inoxidable para evitar la contaminación del producto.

Se realizaron pruebas de llenado de gel, con un prototipo que se construyó de material pvc como el que se describe con anterioridad, con el cual se obtuvieron mediciones dentro de los parámetros establecidos. El tiempo de llenado que se obtuvo es de 5 segundos / bolsa.

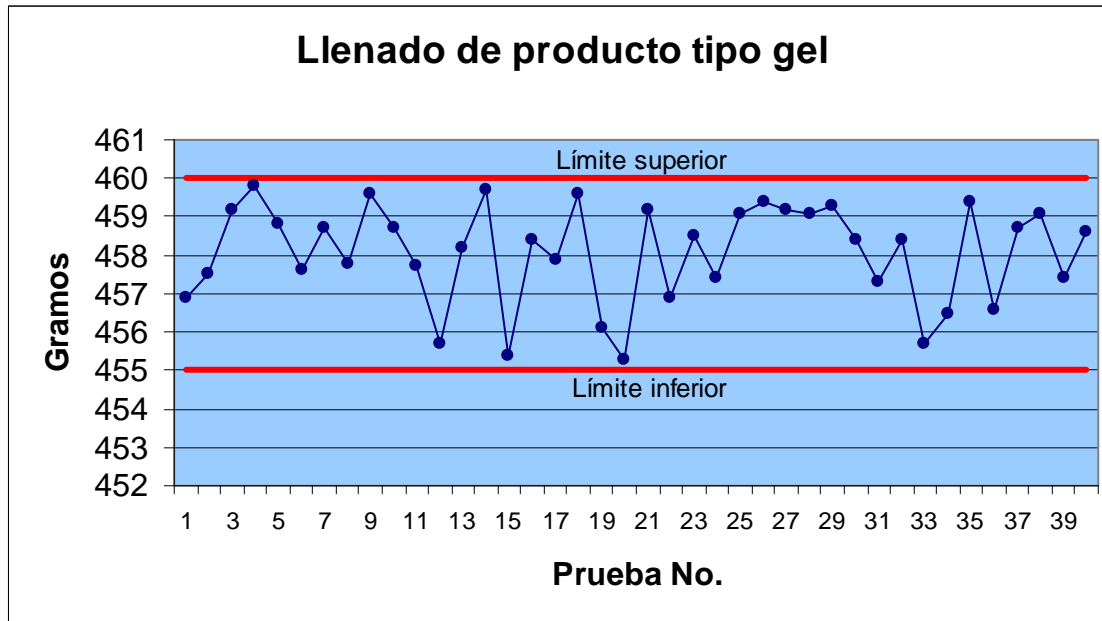
Los resultados se presentan a continuación:

Tabla XXI. Resultados de pruebas de llenado volumétrico de productos tipo gel.

Prueba No.	Resultado de la prueba en gramos									
	1 - 10	456.9	457.5	459.2	459.8	458.8	457.6	458.7	457.8	459.6
11 - 20	457.7	455.7	458.2	459.7	455.4	458.4	457.9	459.6	456.1	455.3
21 - 30	459.2	456.9	458.5	457.4	459.1	459.4	459.2	460.4	459.3	458.4
31 - 40	457.3	458.4	455.7	456.5	460.2	456.6	458.7	459.1	457.4	458.6

Fuente: Alkemy S.A.

Figura 27. Resultados de pruebas de llenado de semilíquidos volumétricamente.



Fuente: Alkemy S.A.

Los límites establecidos para este producto son:

Límite Inferior: 455 gramos

Límite Superior: 460 gramos

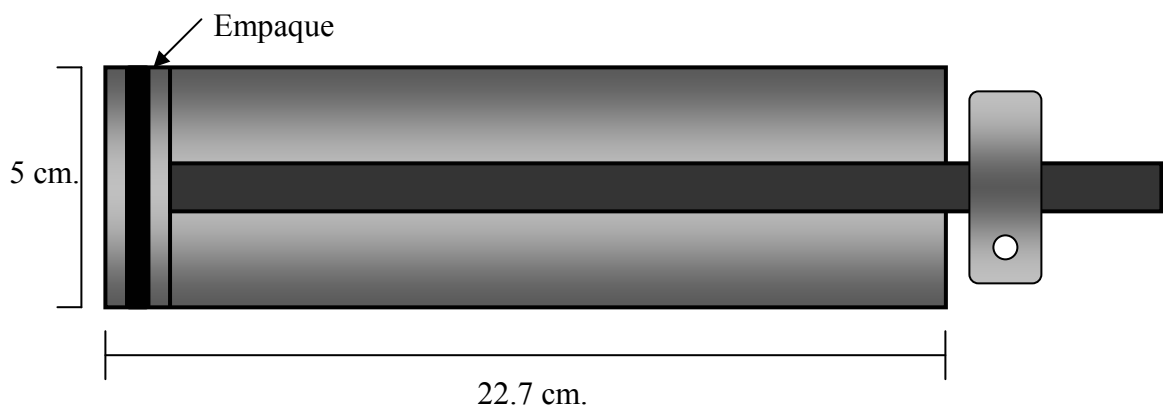
Media: 457 gramos

Después de realizar 40 pruebas con el prototipo que se construyó para el llenado de producto semilíquidos tipo gel, se pudo comprobar que el sistema si es efectivo para este proceso ya que todas las pruebas realizadas está dentro de los parámetros establecidos por el departamento de control de calidad.

La implementación de este proyecto es viable ya que reducirá el tiempo de llenado de las bolsas de gel, de 15 seg./bolsa a seg./bolsa, por lo que se necesitaran menos horas-hombre para empacar la producción mensual, ya que eliminan operaciones innecesarias como ajustar minuciosamente la cantidad de producto a empacar hasta

alcanzar el peso deseado, ya que este método al no basarse en el peso del producto sino en el volumen ofrece una operación más rápida e igual de efectiva. Otras operaciones innecesarias que se eliminan al utilizar este método es la necesidad de remangar la bolsa para llenarla con producto, ya que con este método se deposita la cantidad de producto con exactitud y precisión, lo que además elimina costos asociados como lo es el producto desperdiciado y la necesidad de limpiar las bolsas y el área de trabajo con papel.

Figura 28. Diagrama de pistón para llenado de productos semilíquidos.



Fuente: Alkemy S.A.

- **Llenado semiautomático de productos semilíquidos, tipo gel**

Otra propuesta para el llenado de productos tipo gel es adquirir una máquina neumática dosificadora de semilíquidos, la cual consta de un dispensador ubicado en la parte superior de la máquina, el cual se llena con el producto tipo gel, luego accionando un pulsador se produce un desplazamiento horizontal de un cilindro (tipo pistón, con accionamiento neumático) el cual succiona la cantidad de producto a empacar, y la deposita en la bolsa o en el envase del producto final.

Esta máquina es muy precisa y trabaja a alta velocidad por lo que se podría empacar en pocas horas el total de la producción de gel que se produce en la empresa al mes. También es posible variar la cantidad de producto a empacar ya que se puede ajustar el desplazamiento del pistón, en caso de necesitar empacar gel en otras presentaciones. Considerando que en el futuro pudieran lanzarse al mercado nuevos productos tipo gel y nuevas presentaciones, es conveniente contar con una máquina que garantice la velocidad de respuesta requerida.

Figura 29. Máquina neumática dosificadora de semilíquidos.



Fuente: Alkemy S.A.

- **Instalación de boquilla de doble salida en los tanques de mezclado**

Otra de las propuestas para disminuir el tiempo de envasado de productos es la utilización de una boquilla de doble salida en los tanques, las cuales permitan que se conecten dos mangueras y faciliten el llenado de envases por medio de 2 operarios al mismo tiempo.

Actualmente el llenado de envases se hace a través de una toma directa del tanque en la cual se adapta una manguera a la válvula de salida del tanque, lo cual limita el tiempo de llenado a la velocidad que tiene un operario para llenar los envases uno a la vez. Por lo que surgió la propuesta de instalar una boquilla que permita adaptar dos mangueras a la salida de los tanques.

Para realizar dicho proyecto se realizó un prototipo con materiales de pvc en el cual se pueden conectar las 2 mangueras que se requiere. El sistema se diseñó para el llenado en los tanques 11 y 12 ya que son los tanques más grandes que hay en la planta con una capacidad de 850 galones cada uno. Actualmente un solo operario utiliza aproximadamente 4.5 horas para envasar 850 galones. Por lo que este proyecto pretende disminuir el tiempo de llenado a la mitad.

Dicho proyecto ya ha sido probado para envasar batch completos, en los tanques 11 y 12 utilizando 2 operarios simultáneamente en la operación de envasado, y mostró resultados satisfactorios ya que se observó un caudal similar en las dos boquillas, y una reducción del tiempo de llenado pasando de 4.5 horas a 2 horas aprox. (se aumentó el ritmo de llenado de 3 gal./min. a 7 gal./min.). Actualmente este proyecto ya se encuentra implementado y se utiliza frecuentemente para disminuir el tiempo de envasado. Esta boquilla también podría ser utilizada para envasar producto en otros tanques más pequeños en caso de ser necesario. Este proyecto deberá realizarse con materiales más apropiados como lo es el acero inoxidable.

Figura 30. Llenado de líquidos utilizando boquilla de doble salida.



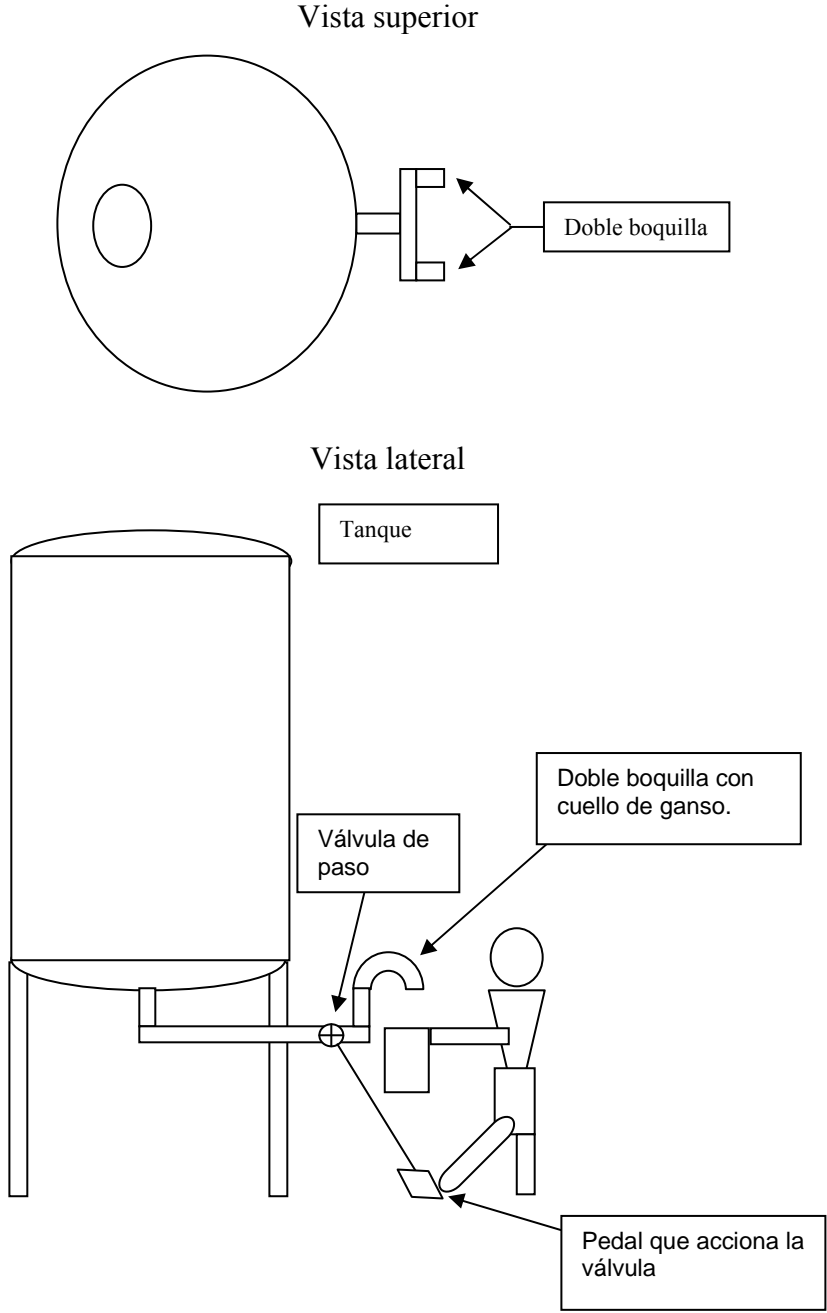
Fuente: Alkemy S.A.

- **Doble boquilla con accionamiento con pedal**

Otra de las propuestas para el llenado de envases es instalar una boquilla de doble salida con accionamiento con pedal. Este sistema utiliza el mismo concepto presentado con la boquilla de doble salida solo que además incluye un pedal para abrir y cerrar una válvula de paso, permitiendo el llenado de 2 envases simultáneamente utilizando un solo operario, ya que elimina la necesidad de abrir la llave con las manos sino que utiliza los pies del operario para que pueda iniciar y detener el llenado al mismo tiempo que sostiene con sus manos los 2 envases vacíos, los cuales se llenan simultáneamente.

Algunos de los requerimientos necesarios para la correcta aplicación de este sistema es que se debe tener el cuidado que los 2 caudales de las boquillas sean iguales para que el llenado en ambos envases se dé a la misma velocidad.

Figura 31. Diagrama de doble boquilla con accionamiento con pedal.



Fuente: Alkemy S.A.

5.1.4 Propuestas para el etiquetado y embalaje de producto

- **Impresión de etiqueta de liberación de producto**

La etiqueta de liberación de producto es utilizada por el departamento de control de calidad para garantizar que el producto cumple con las especificaciones apropiadas. Es una etiqueta de 6 cm. x 3.8 cm. en la cual se indica: el nombre del producto, el número de lote, y la fecha de fabricación. Esta etiqueta se debe colocar a las cajas que contienen galones o bolsas de producto terminado, y también a cada envase de 5 gal, 15 gal. y 55 gal. Anteriormente esta etiqueta se llenaba a mano, con lapicero, lo cual representaba una pérdida de tiempo significativa para los operarios, ya que en muchos casos las etiquetas que se necesitan son 150 o más para cada batch. Además la estética y legibilidad de las etiquetas llenadas a mano era deficiente.

Por lo que surge la necesidad de implementar la impresión de estas etiquetas por medio de computadora, esto con el objeto de disminuir el tiempo de llenado de etiquetas y mejorar la estética a través del uso de una letra estándar.

La propuesta es llenar estas etiquetas por medio de una computadora y una impresora de matriz. El rollo de etiquetas viene con agujeros en los laterales, como papel continuo lo que facilita el uso de este tipo de impresoras. Por lo que se elaboró un formato en microsoft word, con las medidas exactas de la etiqueta, en la cual solamente es necesario sustituir los datos del nombre del producto, número de lote, y fecha de elaboración.

Se realizó una capacitación con el personal de la planta en donde se les presentó la propuesta y se les dio la instrucción teórica apropiada para el uso de este programa. Además se dió una capacitación práctica a cada operario, para que se familiarizaran con el programa. Este proyecto ya se encuentra implementado y actualmente todos los

operarios de la planta realizan el llenado de las etiquetas que necesitan utilizando este medio. No se requiere inversión económica ya que la empresa cuenta con los recursos necesarios.

La impresión de las etiquetas disminuye el tiempo comparado con el que antes se utilizaba para llenarlas a mano. El tiempo necesario para llenar a mano con lapicero es de 0.25 min. / etiqueta (15 seg. / etiqueta) mientras que el tiempo utilizando una impresora es 0.083 min. / etiqueta. (5 seg. / etiqueta).

- **Alternativas para cerrado de cajas**

En la actualidad las cajas cartón en donde se empaca el producto terminado se cierran con barras de silicón (jet melt), siendo este metodo de un costo bastante elevado, por lo que se proponen alternativas para el sellado de cajas que sean más económicas, que reduzcan el tiempo de cerrado, y mejoren la estética final de las cajas.

- **Cerrado de cajas utilizando grapas**

Se propone el cerrado de cajas por medio de grapas. Para esto se necesitaría el uso de una engrapadora neumática (modelo JK20-670), con esta engrapadora se deberán colocar 4 grapas en cada caja para lograr el cierre adecuado. Esta opción se presenta como una alternativa más económica en el cerrado de cajas.

Además del beneficio económico al utilizar grapas se obtiene una reducción en el tiempo de cerrado de cajas, ya que colocar las 4 grapas lleva aproximadamente 0.1 min. / caja (6 segundos / caja), mientras que el sellado con silicón tarda un promedio de 0.25 min. / caja (15 segundos / caja).

Figura 32. Engrapadora para cerrado de cajas.



Fuente: Alkemy S.A.

- **Cerrado de cajas utilizando cinta adhesiva**

Otra propuesta para el cerrado de las cajas es utilizar un dispensador con cinta adhesiva. La cinta adhesiva es utilizada por muchas empresas para cerrar cajas, por lo que se presenta como una opción viable para el cerrado de las cajas de producto terminado.

Algunas de las ventajas que se tienen al utilizar cinta adhesiva son:

Buen cierre de las cajas,

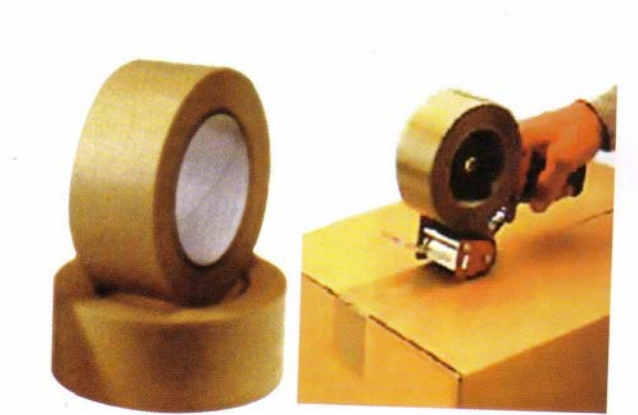
Economía,

Buena presentación.

Facilidad para cerrar las cajas.

Se tiene la opción de utilizar 2 tipos de cintas: transparente ó impresa con el logo de la empresa. Utilizar una cinta impresa con el logo de la empresa tendría un importante valor agregado ya que serviría como un sello de seguridad que garantice que el producto no ha sido alterado.

Figura 33. Dispensador de cinta adhesiva.



Fuente: Alkemy S.A.

Las propuestas planteadas para el cerrado de cajas representan una disminución en los costos de producción, por lo que la decisión deberá ser tomada en base a la estética de la caja, recordando la importancia de cuidar la imagen del producto final, por lo que se debe consultar al respecto con el departamento de mercadeo.

5.1.5 Condiciones de trabajo

Teniendo en cuenta que el recurso más importante de una empresa es el recurso humano, los estudios deben involucrar también mejoras en las condiciones de trabajo de los empleados. Las condiciones de trabajo deberán ser mejoradas continuamente, ya que estas afectan directamente en el rendimiento del operario. Las buenas condiciones de trabajo se reflejan en salud, alta producción, calidad del trabajo y satisfacción del operario.

Una adecuada iluminación, temperatura y un nivel de ruido tolerable mantienen al operario en condiciones que le hacen tener interés y cuidado en su trabajo, esto es importante ya que el área de trabajo puede ser un espacio en donde se albergan una gran

cantidad de riesgos laborales, siendo ésta la vía de procurar garantizar tanto la salud del trabajador como el buen desempeño de sus funciones.

Las condiciones de trabajo, si son inadecuadas impactan en forma negativa en el desempeño del trabajador, ya que pueden propiciar conductas poco saludables y desencadenar accidentes laborales. El ruido puede llegar a causar cambios de conducta, interferencia en la comunicación, entre otros. La temperatura, en condiciones elevadas se le relaciona con irritabilidad y agotamiento. En lo que corresponde a la iluminación no deja de ser fundamental su control, ya que tanto la incandescencia como las sombras pueden interferir en la captación de las señales visuales y precisión en el desempeño del trabajo.

- **Ruido**

El ruido es un factor ambiental que causa diversos desequilibrios en el organismo humano ya que altera el sistema nervioso. El rendimiento del trabajo mental es el más afectado por el ruido. Los individuos que trabajan en un ambiente ruidoso, por lo general, son más nerviosos e irritables que quienes tienen que trabajar en un ambiente silencioso.

En la planta de producción, el ruido es generado en forma intermitente por los equipos como: motores eléctricos, extractores de aire, bombas de agua, manipulación de herramientas, y transporte de materiales. Se comprobó que el nivel de ruido genera niveles de decibeles mucho menores a los permisibles en el código de trabajo (no se permitirá exposición a ruidos continuos mayores o iguales a 85 dB, sin la debida protección auditiva), y no provoca interferencia en la comunicación, por lo que actualmente no es necesario el uso de aislantes a los equipos, y tampoco uso de protectores auditivos, u otros, sin embargo se debe mantener un monitoreo constante de las fuentes de ruidos, para garantizar que éstas no excedan el límite permitido. El uso de

protectores auditivos se recomienda en aquellas operaciones que exceden los 85 dB, como el secado de los envases utilizando aire comprimido

- **Temperatura**

Es un factor ambiental que influye en el bienestar, confort, rendimiento y seguridad del trabajador. Cuando en un área de trabajo los niveles de temperatura se encuentran en los extremos repercute de forma negativa en el trabajador. El excesivo calor produce fatiga, necesiéndose más tiempo de recuperación o descanso, el frío también perjudica al trabajador, ya que las temperaturas bajas le hacen perder agilidad, sensibilidad y precisión en las manos. Las temperaturas extremas no sólo resultan un inconveniente para la ejecución de la tarea, sino también para la seguridad del trabajador, es decir, en la planta de producción este factor es de gran relevancia por que si la temperatura está en los extremos los empleados puede manifestar cambios de conducta, agotamiento físico e irritabilidad, lo cual puede provocar un mal desempeño y accidentes. La temperatura en área de trabajo debe ser entre 18° y 30° C.

La temperatura puede regularse a través de la instalación de extractores, los cuales ayudan a renovar el aire dentro de la planta. El aire más frío que entra a la planta se coloca por termodinámica en la parte inferior, presionando la salida del aire caliente de la parte superior.

La renovación del aire se da por la cantidad de veces que se cambia el aire de la edificación en cada hora, y estas dependen del número de extractores instalados. El cálculo del número de extractores necesarios se hace en base en base a los metros cúbicos del área que se desea controlar.

El cálculo en metros cúbicos se multiplica por el número de renovaciones por hora, y se divide entre 2500 m³/hora que es lo que en promedio saca un extractor de aire tipo ventury en una hora (ver figura 34), y el valor resultante indica el número de equipos requeridos.

Por el tipo de proceso que se realiza en la planta en estudio está comprendida en un nivel calorífico 3 (fabricas textiles, hospitales, naves industriales, escuelas, laboratorios) por lo que el número de renovaciones por hora debe ser de 10 renovaciones por hora.

Cálculo del volumen de la planta de producción:

$$25 \text{ m} \times 30 \text{ m} \times 4.5\text{m} = 3,375 \text{ m}^3$$

Cálculo del número de extractores:

$$\text{No. extractores} = (\text{Volumen} \times \text{No. renovaciones/hora}) / (\text{Promedio de extracción/hora})$$

$$\text{No. extractores} = (3,375 \text{ m}^3 \times 10 \text{ renovaciones/h}) / (2,500 \text{ m}^3/\text{h}) = 13 \text{ extractores.}$$

En la planta de producción actualmente tienen instalados 8 extractores de aire, los cuales están distribuidos en el área de trabajo, por lo que se puede comprobar la necesidad de la instalación de 5 extractores adicionales.

Figura 34. Extractor de aire tipo ventury.

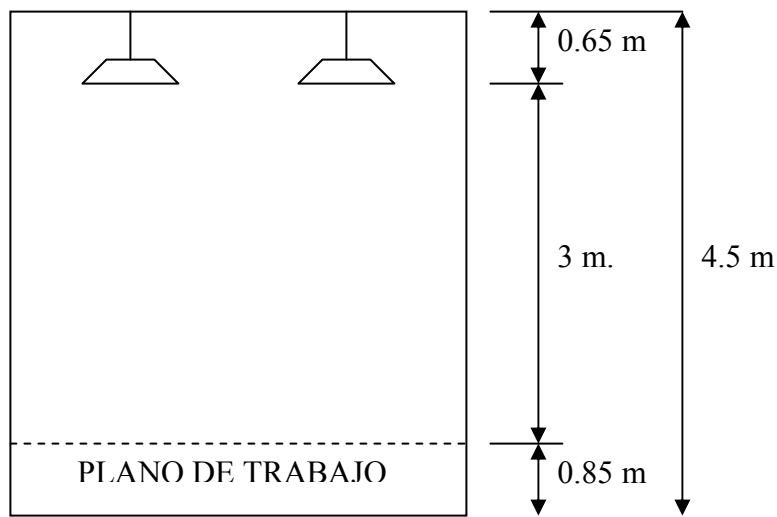


Fuente: Alkemy S.A.

- **Iluminación**

Es otro factor importante en la seguridad y rendimiento del trabajador, la iluminación inapropiada causa esfuerzos en los ojos y finalmente origina defectos en la visión. Cuando la iluminación es deficiente puede causar malestares como cansancio visual y disminución del rendimiento laboral. Para el cálculo de la iluminación necesaria se utilizará el método de cavidad zonal el cual se presenta a continuación.

Figura 35. Medidas para cálculo de iluminación.



Fuente: Alkemy S.A.

Largo = 30 m

Ancho = 25 m

Altura = 4.5 m

Altura del plano de trabajo = 0.85 m

Reflectancia del techo = 30%

Reflectancia de la pared = 30%

Reflectancia del piso = 20%

Tabla XXII. Cálculo de luxes recomendado.

Promedio de edad de los trabajadores	Velocidad necesaria y/o precisión	Reflectancia del piso en la zona de actividad	Categoría de la actividad	Luxes recomendado
Debajo de 40	Importante	Debajo de 30	D (realización de tareas de alto contraste)	300 Luxes

Fuente: Alkemy S.A.

Método de Cavidad Zonal

R.C.R. (room cavity ratio)

$$R.C.R. = \frac{5 \text{ (Altura de cavidad del cuarto) (largo + ancho)}}{(Largo) (Ancho)} =$$

$$R.C.R. = \frac{5 (3) (30 + 25)}{30 \times 25} = 1.1$$

Coefficiente de utilización:

$$C.U. = 0.3116$$

$$No = \frac{E \times \text{Área}}{\text{Lúmenes por luminaria} \times C.U. \times F.M.} =$$

No = número de luminarias

E = Nivel de iluminación en luxes

C.U. = Coeficiente de utilización

F.M. = Factor de mantenimiento

Lúmenes por luminaria = lúmenes de las lámparas que se encuentran dentro del luminaria

$$No = \frac{300 \times 30 \times 25}{2 \times 22500 \times 0.3116 \times 0.59} = 27.19 = 30 \text{ luminarias}$$

Localización de las luminarias =

Espaciamiento real = $S = \sqrt{(\text{Area} / \text{No. de luminarias})}$

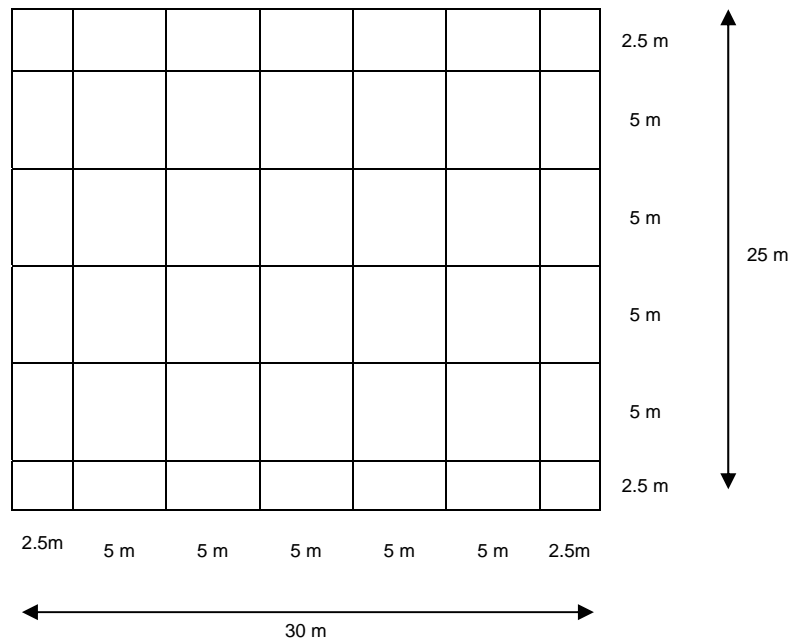
$$S = \sqrt{((25 \times 30) / 30)} = 5 \text{ metros}$$

Lúxes promedio mantenidos con el diseño:

$$E = \frac{\text{No. de luminarias} \times \text{lúmenes por luminaria} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}{\text{Área}}$$

$$E = \frac{30 \times 2 \times 22500 \times 0.3116 \times 0.59}{30 \times 25} = 330 \text{ luxes promedio mantenidos}$$

Figura 36. Distribución de lámparas.



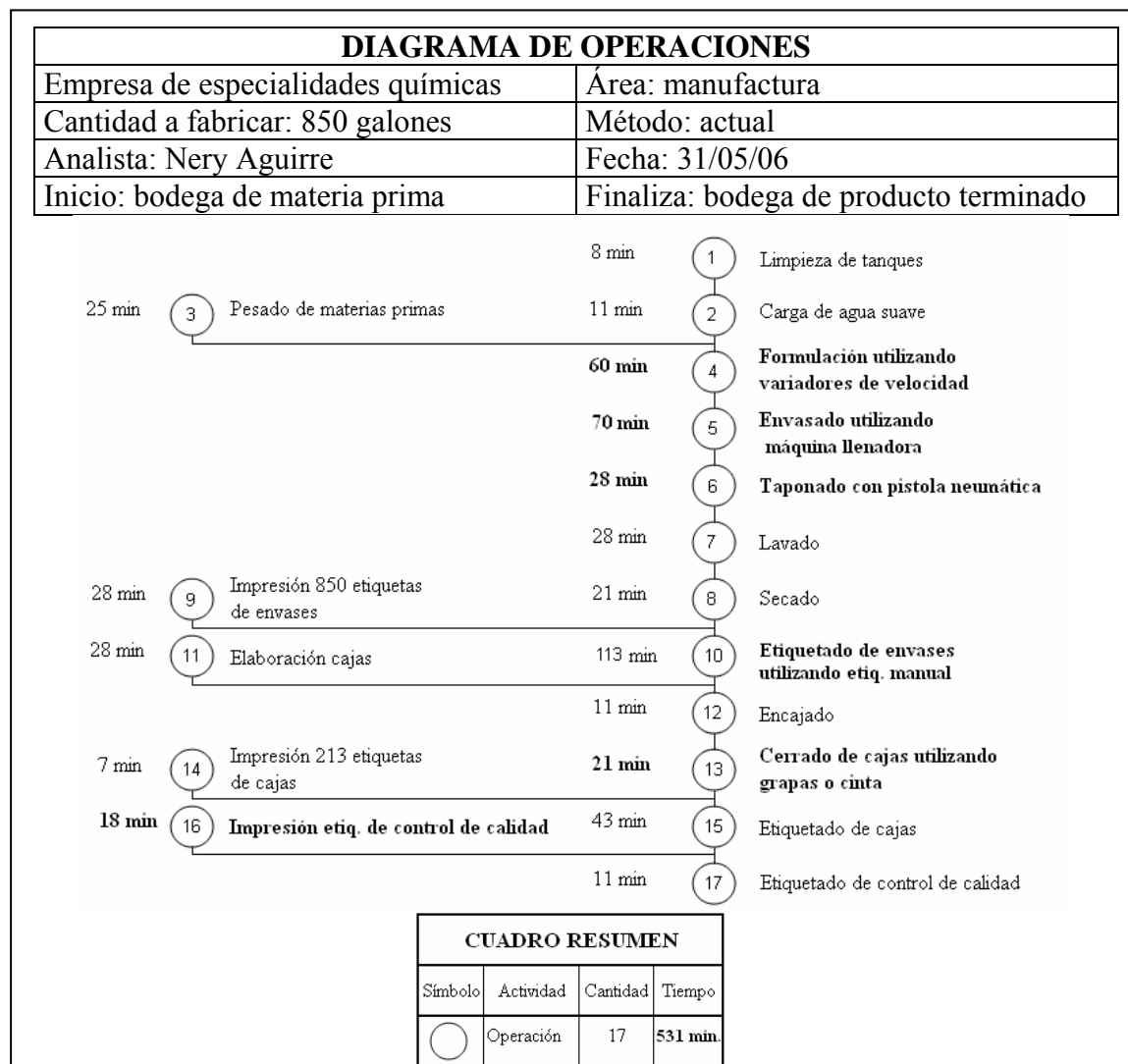
Fuente: Alkemy S.A.

5.2 Diagrama de flujo de operaciones

Diagramas de Operación

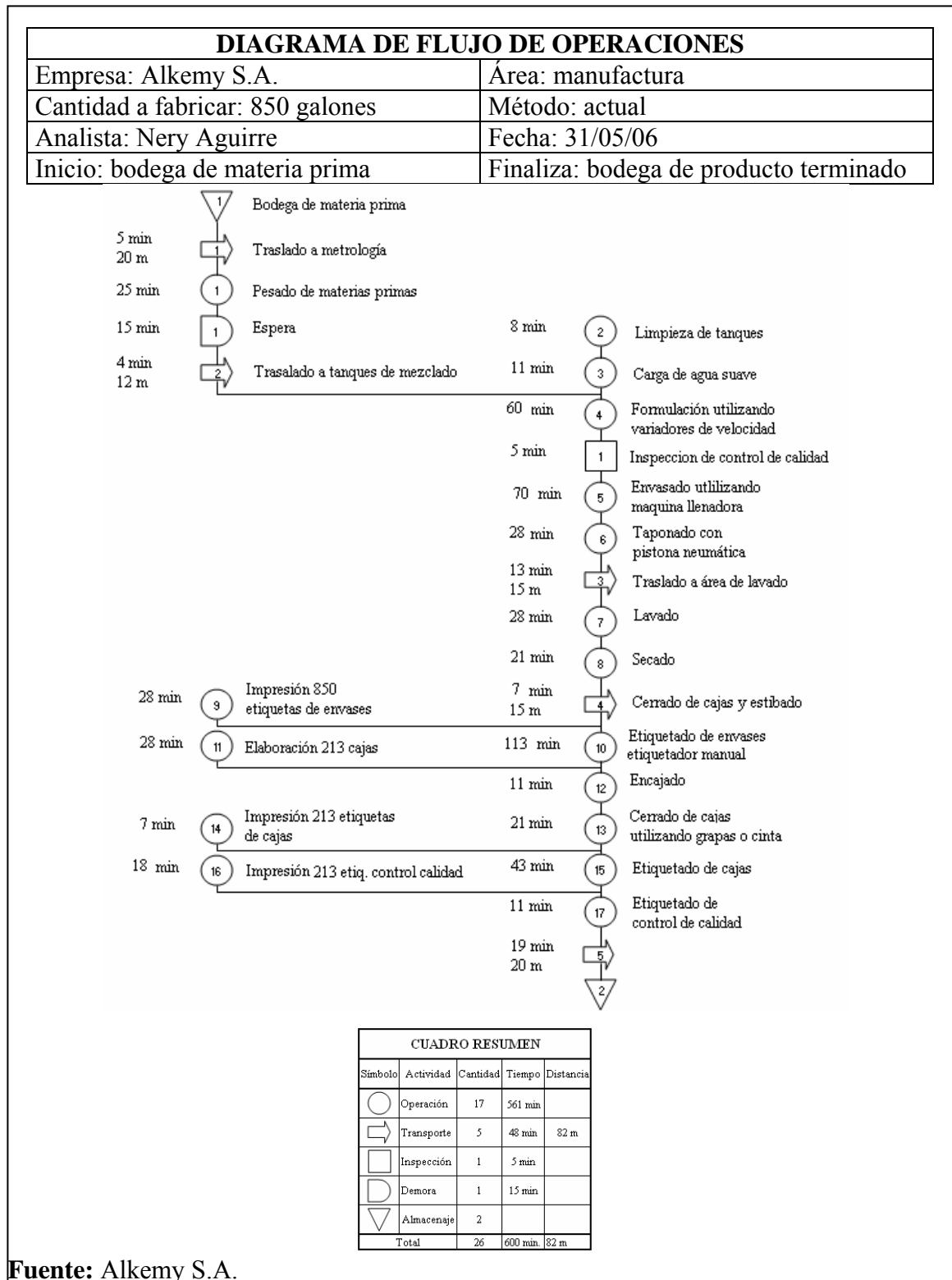
Los diagramas de operación muestran la secuencia de las actividades y la reducción en el tiempo y las distancias, después de implementar las propuestas planteadas

Figura 37. Diagrama de operaciones, método propuesto.



Fuente: Alkemy S.A.

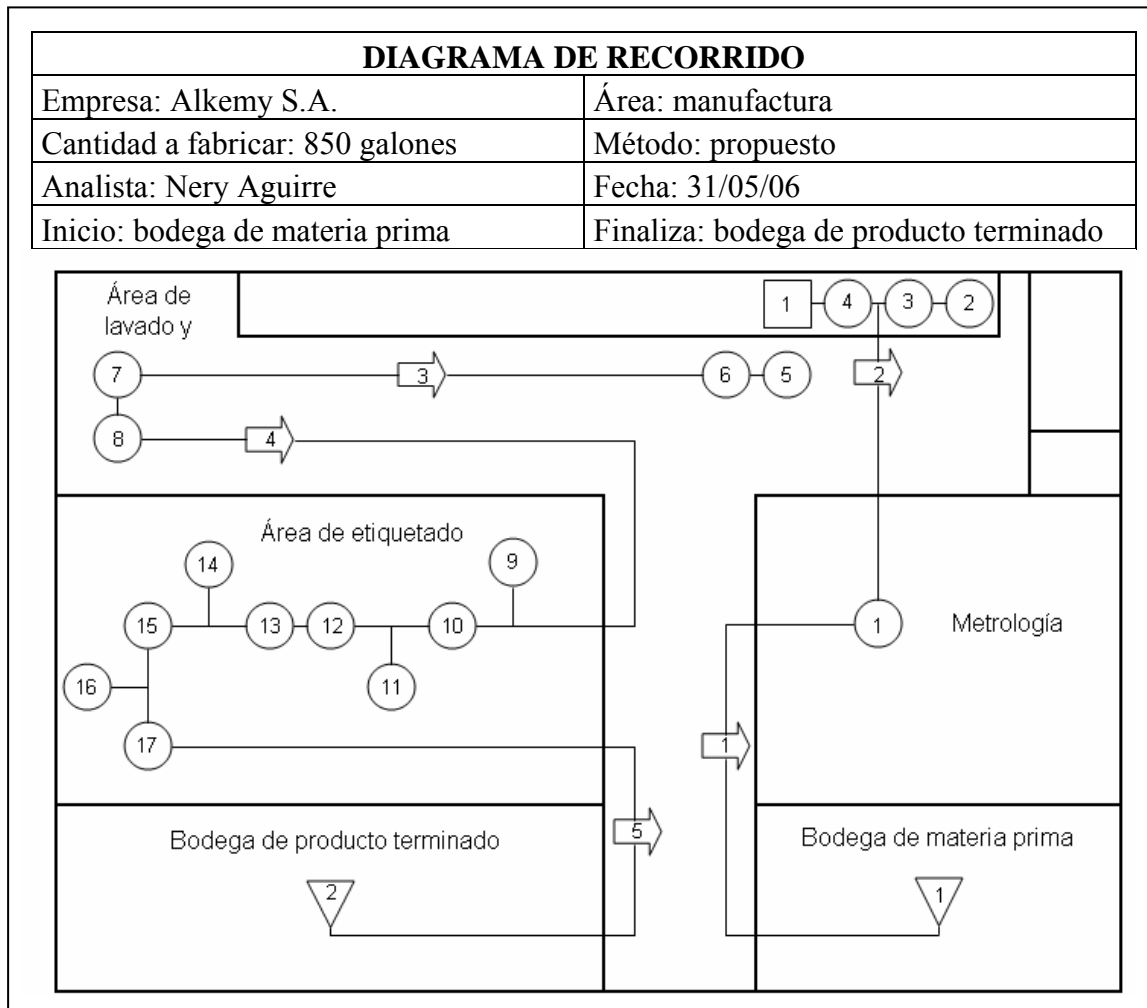
Figura 38. Diagrama de flujo de operaciones, método propuesto.



5.3 Diagrama de recorrido

Las estaciones de trabajo y las máquinas deben disponerse en tal forma que las operaciones en la fabricación del producto sean más eficientes y con un mínimo de manejo. Por esta razón se diseñaron cambios en la distribución de las estaciones de trabajo, agrupando actividades en las estaciones de trabajo y disminuyendo las distancias.

Figura 39. Diagrama de recorrido, método propuesto.



Fuente: Alkemy S.A.

5.4 Estudio de tiempo de operación

Tabla XXIII. Tiempo de operación, método propuesto.

Actividad	Tiempo	Distancia	Producción de 850 gal.
Traslado a metrología	5 min.	20 m.	5 min.
Pesado de materias primas	25 min. /batch. Independiente de tamaño del batch		25 min.
Espera	15 min.		15 min.
Traslado a tanques de mezclado	4 min.	12 m.	4 min.
Limpieza de tanque	8 min.		8 min.
Carga de agua suave	0.0125 min. / galón (0.75 seg. / galón)		11 min.
Formulación utilizando variadores de velocidad	El tiempo esta dato por la cantidad de galones a producir. tiempo = 0.0515 x galones + 16.25		60 min.
Inspección de control de calidad.	5 min.		5 min.
Envasado, utilizando máquina llenadora	0.083 min. / galón, (5 seg. / galón)		70 min.
Taponado con pistola neumática	0.033 min. / galón, (2 seg./galón).		28 min.
Traslado al área de lavado	1 min. / tarima, (60 seg. / tarima) 1 tarima / 66 galones	15 m.	13 min.
Lavado	0.033 min./galón, (2 seg./galón)		28 min.

Secado	0.025 min. / galón, (1.5 seg. / galón)		21 min.
Traslado a etiquetado	0.5 min. / tarima, (30 seg. / tarima)	7 m.	7 min.
Impresión de etiquetas de envases	0.033 min. / etiqueta, (2 seg. / etiqueta)		28 min.
Impresión de etiquetas de cajas	0.033 min. / etiqueta, (2 seg. / caja)		7 min.
Etiquetado de envases	0.2 min. / galón, (12 seg. / galón)		113 min.
Elaboración cajas (4 galones / caja)	0.133 min. / caja, (8 seg. / caja)		28 min.
Encajado	0.0125 min. / galón, (0.75 seg. / galón)		11 min.
Cerrado cajas utilizando grapas o cinta adhesiva.	0.1 min. / caja, (6 seg. / caja)		21 min.
Impresión de etiqueta de control calidad (1 etiqueta / caja)	0.083 min. / etiqueta. (5 seg. / etiqueta).		18 min.
Etiquetado de cajas	0.2 min. / etiqueta (12 seg. / etiqueta)		43 min.
Etiquetado control de calidad	0.05 min. / etiqueta (3 seg. / etiqueta)		11 min.
Traslado a bodega prod. terminado	1.5 min. / tarima, (90 seg. / tarima)	20 m.	19 min.
TOTAL:			628 min.

Fuente: Alkemy S.A.

La elaboración de una producción de 850 galones de producto utilizando el nuevo método, requiere un tiempo de 628 minutos / hombre (10.5 horas / hombre).

5.5 Determinación de la capacidad instalada

Por capacidad productiva máxima se entiende la cantidad máxima de productos que puede ser producida por unidad de tiempo, con la óptima utilización de los recursos. Además expresa la producción máxima posible en un periodo dado, utilizando plenamente los equipos productivos.

Sin embargo no siempre se trabaja a la máxima capacidad, sino acorde a la planificación diaria de la producción la cual esta basada en los pedidos de los clientes o en los planes de venta. Las mejoras implementadas al proceso producen un aumento de la capacidad productiva.

La implementación de tecnologías más avanzadas y las mejoras diseñadas al proceso de producción permiten aumentar la capacidad instalada de la planta.

Tabla XXIV. Capacidad de producción, método propuesto.

No. de batch a fabricar	Cantidad de galones por batch	Tiempo de elaboración por batch	Total de galones a producir	Tiempo total de elaboración
2 batch	850 galones	262 min.	1700 galones	524 min.
2 batch	850 galones	262 min.	1700 galones	524 min.
2 batch	580 galones	189 min.	1160 galones	378 min.
2 batch	550 galones	181 min.	1100 galones	362 min.
3 batch	300 galones	114 min.	900 galones	342 min.

3 batch	300 galones	114 min.	900 galones	342 min.
2 batch	180 galones	82 min.	360 galones	164 min.
2 batch	50 galones	47 min.	100 galones	94 min.
2 batch	50 galones	47 min.	100 galones	94 min.
	Total		8,020 galones	2,824 min.

Fuente: Alkemy S.A.

La máxima producción mensual sería:

$$8,020 \text{ gal/día} * 22 \text{ días/mes} = 176440 \text{ galones/mes}$$

La producción de 176,440 galones al mes es insuficiente para cubrir los picos en la demanda que se pudieran presentar los cuales pueden llegar a 200,000 galones/mes.

Figura 40. Distribución de la capacidad de producción, método propuesto.

Metrologo 1	Pesado de materias primas para 18 batch (9 hrs.)		
Operario 1	Elaboración de 2 batch de 850 galones (8.73 hrs.)		
Operario 2	Elaboración de 2 batch de 850 galones (8.73 hrs.)		
Operario 3	Apoyo a metrología, pesado 2 batch (1 hr.)	Elaboración de 2 batch de 560 galones (6.3 hrs.)	
Operario 4	Elaboración de 2 batch de 550 galones (6.03 hrs.)	Etiquetado de envases (1.3 hrs.)	Etiquetado control de calidad (1.67 hrs.)
Operario 5	Elaboración de 3 batch de 300 galones (5.7 hrs.)	Traslado a bodega de producto terminado (3.05 hrs.)	
Operario 6	Elaboración de 3 batch de 300 galones (5.7 hrs.)	Cerrado de Cajas y Estibado (3.3 hrs.)	
Operario 7	Elaboración de cajas (4.45 hrs.)	Encajeado (1.67 hrs.)	Elaboración de 1 batch de 360 gal (2.73 hrs.)
Operario 8	Etiquetado de cajas (6.68 hrs.)		Elaboración de 100 galones (1.57 hrs.)
Operario 9	Etiquetado de envases (7.43 hrs.)		
Etiquetador 1	Impresión de etiquetas para envases y cajas (5.57 hrs.)	Impresión de etiquetas de control de calidad (2.78 hrs.)	
Etiquetador 2	Etiquetado de envases (9 hrs.)		
Etiquetador 3	Etiquetado de envases (9 hrs.)		

Fuente: Alkemy S.A.

5.5.1 Determinación de eficiencia

Una de las claves del éxito de una empresa reside en saber incrementar la eficiencia en sus operaciones. La eficiencia es la capacidad de producir el máximo de resultados con el mínimo de recursos. Se puede obtener al relacionar el tiempo de producción efectivamente trabajado con el tiempo disponible para realizar todo el proceso. Las mejoras en los medios utilizados en la producción pueden lograr un aumento en la eficiencia, ya que el uso de la tecnología reduce los tiempos ociosos, y aumenta el ritmo de producción lo que se ve reflejado en el mejor aprovechamiento de los recursos.

Para medir la eficiencia alcanzada con la implementación de las mejoras al proceso de producción, se puede calcular dividiendo el tiempo efectivo utilizado en la producción, entre el tiempo de la estación más lenta multiplicada por el número de estaciones. El cálculo de la eficiencia se puede observar con mayor detalle al realizar un balance de líneas el cuál se presenta en el inciso 5.8

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{tiempo efectivo trabajado}}{(\text{tiempo de la estación más lenta}) (\text{número de estaciones})}$$

$$\text{Eficiencia método propuesto} = \frac{531 \text{ minutos}}{(147 \text{ minutos/estación}) (4 \text{ estaciones})} \times 100 \% = 90.31 \%$$

La productividad es el tiempo en que un profesional se ocupa efectivamente de las actividades para las cuales esta contratado. Para aumentar la productividad se debe disminuir el tiempo en que el trabajador está en la empresa de aquellos en que está desarrollando otras funciones que no sean mantenimiento. Las actividades improductivas no son todas innecesarias, sino que, muchas veces fundamentales para que las actividades productivas se desarrollen según criterios de calidad y seguridad. Se

puede afirmar que una productividad excesiva comúnmente lleva al trabajador a una condición de “stress” y posiblemente a accidentes. Además, los valores de improductividad dependen de la actividad y del medio ambiente donde ocurren.

Una vez determinados los motivos de improductividad a través de cuestiones sencillas, se debe estimular a los trabajadores para que ellos mismos presenten propuestas que sean posibles de aplicar. A las propuestas implementadas se debe premiar al autor de la idea.

Dentro de los factores de la improductividad del profesional de mantenimiento, y producción destacan:

- Las necesidades fisiológicas;
- El servicio a las rutinas administrativas;
- Esperando instrucciones;
- Esperando, buscando o devolviendo los repuestos;
- Esperando, buscando o devolviendo las herramientas;
- Esperando la instrucción del supervisor;
- Esperando evaluación del servicio por el cliente;
- Los desplazamientos múltiples;
- Las herramientas inadecuadas;
- La espera de la aprobación;
- El número excesivo (o insuficiente) de personal para hacer las tareas.

La implementación de las propuestas de mejora al proceso de producción también aumenta la productividad, la cual relaciona el producto obtenido con el tiempo invertido como se muestra a continuación:

La productividad con el método actual es:

$$P = 850 \text{ galones} / 889 \text{ min.} = 0.9561 \text{ galones} / \text{minuto} = 57 \text{ galones} / \text{hora}$$

La productividad con el nuevo método es de:

$$P = 850 \text{ galones} / 531 \text{ min.} = 1.6007 \text{ galones} / \text{minuto} = 96 \text{ galones} / \text{hora}$$

Se obtiene un aumento en la eficiencia de 48% el cual se verá reflejado en el crecimiento de la capacidad de producción de la planta.

5.5.2 Modelo del flujo de la programación

Para garantizar un flujo constante de producción, que tenga la velocidad de respuesta necesaria para cubrir la demanda de los productos, se elabora un modelo del flujo de la programación. El modelo considera las necesidades de materia prima, mano de obra y otros componentes para la fabricación, de acuerdo con la planificación. El programa de producción se basa a su vez en el programa de ventas en donde se indican las cifras de demanda que la empresa espera alcanzar para cumplir las metas.

1. El programa de producción se elabora: diariamente, semanal y quincenal, es decir, a muy corto plazo. Se determinan los requerimientos de materia prima, mano de obra y otros insumos para el trabajo día a día.
2. Se debe trabajar sistemáticamente, estableciendo relaciones informativas con: finanzas, compras, diseño y desarrollo, mantenimiento y control de calidad. La relación con comercialización debe ser permanente.
3. Con el uso de una computadora puede utilizarse herramientas de planificación y programación.
4. Reunida la información necesaria, se presenta la orden de producción, integrada por las especificaciones, listas de materiales e instrucciones especiales, la que se entrega al supervisor de producción. Con esta

información, el responsable de producción, sabe qué tiene que hacer y cuándo hacerlo.

5. Mientras se está llevando a cabo el proceso productivo, es necesario realizar el control de avance de las tareas, en función de los tiempos programados y del uso de las instalaciones generales disponibles. El control es efectuado por la misma persona que elabora el programa de producción.

Figura 41. Formato de orden de producción.

 <p>ORDEN DE PRODUCCIÓN</p>			
Empresa:		Lote No.:	
Área:		Fecha emisión orden:	Hora:
Emisor:		Fecha inicio producción:	Hora:
Responsable:		Fecha finalización:	Hora:
Producto:			
Nombre genérico:		Nombre comercial:	
Código:		Línea	
Especificaciones del producto:			
Densidad:		pH:	
Color:		Fragancia:	
Cantidad a producir:			
Volumen:		Peso:	
Instrucciones:			
Guía de formulación no.:		Instructivo de trabajo no.:	
Seguridad:			
Salud:		Flamabilidad:	
Reactividad:		Riesgos especiales:	
Ingredientes:			
No.	Nombre	Volumen	Peso
Envasado:			
Unidades		Presentación	
Observaciones:			

Fuente: Alkemy S.A.

5.6 Análisis de costos de las propuestas de mejora

Luego del diseño y elaboración de las propuestas, el siguiente paso es lograr la aceptación de las propuestas, para esto se hace notar la economía esperada tanto de insumos como ahorros en mano de obra.

Para determinar la conveniencia de la inversión en los métodos propuestos se realizará un estudio acerca del tiempo de recuperación de la inversión de capital, dividiendo el monto de la inversión necesaria en los equipos, y el ahorro en quetzales por cada galón producido.

Tabla XXV. Análisis económico de las propuestas de mejora.

Propuestas	Inversión	Ahorro en mano de obra /galón	Ahorro en energía eléctrica / galón	Ahorro en materiales / galón
Variadores de frecuencia	Q.1,200.00	Q.0.003529	Q.0.002941	
Taponadora neumática, Bosch 0607-160502	Q.1,840.00	Q.0.005		
Incorporación de máquina llenadora	Q.2,250.00	Q.0.0325		
Engrapadora neumática	Q.3,350.00	Q.0.0225		Q.0.10
Total	Q.8,640.00	Q.0.063529	Q.0.002941	Q.0.10

Fuente: Alkemy S.A.

Retorno de la inversión:

$$\frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro mano de obra + ahorro insumos}} = \frac{\text{Q.8,640.00}}{\text{Q.0.16647}} = 51,900 \text{ galones}$$

La producción mensual es de 8,500 galones / mes aproximadamente

$$\frac{51,900 \text{ galones}}{8,500 \text{ galones / mes}} = 6 \text{ meses.}$$

8,500 galones / mes

El retorno de la inversión se daría en 6 meses.

La vida prevista de los equipos es de 3 años (estimación pesimista).

Durante los 3 años de vida prevista de los equipos se obtendrá la recuperación de la inversión más una ganancia de Q.42, 450.00. (8,500 galones / mes x 30 meses x Q.0.16647 / galón = Q.42, 450.00)

El estudio económico individual de cada propuesta se presenta en el anexo 2.

5.7 Implementación del nuevo método

El siguiente paso es lograr la implementación del método propuesto, durante esta etapa se debe realizar esfuerzos para que cada persona esté convencida de los beneficios del nuevo método, tanto gerentes, supervisores y operarios, de tal modo que se adopte la nueva metodología por parte de todo el personal.

La implementación no siempre se hará según lo planeado, debido a que el operario hará pequeños cambios o modificaciones por propia iniciativa, lo cual modificará los resultados esperados. Para evitar esto debe realizarse un control constante en las estaciones de trabajo, durante el tiempo que dure la implementación, para

asegurarse que las propuestas están siendo aplicadas según lo planeado y que la estación de trabajo tenga todas condiciones necesarias.

Cuando se tiene la certeza que toda la estación de trabajo cumple con las especificaciones establecidas, se debe designar al operario o los operarios que van a trabajar en dichos puestos. Se les debe proporcionar el entrenamiento necesario hasta que domine el nuevo método, este tiempo puede durar varios días. Aprovechar la oportunidad para explicar al personal el porqué se realizó el cambio, inyectando entusiasmo por el nuevo método. La implementación del nuevo método termina después de haber regresado varias veces a comprobar, durante los primeros días, que todo funciona según los planes.

5.8 Balance de líneas

La implementación del nuevo método permitió reducir el tiempo de operación de las estaciones de trabajo, a través de la implementación de elementos tecnológicos y el rediseño de las estaciones de trabajo con el objeto de optimizar las estaciones los recursos con que se cuentan.

En el siguiente balance de líneas se puede apreciar el aumento de la eficiencia en las estaciones de trabajo, con el consecuente aumento de la productividad.

TABLA XXVI. Tabla de procedencias de operaciones, método propuesto.

Operación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Procedencia	-	1	-	2,3	4	5	6	7	-	8,9	-	10,11	12	-	13,14	-	15,16
Duración	8	11	25	80	255	57	28	21	28	170	28	11	53	7	43	53	11

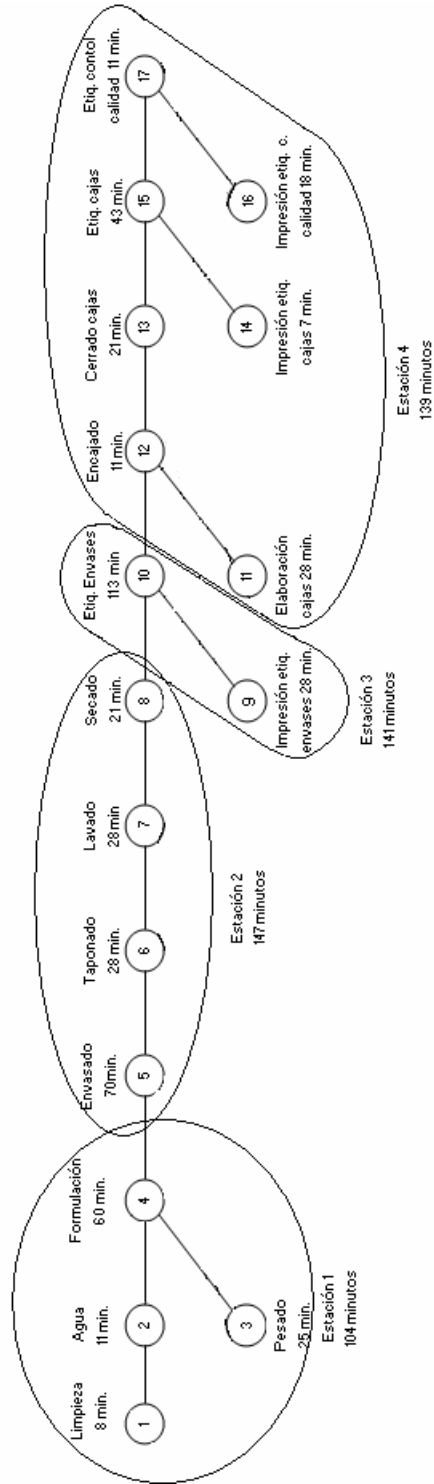
Fuente: Alkemy S.A.

Tabla XXVII. Cálculo de la eficiencia para 4 estaciones.

Estación	Operación	t	t de la estación	Acumulado	Ocio	Eficiencia de la estación
1	1	8	104	104	43	70.75 %
	2	11				
	3	25				
	4	60				
2	5	70	147	251	0	100 %
	6	28				
	7	28				
	8	21				
3	9	28	141	392	6	95.92 %
	10	113				
4	11	28	139	531	8	94.56 %
	12	11				
	13	21				
	14	7				
	15	43				
	16	18				
	17	11				

Figura 42. Balance de línea, método propuesto.

BALANCE DE LINEAS PROPUESTO



$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{M.E.}}{\text{M.E.P.}} \times 100 = \frac{531}{147 \times 4} \times 100 = 90.31 \%$$

Fuente: Alkemy S.A.

La implementación de las propuestas planteadas y el reacondicionamiento de las estaciones de trabajo, permite aumentar la eficiencia y la productividad como se mostró en el anterior balance de líneas. La eficiencia se aumento de 87.93 % a una eficiencia actual de 90.31 % y la productividad aumentó de 57 galones/hora a 96 galones / hora, representando un incremento de 68 %.

CONCLUSIONES

1. Entre las principales ventajas que tiene el departamento de manufactura es que cuenta su sistema de producción por lote, les permite adaptarse a las variaciones de la demanda, en el cual se puede producir una amplia variedad de productos y, la elaboración de cada uno es independiente unas de otras.
2. Su desventaja principal es que no cuenta con la tecnología apropiada que les permita cubrir las exigencias del mercado actual, ya que su maquinaria y equipos son muy antiguos y se tiene una dependencia de las habilidades del operario.
3. La capacidad de producción actual de la planta puede alcanzar un máximo de 113,740 galones/mes lo que es insuficiente para cubrir los máximos en la demanda que se pudieran presentar los cuales pueden llegar hasta 200,000 galones/mes.
4. Los paros no programados y los tiempos muertos disminuyen la eficiencia del proceso de producción la cual bajo las condiciones de operación actuales es de 86.34%.
5. La empresa no cuenta con un departamento de mantenimiento propio, por lo que recurre a empresas de tipo *outsourcing*, esto hace que las actividades de mantenimiento se limiten a ejecutar únicamente acciones correctivas. Esto conlleva a paros no programados y tiempos muertos que reducen la eficiencia de la planta

6. La eficiencia actual es de 87 % y está limitada por procesos lentos como el llenado que provocan cuellos de botella y retrasos en ritmo de producción.
7. Se identificaron los puntos del proceso de producción que pueden ser mejorados a través de la tecnología apropiada para aumentar la productividad y eficiencia de la planta.
8. Se diseñó un programa de mantenimiento preventivo, en base a los manuales proporcionados por los fabricantes de los equipos y entrevistas con especialistas. Se establecieron cronogramas anual y mensual de mantenimiento, las principales tareas a realizar en las inspecciones, y los intervalos de tiempo de tiempo en que deben ejecutarse.
9. Se diseñaron formatos que facilitan la administración del programa de mantenimiento preventivo, en éstos se recopila la información generada por el uso de la maquinaria y se lleva el historial de fallas de cada equipo. Además, se presentaron formatos para reportar anomalías, solicitar reparaciones, y reportes mensuales de mantenimiento.
10. Se establecieron índices de evaluación para evaluar la implementación del programa de mantenimiento: cantidad de actividades realizadas versus programadas, número de paros mensuales no programados, horas de paro y los costos de mantenimiento.
11. Se elaboró un programa de lubricación en el que se indican los puntos a lubricar, el tipo de lubricante a utilizar y la frecuencia de relubricación. También se establecieron los fundamentos para el almacenaje y manejo de los lubricantes, estableciendo un área específica dentro de la empresa en donde los lubricantes

puedan ser guardados fuera de factores ambientales que puedan alterar sus propiedades.

12. Se presentaron propuestas tecnológicas que permiten aumentar la productividad y eficiencia de la planta, evaluando los equipos que mejor se adaptan al tipo de producción que se tiene lo que justifica su inversión.
13. Se estableció que la implementación de las propuestas planteadas aumentaría a 90% la eficiencia de la planta, y la productividad aumentaría a 96 galones/hora, lo que justifica su inversión.

RECOMENDACIONES

1. El jefe de mantenimiento debe evaluar los indicadores de mantenimiento, para la toma de decisiones de la rentabilidad de los equipos, ya que algunos tienen muchos años de estar en servicio y pueden empezar a manifestar problemas que ameriten su reemplazo.
2. La gerencia debe asignar un presupuesto para la compra de herramientas adecuadas, para realizar las intervenciones a los equipos, ya que actualmente no se cuenta con el equipo para realizar los trabajos de mantenimiento.
3. El jefe de mantenimiento debe coordinar capacitaciones para el personal de mantenimiento, acerca de temas que útiles en el desempeño de sus labores tal como neumática, hidráulica, cojinetes, engranajes, bandas y cadenas, electricidad, entre otros. Estas capacitaciones pueden ser coordinadas internamente o a través de instituciones como INTECAP.
4. El jefe de mantenimiento debe capacitar al personal en la detección de alteraciones en el accionar de las máquinas, las cuales puede provocar fallas en los equipos, para descubrirlas a tiempo y realizar los trabajos necesarios para evitar fallas de mayores consecuencias.
5. El jefe de mantenimiento debe procurar siempre la mejora continua del programa de mantenimiento preventivo, a través de la retroalimentación proveniente de las sugerencias del personal operativo y técnico, evaluar dichas sugerencias y mejorar así la aplicación del programa.

6. La alta gerencia debe manifestar su apoyo hacia el programa de mantenimiento a través de capacitaciones y conferencias que faciliten el desarrollo de las actividades de mantenimiento, y disminuir la resistencia al cambio que podría surgir.
7. El jefe de mantenimiento debe tomar en cuenta cualquier eventualidad, ya que la aplicación del programa de mantenimiento preventivo procura reducir al mínimo las reparaciones de mantenimiento correctivo, sin embargo, no es posible garantizar que no existirán fallas inesperadas, ya que las reparaciones dependen de la calidad de los repuestos utilizados, de las condiciones de operación, y del volumen de trabajo.
8. La gerencia tanto de producción como de mantenimiento debe promover la correcta utilización de los formatos elaborados para la administración del mantenimiento preventivo, ya que tienen como propósito recopilar información del funcionamiento de los equipos, así como de las intervenciones realizadas.
9. El jefe de mantenimiento debe revisar periódicamente el programa de mantenimiento preventivo procurando su mejora continua, a través de información actualizada del funcionamiento de los equipos, y la utilización de gráficos que permitan observar la tendencia de los resultados mensuales del mantenimiento, con el objeto de aumentar su efectividad.
10. El jefe de mantenimiento debe publicar los resultados obtenidos en lugares visibles a todo el personal de la planta, con el objeto de que todos tengan la información del avance en la implementación del programa de mantenimiento.

11. El gerente de producción debe coordinar capacitaciones sobre el uso de la tecnología que será implementada en el proceso de producción, y dar el seguimiento respectivo, a fin de obtener los resultados esperados como el aumento de la capacidad de producción y el mejoramiento de la eficiencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Elonka, Stephen Michael, Operación de plantas industriales, 1ª edición en español. México: McGraw-Hill, 1983.
2. Marks, Liones y Avallone, Eugene A. Manual del ingeniero mecánico. 3ª edición en español. México: McGraw-Hill, 1995.
3. Moro Blanco, José Manuel Sistema para la gestión del mantenimiento preventivo en una empresa de agroquímicos. Tesis ingeniero mecánico industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 73 pp.
4. Gutiérrez Santos, Francisco, Manual de iluminación. 1ª edición, México: Holophane, 1996.
5. Hacia la Excelencia en Mantenimiento. J. M. Arenas, Paraninfo, Madrid España, 2000.
6. Organización y liderazgo del mantenimiento. J. Dixon, TGP-Hoshin, S.L. Madrid, España. 1999.
7. Mantenimiento industrial. Gatica Angeles, Rodolfo R. 2005

Referencia electrónica

8. www.solomantenimiento.com
9. www.mantenimientomundial.com
10. www.productividadyeficiencia.com

APÉNDICE

APÉNDICE 1: Análisis económico de las propuestas de mejora.

	Propuestas de mejoras al proceso de producción	Inversión
1	Variadores de frecuencia	Q.1,200.00
2	Taponadora neumática, Bosch 0607-160502	Q.1,840.00
3	Llenado Semiautomático por peso, PLC	Q.30,000.00
4	Incorporación de máquina llenadora	Q.2,250.00
5	Llenado volumétrico de productos semilíquidos tipo gel	Q.650.00
6	Boquilla de doble salida	Q. 210.00
7	Engrapadora neumática	Q.3,350.00
8	Dispensador manual de cinta adhesiva	Q.120.00
9	Impresión de etiqueta de control de calidad	-----

1. Variadores de frecuencia:

Inversión: Q.1,200.00 c/u.

Retorno de la inversión:

Ahorro de 20 minutos de mezclado por cada batch de 850 galones (0.0003921 horas / galón).

Ahorro de mano de obra 0.0003921 horas/galón x Q.9.00/hora = Q.0.0035289/galón

Ahorro en energía eléctrica 0.0003921 horas/galón x Q.7.50/hora = Q.0.0029407/galón

Ahorro total Q.0.0064696/galón

Retorno en: Q.1200.00 / Q.0064696/galón = 185,480 galones

2. Taponadora Neumática:

Inversión: Q.1,840.00

Retorno de la inversión:

Ahorro de 2 segundos/galón (0.0005555 horas / galón).

Ahorro de mano de obra $0.0005555 \text{ horas/galón} \times \text{Q.9.00/hora} = \text{Q.0.005/galón}$

Retorno en: $\text{Q.1840.00} / \text{Q.0.005/galón} = 368,000 \text{ galones}$

3. Llenado semiautomático por peso, PLC

Inversión: Q.30,000.00

Retorno de la inversión:

Ahorro de 6 segundos/galón (0.0016666 horas/galón)

Ahorro de mano de obra $0.0016666 \text{ horas/galón} \times \text{Q.9.00/hora} = \text{Q0.015/galón}$

Retorno en: $\text{Q.30,000.00} / \text{Q0.015/galón} = 2\,000,000 \text{ galones}$

4. Incorporación de máquina llenadora

Diferentes tipos de empaques	Q. 744.00
Fabricación del molde para empaques	Q. 671.00
Mesa para envases vacíos	Q. 450.00
Copa para taponadora y empaque	Q. 270.00
Orings	Q. 40.00
Materiales y otros accesorios (abrazaderas)	<u>Q. 75.00</u>
Total	Q. 2,250.00

Inversión: Q.2250.00

Retorno de la inversión:

Ahorro de 13 segundos/ galón (0.0036111 horas/galón)

Ahorro de mano de obra $0.0036111 \text{ horas /galón} \times \text{Q9.00/hora} = \text{Q0.0325/galón}$

Retorno en: $\text{Q.2250.00} / \text{Q0.0325/galón} = 69,230 \text{ galones}$

5. Llenado volumetrico de semilíquidos tipo gel

Inversión: Q.650.00

Retorno de la inversión:

Ahorro de 10 segundos/libra (0.002777 horas/libra)

Ahorro de mano de obra $0.0027777 \text{ horas/libra} \times Q.9.00/\text{hora} = Q.0.025/\text{libra}$

Ahorro en consumo de papel

Retorno en: $Q.650.00/Q.0.025/\text{libra} = 26,000 \text{ libras}$

6. Boquilla de doble salida

El costo de realizar una boquilla en acero inoxidable es de:

2 Reducidor bushing roscados de acero inoxidable de 1 ½" x 1"	Q. 38.00 x 2	Q.76.00
1 Tee roscada de acero inoxidable de 1 ½" NPT	Q. 48.00	Q.48.00
2 Niples 1" x 3" largo	Q. 43.00 x 2	<u>Q.86.00</u>
		Q.210.00

Inversión: Q.210.00

El uso de esta boquilla requiere de 2 operarios al mismo tiempo, por lo que no se obtiene un ahorro en la mano de obra, sino solamente rapidez en el proceso de llenado, sin embargo la inversión es mínima.

7. Cerrado de cajas con engrapadora neumática

Inversión:

Engrapadora Q.3350.00

Retorno de la inversión:

El costo de cerrar actualmente una caja con silicón es de Q.0.45 /caja.

El costo de cerrar una caja utilizando grapas sería de Q.0.05 / caja

El ahorro que se obtiene al cerrar una caja con grapas es de $Q.0.40 / \text{caja} = Q.0.10 / \text{galón}$

Ahorro de 9 segundos/ caja (0.0025 hrs. /caja)

Ahorro de mano de obra $0.0025 \text{ hrs. /caja} \times Q9.00/\text{hora} = Q.0.0225/\text{caja}$

Retorno en: $Q3350 / Q.0.4225 = 7930 \text{ cajas}$

8. Cerrado de cajas con cinta adhesiva con el logotipo de la empresa

Inversión:

Dispensador de cinta adhesiva: Q120.00

Retorno de la inversión:

El costo de cerrar actualmente una caja con silicón es de Q.0.45 /caja.

El costo de cerrar una caja utilizando cinta adhesiva con logotipo es de Q.0.16 /caja

El ahorro que se obtiene al cerrar una caja con grapas es de Q0.29 /caja = Q0.0725/galón

Ahorro de 9 segundos/ caja (0.0025 hrs. /caja)

Ahorro de mano de obra $0.0025 \text{ hrs. /caja} \times Q9.00/\text{hora} = Q.0.0225/\text{caja}$

Retorno en: $Q.120.00/Q.0.31 = 387 \text{ cajas}$

9. Impresión de etiqueta de control de calidad

No se necesita comprar equipo ya que se cuenta con computadoras e impresoras que se pueden utilizar para imprimir estas etiquetas. Además se obtiene un importante ahorro de tiempo y dinero.

Ahorro 10 segundos/etiqueta (0.002777 horas/etiqueta)

Ahorro de mano de obra $0.002777 \text{ horas/etiqueta} \times Q.9.00/\text{hora} = Q.0.025/\text{etiqueta}$

APÉNDICE 2: Costos por servicios de mantenimiento *outsourcing*.

COSTOS POR SERVICIOS DE MANTENIMIENTO *OUTSOURCING*

	Empresa	Fecha	Concepto	Costo
1	Maquinaria y Equipo	02/08/2005	Montacargas Yale, revisión calentamiento del motor, cambiar tapón de radiador	Q280.00
2	SEYC	03/08/2005	Repuestos utilizados en mantenimiento de: tanque 1, tanque 5, lámpara 96	Q1,455.00
3	SEYC	03/08/2005	Mantenimiento preventivo del equipo y sus instalaciones correspondiente a julio 2005	Q2,240.00
4	EQUIPE	04/08/2005	Servicio y mantenimiento y calibración a 5 basculas y balanzas mecánicas y electrónicas	Q1,600.00
5	Maquinaria y Equipo	09/08/2005	Montacargas Yale, revisión problema en marcha y contramarcha	Q180.00
6	EQUIPE	06/09/2005	Servicio de mantenimiento y calibración a 4 basculas y balanzas, mecánicas y electrónicas	Q1,240.00
7	EQUIPE	06/09/2005	Servicio de reparación a una balcula marca Toledo modelo 8140	Q175.00
8	SEYC	06/09/2005	Lámpara tipo industrial para el área de metrología 220 volts.	Q2,035.00
9	SEYC	06/09/2005	Mantenimiento preventivo del equipo y sus instalaciones correspondiente a agosto 2005	Q2,240.00
10	DACSA	12/09/2005	Mantenimiento impresora Sato CL-408	Q275.00
11	NUKO	13/09/2005	Servicio de mantenimiento de 600 hrs. a su montacargas marca Yale	Q1,545.50
12	REMISA	22/09/2005	Servicio de 200 hrs. a montacargas TCM	Q560.00
13	NUKO	27/09/2005	Desmontar llanta delantera montacargas y reparación	Q209.37
14	EQUIPE	03/10/2005	Servicio de mantenimiento y calibración a 6 basculas y balanzas electrónicas	Q2,060.00
15	EQUIPE	03/10/2005	Servicio de mantenimiento y calibración a 5 basculas y balanzas electrónicas	Q1,600.00
16	SEYC	05/10/2005	Repuestos de tanque 2: arrancador completo de accionamiento del motor, armadura 115 voltios, caja registro cuadrada	Q620.00
17	SEYC	05/10/2005	Mantenimiento preventivo del equipo y sus instalaciones correspondientes a septiembre 2005	Q2,240.00
18	SEYC	07/11/2005	Mantenimiento preventivo del equipo y sus instalaciones correspondiente a octubre 2005	Q2,240.00
19	DACSA	15/11/2005	Mantenimiento a impresora Sato CL-408 e	Q275.00
20	SEYC	22/11/2005	Reparación de válvula de acero inoxidable tanque No. 4	Q450.00
21	SEYC	22/11/2005	Soldaduras de tuercas, extracción de tornillo quebrado de tanque No. 57	Q360.00
22	NUKO	24/11/2005	Servicio de mantenimiento de 800 hrs. a montacargas Yale	Q1,185.70
23	EQUIPE	05/12/2005	Servicio de mantenimiento y calibración a 6 basculas y balanzas electrónicas	Q1,910.00
24	SEYC	07/12/2005	Mantenimiento preventivo del equipo y sus instalaciones correspondiente a nov. 2005	Q2,240.00

Continúa				
25	EQUIPE	14/12/2005	Servicio de mantenimiento y reparación	Q360.00
26	MAPRECO	02/01/2006	Limpieza de fosas sépticas	Q3,600.00
27	EQUIPE	02/01/2006	Servicio de mantenimiento y calibración a 5 basculas y balanzas electrónicas	Q1,600.00
28	SEYC	10/01/2006	Mantenimiento preventivo del equipo y sus instalaciones correspondiente a diciembre 2005	Q2,240.00
29	TORNO SERMA	11/01/2006	Por hacer llave para tapón de envase de 5 galones	Q260.00
30	DAHO POZOS	20/01/2006	Mantenimiento realizado en pozo mecánico	Q9,560.00
31	EQUIPE	02/02/2006	Servicio de mantenimiento y calibración a 6 basculas y balanzas electrónicas	Q1,910.00
32	NUKO	06/02/2006	Servicio de mantenimiento de 100 hrs. a montacargas marca Yale	Q850.00
33	SEYC	09/02/2006	Soldar parte inferior del tanque No. 02	Q560.00
34	SEYC	10/02/2006	Soldadura hecha en una olla de acero inoxidable para calentar productos	Q384.00
35	SEYC	10/02/2006	Fabricación de estructura para tanque 7	Q2,000.00
36	DACSA	23/02/2006	Mantenimiento impresora Sato CL-408	Q275.00
37	SEYC	28/02/2006	Mantenimiento preventivo del equipo y sus instalaciones, correspondiente a enero 2006	Q2,475.00
38	SEYC	28/02/2006	Repuestos mantenimiento diciembre de 2005; Cojinetes, Aceite 90, Castigadores, Pintura Sintética, Solvente, Sellador	Q435.00
39	EQUIPE	07/03/2006	Servicio de mantenimiento y calibración a 6 basculas y balanzas mecánicas y electrónicas.	Q1,960.00
40	HERMES	13/03/2006	Servicio técnico engrapadora	Q250.00
41	HERMES	13/03/2006	Kit de reparación para engrapadora	Q350.00
42	SEYC	15/03/2006	Mantenimiento preventivo del equipo y sus instalaciones correspondiente a febrero 2006	Q2,475.00
43	SEYC	15/03/2006	2 Cojinetes para tanque 9 Q.39.14 Balastro RS Área Polvos Q.102.00 3 switch tipo dado Q.31.80 4 pernos 1/2 tanque 7 Q.53.00 6 tubos fluorescentes Q.53 Fotocelda Pasillo Torre Enfriamiento Q.79	Q344.51

TOTAL

Q61104.08