

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

**DESCRIPCIÓN DE MONTAJE, PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y
ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO, DE LA
EMPRESA ADM NUTRICIÓN ANIMAL, S.A.**

Jorge Alberto Salazar Cap

Asesorado por el Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes

Guatemala, mayo de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESCRIPCIÓN DE MONTAJE, PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y
ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO, DE LA
EMPRESA ADM NUTRICIÓN ANIMAL, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

JORGE ALBERTO SALAZAR CAP
ASESORADO POR EL ING. EDWIN JOSUÉ IXPATÁ REYES
AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2010

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 López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De León
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
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:

**DESCRIPCIÓN DE MONTAJE, PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y
ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO, DE LA
EMPRESA ADM NUTRICIÓN ANIMAL, S.A.,**

tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el día 14 de julio del 2009.


Jorge Alberto Salazar Cap



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 25 de marzo de 2010.
Ref.EPS.DOC.545.03.10.

Ingeniera
Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Jorge Alberto Salazar Cap**, Carné No. **200512031** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DESCRIPCIÓN DE MONTAJE, PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO DE LA EMPRESA ADM NUTRICIÓN ANIMAL, S.A.”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



EJIR/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DESCRIPCIÓN DE MONTAJE, PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO DE LA EMPRESA ADM NUTRICIÓN ANIMAL, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Alberto Salazar Cap**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2010.

/mgp



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 25 de marzo de 2010.
Ref.EPS.D.250.03.10

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

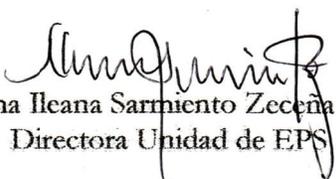
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“DESCRIPCIÓN DE MONTAJE, PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO DE LA EMPRESA ADM NUTRICIÓN ANIMAL, S.A.”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Jorge Alberto Salazar Cap** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

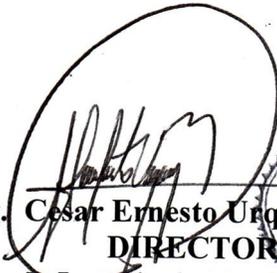
NISZ/ra





El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DESCRIPCIÓN DE MONTAJE, PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO, DE LA EMPRESA ADM NUTRICIÓN ANIMAL, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Alberto Salazar Cap**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. **Cesar Ernesto Urquiza Rodas**
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2010.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DESCRIPCIÓN DE MONTAJE, PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO, DE LA EMPRESA ADM NUTRICIÓN ANIMAL, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Jorge Alberto Salazar Cap**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, mayo de 2010.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Ser Supremo, por darme la oportunidad, la paciencia y la capacidad para completar mis estudios.
Mi madre	María Salomé Cap Pablo, por darme la vida y la oportunidad de realizarme como persona y como profesional.
Mi tío	Ernesto Cap Pablo, por sus consejos y apoyo incondicional.
Mis hermanos	Por ser mis amigos y mi fortaleza.
Mi padre	Por su ayuda y consejos.
Mis abuelos	Candelaria y Esteban, por ser un ejemplo en todo momento de mi vida.
Mis amigos	Por su apoyo desinteresado y por los momentos vividos.
Mi país	Guatemala, bendita tierra que me vio nacer.

AGRADECIMIENTOS A:

El Ingeniero Edwin Josué Ixpatá Reyes, por compartir sus conocimientos y por asesorar este trabajo de graduación.

La Inga. Sigrid Calderón, por su guía, apoyo desinteresado y asesoría en la conclusión de este trabajo.

El Dr. Hans Mann, por su valioso aporte técnico y académico, pilar importante para la realización de este trabajo.

ADM Nutrición Animal de Centroamérica, S.A., por darme la oportunidad de desarrollar mi E.P.S. en sus instalaciones.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por formarme profesionalmente y permitirme realizar mis estudios.

Mis catedráticos, por todos sus conocimientos y preparación brindados, especialmente a los Ingenieros: Mario de León, Casta Zeceña, Erick Jacobs, Sergio Torres, Hugo Montenegro, Hugo Chávez.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE ABREVIATURAS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN	1
1.1 Antecedentes históricos de la empresa	1
1.2 Actividades que se realizan en la corporación	2
1.2.1 Ingredientes de alimentos	2
1.2.2 Nutrición animal	3
1.2.3 Materiales industriales	3
1.2.4 Servicios agrícolas	4
1.2.5 Nutrición	5
1.2.6 Marcas	6
1.3 Descripción de las actividades que se realizan en la planta	6
1.4 Estructura organizacional	8
1.5 Filosofía Corporativa	9
1.5.1 Ética y valores	9
1.5.2 Prácticas de manejo de la corporación	10
1.5.3 Diversidad	11
1.6 Responsabilidad	11
1.7 Misión	12
1.8 Visión	12
1.9 Ubicación	13

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO	15
DE ADM NUTRICIÓN ANIMAL	
2.1 Consideraciones acerca del montaje del equipo	17
2.1.1 Descripción de la maquinaria	17
2.1.1.1 Mezcladora	18
2.1.1.2 Sistema de extracción	20
2.1.1.3 Sistema de transporte	22
2.1.1.4 Sistema de empaque	23
2.1.2 Consideraciones neumáticas del equipo	24
2.1.2.1 Ubicación de equipos neumáticos	25
2.1.2.2 Requerimiento neumático teórico	26
2.1.2.3 Requerimiento neumático real	28
2.2 Descripción de procesos	34
2.2.1 Proceso de etiquetado	34
2.2.2 Proceso de medición de microcomponentes y macrocomponentes	36
2.2.3 Proceso de ensacado	37
2.2.4 Proceso de empaque	37
2.3 Análisis del proceso de acuerdo a los enfoques principales de la operación	37
2.3.1 Propósito de la operación	38
2.3.1.1 Etiquetado	38
2.3.1.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes	39
2.3.1.3 Ensacado	40
2.3.1.4 Empaque	40
2.3.2 Diseño de partes	40
2.3.2.1 Etiquetado	41
2.3.3 Tolerancias y especificaciones	43
2.3.3.1 Pesado de ingredientes	43
2.3.3.2 Ensacado de producto	44

2.3.4 Material	45
2.3.4.1 Etiquetado	46
2.3.4.2 Empacado	47
2.3.5 Secuencia y procesos de manufactura	49
2.3.5.1 Etiquetado	49
2.3.5.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes	50
2.3.5.3 Ensacado	52
2.3.5.4 Empacado	53
2.3.6 Preparaciones y herramientas	53
2.3.6.1 Etiquetado	53
2.3.6.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes	54
2.3.7 Distribución de la planta	57
2.4 Análisis de trabajo	58
2.4.1 Etiquetado	58
2.4.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes	59
2.4.3 Ensacado	60
2.4.4 Empacado	61
2.5 Estudio de tiempos	61
2.5.1 Etiquetado	63
2.5.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes	64
2.5.3 Ensacado	65
2.5.4 Empacado	66
3. DESCRIPCIÓN DE MONTAJE, PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE PROCESOS, DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO DE ADM NUTRICIÓN ANIMAL, S.A.	67
3.1 Montaje de equipos	68
3.1.1 Secuencia y métodos de montaje	73
3.1.2 Diseño e instalación de la red neumática	84
3.1.3 Consideraciones eléctricas de la instalación	89

3.2 Mantenimiento de equipos	95
3.2.1 Rutinas de mantenimiento por equipo	96
3.2.1.1 Compresores	97
3.2.1.2 Ventiladores	99
3.2.1.3 Filtros	100
3.2.1.4 Cajas reductoras	101
3.2.1.5 Red neumática	112
3.2.1.6 Mezcladoras y tolvas	115
3.2.1.7 Soportes	117
3.2.1.8 Motores eléctricos	123
3.2.2 Programa de mantenimiento	125
3.3 Diseño del trabajo	132
3.3.1 Diseño del trabajo manual	132
3.3.1.1 Etiquetado y sacos	132
3.3.1.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes	133
3.3.1.3 Ensacado	138
3.3.1.4 Empaque	139
3.3.2 Diseño del lugar de trabajo, equipo y herramientas	140
3.3.2.1 Área de etiquetado	141
3.3.2.2 Área de mediciones	145
3.3.2.3 Área de ensacado	148
3.4 Estudio de tiempos	153
3.4.1 Formatos para estudio de tiempos	153
3.4.2 Cálculos del estudio	155
3.4.2.1 Observaciones necesarias para calcular el tiempo normal	156
3.4.2.2 Tiempos de preparación	159
3.4.2.3 Calificación de la actuación	163
3.4.2.4 Aplicación de suplementos	167
3.4.3 Determinación de tiempos estándar	168
3.5 Determinación de la capacidad estándar de producción	173

3.5.1 Plan de producción intermitente	173
3.6 Costos de implementación de método	178
3.7 Ventajas de la implementación del método	180
4. GUÍA PARA EL MANEJO DE DESECHOS Y MATERIALES	187
NOCIVOS PARA EL MEDIOAMBIENTE Y LA SALUD	
4.1 Consideraciones medioambientales del proceso	187
4.2 Manejo de desechos	187
4.2.1 Identificación de materiales de desecho	188
4.2.2 Manejo recomendado de desechos	194
4.3 Manejo de materiales	195
4.3.1 Categorías de manejo de materiales	195
4.3.2 Distribución de zonas de almacenaje	200
4.3.3 Equipo de protección personal	203
4.3.3.1 Protección de la cabeza	204
4.3.3.2 Protección de ojos	206
4.3.3.3 Protección del sistema respiratorio	208
4.3.3.5 Protección de brazos y manos	209
4.3.3.4 Protección del cuerpo	211
4.3.3.6 Protección de pies	212
4.3.4 Equipo especial de acuerdo al área	212
4.3.5 Manejo recomendado de materiales	215
4.4 Marco legal acerca del tema	216
4.4.1 Sustancias y productos químicos	218
4.4.2 Manejo de desechos	221
5. SEGUIMIENTO Y MEJORAS	225
5.1 Aplicación del programa de mantenimiento	225
5.1.1 Asignación de trabajos y responsabilidades	225
5.1.2 Integración de las actividades de mantenimiento y producción	234
5.1.3 Evaluación del programa de mantenimiento	235

5.1.3.1 Análisis de lubricantes	235
5.1.3.2 Análisis de la temperatura de los equipos	239
5.1.4 Mejora del programa de mantenimiento	240
5.2 Evaluación del método desarrollado	241
5.2.1 Control y registro de los resultados obtenidos	241
5.2.2 Comparación teórica – real del método	243
CONCLUSIONES	245
RECOMENDACIONES	247
BIBLIOGRAFÍA	249

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa	8
2.	Ubicación actual de la organización	13
3.	Diagrama de árbol, diagnóstico de la planta de mezcla	16
4.	Mezcladora de paletas	19
5.	Toma superior de la mezcladora de paletas	20
6.	Ventiladores centrífugos del sistema de extracción	20
7.	Esquema del filtro de mangas	21
8.	Sistema de elevadores	23
9.	Ensacadora manual	24
10.	Cilindro Humphrey de alta precisión	26
11.	Nomograma para la caída de presión	29
12.	Trayectoria de alimentación neumática	30
13.	Trazado del nomograma para determinar la caída de presión	32
14.	Diseño de etiquetas	42
15.	Dimensiones de la bolsa de polietileno	43
16.	Variación máxima de producto entregado de acuerdo a la precisión de a báscula	45
17.	Diseño de protocolo de proceso	55
18.	Cucharón utilizado para dosificar microcomponentes	56
19.	Navaja propuesta para utilizarse en descargas a cangilón	56
20.	Distribución de planta	58
21.	Bosquejo de bodega	68
22.	Esquemas de la cimentación	70
23.	Fundición de cimientos	70
24.	Diagrama de Gantt de montaje mecánico	72

25. Montaje de columna principal <i>a</i>	74
26. Elevación de columna <i>a</i>	74
27. Sujeción de columnas <i>a</i> y <i>b</i>	75
28. Montaje de columnas <i>a</i> , <i>b</i> y <i>c</i>	75
29. Columnas <i>a</i> , <i>b</i> y <i>c</i>	76
30. Montaje y sujeción de columnas <i>a</i> , <i>b</i> , <i>c</i> y <i>d</i>	76
31. Montaje de plataforma superior	77
32. Montaje de tensores	77
33. Estructura armada con tensores	78
34. Motor de elevador	78
35. Rieles de elevador	79
36. Montaje de elevadores	79
37. Giro de equipo de elevación	80
38. Estructura y elevadores	80
39. Montaje de mezcladoras	81
40. Tolva de producto terminado	82
41. Tolvas superiores	82
42. Ensacadora automática, transporte por tornillo sinfín	83
43. Sistema filtro, ventilador y conductos	83
44. Torre de mezcla	84
45. Regulador, filtro y bypass	86
46. Unidad de mantenimiento colocada en ramal de filtros	87
47. Unidad de mantenimiento colocada en ramal de accionamientos	88
48. Trampa de agua	88
49. Caída de presión en el filtro de acuerdo a la presión y el caudal	89
50. Esquema de activación y desactivación de equipos	90
51. Esquema básico de lógica del controlador de dosificación	93
52. Compresor	97
53. Placa informativa del compresor	97
54. Ventilador y transmisión de potencia	99
55. Motoreductores de los elevadores	101
56. Reductor sinfín corona	102

57. Freno electromagnético	102
58. Ubicación del tapón de llenado, nivel de aceite y drenaje	103
59. Motoreductor cilíndrico de ejes paralelos	105
60. Estructura del motoreductor de la mezcladora	106
61. Estructura del motoreductor de la ensacadora	107
62. Posiciones de montaje para el motoreductor de ensacadora	107
63. Posiciones de montaje del motoreductor, correspondiente a la mezcladora	108
64. Ubicación de los puntos de lubricación del reductor de la ensacadora	108
65. Ubicación de los puntos de lubricación del reductor de la mezcladora	109
66. Tipos de lubricantes recomendados de acuerdo al tipo de motoreductor	110
67. Soporte instalado en elevador de 1000kg	117
68. Soporte instalado en elevador de 400kg	117
69. Soporte instalado en ventiladores y mezcladora de 1000kg	118
70. Soporte utilizado en mezcladora de 400kg	119
71. Soporte utilizado en descarga de mezcladora de 1000kg	119
72. Unidad instalada en descarga de mezcladora de 400kg	120
73. Placa de información del motor eléctrico del compresor	125
74. Código de identificación de rutinas de mantenimiento	128
75. Área normal de trabajo	143
76. Diseño del área de etiquetado	144
77. Ubicación de elementos en área de etiquetado	145
78. Ubicación de indicador de báscula en el área de pesado de microcomponentes	147
79. Ubicación de elementos en el área de pesado microcomponentes	147
80. Ilustración de elementos en el área de pesado de microcomponentes	148
81. Banco de trabajo del área de ensacado manual	150
82. Posición del operador en área de ensacado manual	150

83. Dimensiones del banco de ensacado manual	151
84. Posición del operador en área de ensacado automático	152
85. Dimensiones del banco de ensacado automático	152
86. Suplementos	167
87. Tiempo de proceso para cada operación de acuerdo a la cantidad de kilogramos producidos	170
88. Tiempo de proceso para la operación de microcomponentes de acuerdo a la cantidad producida	171
89. Diagrama de flujo del proceso	172
90. Tiempo de proceso de acuerdo a la cantidad producida	175
91. Tiempo de proceso para tres operadores de acuerdo a la cantidad producida	175
92. Tiempo de proceso para dos estaciones de trabajo de acuerdo a la cantidad producida	176
93. Tiempo de proceso de acuerdo a la cantidad producida, empleando tres operadores	177
94. Círculo de Möbius	189
95. Símbolo de reciclaje de aluminio	191
96. Símbolo repasack	192
97. Símbolo repasack para materiales de construcción	192
98. Símbolo repasack para productos químicos	192
99. Símbolo repasack para alimentos	193
100. Diamante de identificación de riesgos NFPA	196
101. Identificación de riesgos a la salud	197
102. Identificación de inestabilidad	198
103. Identificación de riesgos de incendio	199
104. Peligros especiales	199
105. Respirador	209
106. Equipo de protección personal de acuerdo al área	213
107. Reporte diario de realización de tareas de mantenimiento	226
108. Reporte semanal de realización de tareas de mantenimiento	227
109. Reporte mensual de realización de tareas de mantenimiento	228

110. Reporte bimensual de realización de tareas de mantenimiento	229
111. Reporte trianual de realización de tareas de mantenimiento	229
112. Reporte trimensual de realización de tareas de mantenimiento	230
113. Reporte semestral de realización de tareas de mantenimiento 1/2	231
114. Reporte semestral de realización de tareas de mantenimiento 2/2	232
115. Reporte anual de realización de tareas de mantenimiento	233
116. Reporte eneamensual de realización de tareas de mantenimiento	234
117. Identificación de muestras de lubricante	236

TABLAS

I	Consumo teórico de aire a 7bar	28
II	Longitud equivalente de los accesorios para tubos	29
III	Longitud equivalente por accesorios	31
IV	Rosca cónica americana de sello seco para tubo	33
V	Flujo máximo de aire en CFM de acuerdo a la presión y diámetro del tubo	34
VI	Características de impresión de materiales	46
VII	Cantidad mínima de elementos para etiquetado	54
VIII	Elementos, equipos y masa correspondiente	69
IX	Equipos requeridos para realizar el montaje	71
X	Cantidad de lubricante recomendado por línea	104
XI	Torque de apriete de acuerdo al diámetro del tornillo	104
XII	Vida útil de los elementos del reductor	105
XIII	Simbología de lubricación	108
XIV	Tipo de grasa en los rodamientos, de acuerdo a la temperatura ambiente	109
XV	Cantidad de aceite recomendado, de acuerdo al Reductor	111
XVI	Fallos en el reductor	112

XVII	Programa de mantenimiento, línea principal de aire	113
XVIII	Programa de mantto para unidades de Mantenimiento	114
XIX	Programa de mantto para válvulas neumáticas de Control	114
XX	Programa de mantenimiento para cilindros Neumáticos	115
XXI	Grados de grasa y aplicación	120
XXII	Frecuencias recomendadas de lubricación de acuerdo a las condiciones de operación	121
XXIII	Periodos de relubricación teóricos, según unidad	121
XXIV	Cantidad recomendada de grasa a aplicar, según Unidad	122
XXV	Torque de apriete de acuerdo al diámetro del tornillo	123
XXVI	Cantidad de grasa recomendada de acuerdo al rodamiento	124
XXVII	Abreviaturas de periodicidad aplicados para el programa de mantenimiento	127
XXVIII	Programa de mantenimiento, frecuencia diaria, semanal y mensual	129
XXIX	Programa de mantenimiento, frecuencia bimestral, trimestral y semestral	130
XXX	Programa de mantenimiento, frecuencia eneamensual, anual y trianual	131
XXXI	Peso máximo en kg aceptable para hombres y mujeres promedio levantando cajas compactas	135
XXXII	Dimensiones del cuerpo de adultos civiles en Estados Unidos	142
XXXIII	Formato de estudio de tiempos	154
XXXIV	Número recomendado de ciclos de observación	156

XXXV	Estimado inicial de observaciones de acuerdo a la operación	156
XXXVI	Cantidad de observaciones según el método estadístico por elemento	158
XXXVII	Tiempo cronometrado por elemento	159
XXXVIII	Tiempos de preparación de etiquetado observados	160
XXXIX	Tiempos de transporte observados	161
XL	Tiempos observados para el elemento de Desplazamiento	162
XLI	Tiempos observados para el elemento de carga	162
XLII	Tiempos de limpieza de mezcladora observados	163
XLIII	Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse	164
XLIV	Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse	164
XLV	Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse	165
XLVI	Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse	165
XLVII	Calificación de acuerdo a la operación	166
XLVIII	Aplicación de factores de calificación aplicados a cada elemento	166
XLIX	Suplementos aplicados de acuerdo a la operación	167
L	Suplementos aplicados y tiempo estándar por operación	168
LI	Protocolo de producción	169
LII	Tiempos obtenidos para cada operación al producir 1000kg	170
LIII	Consumo mensual de lubricantes	179
LIV	Costos y depreciación de equipo como resultado de aplicar el programa de mantenimiento propuesto	183

LV	Costos y depreciación y equipo sin aplicar mantenimiento preventivo	183
LVI	Ritmo inflacionario	184
LVII	Flujo obtenido al utilizar los métodos de trabajo desarrollados	185
LVIII	Flujo obtenido al aumentar las utilidades en 1%	186
LIX	Código de identificación SPI	189
LX	Código internacional de reciclaje	190
LXI	Resistencias químicas	210
LXII	Dimensiones de guantes de acuerdo a la talla	211
LXIII	Legislación existente en Guatemala sobre desechos sólidos	224

LISTA DE ABREVIATURAS

Símbolo	Significado
kg	Kilogramo
PLC	Controlador lógico programable
V	Voltio
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
mm	Milímetro
cm	Centímetro
psi	Libras por pulgada cuadrada
CFM	Pies cúbicos por minuto
m ³ /h	Metros cúbicos por hora
h	Hora
l	Litro
lev.	Levantamiento
min	Minuto
EPP	Equipo de protección personal
CNICE	Centro nacional de investigación y comunicación educativa
SIG	Sistema integrado de gestión de residuos y envases
UPS	Fuente de energía ininterrumpible
NLGI	National Lubricating Grase Institute
JIS	Japanese industrial standard
r.p.m.	Revoluciones por minuto
NFPA	National Fire Protection Association
SPI	Society of the Plastics Industry

CAS

Chemical abstracts service

CE

Comisión Europea

GLOSARIO

Batch	Término utilizado para describir procesos no continuos, en los que se requiere operar sobre cantidades discretas de material.
Cangilón	Recipiente utilizado para transportar materiales en elevadores.
Electroválvula	Dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto, accionado por medio de energía eléctrica.
Fleje	Cinta utilizada para asegurar embalajes, cuya resistencia a la tracción le confiere la capacidad de agrupar productos pesados.
Motoreductor	Dispositivo mecánico utilizado para reducir la velocidad de las revoluciones de un eje, sin disminuir su potencia.
Muelle	Resorte, elemento capaz de almacenar energía y liberarla, sin deformarse.
Pallet	Plataforma horizontal, empleada para almacenar, transportar y distribuir mercancías como cargas unitarias.

Pienso	Alimento seco balanceado para ganado.
Premezcla	Mezcla de vitaminas, minerales y aditivos, utilizada para compensar las deficiencias nutricionales del alimento para especies animales.
Sprocket	Volante con dientes utilizado para transmitir trabajo mecánico a una cadena.
Tolva	Dispositivo utilizado para depositar y canalizar materiales granulares o pulverizados.

RESUMEN

La planeación y control de la producción basados en el estudio y estandarización de métodos de trabajo permite explotar la capacidad instalada de un sistema de producción, ofreciendo productos de calidad y precio competitivos.

En la empresa ADM Nutrición Animal de Centroamérica, S.A. se supervisó el montaje del equipo de mezcla en seco, durante el cual se programaron actividades bajo enfoques de seguridad y planeación. Haciendo uso del conocimiento adquirido en el montaje de equipos e investigando, se desarrolló el programa de mantenimiento del equipo, garantizando así el buen funcionamiento y la vida útil prevista para el equipo.

Se realizó un estudio de métodos de trabajo, en el que se tomó en cuenta factores de seguridad, ergonomía, flujo de materiales y uso eficiente del tiempo. Se dividió el proceso en estaciones de trabajo y se desarrollaron áreas de trabajo que garanticen el uso eficiente del tiempo y la seguridad y salud del operador.

Se desarrolló una guía para el manejo adecuado de los materiales utilizados en el proceso, tomando en cuenta factores de seguridad, la legislación existente en Guatemala y regulaciones de la OSHA acerca del tema. En cuanto al manejo de desechos del proceso, consistentes en sólidos, se investigó en la legislación ambiental de Guatemala y se realizó un análisis acerca de los procedimientos a seguir con el objetivo de promover una gestión ambiental adecuada.

Se hizo énfasis en el desarrollo de herramientas de seguimiento y control de los métodos aplicados, promoviendo así las bases de un sistema de mejora continua. Se desarrollaron análisis acerca del beneficio económico y social del uso de los métodos desarrollados, y su incidencia en los resultados propuestos por la organización.

OBJETIVOS

General

- ✓ Crear las bases de un sistema de producción competitivo, por medio del diseño adecuado del trabajo, gestión adecuada del mantenimiento y coordinación de ambos factores en la planta de mezcla en seco.

Específicos:

1. Garantizar la vida útil y el funcionamiento correcto de la maquinaria, por medio de procedimientos de montaje adecuados.
2. Conservar la capacidad y vida útil de la maquinaria por medio del diseño y aplicación de un programa de mantenimiento integral adecuado.
3. Diseñar métodos estandarizados de trabajo eficientes en áreas operativas de la planta de mezcla.
4. Integrar la planeación de la producción y mantenimiento con el objetivo de generar un sistema de producción competitivo.
5. Desarrollar las bases de un sistema de manejo de materiales y desechos que tome en cuenta la seguridad del personal, la conservación del medioambiente y el marco legal establecido.

6. Simplificar y agilizar la implantación de cambios que afecten al personal operativo, por medio de la aplicación de herramientas de seguimiento.

7. Describir las ventajas del diseño adecuado de procesos sobre los resultados de la organización.

INTRODUCCIÓN

El entorno industrial se ha visto motivado por una competitividad creciente en todos los sectores, impulsando el diseño de procesos cada vez más productivos. Los mercados tienden a globalizarse, de lo que se obtiene como resultado una competencia mundial, que no distingue fronteras, y que tiene como objetivo producir más, a bajos precios con una gestión de calidad adecuada. El diseño de productos ha evolucionado desde un enfoque concerniente al área de producción, hasta un enfoque moderno que promueve el aporte de todas las áreas de la organización.

El enfoque individualista entre áreas, que promueve la burocratización de sistemas y flujos reducidos si no es que inexistentes de retroalimentación, se ha dejado de lado, por un enfoque interfuncional que requiere de la coordinación del todo, con el objetivo de mejorar el resultado global del sistema.

Un resultado directo del crecimiento de los mercados mundiales, es el crecimiento desorganizado de la industria, provocando que se menosprecien los conceptos de seguridad industrial. Ante la creciente tasa de accidentes, se ha visto la necesidad de crear organizaciones que actúen como entes que promuevan programas de prevención. La legislación se hace más estricta y completa día a día, y promueve que la seguridad industrial se justifique social y económicamente, como incentivo al tomar decisiones. El análisis del todo en una organización depende del apoyo de todas las áreas, y de retroalimentación constante, centrándose en los objetivos y metas del sistema.

Mediante la coordinación de retroalimentación de las tareas de montaje, mantenimiento y producción, se busca obtener un sistema incipiente productivo, que sea competitivo en el mercado actual, y que demuestre confiabilidad y calidad en procesos. Se promueve la utilización de métodos sencillos de estudio y recopilación de datos que apoyen el control constante del proceso, y que favorezcan el aporte del conocimiento del operador en la evaluación de mejoras del sistema.

En el primer capítulo se detallan las características de la organización, la ubicación de la organización en los planes de la corporación Archer Daniels Midland Company, y su filosofía corporativa. En el segundo capítulo se describe la situación actual de la empresa como proyecto, en el que se detallan a grandes rasgos los procesos, la maquinaria y el análisis previo de las operaciones.

El tercer capítulo representa el estudio e implementación del montaje, desarrollo del programa de mantenimiento, estudio y desarrollo de métodos de trabajo y determinación de capacidad estándar de producción. La evaluación del beneficio obtenido a través de la aplicación del estudio realizado y la justificación del proyecto.

El cuarto capítulo se enfoca en la investigación y propuesta del manejo seguro de materiales y desechos del proceso. Se enfoca en la seguridad del recurso humano, en las normativas existentes y en la legislación del país acerca del tema.

En el quinto capítulo se desarrollan herramientas y métodos para realizar el seguimiento de los resultados del sistema, y se enfoca como la base del control de la producción, y mantenimiento del equipo.

1. GENERALIDADES DE LA INSTITUCIÓN

Archer Daniels Midland Company es uno de los procesadores agrícolas más grandes del mundo. ADM procesa ingredientes obtenidos por medio de la agricultura y los transforma en ingredientes de alimentos, combustibles renovables y alternativas naturales para químicos industriales.

1.1 Antecedentes históricos de la empresa

Cada día, los 28,000 empleados de Archer Daniel Midland Company transforman cultivos de maíz, trigo y cocoa en ingredientes alimenticios, derivados agropecuarios y químicos industriales. Desde cultivos, transporte, almacenamiento y proceso de productos en más de 60 países, ADM conecta las cosechas de los granjeros con las necesidades del mercado mundial.

ADM tiene su sede central en Decatur, Illinois, y opera plantas de procesamiento y fabricación en Estados Unidos y en el mundo entero. A través de sus plantas y de sus extensas capacidades de distribución global, ADM contribuye en gran medida a la economía y calidad de vida mundiales.

En 1902, George A. Archer y John W. Daniels iniciaron un negocio de molienda de semillas de lino. En 1923, Archer Daniels Linseed Company adquirió Midland Linseed Products Company, y se formó Archer Daniels Midland Company. Al pasar los años, ADM extendió sus operaciones alrededor de los Estados Unidos de Norteamérica, así como la naturaleza de sus operaciones, consolidándose como una corporación reconocida mundialmente.

Hace algunos años se creó ADM Central Agrícola, S.A., y como parte de consolidar sus operaciones, nace ADM Nutrición Animal de Centroamérica S.A., en Guatemala. Con ADM Nutrición Animal de Centroamérica, ADM como corporación inicia sus actividades de producción de premezclas en el área de Centroamérica, por lo que espera competir con las empresas del medio y consolidarse en la región.

1.2 Actividades que se realizan en la corporación

ADM opera en diversos campos, desde alimentación humana, hasta en la producción de biocombustibles. La diversidad de actividades obedece a los objetivos y al credo de la corporación.

1.2.1 Ingredientes de alimentos

ADM ofrece una amplia variedad de ingredientes para alimentos de acuerdo a la necesidad específica del cliente, ofreciendo una gama con más de 1000 ingredientes. Además ofrece asesorías y de acuerdo a las necesidades del cliente se crean nuevos productos.

En el campo de nutrición, ADM incursiona en los siguientes campos:

- ✓ Panadería y cereales
- ✓ Bebidas
- ✓ Dulces y repostería
- ✓ Lácteos
- ✓ Productos cárnicos
- ✓ Alimentos snack

1.2.2 Nutrición animal

Uno de los fuertes de ADM, es la producción y distribución de alimento animal, ofreciendo una amplia gama de productos para ganado, aves de corral, mascotas, entre otras especies.

ADM invierte en investigaciones, en la búsqueda de comercializar productos de alimento animal. En lo referente a alimentación, ingredientes de alimentos, premezclas y mezclas a pedido, es una empresa líder. El campo de ADM Nutrición Animal comprende:

- ✓ Aminoácidos
- ✓ Coproductos del procesamiento del maíz
- ✓ Medicamentos aditivos de la alimentación
- ✓ Coproductos de molienda
- ✓ Premezclas
- ✓ Productos de proteína vegetal
- ✓ Vitaminas y minerales
- ✓ Productos de molienda de trigo
- ✓ Granos enteros

ADM cuenta con un departamento de servicio técnico, por medio del cual se crean dietas adecuadas a la especie animal que el cliente requiera, tomando en cuenta el entorno en el que se encuentre.

1.2.3 Materiales industriales

ADM trabaja con productos agrícolas, abundantes y renovables para desarrollar alternativas energéticas para la industria. Actualmente es reconocida como líder en la producción de etanol de combustión limpia. Además ADM produce derivados para la industria.

Entre los campos de la industria que abarca ADM se encuentran:

- ✓ Producción de biodiesel y etanol
- ✓ Construcción
- ✓ Productos para el hogar
- ✓ Químicos industriales
- ✓ Minería y perforaciones
- ✓ Embalaje
- ✓ Pinturas, tintas y recubrimientos
- ✓ Plásticos
- ✓ Pasta y papel

ADM ofrece productos de origen animal, con poca incidencia en el ambiente. Con esto se logra la producción sustentable de dichos productos, y una creciente demanda en los mercados alrededor del mundo.

1.2.4 Servicios agrícolas

De las ventajas notables de ADM, es que su campo de acción inicia desde la contratación de cosechas, continua con el procesamiento y finaliza con la entrega al cliente. Con una extensa red constituida en Latinoamérica, ADM cubre las necesidades de sus clientes, ya sea con productos importados o locales, y es debido a esta capacidad global que la corporación crece año con año.

Sus operaciones se encuentran ubicadas estratégicamente para incrementar al máximo su eficiencia operativa. ADM opera una red de más de 350 elevadores de granos, que se extiende desde Estados Unidos, Suramérica, Canadá, entre otras regiones. Además opera más de 80 silos de producción y almacenamiento de granos en Argentina, Brasil, Paraguay y Bolivia.

En cuanto a transporte, ADM y sus subsidiarias operan más de:

- ✓ 20,900 vagones de ferrocarril
- ✓ 1,350 tractores
- ✓ 2,150 lanchas
- ✓ 58 barcos remolcadores
- ✓ 29 barcasas

La extensa flota de ADM posee la capacidad de transportar productos por ríos, ferrocarriles, océanos y carreteras a escala global.

1.2.5 Nutrición

El campo de la nutrición continúa calificando entre los segmentos de más rápido crecimiento en la industria mundial de los alimentos. ADM aplica su conocimiento para mejorar los beneficios de las cosechas, para luego extraer los compuestos que poseen beneficios probados para la salud, entre los cuales se encuentran: vitamina E, antioxidantes tocoferol, esteroides de plantas, isoflavonas de soja, proteínas de soja, fibra soluble y aceites para controlar el peso y reducir las grasas trans.

Igualmente importante, los expertos de ADM ayudan a usar estos ingredientes para desarrollar alimentos, bebidas y suplementos dietarios funcionales de alto rendimiento y excelente sabor. Entre los productos ofrecidos por este segmento de ADM, se encuentran:

- ✓ Alimentos y bebidas funcionales
- ✓ Barras de nutrición
- ✓ Cuidado personal
- ✓ Alimentos de soja
- ✓ Vitaminas y suplementos

1.2.6 Marcas

ADM produce miles de ingredientes que se utilizan mundialmente en alimentos, alimentación animal, nutrición, cosméticos y hasta en industrias químicas e industriales. Dentro de esta amplia oferta de productos se encuentran marcas conocidas y respetadas en todo el planeta. Entre algunas de las marcas ofrecidas por ADM se encuentran:

- ✓ Ambrosia
- ✓ Merckens
- ✓ Nova Lipid
- ✓ Fibersol 2
- ✓ Corn Sweet
- ✓ Nutri Soy
- ✓ Nova Xan
- ✓ Opti Xan
- ✓ Yelkin
- ✓ Arcon
- ✓ NuSun
- ✓ Superb
- ✓ Ultralec
- ✓ Thermolec
- ✓ Capsulec

1.3 Descripción de las actividades que se realizan en la planta

El segmento de Nutrición Animal se enfoca a poner a la disposición del cliente, productos que optimicen la producción ganadera, de Centroamérica como segmento de mercado. Específicamente, la planta como tal se dedica a la producción de premezclas, y la parte de importación de alimentos para animales es manejado en Guatemala por ADM Central Agrícola, S.A.

La planta está diseñada para fabricar una amplia gama de premezclas, ingredientes individuales y aditivos de alimentos para todas las clases de ganado, aves de corral y animales de compañía.

La producción de premezclas se presenta como la oportunidad de brindar un servicio completo a la industria alimenticia, desde el servicio técnico, conformación de dietas, hasta la distribución de ingredientes para piensos.

Además, ADM posee dietas estandarizadas para los pequeños productores, entre las que se encuentran:

- ✓ Premezclas para porcinos
- ✓ Premezclas para rumiantes
- ✓ Premezclas para aves de corral
- ✓ Premezclas para equinos
- ✓ Mezclas de vitaminas
- ✓ Mezclas de vitaminas de minerales menores
- ✓ Mezclas de minerales
- ✓ Mezclas base

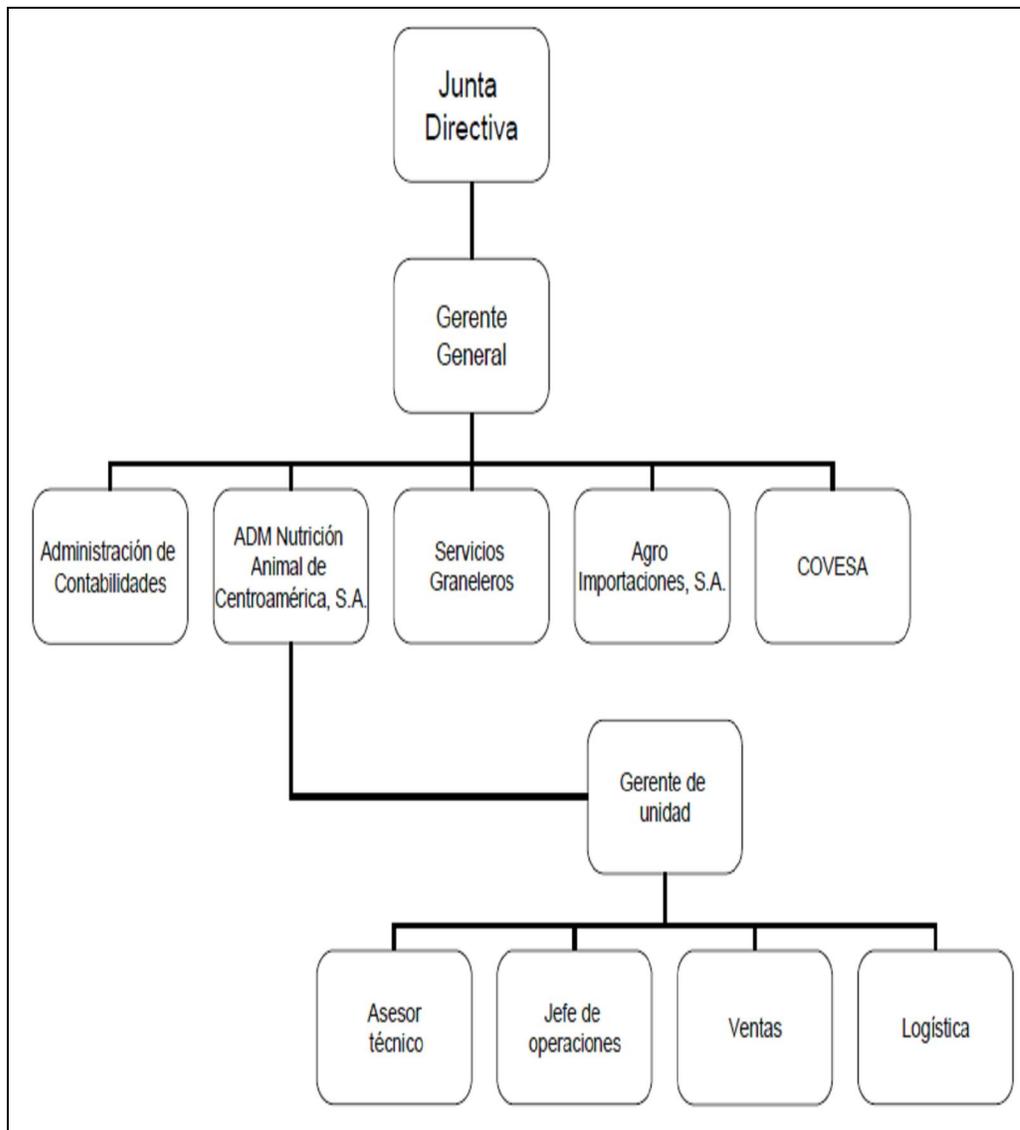
A nivel proceso, el procedimiento para realizar las premezclas es el mismo, cambiando únicamente los ingredientes que se agregarán a la premezcla. Cabe resaltar que una de las partes más importantes del proceso es la formulación de los productos, así como también la importación de las materias primas.

La adquisición de materias primas se realiza desde distintas partes del mundo, y es efectuada por personal tecnificado y con experiencia. Así también, la formulación requiere de años de experiencia en el mercado y un nivel especializado de conocimiento en el tema.

1.4 Estructura organizacional

ADM Nutrición Animal de Centroamérica, S.A. es una de las divisiones de Central Agrícola, S.A.. La Junta directiva de Central Agrícola encabeza la estructura organizacional, seguida por la gerencia de Central Agrícola. La gerencia de ADM Nutrición Animal actúa como un ente individual, y tiene a su cargo sub unidades operativas, como jefaturas, directores y áreas.

Figura 1. Organigrama de la empresa



1.5 Filosofía Corporativa

Uno de los pilares del crecimiento de ADM es su responsabilidad con el medioambiente y con las personas. Sus principios se encuentran detallados en los códigos creados para su cumplimiento.

1.5.1 Ética y valores

Este Código de conducta y ética comercial de la compañía es una expresión tangible del compromiso de ADM de ser la mejor compañía posible, trabajando de manera continua como un equipo diverso de individuos para crear una diferencia positiva en el mundo. Es una declaración de los valores que deberán ser reconocidos en la conducta comercial de ADM por sus empleados, funcionarios, directores y otros agentes. El código de ética y valores de ADM se basa en los siguientes principios:

- ✓ La gente es el activo más valioso de ADM, los estándares demuestran la importancia que tiene la gente para la compañía y la importancia de proteger el criterio comercial ante situaciones en las que puedan interferir intereses personales
- ✓ ADM tiene una obligación importante no sólo con sus empleados, sino también con las personas con las que realiza negocios
- ✓ ADM es una compañía de clase mundial comprometida con altos estándares de conducta comercial, incluyendo la competencia justa en el mercado
- ✓ Una buena ciudadanía corporativa beneficia a ADM y las comunidades en las que opera
- ✓ ADM opera comercialmente en todo el mundo y por lo tanto tiene una obligación de reconocer a las diversas autoridades gubernamentales de las que depende y cumplir las leyes y ordenanzas obligatorias

La misión, el compromiso y el credo hablan de una única visión: usar los productos agrícolas para mejorar la calidad de vida de las personas en todo el mundo. Esta pasión es la que guía al personal de ADM para convertirse en una fuerza positiva dentro de la comunidad comercial internacional.

Es responsabilidad de todos los empleados, funcionarios y directores de Archer Daniels Midland Company, y sus subsidiarias alrededor de todo el mundo cumplir con el código de conducta y ética comercial y cualquier política vigente.

Al igual que con todas las cuestiones disciplinarias se aplican principios de justicia y equidad para determinar las sanciones apropiadas.

1.5.2 Prácticas de manejo de la corporación

La corporación realiza todas sus operaciones de acuerdo al código de conducta de ADM, en el que se detalla el código de ética y valores de la organización. Todo lo concerniente a las decisiones de la compañía se hace siguiendo una estricta normativa interna, que se encuentra disponible al público en general. Todos los procesos están diseñados para hacerse de la manera más transparente posible, a modo de que todos en la corporación sepan hacia donde se dirige la organización.

Siguiendo con estos objetivos, los resultados de la organización, las metas anuales y todo lo concerniente al entorno económico de la organización es publicado en la página Web de la organización. ADM es una compañía que opera globalmente, y en cada uno de los países en los que opera debe reafirmar su reputación, y esto se logra mediante prácticas seguras, confiables y transparentes.

1.5.3 Diversidad

Parte del éxito de ADM se basa en su experiencia y reputación. ADM crea un entorno en el que se valoran la individualidad y las iniciativas, de acuerdo al código de conducta de la organización. La experiencia de tantos años como líder global ha reforzado la creencia de que la diversidad entre empleados y proveedores enriquece la organización, la fortalece y la ayuda a atender de mejor manera las necesidades de sus clientes.

Esto apoya el desarrollo de un entorno de equidad, en el que se valoran las actitudes, enfoques, puntos de vista y antecedentes, a modo de combinarlos y guiar la organización.

1.6 Responsabilidad

ADM es una de las procesadoras agrícolas más grandes del mundo y líder global en bioenergía, atendiendo la demanda creciente de alimentos y energía renovable. Este trabajo vital se logra con responsabilidad para conducir a su equipo de trabajo y su negocio e manera ética y segura, contribuyendo así al bienestar económico y social de sus clientes, tanto internos como externos, promoviendo el desarrollo sostenible de las comunidades en las que opera.

Como parte de esta responsabilidad, ADM invierte en investigaciones para promover la bioenergía como sustituto de las fuentes de petróleo, que como recurso renovable tienden a escasear. De esta manera, ADM tiene el compromiso de satisfacer las demandas de energía y de alimento por medio de las cosechas.

Debido a que ADM cuenta con una cadena de suministros que inicia desde las granjas y se extiende hasta el consumidor final, ADM comprende que su responsabilidad abarca la totalidad de dicha cadena. Desde el productor hasta el consumidor, cuentan con el apoyo y las normas de ética y conducta de ADM.

Como parte de su responsabilidad, ADM maneja programas de desarrollo en las comunidades en las que opera, a manera de crear una cadena de suministros sustentable, en la que tanto la organización como su capital humano crezcan.

La seguridad es un área de responsabilidad que comprende a toda la organización, y por supuesto, al cliente. Es por esto que ADM maneja programas de seguridad en todas sus operaciones, a manera de proteger a su equipo de trabajo no importando si se trata de un ejecutivo de ventas, o el operador de una planta, teniendo como objetivo reducir a cero los accidentes y lesiones de trabajo.

1.7 Misión

Liberar el potencial de la naturaleza para mejorar la calidad de vida.

1.8 Visión

Hacer del mundo un mejor lugar aplicando los avances de la investigación y la tecnología a la agricultura.

1.9 Ubicación

ADM Nutrición Animal de Centroamérica S.A., se encuentra ubicada en la 22 calle, sobre la calzada Atanasio Tzul de la zona 12 de la ciudad de Guatemala, en el complejo empresarial El Cortijo 2, en la bodega 120. En la figura 2 se muestra la ubicación en la que se encuentra actualmente la planta.

Figura 2. Ubicación actual de la organización



Fuente: Google earth

2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO DE ADM NUTRICIÓN ANIMAL

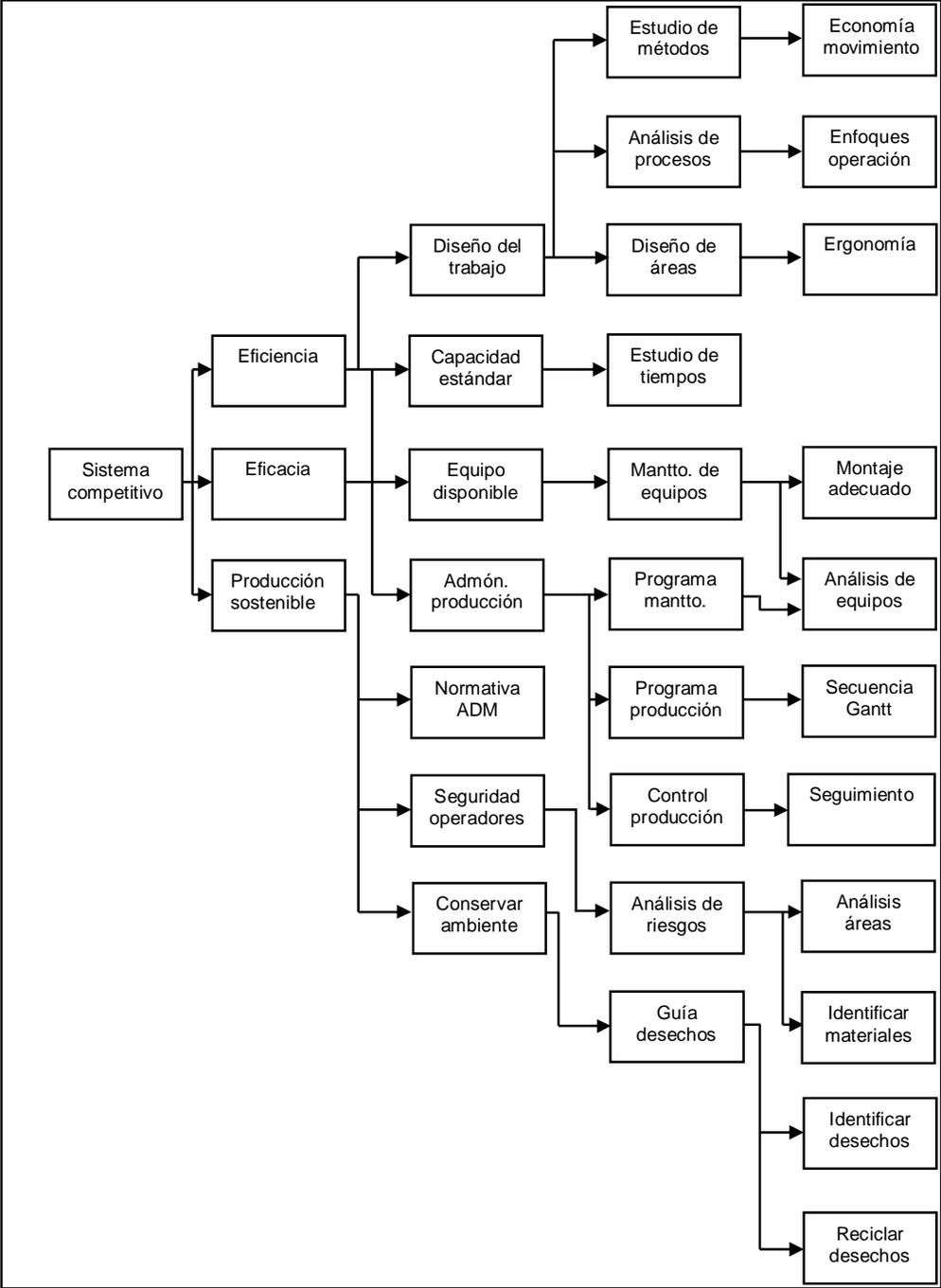
ADM opera en la región importando productos del extranjero y distribuyéndolos en Centroamérica. Distribuyendo productos como soya, maíz y granos secos de destilería en grandes cantidades, se ha consolidado como uno de los mayores importadores de granos en la región. Como parte de su crecimiento, desea incursionar en la fabricación de premezclas vitamínicas.

Surge la necesidad de adquirir el equipo que garantice el cumplimiento de los estándares internacionales en el campo de premezclas vitamínicas. Además se deben desarrollar estándares operativos que garanticen un entorno productivo eficiente.

El objetivo del proyecto es ofrecer productos competitivos al segmento de mercado de nutrición animal. Centrándose en este objetivo se definen los procedimientos a realizar para que las premezclas vitamínicas se produzcan eficientemente, eficazmente y con un nivel de calidad que satisfaga las necesidades del cliente y conserve el prestigio de ADM. Se utiliza un diagrama de árbol para definir de forma general, los estudios que se llevarán a cabo con el objetivo de obtener un sistema de competitivo.

El diseño del trabajo afecta directamente la eficiencia y eficacia del sistema, así como una gestión adecuada de mantenimiento afecta la eficacia del sistema, al afectar la disponibilidad del equipo. A manera de simplificar el diagrama, se establecieron metas hasta un grado cuatro de detalle, que a manera de planeación y diagnóstico iniciales se considera suficiente. En cuanto al diagrama de árbol, se considera una herramienta útil para identificar los procedimientos necesarios para cumplir un objetivo.

Figura 3. Diagrama de árbol, diagnóstico de la planta de mezcla



2.1 Consideraciones acerca del montaje del equipo

El equipo adquirido es de origen colombiano, desarrollado por la industria metalmecánica de dicho país. Consta de dos líneas totalmente independientes, con capacidades de 1000kg y 400kg por batch respectivamente. El equipo es pre ensamblado y probado en el país de origen, es enviado desde Colombia a Guatemala por vía marítima en contenedores, en los cuales se disponen los módulos para su posterior ensamblado.

Cada módulo está construido para ser colocado en posición y ser ensamblado con tornillos y soldadura, por lo que es de especial interés la masa de cada módulo, y la disposición geométrica de las instalaciones, equipo de seguridad y los métodos a utilizar para el ensamblaje.

2.1.1 Descripción de la maquinaria

El equipo se diseñó para dosificar y mezclar alimentos en seco, orientados a la nutrición animal. El equipo se encuentra dispuesto en una torre de tres niveles y una altura de aproximadamente diez metros, cubriendo un área cuadrada de 25m² del suelo.

La estructura está fabricada con hierro HR de distintos perfiles y dimensiones de acuerdo a la función de cada elemento. La estructura incluye escaleras y barandas de seguridad para acceder a la torre.

El sistema de dosificación se considera la parte delicada de la maquinaria, debido a que por los requerimientos de calidad del producto, debe trabajar con una precisión de ± 5 gramos. Dicho sistema consta de dos balanzas; una con capacidad de hasta 30kg y otra con la capacidad límite de mezcla de cada línea, es decir, 400kg y 1000kg. Por medio de un PLC se controlan las dos balanzas y el proceso de mezcla.

El transporte de ingredientes y producto es realizado automáticamente en la torre de mezcla, utilizando para ello elevadores de monocangilón accionados por motoreductores y guiados por un conjunto de rieles.

El sistema de elevación conduce el producto dosificado hacia una tolva pulmón. La tolva se encuentra conectada a una mezcladora de paletas, en la cual se realiza el proceso de mezclado, que ocupa un tiempo de aproximadamente cuatro minutos. Luego de la mezcladora se encuentra dispuesta una tolva para recibir el producto ya mezclado. El producto de la tolva es extraído por medio de la ensacadora.

Así, el sistema de mezclado cuenta con el elevador, la tolva pulmón, la mezcladora, la tolva de recepción y la ensacadora. La torre de mezcla cuenta con dos líneas independientes, dispuestas en una estructura diseñada para soportar el equipo y guiar el proceso.

La automatización del equipo reduce el riesgo de errores del operador, con lo que se aporta confiabilidad al proceso. El equipo utiliza energía eléctrica y neumática, ambas consideradas seguras y flexibles en el entorno industrial.

2.1.1.1 Mezcladora

El equipo cuenta con dos mezcladoras de paletas, una con capacidad de 400kg y otra con capacidad de 1000kg. Por su geometría y flexibilidad de operación, la mezcladora de paletas representa uno de los diseños más eficientes utilizados actualmente en la industria. La geometría de la mezcladora permite que el mezclado sea más eficiente, debido a que aunado al esfuerzo de las paletas, el producto es igualmente susceptible a ser mezclado en cualquier parte de la mezcladora en la que se encuentre, mejorando la homogeneidad de las mezclas.

Posee una compuerta de descarga de más del 90% del fondo de la mezcladora, que apoyada por la geometría, garantiza la reducción de residuos de producto al mínimo en las paredes de la mezcladora, lográndose con esto un proceso higiénico.

La mezcladora está fabricada con acero, y cuenta con un motoreductor conectado directamente al eje de las paletas, reduciendo complicaciones y permitiendo considerar la mezcladora como un equipo independiente. Las compuertas son operadas por actuadores neumáticos, y el motoreductor cuenta con un motor trifásico con potencial de 440V.

Figura 4. Mezcladora de paletas



Fuente: Metalteco LTDA

Estas mezcladoras deben ensamblarse en el segundo nivel de la torre, a una altura aproximada de tres metros sobre el nivel del suelo, y poseen un peso aproximado de 1200kg y 700kg respectivamente. En la parte superior e inferior se acoplan por medio de tornillos directamente sujetos a la estructura de la torre de mezclas. Luego de atornillados se procede a soldar las juntas inferiores, por medio de electrodos 7018 de 1/8", que es la especificación utilizada para toda la instalación. Todos los tornillos son de grado 5, de acero inoxidable, de 3/8" de diámetro.

Figura 5. Toma superior de la mezcladora de paletas



Fuente: Metalteco LTDA

2.1.1.2 Sistema de extracción

El equipo cuenta con un sistema de extracción, que reduce la pérdida de los materiales de baja densidad y granulometría en el aire circundante. Los dos equipos cuentan con la misma capacidad de extracción, y aunque independientes, operan bajo el mismo principio.

El flujo es producido por un ventilador centrífugo, cuya potencia es generada por un motor eléctrico que opera a una velocidad angular de aproximadamente 1720 radianes/min.

Figura 6. Ventiladores centrífugos del sistema de extracción

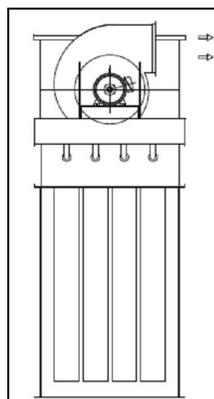


Los ventiladores se deben sujetar a la estructura por medio de anclajes anti vibratorios, por lo que la base se sujetará a la estructura por medio de soldadura, y los ventiladores se sujetaran a dicha base por medio de dichos anclajes. Dichos ventiladores deben colocarse en el tercer nivel de la torre, que se ubica a siete metros sobre el nivel del suelo, y poseen una masa de 500kg aproximadamente.

Sujeto a cada extractor se encuentra conectada la tubería de extracción, por medio de la cual se dirige el diferencial de presión a las áreas de interés, que son el área de carga y descarga. El producto obtenido durante la extracción debe ser depositado en la mezcla, para evitar desequilibrios en la formulación, por lo cual se hace pasar el aire de extracción por un filtro especial para polvos, y luego es depositado directamente en la mezcladora, junto con los demás productos.

El filtro opera por medio de mangas de fieltro punzonado, que permiten el filtrado de polvo a altas velocidades, durante tiempos prolongados y en espacios reducidos. Los filtros se colocan directamente sobre la mezcladora, y se conectan al ventilador por medio de la tubería de extracción. Su instalación debe realizarse al finalizar el ensamblaje de todos los elementos, ya que son de instalación ajustable.

Figura 7. Esquema del filtro de mangas



Fuente: Metalteco LTDA

2.1.1.3 Sistema de transporte

Por sistema de transporte se hace referencia a los equipos utilizados para movilizar el producto a través de la maquinaria. El equipo completo cuenta con tres niveles, en los que se colocan los equipos a manera de que se utilice un solo dispositivo mecánico de transporte y luego los materiales se movilizan por la acción de la gravedad.

El equipo cuenta con elevadores de monocangilón, en los cuales se cargan todos los materiales a mezclar a nivel del suelo, y se movilizan hasta el tercer nivel. Los demás sistemas controlan el flujo de materiales por medio de compuertas de descarga.

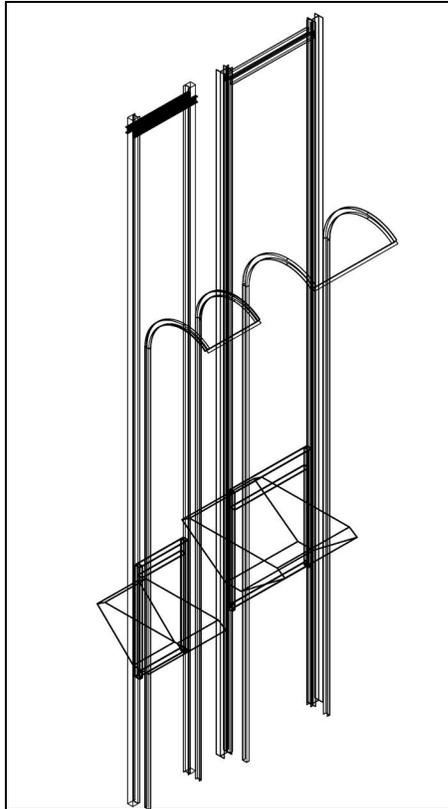
El elevador es accionado por un mando de 110V, y opera a un potencial de 440V, por medio de dos motoredutores del tipo sinfín corona. A manera de facilitar la instalación, y como medida de seguridad, se transmite la potencia brindada por los motoredutores al eje por medio de un sistema de sprockets y cadena. Con esto se logra independizar los motoredutores del sistema de rieles del elevador.

El sistema de rieles está diseñado para dirigir el cangilón durante la elevación, y durante la descarga a la primera tolva. Es el más complicado de instalar, ya que de su correcta alineación depende el funcionamiento adecuado de la descarga al sistema de mezcla. Además, combinado con la instalación de motoredutores en la parte superior de los mismos, a una altura de once metros, representan la parte más delicada de la instalación.

En conjunto, los rieles y el motoreductor poseen una masa de 2500kg, que no está uniformemente distribuida, por lo que se debe compensar dicha desigualdad. Los rieles se anclan directamente al suelo, a un nivel inferior de 1.10m del suelo de la planta, y se sujetan por medio de soldadura a la torre de mezcla.

Una vez se tiene el producto en el nivel más alto, el flujo se controla únicamente por medio de compuertas de descarga, entre tolvas, hasta el área de ensacado, o empaque.

Figura 8. Sistema de elevadores



2.1.1.4 Sistema de empaque

El producto de la planta se empaquetará en sacos de 25kg, por lo que el sistema de empaque está compuesto por los dispositivos de ensaque. La línea de 400kg consta de una ensacadora manual que controla el ensacado, por medio de una mordaza que sujeta el saco y un sistema de descarga variable controlado manualmente. La verificación del producto empaquetado se realiza por medio de una báscula independiente, en la cual el operador verifica la cantidad deseada y controla el llenado del saco.

Figura 9. Ensacadora manual



La línea de 1000kg, cuenta con un sistema de ensaque automático. El llenado se realiza por medio de un sistema de tornillo sinfín y compuertas. La mordaza es operada por medio de cilindros neumáticos, cuya acción es controlada por el operador. La apertura depende de la cantidad de producto programada para el saco. El movimiento del tornillo sinfín es producido por un motor eléctrico y un sistema de poleas y fajas. Ambas ensacadoras se deben instalar a una altura de dos metros, siendo poco significativa la altura de montaje, no siendo así la delicadeza de los elementos.

2.1.2 Consideraciones neumáticas del equipo

Cada mezcladora cuenta con dos compuertas accionadas por medio de cilindros neumáticos. La primera ubicada entre la tolva pulmón y la mezcladora, y la segunda ubicada entre la mezcladora y la tolva de recepción. Cada compuerta debe tener la capacidad de soportar el peso total del batch, es decir 1000kg y 400kg para cada una de las respectivas líneas. Además la compuerta entre la mezcladora y la tolva de recepción debe soportar la fuerza provocada por la acción dinámica del mezclado.

La línea de 1000kg consta de una ensacadora automática, cuyos movimientos son efectuados por medio de cilindros neumáticos de gran precisión. La acción continua de dichos cilindros puede llegar hasta 11 ó 12 ciclos por minuto. Además se deben considerar las pérdidas debidas a la red neumática en las que la presión se puede ver afectada. La selección de la fuente de aire, y el sistema de conducción juega un papel muy importante para la operación adecuada del equipo.

2.1.2.1 Ubicación de equipos neumáticos

Los dispositivos neumáticos son controlados por mandos eléctricos que operan a un potencial de 110V. El flujo de aire hacia los actuadores es controlado por medio de electroválvulas de diferente tipo, de acuerdo a la aplicación que realizan, sin embargo, dado que las electroválvulas no causan pérdidas significativas de presión se pueden obviar del análisis.

Las tolvas pulmón poseen una compuerta de descarga, con la cual se controla el flujo de materiales hacia la mezcladora. Dicha compuerta se abre y se cierra por medio de un cilindro neumático, controlado a su vez por una electroválvula biestable 5/2.

La descarga de la mezcladora es controlada por medio de una compuerta, accionada a su vez por un cilindro neumático. El cilindro es controlado por una válvula 5/2 con retorno de muelle. Además, la descarga está controlada por una válvula antirretorno, que evita que el cilindro se descargue en el caso de que falle la fuente de aire.

El mecanismo de la ensacadora automática es controlado por tres cilindros neumáticos de alta precisión. Dos de ellos controlan la mordaza de la ensacadora y la restante controla la compuerta. Los cilindros son controlados por electroválvulas biestables 5/2.

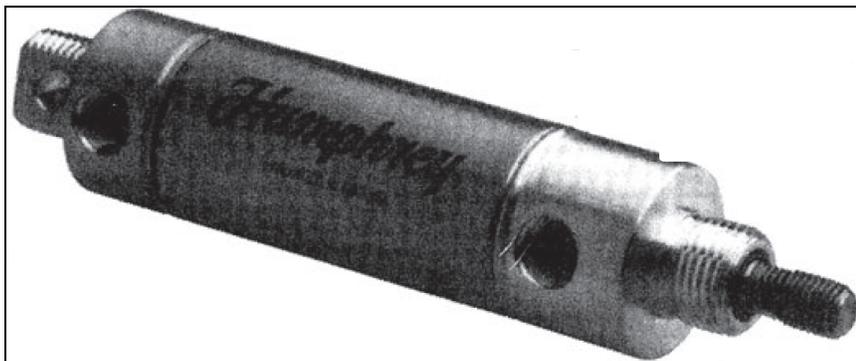
Durante su operación y debido al flujo de aire los filtros de mangas se saturan constantemente, y no devuelven de manera natural el producto obtenido durante la extracción. Es por esto que cuentan con un dispositivo de limpieza, que trabaja utilizando descargas de aire a alta presión dirigidas hacia las mangas por una tobera. De esta manera, sacude las mangas y provoca que el producto regrese directamente a la mezcladora. Dicho dispositivo cuenta con un depósito de aire, que compensa o reduce el efecto de la caída de presión provocada por la descarga.

2.1.2.2 Requerimiento neumático teórico

El requerimiento neumático teórico se obtendrá utilizando estándares básicos de operación para los equipos, de acuerdo a los dispositivos presentes y su acción combinada durante un tiempo.

La ensacadora utiliza dos tipos de cilindros neumáticos de acero inoxidable Humphrey, de alta precisión. La mordaza utiliza el modelo 5 DP 5, que tiene un área de pistón de 1.62 pulgadas cuadradas, y una carrera de 4.8 pulgadas. La compuerta utiliza el modelo 5 DP 3, que tiene un área de pistón de 1.62 pulgadas cuadradas y una carrera de 3.15 pulgadas.

Figura 10. Cilindro Humphrey de alta precisión



Fuente: Humphrey, Soluciones en ingeniería, estrategias inteligentes para control neumático y fluidos

Con estos datos se obtiene el volumen de aire desplazado a la presión relativa de 6bar, cada vez que se acciona un cilindro en particular. La especificación de ensacado del fabricante es de 12 sacos por minuto, por lo que se puede esperar que estos cilindros se accionen 24 veces por minuto.

La compuerta de la tolva pulmón correspondiente a la línea de 400kg utiliza un cilindro neumático de doble acción, cuyo pistón posee un diámetro de 50mm y una carrera de 180mm. La compuerta de la mezcladora correspondiente a la línea de 400kg utiliza un cilindro neumático de doble acción, cuyo pistón posee un diámetro de 80mm y una carrera de 100mm.

La compuerta de la tolva pulmón de la línea de 1000kg utiliza un cilindro neumático de doble acción, cuyo pistón tiene un diámetro de 50mm y una carrera de 230mm. El cilindro neumático correspondiente a la línea de 1000kg utiliza un cilindro neumático cuyo diámetro es de 100mm y cuya carrera es de 150mm. El tiempo mínimo de mezcla es de cuatro minutos, por lo que estos cilindros se activan dos veces cada cuatro minutos.

El sistema de limpieza de filtros de mangas utiliza depósitos de aire comprimido para compensar el aire utilizado en la sacudida. Dicho depósito tiene una forma cilíndrica, cuyo diámetro es de 11.5cm y cuya longitud es de 45cm. Esto se utilizará como un estimado del volumen de aire descargado cada vez que se utiliza el sistema de limpieza. Se recomienda activar estos pulsos a cada 20seg, y con esto se obtiene el dato restante para determinar el caudal de aire utilizado por el equipo.

Se observa que se tienen 1.3212CFM a una presión a 7bar. Debido a las fallas que puedan presentarse, se aplica un factor de seguridad al consumo calculado, correspondiente al 20%. En la tabla I se resumen los datos obtenidos. El consumo se expresa en aire libre, es decir, a presión atmosférica, aplicando el factor de seguridad y convirtiendo el flujo de aire a 1bar de presión, se obtiene un consumo teórico de 12CFM de aire libre.

Tabla I. Consumo teórico de aire a 7bar

Elemento	Área (in ²)	Largo (in)	Volumen (in ³)	Cantidad	Frecuencia (min ⁻¹)	Caudal (CFM)
Mordaza ensacadora	1.62	4.8	0.00450	2	24	0.2160
Compuerta ensacadora	1.62	3.15	0.00295	1	24	0.0708
Tolva pulmón 400Kg	3.043	7.087	0.01248	1	0.5	0.0062
Tolva pulmón 1000Kg	3.043	9.055	0.01594	1	0.5	0.0079
Mezcladora 400Kg	7.791	3.937	0.01775	1	0.5	0.0089
Mezcladora 1000Kg	12.174	5.906	0.04160	1	0.5	0.0208
Filtro de mangas	16.099	17.716	0.16506	2	3	0.9904
Total						1.3212

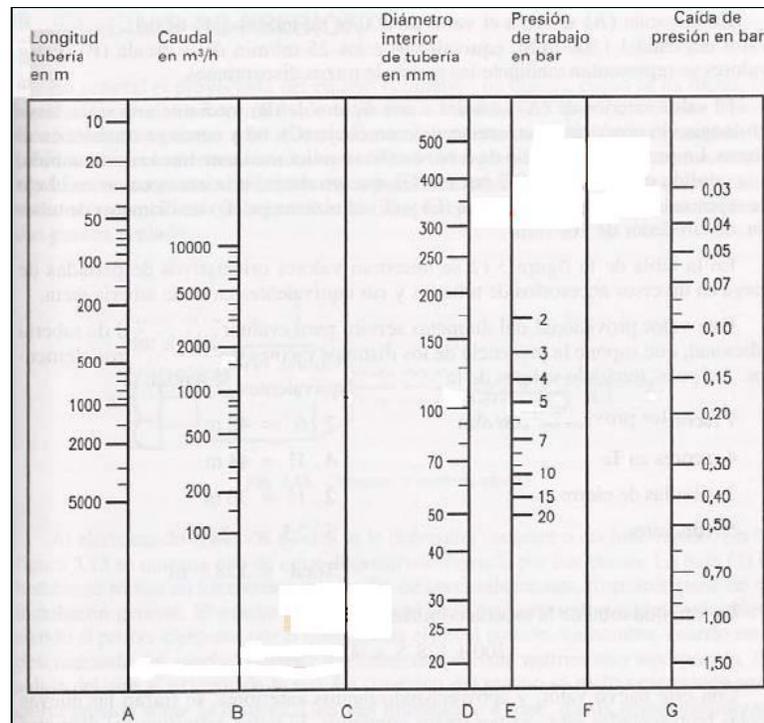
2.1.2.3 Requerimiento neumático real

La presión manométrica estándar utilizada en un sistema neumático es de 6 bar, siendo aceptable una pérdida menor a 0.1 bar en el sistema de alimentación debido al costo que representa la producción y distribución de aire comprimido.

Para reducir las pérdidas de presión se debe evitar que el aire fluya a través de distancias largas, y en el caso de ser necesarias, se debe cerrar el circuito de distribución para evitar caídas de presión. Se debe además, tratar el aire para eliminar el agua acumulada en la tubería, por lo que se debe diseñar con pendientes de 6 a 10 mm por metro, y al final de cada tubería se deben colocar colectores de agua. Además, las líneas de extracción se deben tomar de la parte superior de la tubería.

Se deben utilizar válvulas para aislar los ramales de la línea de distribución principal. Para determinar la caída de presión del sistema se utilizará el nomograma presentado en la figura 11.

Figura 11. Nomograma para la caída de presión



Fuente: S.R. Majumdar, Sistemas neumáticos, pag.17

Para utilizar el nomograma mostrado se debe calcular la longitud equivalente de los accesorios de tubería, utilizando para ello la tabla II.

Tabla II. Longitud equivalente de los accesorios para tubos

Diámetro del tubo en mm	25	50	80	100	125
Accesorio	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Válvula de dos vías	6	15	25	35	50
Curva de esquina	3	7	11	15	20
Válvula corrediza	0.3	0.7	1	1.5	2
Codos	0.4	0.8	1.3	1.6	2
T lado recto	0.8	1.6	2	2.5	3
T salida angular	1.5	3	4.8	6	7.5
Reductores	0.5	1	2	2.5	3.5
Llave de globo	8.96	17.67			
Válvula de compuerta	0.3	0.6	1	1.3	1.6

Fuente: S.R. Majumdar, Sistemas neumáticos, pag.18

Interesa encontrar el punto en el que se encuentra la mayor caída de presión, utilizando para ello la longitud a la que se encuentra dicho punto, esta longitud es de 14.2m. Además, para acceder a dicho punto, se debe pasar a través de dos medidas de tubería, de 1" y de ½", por lo que para trabajar con máximos, únicamente se utilizó tubería de 1", que corresponde a 25mm de diámetro interior. Se tiene como especificación de caudal un valor de 12 CFM, que sobredimensionado un 20%, equivale a un caudal efectivo de 15 CFM, que corresponden a 26 m³/h. El total de la longitud equivalente debida a los accesorios se detalla en la tabla III.

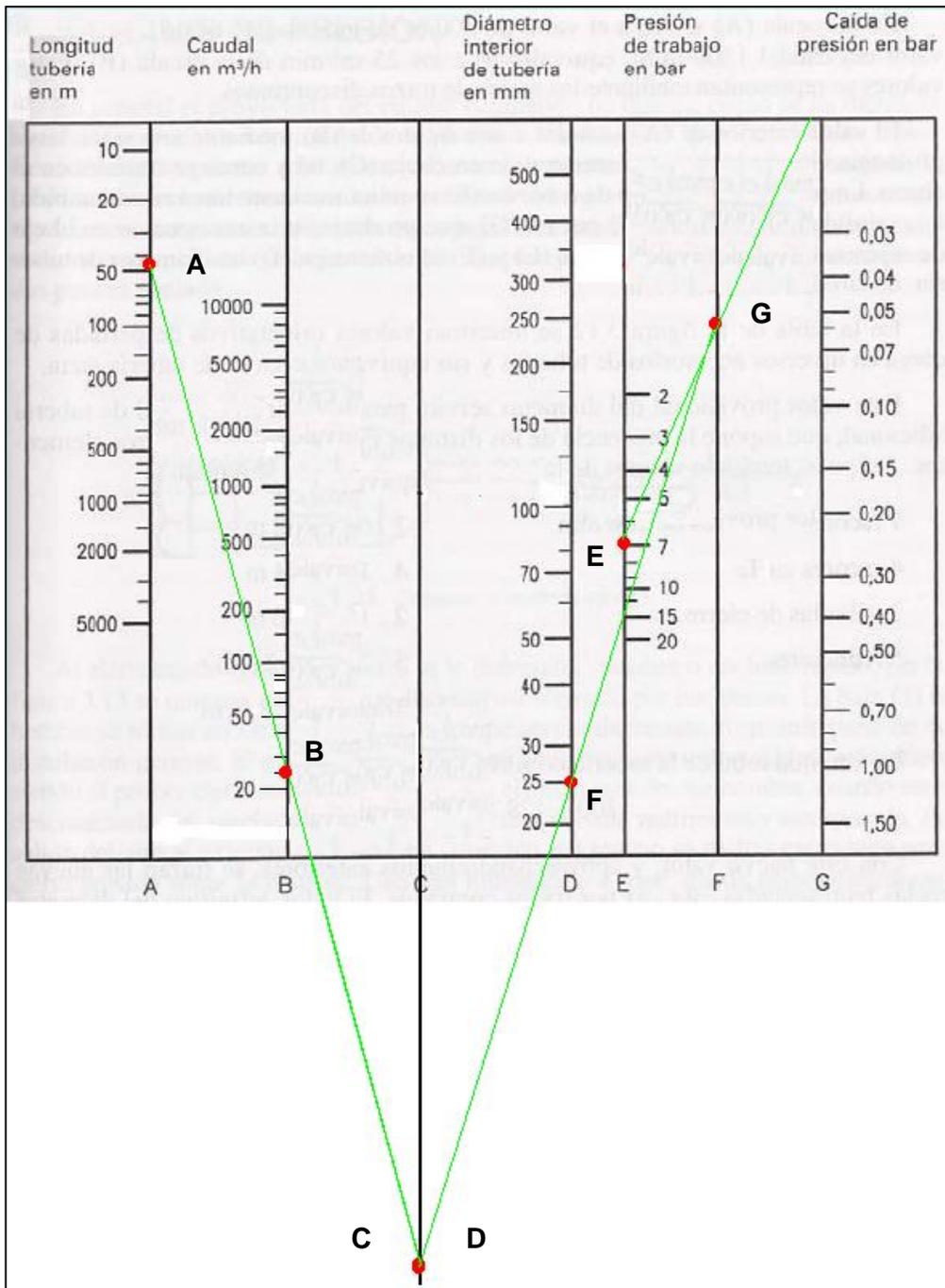
Tabla III. Longitud equivalente por accesorios

Accesorio	Longitud equivalente (m)	Cantidad (m)	Total (m)
Codos	0.4	7	2.8
T lado recto	0.8	6	4.8
T salida angular	1.5	2	3
Reductores	0.5	2	1
Llave de globo	8.96	3	26.88
Válvula de compuerta	0.3	1	0.3
Total			38.78

El total de la longitud por tubería equivalente es de 38.78m, que sumado a los 14.2m de tubería recta equivale a un total de 53m. Utilizando los datos anteriores, se hacen los trazos correspondientes en el nomograma presentado en la figura 13. Se traza una línea desde el punto A que representa la longitud equivalente, en este caso 53m, hasta el punto B correspondiente al caudal utilizado, y se extiende hasta el eje siguiente, intersecándose en el punto C. Luego se traza una línea desde el punto C hasta el punto D, que representa el diámetro de la tubería, y se extiende hasta el eje F, intersecándose en el punto E. Se traza una línea del punto F, que representa la presión de trabajo absoluta, hasta el punto E, intersecándose hasta el eje G, de donde se obtiene la caída de presión.

La caída de presión calculada para el sistema, resulta menor que 0.03bar que es la escala menor del nomograma.

Figura 13. Trazado del nomograma para determinar la caída de presión



Debido a la presión manejada, y la naturaleza del trabajo se utilizaron tubos de hierro galvanizado. Se utilizaron conectores roscados, con inclinación en la rosca para obtener un sello en seco, para cuyas dimensiones se utilizó la tabla IV.

Tabla IV. Rosca cónica americana de sello seco para tubo

Tamaño nominal (in)	Hilos por pulgada	Longitud de la rosca (in)
1/8	27	0.2639
¼	18	0.4018
3/8	18	0.4078
½	14	0.5337
¾	14	0.5457
1	11 ½	0.6828
1 ¼	11 ½	0.7068
1 ½	11 ½	0.7235
2	11 ½	0.7565
2 ½	8	1.1375
3	8	1.2000
3 ½	8	1.2500
4	8	1.3000
5	8	1.4060

Fuente: S.R. Majumdar, Sistemas neumáticos, pag.25

La tubería de 1" debe tener 11 ½" hilos por pulgada y una longitud de rosca de 0.6828in. La tubería de ½" debe tener 14 hilos por pulgada y una longitud de rosca de 0.5337in.

Para el cálculo de la red de distribución de aire se debe tomar en cuenta el diámetro de la tubería, que se obtiene de acuerdo a la pérdida de presión permisible en la misma. Además de dicho parámetro se utilizó la tabla V. Para esto se utiliza la presión absoluta del sistema que corresponde a 7bar, que equivalen a 101.526psi. De lo cual se puede observar que para la presión de 100psi, para tubería de 1" el flujo máximo recomendado es de 275CFM.

Tabla V. Flujo máximo de aire en CFM de acuerdo a la presión y diámetro del tubo

Diámetro del tubo (in)									
Presión (psi)	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
5	0.58	1.3	2.9	6	9	18	39	57	112
10	0.95	2.1	4.8	10	15	29	62	93	180
20	1.67	3.7	8.2	16	27	50	107	160	310
30	2.32	5.2	11.7	22	38	70	150	225	435
40	3.00	6.8	15.0	28	48	91	190	285	550
50	3.75	8.2	18.5	35	60	112	235	350	670
60	4.40	9.8	22.0	42	71	132	280	408	800
70	5.10	11.3	25.5	48	81	152	322	475	920
80	5.80	13.0	28.0	54	91	171	365	520	1050
90	6.50	14.5	32.3	61	102	190	405	600	1180
100	7.20	16.2	36.0	67	113	215	455	660	1300
125	8.90	20.0	44.3	83	140	270	560	820	1600
150	10.70	24.0	53.0	100	168	320	665	970	1900
175	12.20	28.0	62.0	115	196	375	770	1150	2200

Fuente: S.R. Majumdar, Sistemas neumáticos, pag.30

2.2 Descripción de procesos

De acuerdo a la disposición física del equipo y a la secuencia de las operaciones se dividió el proceso de dosificación y mezcla en subprocesos.

2.2.1 Proceso de etiquetado

La etiqueta cumple la función de identificar el producto y sus características. Es en esta en la que se colocan los datos específicos de cada producto, en la que se colocan los datos que le garantizan al cliente que lo que están adquiriendo cumple con sus expectativas.

Por medio de la orden de producción se selecciona el tipo de saco que se utilizará. De acuerdo al producto empacado, se utilizan sacos de polipropileno y sacos de papel.

El saco de polipropileno incluye en su interior una bolsa de polietileno transparente, que se utiliza para proteger el producto de la acción del ambiente. Este tipo de saco se utiliza para empacar las premezclas minerales.

Los sacos de papel se utilizan para empacar premezclas vitamínicas, por lo que es necesario utilizar bolsas de polietileno negro, debido a la acción de descomposición que ejerce la luz sobre el producto. El fabricante de los sacos no incluye la bolsa negra de fábrica, por lo que es necesario adquirirla con otro proveedor, y colocarla adentro del saco de papel.

Los dos tipos de saco tienen la capacidad de almacenar hasta 40kg, aunque normalmente, se empaca en sacos de 25kg. La selección de cada tipo de saco depende del producto y del cliente. Luego de seleccionado el saco, se procede a tomar el saco, prepararlo y colocarle la etiqueta. El proceso se realiza con cada saco hasta completar un lote. Luego se toma el lote completo y se empaca para enviarlo posteriormente al área de ensacado.

Debido a la naturaleza de este proceso, se puede realizar con antelación a los demás procesos. Para este proceso existe un centro de trabajo definido, y se considera un trabajo repetitivo debido a lo simple de la operación.

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta es que si bien es simple, es por medio de este proceso que se identifica el producto final, se describen sus propiedades, fecha de vencimiento y en resumen la información que el cliente necesita para el correcto manejo y utilización del producto.

2.2.2 Proceso de medición de microcomponentes y macrocomponentes

El proceso de medición de las cantidades de cada ingrediente en las proporciones correctas, se convierte en un proceso que debe dividirse en dos subprocesos, con el objetivo de obtener una dosificación confiable.

Los proveedores empacan sus productos en paquetes manejables de 25kg. Como el ensacado de dichos ingredientes obedece a la precisión de llenado de la maquinaria, el proveedor se asegura de agregarle producto extra, de esta manera, el cliente recibe lo que compró o un poco más.

El precio de algunos productos es considerablemente mayor que el de otros, así también la incidencia en la dosificación de un alimento dado. Como consecuencia de ello, algunos productos son empacados hasta con 500 gramos extra, más su precio e incidencia como elemento activo son casi nulos. En otros productos la precisión del empaçado puede llegar a 5 gramos, debido a su precio elevado y a que son productos que presentan marcados efectos en el metabolismo animal.

Como consecuencia, al requerirse una cantidad dada, la cantidad en kg se divide en sacos enteros de producto y en un ajuste medido en la báscula con mayor precisión. La medición de macrocomponentes se realiza en una báscula de alta capacidad y poca precisión.

El pesado de microcomponentes es un proceso de mayor precisión. En este caso las cantidades a pesar son menores a la cantidad incluida en los sacos, por lo que los productos se deben disponer a granel, y ser medidos en una báscula con una precisión de 5 gramos. Se obtiene una dosificación confiable y de fácil control contable. Resumiendo, el operador pesa los microcomponentes, luego pesa los macrocomponentes y los ingresa al monocangilón correspondiente.

2.2.3 Proceso de ensacado

Luego de que la maquinaria realiza el mezclado, el operador debe ensacar el producto en sacos anteriormente preparados en el etiquetado.

Si los parámetros de la ensacadora se encuentran correctamente ajustados, el proceso de ensacado es simple. Primero, el operador toma un saco y lo coloca en la ensacadora. Luego cierra la mordaza, en donde el saco es sujetado, y el equipo realiza una tara automática del saco, para luego proceder a llenar el saco. Cuando la báscula de la ensacadora llena completamente el saco, la mordaza libera el saco.

2.2.4 Proceso de empaque

Luego del proceso de ensacado, el saco con producto es enviado a empaque, en el que el operario utiliza un marchamo para sellar la bolsa de polietileno. Luego de esto se utiliza una cosedora de sacos para sellar el saco definitivamente.

En el caso de exportaciones, el producto debe ser embalado, proceso durante el cual se estiban sacos en una paleta, se cubren los sacos con nylon, y se aseguran con fleje.

2.3 Análisis del proceso de acuerdo a los enfoques principales de la operación

Se realizó un análisis de los elementos productivos e improductivos de las operaciones, para lo que se utilizaron los enfoques principales de la operación, con el objetivo de crear puestos de trabajo que cumplan con los requisitos de la operación y con la comodidad del operario.

2.3.1 Propósito de la operación

Antes de intentar mejorar una operación, se debe analizar el objetivo de la operación, a manera de eliminarla o combinarla con otra, sin costos adicionales y manteniendo la calidad del producto.

2.3.1.1 Etiquetado

El etiquetado se realiza con el objeto de identificar el producto que se le está proporcionando al cliente. Debido a que el producto es muy especializado, la identificación del producto representa un valor agregado para el cliente. En la etiqueta se identifica:

- ✓ El cliente
- ✓ El nombre de la fórmula
- ✓ Lote de producción
- ✓ Fecha de fabricación
- ✓ Fecha de vencimiento
- ✓ Dosis del producto
- ✓ Licencia de operación
- ✓ Regente responsable

Todos estos datos son susceptibles de cambio, por lo cual se incluyen en la etiqueta. Los datos concernientes a la empresa, como la dirección, el nombre, teléfono, se incluyen en el saco, así como los cuidados que se deben tener con el producto. La cantidad de datos y a su variación, hacen del etiquetado una operación obligatoria.

En el caso específico de los sacos de papel, es necesario agregar una bolsa de polietileno al saco. Esto debido a que el saco de papel es vulnerable a las condiciones medioambientales.

Existe la opción de adquirir sacos herméticos, con los cuales no es necesario agregar la bolsa de polietileno. Dichos sacos no son manufacturados localmente, por lo que el costo es demasiado elevado. Se considera que la operación de colocar la bolsa de polietileno es necesaria para los sacos de papel. Los sacos de polipropileno ya incluyen una bolsa de fábrica, por lo que no es necesaria la operación de colocar la bolsa.

2.3.1.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes

La calidad de producto otorgado al cliente depende de la exactitud con que se realice la dosificación de materiales. Balanceando calidad y competitividad se divide el proceso de medición en dos grados de tolerancia distintos.

La capacidad nominal de las básculas de macrocomponentes se eleva a la capacidad de las líneas, es decir, 1000kg y 400kg. Las básculas de microcomponentes tienen una capacidad de 30kg. La precisión de las básculas se ve afectada inversamente a su capacidad.

Realizar la medición de todos los ingredientes en el área de macrocomponentes haría que el proceso fuese más sencillo, pero la calidad del producto se ve afectada. En el otro extremo, de realizarse todas las mediciones en el área de microcomponentes se lograría un proceso mucho más exacto en teoría, pero más engorroso, ya que la capacidad de la báscula es de 30 kilogramos, además de que la productividad del proceso disminuye y debido a la capacidad limitada de las básculas, se pueden esperar que aumente la incidencia en errores.

De esta manera, la tolerancia y capacidad de las básculas justifican la separación de la dosificación en microcomponentes y macrocomponentes, con el objetivo de hacer competitivo el proceso.

2.3.1.3 Ensacado

El producto consiste en la mezcla de los ingredientes que el cliente solicita. Para facilitar el transporte, el manejo y el cuidado del producto, es necesario colocarlo en sacos. Debido a factores ergonómicos, se ha estandarizado el uso de sacos de 25kg.

Además, con el ensacado se facilita la contabilización e identificación del producto. Así también la conservación del producto se facilita, debido a que es común que por razones económicas, el cliente realice pedidos para suplir sus necesidades mensuales, por dar un ejemplo, y que utilice cantidades pequeñas diariamente.

Tomando en cuenta la importancia de las funciones que cumple el ensacado en el producto, se le considera como una operación necesaria.

2.3.1.4 Empaque

El empaque surge de la necesidad de conservar el producto en condiciones óptimas. Los sacos deben estar empacados para resistir el manejo de las cargas y descargas. Además deben ser capaces de soportar una estiba de ocho sacos, que normalmente se colocan en una paleta de producto.

2.3.2 Diseño de partes

Por medio del diseño de las partes que conforman el producto, se pueden facilitar las operaciones, y mejorar la calidad del producto final.

2.3.2.1 Etiquetado

El objetivo de la etiqueta es identificar el producto que se está entregando al cliente. Se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- ✓ La información debe ser colocada por un operario
- ✓ La información debe manejarla únicamente la empresa y el cliente
- ✓ Deben ser de fabricación flexible
- ✓ El volumen de operación no justifica fabricar etiquetas en la empresa
- ✓ Una impresora especializada de sacos es costosa
- ✓ Existen dos tipos de materiales para sacos
- ✓ Se debe minimizar el espacio ocupado por la información

El material de la etiqueta debe ser realizado por un proveedor externo. La información debe ser manejada por la empresa y por el cliente, por lo que se considera adecuado imprimir la etiqueta en la empresa.

La etiqueta debe ser colocada por un operador, por lo que con el objetivo de facilitar la operación, se considera adecuado obtener etiquetas con autoadhesivo.

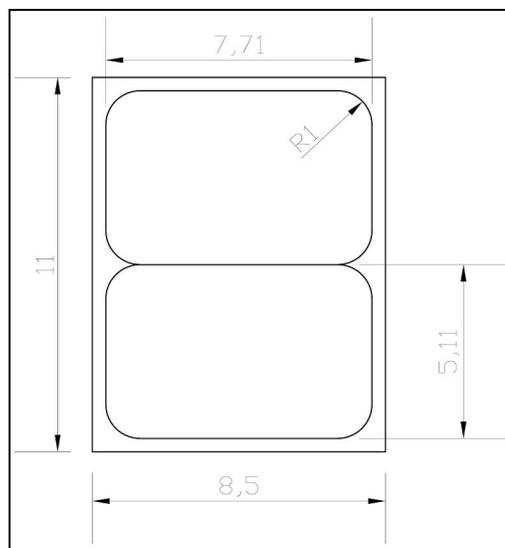
Existen dos tipos de impresoras que cumplen la función requerida. La primera es una impresora láser, con capacidad de imprimir en hojas y sobres con tamaños estandarizados, con la flexibilidad necesaria, como para agregar la información que se requiera, desde programas de uso común, como procesadores de texto, hojas de cálculo, entre otros.

La segunda, es una impresora especializada para imprimir etiquetas, que incluye su propio software, y material específico como consumible. Opera bajo un principio de impresión térmica. El costo inicial es elevado, así también, se considera poco flexible, pero funcional para altos volúmenes de producción.

Debido a que la empresa se encuentra iniciando operaciones, se optó por la impresión láser. La etiqueta debe ser fácilmente colocada por un operador, por lo que se diseñó la etiqueta con bordes redondeados, con lo cual la etiqueta es menos susceptible a ser removida del saco.

En cuanto al tamaño, existe un trueque entre capacidad de lectura y costo de material, por lo que se consideró adecuada la etiqueta media carta. Se muestra la hoja tamaño carta en la que se realiza el troquelado para obtener dos etiquetas media carta, las medidas mostradas están dadas en pulgadas.

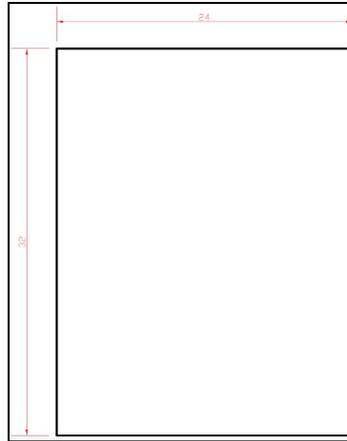
Figura 14. Diseño de etiquetas



Luego del etiquetado, en dicha área se procede a colocar la bolsa de polietileno al saco de papel. Para evitar que dicha bolsa se dañe por la masa de producto empacada, dicha bolsa debe ser mayor que el saco de papel. Además, para que la estiba de los sacos se pueda realizar de buena manera en las paletas, el producto empacado debe tomar la forma del saco, que se encuentra especialmente diseñado para el estibado, por lo que es necesario que la bolsa sea de mayor tamaño que el saco.

Tomando en cuenta la superficie del saco de papel y sobredimensionando la bolsa de polietileno, se llegó a las dimensiones mostradas en la figura 15.

Figura 15. Dimensiones de la bolsa de polietileno



2.3.3 Tolerancias y especificaciones

Las tolerancias y especificaciones juegan un papel importante en la calidad del producto. Incluir tolerancias y especificaciones demasiado estrictas sólo eleva el costo de producción, por lo que debe encontrarse el punto de equilibrio entre calidad y costo.

2.3.3.1 Pesado de ingredientes

En la báscula de microcomponentes, cuya precisión es de cinco gramos, se miden cantidades pequeñas de ingredientes. Para empaques completos, el proveedor garantiza la cantidad de producto indicada en el saco, con variaciones que dependen del fabricante y del producto. Esto causa que el pesado de macrocomponentes sea una comparación con una precisión de 100 gramos.

Ambos grados de tolerancia redundan en la calidad y operatividad del proceso. Por lo que las especificaciones de medición variarán en 5 gramos para la báscula de microcomponentes y 100 gramos para la báscula de macrocomponentes.

2.3.3.2 Ensacado de producto

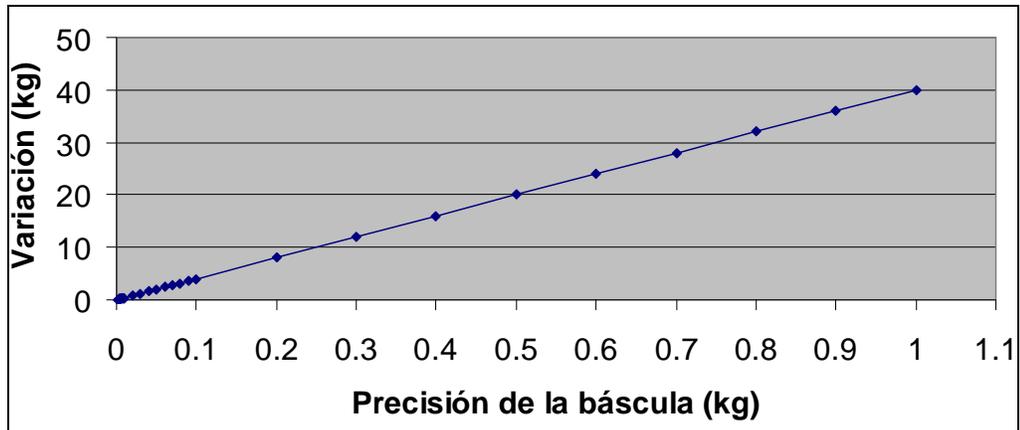
Para este análisis es necesario determinar el escenario en el que se realiza el ensacado del producto. La precisión con que se realice el ensacado incide en el tiempo del proceso, e incide también en el costo del equipo utilizado.

La comparación entre lo que debe ser y lo que realmente se hace en cuanto a producto empacado, se realiza al finalizar un lote, por lo que el máximo error se puede producir cuando el lote es de 1000kg. El estándar manejado por saco es de 25kg de producto, por lo que la cantidad máxima de sacos utilizados por lote es de 40 sacos. Tomando en cuenta estos factores, la cantidad de producto que un saco contiene se representa por $25 \pm e$ kg, en donde e representa la precisión de la báscula.

Debido a que el tamaño del lote no puede exceder 1000kg, la máxima variación que puede existir es de ± 0.4 kg. En la figura 16 se muestra la incidencia que tiene la precisión de la báscula en el producto entregado al cliente. Así por ejemplo, si la precisión de la báscula es de 1kg, es probable que el cliente reciba 40kg menos de lo que debería estar recibiendo.

El equipo está diseñado para ensacar con una precisión de ± 0.01 kg, por lo que de acuerdo al análisis anterior, el cliente puede recibir ± 0.4 kg de producto. Esto coincide con la precisión con que son empacados los productos pertenecientes a este rango de precios, es decir entre \$ 3.00 y \$ 10.00.

Figura 16. Variación máxima de producto entregado de acuerdo a la precisión de a báscula



Otro factor a tomar en cuenta, es el intercambio existente entre precisión y capacidad máxima de medición inherente a las limitaciones físicas de las básculas. En el caso de que se exceda la capacidad de la báscula, puede atrofiarse la calibración o inclusive los sensores encargados de realizar las mediciones. Utilizando un factor de seguridad de 2, la capacidad máxima de la báscula de ensacado, debe ser de 50kg. Para una báscula con capacidad de 50kg, la precisión que los proveedores de básculas ofrecen oscila alrededor de 0.01kg.

En conclusión, se determina que una tolerancia en las especificaciones para la medición del producto terminado debe ser de 0.01kg.

2.3.4 Material

El material a utilizarse forma parte del diseño del producto, y de su correcta elección depende la operatividad y la calidad del producto.

2.3.4.1 Etiquetado

Para el proceso de etiquetado, se escogió una etiqueta tamaño media carta, con autoadhesivo. Se utilizará una impresora láser, y etiquetas tamaño carta. En dicha etiqueta se realiza un troquelado, por medio del cual se obtienen dos etiquetas media carta.

Se realizaron pruebas con distintos materiales adhesivos, entre los cuales resaltaron el adhesivo brillante, semibrillante, y mate. Dichos materiales varían en cuanto al tamaño del poro de la etiqueta, que incide directamente en la calidad de impresión y anclaje de tinta. De las pruebas se obtuvo que el material adecuado sea el autoadhesivo para impresión láser, semibrillante, con poro abierto. En la tabla VI se presentan las ventajas que ofrece cada tipo de material.

Tabla VI. Características de impresión de materiales

Material	Anclaje de impresión	Calidad de impresión
Brillante	Deficiente	Excelente
Mate	Regular	Regular
Semibrillante poro abierto	Excelente	Excelente

El troquelado se diseño para aprovechar el máximo posible de material. Debido a la rugosidad del material, la etiqueta es fácil de manejar y de fácil adhesión en los sacos. Además, el adhesivo debe ser especial, debido a que la impresión láser produce que las hojas se calienten, desbordando el adhesivo e impregnándolo en el rodillo de impresión.

En cuanto al proveedor, la empresa se compromete a comprar una cantidad semestral o anual. El proveedor produce la cantidad total, y mensualmente envía una cantidad a la empresa. De esta manera, se asegura un precio fijo por parte del proveedor.

2.3.4.2 Empacado

Se entiende por empacado, aquel proceso que tiene como objetivo proteger el producto terminado. De esto resulta que el análisis de materiales de empaque comprende el saco, la bolsa interior, y los métodos de sellado.

El saco se utiliza para proteger el producto durante el manejo que sufre durante el transporte y almacenado. Además, el saco es la imagen del producto ante el consumidor. Para esto se utilizan dos tipos de sacos: sacos de polipropileno y sacos de papel.

Para las premezclas minerales se utilizan los sacos de polipropileno, los cuales constan con una bolsa interior para proteger el producto. Se considera adecuado el uso de estos sacos, ya que los minerales se degradan poco ante la acción del medioambiente. Además el bajo costo de estas premezclas, justifica el uso de un saco de bajo costo. Las características del saco de polipropileno se muestran a continuación:

- ✓ Capacidad de soportar un manejo en transporte y almacenaje
- ✓ Capacidad de proteger ante humedad y temperatura moderadas
- ✓ Bajo costo
- ✓ Baja calidad de impresión en el saco
- ✓ Bolsa de polipropileno incluida
- ✓ Bajo anclaje de autoadhesivos en el saco
- ✓ Proveedor local

Los sacos de papel son utilizados para empacar las premezclas vitamínicas. Dichas bolsas proveen de una mejor presentación al producto. En cambio, dado que el papel no tiene propiedades de impermeabilidad, es necesario proveer al empaque de una bolsa, que garantice la integridad del producto. Lo ideal sería utilizar sacos que combinen ambas características, para lo cual el mercado internacional ofrece diversas opciones.

Los sacos fabricados con materiales especiales poseen un costo elevado, y se tiene el inconveniente de que no existe localmente un proveedor. El saco de papel tiene la característica de ser reciclable, al igual que el saco de polipropileno. Las características del saco de papel se muestran a continuación:

- ✓ Capacidad de soportar un manejo rudo
- ✓ Bajo costo en relación a otros materiales
- ✓ Alta calidad de impresión en el saco
- ✓ Buen anclaje de autoadhesivos en el saco
- ✓ Proveedor en la región centroamericana
- ✓ Capacidad alta de estiba
- ✓ Baja resistencia ante objetos puntiagudos
- ✓ Poca capacidad de protección ante humedad y temperatura alta

Para completar las características de los sacos de papel, es necesario agregar una bolsa que proteja la integridad del producto. Debe compensar las deficiencias que presenta el saco de papel, y mejorar las propiedades del saco de polipropileno, en cuanto a la protección del producto.

Para la aplicación de empaque, el material utilizado como estándar en el medio, es el polietileno. Debido a la facilidad que presenta este material para ser procesado y reprocesado, posee un costo bajo. Además debido a la competitividad existente en el mercado local, se puede contar con cierta flexibilidad en los pedidos.

Las bolsas son producidas en polietileno de baja y alta densidad. El polietileno de alta densidad es quebradizo y es fácil de rasgar. El polietileno de baja densidad presenta mejores cualidades mecánicas. El calibre de la bolsa es otro factor que se tomó en cuenta durante la selección. Como estándar, las bolsas deben soportar un peso máximo de 35kg. Por dicho motivo se utilizó un calibre de 6.5 para esta aplicación.

Para proteger las vitaminas es necesario que la bolsa sea de color negro. Las características de la bolsa se detallan a continuación:

- ✓ Polietileno negro de baja densidad
- ✓ Calibre 6.5
- ✓ Material reciclable
- ✓ Buenas propiedades mecánicas
- ✓ Bajo costo
- ✓ Proveedor local
- ✓ Capacidad de proteger la integridad del producto
- ✓ Capacidad de protección ante humedad y alta temperatura

2.3.5 Secuencia y procesos de manufactura

Por medio de la organización correcta de los procesos de manufactura es posible hacer más eficiente el resultado del sistema global.

2.3.5.1 Etiquetado

En cuanto a secuencia de procesos, las restricciones que presenta el proceso global para el etiquetado y preparación del saco son:

- ✓ Se debe preparar el lote completo antes de realizar el proceso de mezcla, ya que de lo contrario el producto acumulado en la tolva de producto terminado no permitirá que se siga utilizando la línea
- ✓ Se debe preparar el lote completo de sacos antes de etiquetar
- ✓ Debido a que la presentación de la etiqueta puede sufrir daños durante el manejo del saco, se debe colocar la bolsa de polietileno en el saco, antes de etiquetar

El etiquetado sigue la siguiente secuencia de operaciones:

1. Contar el lote de sacos y separar del fardo
2. Contar el lote de bolsas y separar del fardo
3. Colocar bolsas en los sacos
4. Colocar etiquetas en los sacos
5. Preparar el lote de sacos

2.3.5.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes

El proceso de medición de microcomponentes y macrocomponentes se considera tedioso y monótono debido a la repetitividad que usualmente acompaña a los procesos simples. El proceso se considera complejo debido a al margen de error humano que existe en la dosificación.

Tomando en cuenta las limitantes del equipo, y la fluidez del proceso, se llegó a la conclusión de que el proceso de dosificación de microcomponentes debe seguir la siguiente secuencia:

1. Verificar que la orden de producción y el protocolo concuerden
2. Verificar la existencia de materiales en el área de microcomponentes
3. Ingresar la orden de producción en el sistema de dosificación
4. Iniciar la dosificación desde el controlador
5. Colocar recipiente para dosificar en báscula
6. Observar el material solicitado en el indicador
7. Observar la cantidad de material solicitado en el indicador
8. Verificar que el producto y la cantidad coincidan con el protocolo
9. Ubicar material en el área de microcomponentes
10. Colocar la cantidad de material requerida
11. Cambiar recipiente cuando lo indique el equipo
12. Al finalizar, identificar la tarima con el protocolo utilizado

El proceso de dosificación de macrocomponentes debe seguir la siguiente secuencia:

1. Verificar que la orden de producción y el protocolo concuerden
2. Preparar un tarima y el equipo utilizado para transportar materiales
3. Buscar material requerido en el orden inverso indicado en el protocolo
4. Cargar la cantidad de sacos requerida de material en el protocolo
5. Identificar el lote de macrocomponentes con el protocolo asociado
6. Iniciar la dosificación desde el controlador
7. Observar el material solicitado en el indicador
8. Observar la cantidad de material solicitado en el indicador
9. Verificar que el producto y la cantidad coincidan con el protocolo
10. Ubicar material en lote de macrocomponentes
11. Colocar la cantidad de material requerida
12. Verificar la cantidad de sacos

Para realizar la descarga, es necesario levantar cargas que oscilan alrededor de 25kg, por lo que se debe velar por la seguridad y salud del operador. Para la descarga, se sigue esta secuencia:

1. Observar la carga de acuerdo al orden preestablecido de descarga
2. Planear el levantamiento
3. Determinar la mejor técnica de levantamiento
4. Separar los pies hacia los lados y al frente para mantener una posición segura y estable
5. Lograr un sujeción segura
6. Colocar la carga cercana al cuerpo
7. Colocar carga en transportador
8. Desplazar la carga hacia el cangilón
9. Abrir empaque o recipiente
10. Descargar producto en cangilón
11. Desplazar recipiente vacío al área predeterminada para

2.3.5.3 Ensacado

Luego de varias observaciones y pruebas se llegó a esta secuencia para el ensacado automático:

1. Verificar datos en la orden de producción
2. Ingresar producto a ensacar en controlador
3. Iniciar ensacado en el controlador
4. Preparar el lote de sacos asociados a la orden de producción
5. Abrir mordaza de ensacadora
6. Colocar saco en mordaza
7. Cerrar mordaza de ensacadora
8. Verificar que la ensacadora inicie el proceso de llenado
9. Preparar siguiente saco
10. Verificar cantidad programada de producto en el saco
11. Sujetar saco cuando se abra la mordaza
12. Desplazar saco al puesto de trabajo siguiente

Para la ensacadora manual se desarrollo la siguiente secuencia:

1. Verificar datos en la orden de producción
2. Preparar el lote de sacos según orden de producción
3. Abrir mordaza de ensacadora
4. Colocar saco en mordaza
5. Cerrar mordaza de ensacadora
6. Accionar y controlar el llenado de producto en el saco
7. Verificar que la ensacadora inicie el proceso de llenado
8. Cerrar el paso de producto de la ensacadora al saco
9. Abrir mordaza y sujetar saco
10. Desplazar saco a báscula
11. Ajustar la cantidad de producto de acuerdo a la etiqueta
12. Desplazar saco al puesto de trabajo siguiente

2.3.5.4 Empacado

Para el proceso de empacado se desarrollo la siguiente secuencia:

1. Sujetar el saco con producto
2. Sujetar el borde de la bolsa de polietileno con la mano izquierda a manera de formar un cuello con la bolsa
3. Colocar un marchamo con la mano derecha para sellar la bolsa de polietileno
4. Presionar el borde de la bolsa de polietileno hacia el fondo del saco
5. Sujetar la cosedora con la mano derecha y con la mano izquierda preparar el borde del saco
6. Realizar la costura del saco
7. Colocar la cosedora en su lugar
8. Desplazar el saco para que sea estibado y almacenado

2.3.6 Preparaciones y herramientas

El análisis de preparación y herramientas se hace con el objetivo de reducir el tiempo global el proceso, a modo de utilizar de mejor manera la capacidad de la maquinaria.

2.3.6.1 Etiquetado

El proceso de etiquetado, se puede ver como un proceso de ensamble, ya que todas las partes se unen para obtener el saco identificado. Debido a esto, se debe garantizar la existencia de sacos, bolsas y etiquetas en el área de etiquetado. Para controlar un stock mínimo se utilizará un indicador físico, a manera de que cuando el operador llegue al stock mínimo se percate de esto, y complete dicho stock con la cantidad recomendada.

En el caso de las etiquetas, que conllevan un proceso de impresión, se recomienda que sean preparadas al ser autorizada la orden de producción. En la tabla VII se presenta un resumen de los stocks mínimos que se deben tener en el área de etiquetado.

Tabla VII. Cantidad mínima de elementos para etiquetado

Elemento	Cantidad del fardo	Stock mínimo (fardo)	Stock máximo (fardo)
Sacos de papel	50	8	20
Sacos polipropileno	1000	1	2
Bolsas polietileno	400	1	3

2.3.6.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes

Debido a la naturaleza de estos procesos, la preparación y selección correcta de herramientas juegan un papel muy importante en la eficiencia global del proceso.

Antes de iniciar la dosificación de microcomponentes, es necesario preparar las herramientas y materiales que se utilizarán durante el proceso. El operador debe constatar que se tenga en existencia la cantidad requerida de material para realizar el lote de producto asociado. Es en este punto en que la orden de producción y el protocolo toman importancia.

Se realizó el diseño del protocolo a manera de agilizar el proceso y de asegurar el mismo. Utilizando la codificación de materiales creada por la organización se adaptó una hoja electrónica, por medio de la cual el operador puede verificar la cantidad total requerida de producto, la cantidad que el equipo solicitará en el área de microcomponentes y la cantidad que solicitará en el área de macrocomponentes, de acuerdo al peso y tara del saco de cada material.

El cucharón a utilizar debe ser de aluminio o de plástico para evitar reacciones entre los ingredientes, y el material del cucharón. Como dato empírico, deben ser capaces de contener una masa de 1kg. En la figura 18 se muestran los cucharones que se utilizan para el proceso.

Figura 18. Cucharón utilizado para dosificar microcomponentes



Para el proceso de macrocomponentes, es necesario que el operador prepare el lote asociado a la orden de producción y lo identifique con el protocolo. Esto evita confusiones y agiliza el proceso de medición en la báscula.

El proceso de preparación del lote de macrocomponentes se deber realizar del último ingrediente al primero que aparece en el protocolo, esto es en orden inverso. Esto agiliza el proceso de dosificación en el área de macrocomponentes, que de otro modo se duplica en tiempo, debido a la dificultad que enfrenta el operador durante la descarga. La única herramienta que se utiliza para este proceso es una navaja para abrir los sacos de producto. La hoja debe ser de acero inoxidable para evitar el deterioro de la misma ante la acción de los materiales utilizados.

Figura 19. Navaja propuesta para utilizarse en descargas a cangilón



2.3.7 Distribución de la planta

La distribución de la planta tiene dos limitantes principales:

1. La ubicación de la torre de mezcla
2. La ubicación de la entrada de la planta

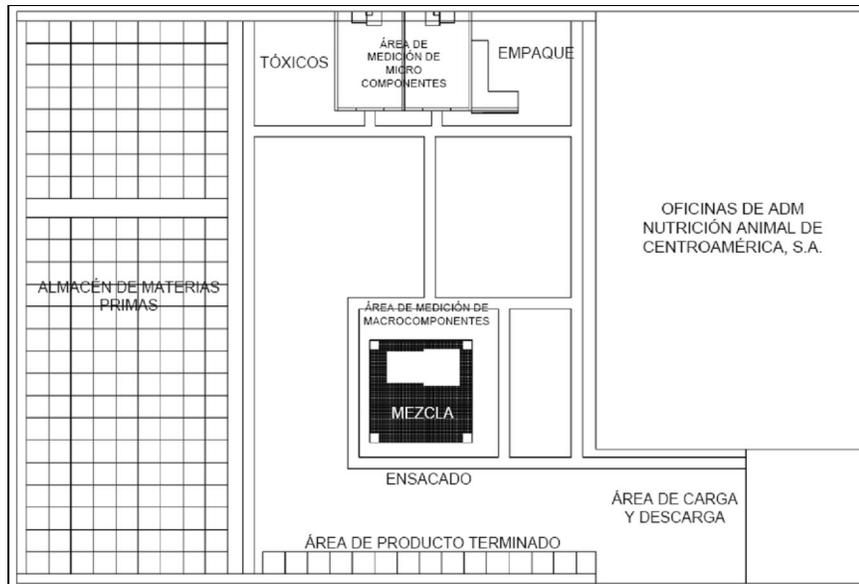
La bodega en la que se debe instalar la torre de mezcla se encuentra ubicada en un complejo de bodegas, y por lo tanto se deben seguir las normativas preestablecidas por los administradores.

La torre de mezcla se eleva a una altura de once metros sobre el nivel del suelo, y por lo tanto, fue necesario adaptar el techo de la bodega en el que se instaló la planta. A manera de no dañar la vista del complejo, se definió un sector único en el que se puede instalar la torre de mezcla.

El otro factor limitante es la entrada de la bodega, ya que la entrada de la bodega es única, y por lo tanto también cumple la función de salida. Debido a que el sector definido para la instalación de la torre se encuentra en el centro de la bodega, resulta obvio que se deben distribuir las áreas restantes, a modo de definir un flujo de materiales ininterrumpido desde la entrada, bodega, producción, almacén, salida.

Se distribuyó la planta como se muestra en la figura 20. Si se observa, por medio de esta distribución, se definen las áreas de bodega y almacenamiento claramente. Además tiene la ventaja de que el flujo no se cruza en ningún momento, y cumple con los requerimientos de la operación, ya que para el área de microcomponentes se debe disponer de un lugar aislado.

Figura 20. Distribución de planta



2.4 Análisis de trabajo

Además del diseño del trabajo manual, existe otro factor que influye en los resultados de la operación, esto es, el lugar de trabajo. En este análisis se definirán únicamente los puntos críticos que deben evaluarse en cada área de producción de la planta. Para describir los puntos críticos que deben evaluarse en el análisis del lugar de trabajo se utilizarán los factores de suplemento variable asignables al trabajo.

2.4.1 Etiquetado

El etiquetado es un proceso simple, de naturaleza repetitiva y con un grado de minuciosidad considerable, para el cual se requieren movimientos finos y rápidos. Es por esto que el área de etiquetado se debe diseñar para evitar esfuerzos innecesarios. Debe encontrarse a una altura cómoda para el operador, y que promueva una postura correcta del cuerpo.

Debido a que el etiquetado representa una pequeña fracción del tiempo total de operación, el que el operador se encuentre de pie promueve que el operador adquiera una postura adecuada. Los puntos críticos para este proceso son:

1. Trabajo tedioso
2. Trabajo monótono
3. Trabajo de cierta precisión
4. Trabajo de pie

2.4.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes

El proceso de medición de microcomponentes y el proceso de medición de macrocomponentes se realizan utilizando equipos distintos en áreas distintas y bajo distintas condiciones, por lo que se les analizará por separado.

El proceso de medición de microcomponentes es por mucho la operación que requiere de más estudio, ya que por la minuciosidad requerida, es el proceso que requiere de más tiempo y del operador más experimentado. El proceso de medición de macrocomponentes requiere de estudio en cuanto a la fatiga que representa para el operador, aunque no es crítico en cuanto a minuciosidad.

Debido a la monotonía y tedio producidos por las constantes comparaciones que debe hacer el operador en el área de microcomponentes, es necesario disponer todos los componentes para facilitarle hacer dichas comparaciones. El indicador del equipo y el protocolo debe encontrarse a una altura que le facilite al operador hacer las comparaciones necesarias, y debe hacerse coincidir el orden del protocolo y la fórmula en el equipo para reducir la confusión que pueda existir.

Todos los materiales deben tener un orden predeterminado en el área de microcomponentes, para reducir al máximo posible la probabilidad de intercambiar materiales distintos, y reducir el tiempo por concepto de búsqueda. Los puntos críticos para este proceso son:

1. Trabajo monótono
2. Trabajo complejo
3. Trabajo preciso
4. Uso de fuerza
5. Trabajo de pie

Al igual que en la medición de microcomponentes, en la medición de macrocomponentes es necesario que el operador haga comparaciones sucesivas entre lo que el equipo solicita y el protocolo del proceso, aunque la cantidad de ingredientes es menor y en cantidades más grandes. Este proceso se considera fatigoso, ya que el operador debe movilizar hasta la báscula los productos solicitados por el controlador. Se promueve el uso de equipos mecánicos que reduzcan la fatiga del operador al mínimo. Para este proceso se consideran como puntos críticos:

1. Trabajo ligeramente monótono
2. Trabajo complejo
3. Uso de fuerza
4. Trabajo de pie

2.4.3 Ensacado

Los resultados de la operación de ensacado dependen de las condiciones y la secuencia de operaciones. Debido a que la mordaza de la ensacadora se encuentra a una altura determinada, el que el operador no haga esfuerzos innecesarios depende del diseño adecuado de su entorno.

El ensacado manual requiere que el operador compare constantemente las cantidades que está ensacando, y que ajuste dichas cantidades de ser necesario. La operación de ensacado no requiere esfuerzos excesivos, es ligeramente minuciosa y repetitiva. Los puntos críticos para este proceso son:

1. Trabajo monótono
2. Proceso ligeramente complejo
3. Trabajo ligeramente preciso
4. Trabajo de pie

2.4.4 Empacado

La operación de empacado depende de las operaciones que la anteceden, y de la preparación adecuada de elementos. Se considera repetitiva, y de precisión, pero su ritmo depende de la operación de ensacado, que es la operación que la precede. Para este proceso los puntos críticos a considerar son:

1. Trabajo monótono
2. Trabajo fino
3. Trabajo de pie

2.5 Estudio de tiempos

Se estudiará la capacidad de los centros de trabajo, bajo el principio de un día de trabajo justo. Un día de trabajo justo se define como la cantidad de trabajo que puede producir un empleado calificado cuando trabaja a paso normal y usando de manera efectiva su tiempo, si el trabajo no está restringido por limitantes del proceso.

El trabajo debe ser justo para el trabajador de acuerdo a la remuneración brindada por la empresa. Se cuenta con el apoyo de un operador experimentado, con el que se hicieron pruebas preliminares a manera de que se adecuara a las condiciones físicas del proceso. El estudio de tiempos se realiza cuando los métodos están completamente desarrollados, y se ha pasado por un aprendizaje previo. Para cada ciclo de estudio se verifica que las condiciones del equipo sean óptimas, así como que el flujo de materiales no se vea interrumpido.

La responsabilidad del analista es lograr un entendimiento entre todas las partes involucradas, para lo cual se comunicó a los operadores y a los supervisores acerca de la necesidad del estudio de tiempos, y las ventajas de contar con la colaboración de todo el equipo de producción. Debido a que los métodos se desarrollaron en conjunto con los operadores durante pruebas sucesivas, hasta depurarlos, se tiene una plena conciencia de los métodos por parte de los operadores.

Se utilizará un cronometro digital, cuya precisión se extiende a centésimas de segundo. El cronometro cuenta con una capacidad de almacenar veinte datos consecutivos, con lo cual es factible utilizar el método de regresos a cero sin comprometer la precisión del estudio. Las formas desarrolladas para el estudio de tiempos se acomodan a los ciclos y a las condiciones de la operación. Además cada final de ciclo se identificó con sonidos o acciones determinantes para facilitar la toma de tiempos.

Para realizar el estudio de tiempos se requiere definir ciclos específicos de trabajo, y dividirlos en tareas para su estudio. La división de un ciclo brinda la oportunidad de estudiar con más detalle la operación, debido a que brinda más información al analista. Claro está, se debe dividir el ciclo hasta donde sea útil para el análisis posterior, y hasta donde sea posible, sin arriesgar la validez del estudio.

2.5.1 Etiquetado

El ciclo de etiquetado se lleva a cabo en un tiempo aproximado de 15 segundos. Debido a que dicho tiempo es reducido, en la práctica es posible reducirlo a dos tareas, que se identifican fácilmente, y que permiten observar la diferencia entre las condiciones del material de etiqueta utilizado.

El ciclo inicia cuando el operador tiene contacto con la etiqueta, luego la toma con la mano izquierda, y con la mano derecha desprende el adhesivo del papel protector, y con la mano izquierda coloca la etiqueta sobre la superficie. Como se observa, el inicio y el fin de la tarea se definen claramente, y permite analizar el efecto de utilizar una etiqueta semitroquelada, y una sin troquelar. La segunda tarea inicia al colocar el adhesivo sobre el saco, afirmar la adhesión, tomar otro saco, colocarlo en posición para etiquetarlo y luego el operador tiene contacto con la etiqueta. Este movimiento define claramente el fin del ciclo actual, y el inicio del otro. Además de esto se deben agregar suplementos, debido al tiempo de preparación de cada lote, al iniciar y al terminar el proceso.

A los sacos de papel se les debe colocar una bolsa de polietileno negro en el interior, por lo que se debe estudiar un ciclo adicional para el etiquetado. El ciclo se dividió en tres tareas para su estudio, debido a que el tiempo del ciclo asociado permite realizar dicha división, con la ventaja correspondiente en el análisis. El ciclo inicia cuando el operador tiene contacto con la bolsa, la toma y la acomoda en el interior del saco, luego extrae la mano del interior del saco, lo cual define el final de la primera tarea. La segunda tarea consiste en colocar el borde de la bolsa sobre el borde del saco, y acomodar el saco, lo cual define el final de la segunda tarea. La tercera tarea consiste en estibar el saco con el lote de sacos ya preparados, para luego colocar la mano izquierda sobre una bolsa, lo cual establece el final del ciclo actual y el inicio del siguiente ciclo.

2.5.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes

Se dividió el estudio de tiempos de medición de microcomponentes y de macrocomponentes, debido a que ambas se realizan en áreas distintas y no necesariamente al mismo tiempo. El criterio utilizado para dividir el ciclo de microcomponentes es la naturaleza de la tarea, que en esta operación en especial se encuentra bien definida.

El ciclo inicia cuando el operador coloca un recipiente en la báscula de dosificación, y el indicador muestra el primer ingrediente y la cantidad a dosificar. El operador se toma un tiempo para asimilar la información mostrada, se dirige y tiene contacto con recipiente que contiene el material deseado, lo cual define el final de la primera tarea. Luego de esto el operador toma el material deseado e inicia a colocar producto en el recipiente colocado sobre la báscula, hasta que la cantidad colocada coincide con la solicitada, con lo cual el indicador muestra un mensaje de conformidad, que define el final de esta tarea. La tercera tarea inicia cuando el indicador muestra el mensaje para que se cambie el recipiente actual, el operador desplaza el recipiente colocado sobre la báscula, y coloca un recipiente vacío sobre la báscula de dosificación, luego de lo cual se muestra un mensaje de conformidad, que define el final de esta tarea y del ciclo.

El ciclo de medición de macrocomponentes se inicia cuando el indicador hace el requerimiento del material, asimila la información y tiene contacto con el material solicitado, que define el final de esta tarea. La segunda tarea consiste en colocar un saco de material desde la tarima hasta la báscula y consultar el indicador, lo cual indica el final de esta tarea.

Se tiene un suplemento para la preparación del proceso, que consiste en los dos casos en programar la orden de producción en el equipo e iniciar la dosificación en el controlador.

Luego de realizar la dosificación, es necesario cargar los materiales dosificados a la torre de mezcla para continuar con el proceso. La operación de carga se dividió en dos tareas de fácil distinción y que brindan la información necesaria al analista.

A diferencia de las demás operaciones el ciclo de descarga se obtiene por cada saco o recipiente existente, ya que el ciclo es el mismo, no importando el material o el tipo de saco. El ciclo inicia cuando el operador tiene contacto con el saco, luego lo lleva hacia el cangilón y lo coloca sobre el mismo, que define el final de la primera tarea. La segunda tarea inicia cuando el operador se dispone a abrir el saco con una cuchilla, vacía el saco, coloca el saco vacío en un área dispuesta para esto y se dirige a cargar otro saco, lo que define el final de esta tarea y el final del ciclo. Este ciclo es causante de fatiga considerable al operador.

2.5.3 Ensacado

Por conveniencia se dividió el ciclo de ensacado en tres tareas, cuyo inicio y final se encuentran delimitadas por acciones identificables.

El ciclo inicia cuando el operador tiene contacto con el saco vacío lo coloca en la ensacadora y cierra la mordaza, que define el final de la primera tarea. La segunda tarea consiste en el llenado del saco y finaliza cuando la mordaza libera el saco. La tercera tarea consiste en sujetar el saco liberado y colocarlo para que sea empacado, luego el operador toma otro saco, lo cual define el final de esta tarea y del ciclo.

La segunda tarea es de especial importancia ya que debido al cambio de densidad de un producto, el llenado del saco puede variar en tiempo. Para lidiar con esta variación, el estudio se realizó con distintos productos, a manera de establecer un estándar válido.

2.5.4 Empacado

El ciclo de empacado se conforma por tres elementos, cuya naturaleza es distinta y permite que se distingan fácilmente. La primera tarea empieza cuando el operador tiene contacto con el saco lleno, se coloca el marchamo a la bolsa de polietileno y se acomoda, con lo que termina esta tarea. En la segunda tarea el operador toma la cosedora, cierra el borde del saco y coloca la cosedora en su lugar, lo que define el final de la segunda tarea. Luego el operador procede a estibar el saco y toma otro saco, lo que define el final de la tercera tarea y el final del ciclo.

Como se observa, en la mayoría de los casos, el inicio y el final de un elemento en particular se define por un contacto, o un sonido, y los ciclos se dividen hasta donde se necesita para el análisis posterior.

3. DESCRIPCIÓN DE MONTAJE, PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA PLANTA DE MEZCLA EN SECO DE ADM NUTRICIÓN ANIMAL, S.A.

La mayoría de retrasos, incidentes y accidentes que ocurren en el área de trabajo, y durante la instalación de equipos son resultado de una planeación ineficiente. El desarrollo de objetivos y metas generalizados provoca el incumplimiento de los mismos, y por lo tanto genera un ambiente pesimista entre los empleados debido a la frustración del equipo de trabajo.

Debido a la diferencia inherente entre montajes de equipos distintos, producto de las diferencias entre instalaciones, equipos, condiciones, ambiente, equipo de trabajo, la planeación y la seguridad son dos factores de los cuales depende el éxito de un montaje en específico. Retrasos producto de falta de materiales, falta de herramientas, desorganización del personal, entre otras cosas, son identificables, y por lo tanto evitables como parte de una planeación detallada que tome en cuenta secuencias de montaje, recursos y tiempo a utilizar.

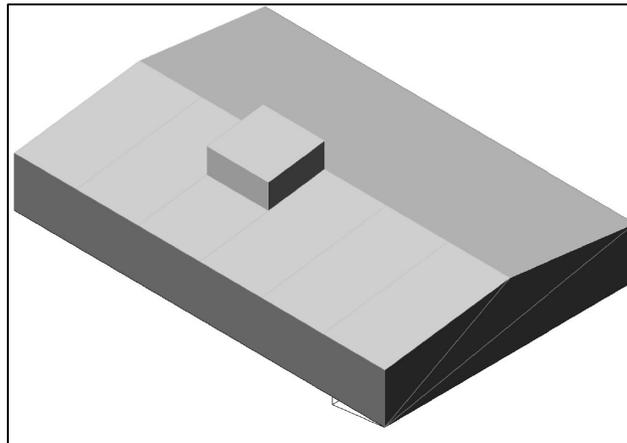
El manejo de elementos pesados y la realización del montaje a once metros del suelo justifican el uso de métodos seguros, el uso de equipo de protección para el personal y sobre todo un compromiso por parte del equipo de trabajo.

El desarrollo de métodos de trabajo, y la estandarización de su uso para realizar el proceso requieren de un estudio detallado que tome en cuenta al operador y los resultados esperados por la administración.

3.1 Montaje de equipos

El equipo de mezcla se dispone en una estructura en forma de torre diseñada para soportar el equipo de elevación, transporte, mezcla y ensacado y las cargas dinámicas, producto del funcionamiento de cada equipo. Tomando en cuenta los elevadores, la altura máxima de montaje se encuentra a once metros sobre el nivel del suelo. La planta de premezclas se encuentra ubicada en un complejo empresarial, por lo tanto se debe cumplir con la normativa interna del mismo, por lo cual se definió un sector específico de la bodega para instalar el equipo de premezclas. Además fue necesario modificar el techo de la bodega, debido a que la altura de la torre de premezclas supera la altura máxima de las instalaciones.

Figura 21. Bosquejo de bodega



La modificación en el techo supone una dificultad elevada en el montaje de los soportes de la estructura. Se identificó cada equipo y cada pieza de la estructura y se clasificó cada elemento de acuerdo a la masa en kg. Esto facilita el manejo seguro de cada elemento ya que se reduce el criterio del operador en cuanto al peso y se respalda con información certera. En la tabla VIII se muestran los elementos recibidos, y el peso correspondiente.

Tabla VIII. Elementos, equipos y masa correspondiente

Elemento	Masa (kg)
Elevador con capacidad para 1.4 TM3, 7.5hp	4000
Elevador 0.4 TM3, 4hp	3000
Mezcladora de paletas MZPT – 1000	2000
Mezcladora de paletas MZDV – 400	1000
Columnas, cuatro piezas	750
Báscula de piso plataforma de 1.2m, 1500kg x 0.5kg	600
Báscula de piso plataforma de 1 m2, 500kg x 0.2kg	500
Tolva MZPT - 1000, 7 elementos	500
Tolva MZDV - 400, 7 elementos	500
Tolva de compensación MZPT - 1000, 4 elementos	500
Tolva de compensación MZDV - 400, 4 elementos	500
Báscula ensacadora, 5/6 sacos por minuto	450
Plataforma segundo nivel, 18 piezas	400
Plataforma tercer nivel, 14 piezas	375
Ventilador centrífugo MZPT – 1000	300
Ventilador centrífugo MZDV – 400	300
Plataforma motores, 4 piezas	250
Cangilón con capacidad para 1 TM3	200
Cangilón con capacidad para 0.4 TM3	150
Ductos de aspiración MZPT - 1000, 20 elementos	100
Ductos de aspiración MZDV - 400, 20 elementos	100
Centro de control de motores	75
Filtro de mangas MZPT – 1000	50
Filtro de mangas MZDV – 400	50
Sistema para traslado de saco	50
Tensores inferiores, ocho piezas	50
Escaleras, 4 piezas	50
Tensores superiores, siete piezas	35
Controlador GSE MZPT – 1000	30
Controlador GSE MZDV – 400	30
Mordaza manual para ensaque	15
Báscula MZPT - 1000 30 X 30 cm	10
Platinas de soporte, 4 piezas	5
Pernos de anclaje, 16 piezas	2

Los cimientos de la estructura fueron previamente elaborados por un equipo de construcción. Cada columna de soporte debe anclarse utilizando cuatro pernos de 5/8" de diámetro, fabricados de acero 1045. En la figura 22 se muestra un esquema de las cimentaciones.

Figura 22. Esquemas de la cimentación

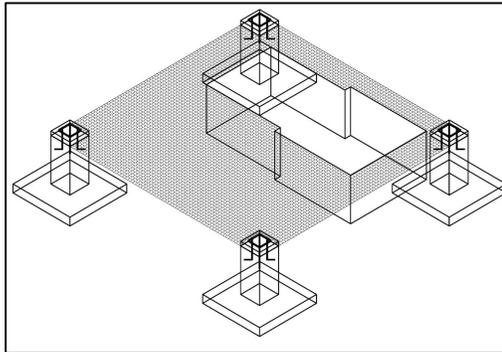


Figura 23. Fundición de cimientos



Con la ayuda de un técnico especializado se realizó una recopilación de las herramientas necesarias para realizar la instalación del equipo mecánico. La selección de las herramientas adecuadas para realizar la instalación, y la disponibilidad de las mismas juega un papel decisivo en el éxito del proyecto.

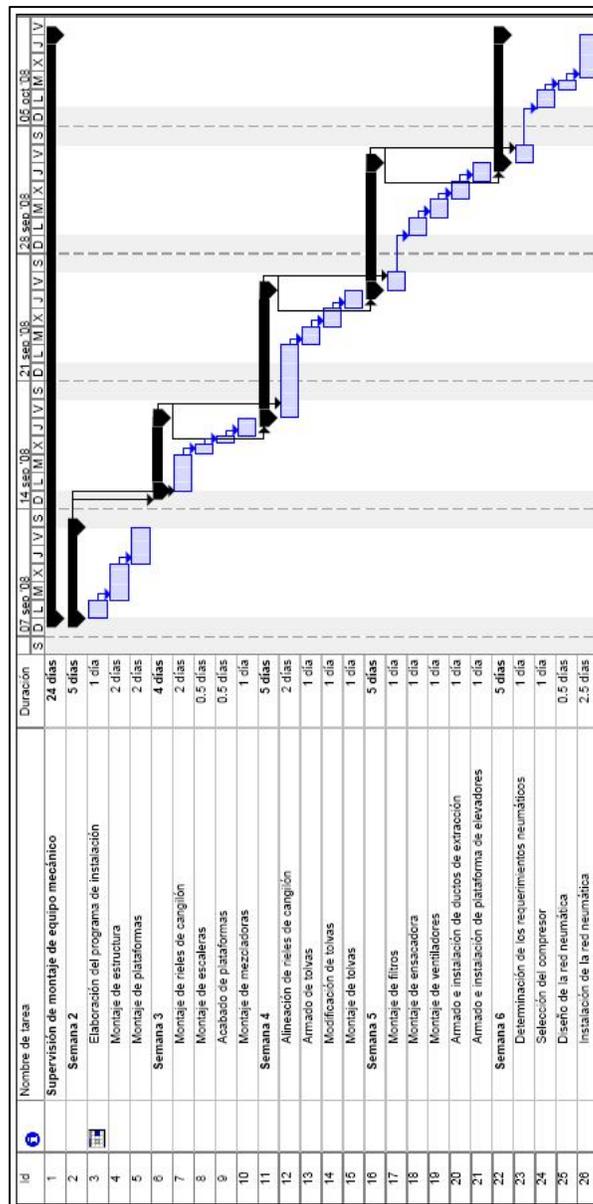
Básicamente, el control de la instalación depende de la administración adecuada de recursos, tomando en cuenta el programa de instalación y la seguridad del recurso humano.

Tabla IX. Equipos requeridos para realizar el montaje

Cantidad	Descripción
2	Extensión 220V de 20m longitud
2	Extensión porta electrodo de 20m longitud
2	Equipo de soldadura para 7018 Ø1/8"
2	Diferencial de una tonelada
4	Lazos 30m longitud
4	Arnés de seguridad
1	Pulidora
2	Taladro de 3/8" y 1/2"
1	Rach con juego de copas
1	Equipo de oxicorte, 30m longitud
6	Par de guantes
14	Secciones de andamio
2	Careta para soldar
1	Careta para pulir
1	Manguera para nivel de 30m longitud
1	Juego de llaves
1	Llave expansiva 15"
1	Estuche brocas 1/16" a 1/2"
2	Cepillo de acero
1	Caja metálica para herramienta
1	Marco para segueta 12"
1	Escuadra profesional 12"
1	Nivel 12"
1	Lima media caña 12" gruesa
1	Lima plana 12" gruesa
1	Lima redonda 3/8" x 12"
1	Martillo de bola 3 lb.
1	Centro punto Ø1/2" x 6"
1	Cinzel 1" x 6"
1	Set de desarmadores
1	Alicate aislado 8"
4	Hombrosolo corriente y de uñas
1	Prensa F 25"
1	Juego llave Bristol 5/64" a 1/4"

El cronograma de instalación relaciona las metas administrativas con metas realizables a nivel operativo. Por medio de un diagrama de Gantt el equipo de trabajo se entera de los estimados de tiempo para cada tarea, y planea lo que hará al terminar la tarea que se encuentran realizando. En la figura 24 se muestra el diagrama de Gantt de la instalación, el cronograma parte del ocho de septiembre del año 2008.

Figura 24. Diagrama de Gantt de montaje mecánico



3.1.1 Secuencia y métodos de montaje

Se realizó una simulación gráfica del montaje, en la cual se detalló paso a paso el movimiento y manejo de elementos y equipos. Esto se hizo con el objetivo de ilustrar al equipo completo acerca de los procedimientos a utilizar.

Para realizar las elevaciones de los elementos hasta la altura deseada se utilizaron diferenciales de tres toneladas de capacidad, y cable de acero de ½" de diámetro. Se utilizaron módulos de andamios para ubicar el equipo de montaje a la altura deseada haciendo el uso de arnés de seguridad para evitar caídas. Se notificó como obligatorio el uso de protección personal para la cabeza, debido al riesgo de caídas de objetos desde alturas elevadas.

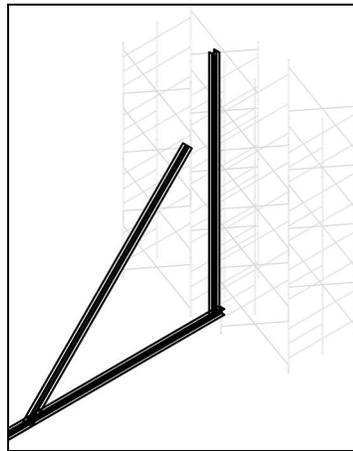
El montaje se realizó en tres etapas: Se colocó el elemento en la posición deseada por medio de diferenciales y de la guía del equipo de montaje, luego se sujetó temporalmente utilizando tornillos grado cinco, por último, se verificaron los niveles horizontales, los plomos y la posición con respecto a los demás elementos; se utilizó soldadura para fijar los elementos.

Debido al preensamblado realizado en el país de origen, el fabricante dispuso la colocación de tornillos como dispositivos de sujeción primarios, facilitando el montaje. Para la sujeción final se utilizaron electrodos de penetración 7018, cuya soldadura se puede hacer en cualquier posición.

En la figura 25 se muestra la elevación de una de las columnas principales, y su colocación sobre los pernos de anclaje. Las platinas se sujetaron previamente a los pernos de anclaje, luego se ubicó la columna sobre la platina, después se verificó la posición y el nivel vertical de la columna por medio de plomos. Las operaciones de nivelado y manipulación se realizaron desde los andamios ubicados junto a la columna. La columna se colocó previamente en el suelo en la posición deseada, luego se inició la elevación hasta colocar la columna en una posición vertical.

El montaje de la segunda columna se realizó de la misma forma y se elevó una de las vigas que conforman la plataforma del segundo nivel. Esta viga sujeta las columnas *a* y *b*, y en ese momento permitió sujetar temporalmente ambas columnas y verificar la posición de las mismas.

Figura 25. Montaje de columna principal *a*

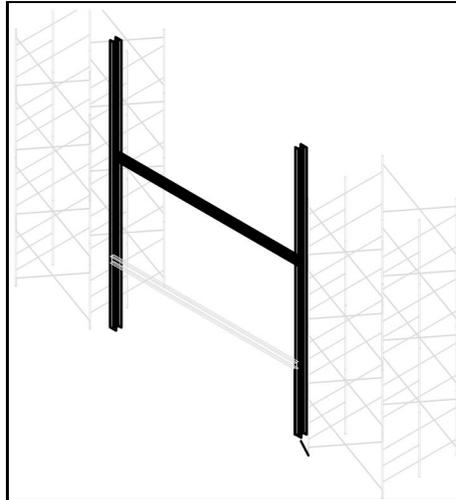


En tanto que la sujeción entre viga y columna se realizó por medio de tornillos, a nivel de suelo fue posible sujetar las columnas a las platinas por medio de soldadura, con lo que se mejoró la estabilidad de la estructura hasta entonces ensamblada.

Figura 26. Elevación de columna *a*

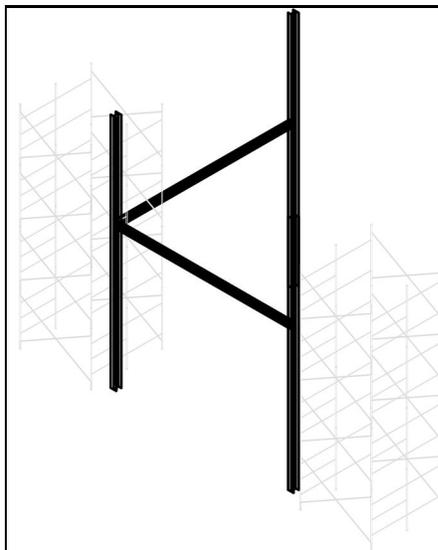


Figura 27. Sujeción de columnas a y b



Luego se repitió el mismo procedimiento para elevar la columna *c*, utilizando diferenciales y colocándola sobre la platina. Se elevó la viga *a-c* y se colocó en posición. Se sujetó por medio de tornillos a las columnas y se ancló temporalmente la columna *c* a la platina por medio de soldadura.

Figura 28. Montaje de columnas a, b y c



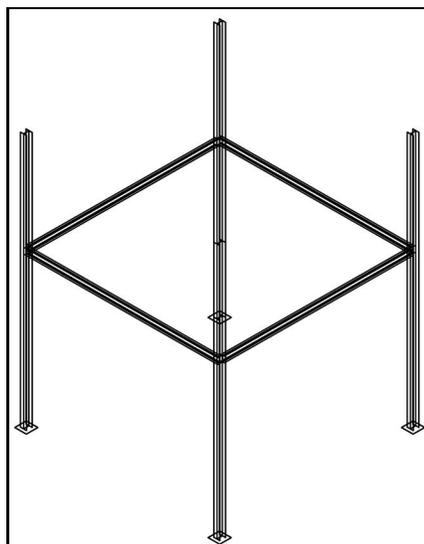
En la figura 29 se muestra la estructura hasta este punto del montaje. La estructura se estabilizó con el montaje de las vigas entre las columnas.

Figura 29. Columnas a, b y c



Se procedió a realizar el montaje de la columna *d*, y la elevación de las vigas *c-d* y *a-d*. Se ensamblaron por medio de tornillos y se sujetaron las columnas a las platinas. Después de esto, se colocaron las vigas de la plataforma superior, y se realizó el ensamblaje respectivo. Se verificaron los niveles verticales y horizontales y se procedió a sujetar la estructura por medio de soldadura. Se reforzó la soldadura entre las columnas y las platinas y se reforzaron las uniones atornilladas utilizando soldadura.

Figura 30. Montaje y sujeción de columnas a, b, c y d



Una vez fijadas las columnas principales, se buscaba estabilizar la estructura, por lo cual se procedió al montaje de los tensores de la estructura. Con esto se restringe el movimiento de la estructura, y no se obstaculiza el montaje de los equipos restantes. La viga *c-d* correspondiente a la plataforma del segundo nivel no se instaló hasta este punto, debido a que fue previsto realizar la elevación de los rieles de los elevadores a través del umbral formado entre las columnas *c* y *d*.

Figura 31. Montaje de plataforma superior

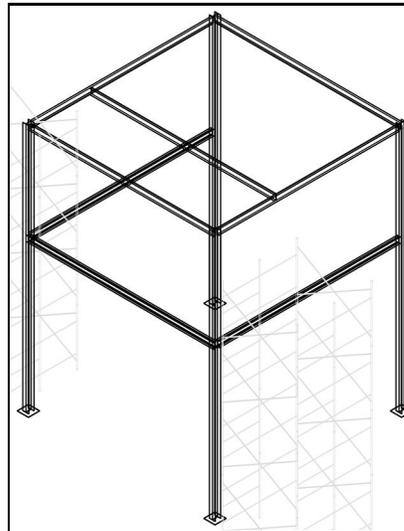
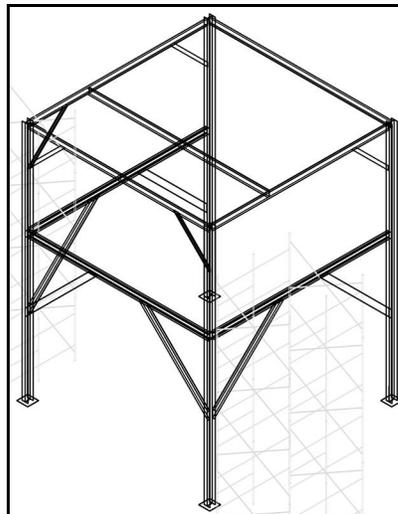


Figura 32. Montaje de tensores



En la figura 33 se muestra la estructura armada con las columnas principales y los tensores, si se observa la plataforma superior está instalada.

Figura 33. Estructura armada con tensores



El equipo de elevadores es el conjunto de peso más elevado, y de manejo más difícil debido a su asimetría geométrica. Se ensambló el motor y el equipo de potencia en el suelo al conjunto de rieles del elevador. De la misma manera se ensambló el cangilón a nivel de suelo, y con esto se inició la elevación del conjunto completo. En la figura 34 se muestra el motor y el equipo de potencia, y en la figura 35 se muestran los rieles del elevador.

El equipo de elevación se sujeta de la estructura de la torre, por lo cual a nivel de suelo no requiere de una cimentación especial y requiere de pernos de anclaje convencionales. Debido al peso y a lo poco manejable de los elevadores, se utilizaron dos diferenciales para elevar el equipo de elevación.

Figura 34. Motor de elevador

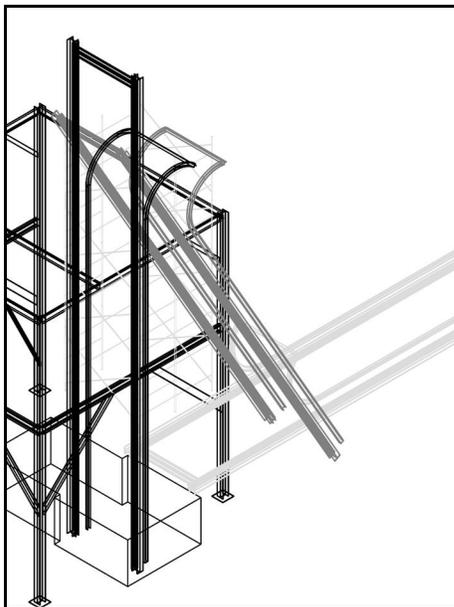


Figura 35. Rieles de elevador



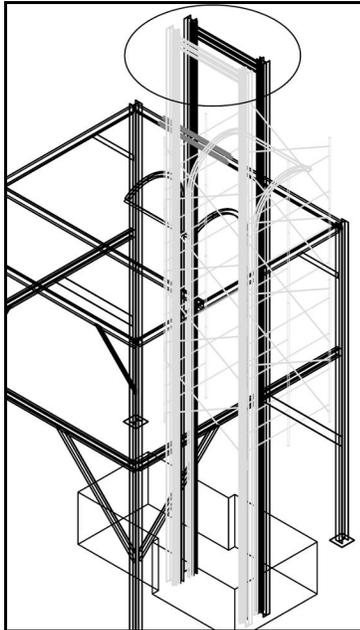
Se muestra la secuencia de montaje del equipo de elevación. Como se observa, los rieles se anclan a un metro bajo el nivel del suelo. Los rieles fueron elevados en la posición mostrada, más adelante fue necesario girarlos para colocarlos correctamente.

Figura 36. Montaje de elevadores



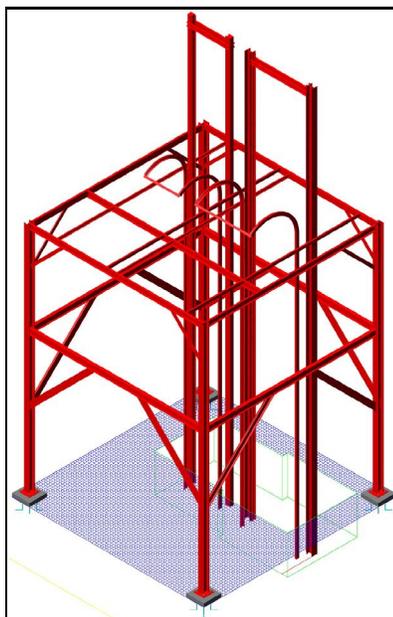
En la figura 37, se muestra el giro realizado con el equipo de elevación, esto facilitó la elevación y a su vez el giro en posición vertical se consideró más fácil y seguro.

Figura 37. Giro de equipo de elevación



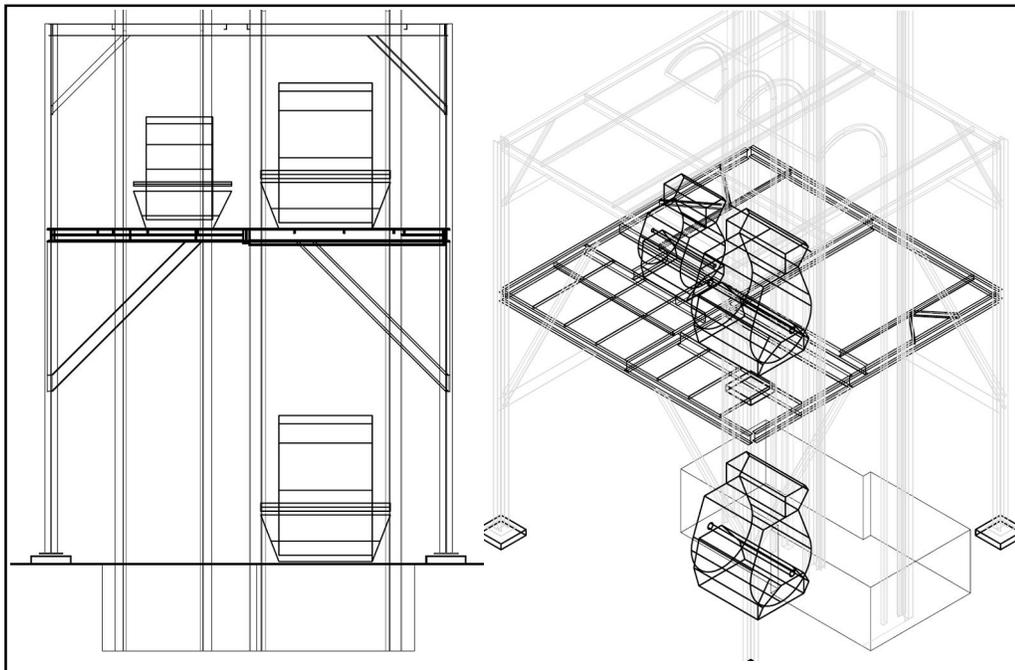
Luego se procedió a realizar el montaje del segundo elevador utilizando el mismo procedimiento. En la figura 38 se muestra la estructura y los elevadores instalados completamente.

Figura 38. Estructura y elevadores



Una vez asegurada la estructura y asegurado temporalmente el equipo de elevadores, se procedió al montaje de las mezcladoras. Para realizar el montaje se elevaron las mezcladoras hasta la altura de la plataforma del segundo nivel, luego con las mezcladoras aún suspendidas se ensambló la plataforma del segundo nivel. Una vez asegurada con soldadura, se colocaron las mezcladoras en posición y se sujetaron. En la figura 39 se muestra un esquema del posicionamiento de las mezcladoras.

Figura 39. Montaje de mezcladoras



Luego del montaje de las mezcladoras se procedió al armado y montaje de las tolvas que operan en la torre de mezclas. Por su parte las tolvas superiores tienen la función de retener materiales no mezclados, en espera de ser mezclados en cuanto la mezcladora termine el ciclo precedente. Las tolvas colocadas por debajo de las mezcladoras tienen la función de retener producto terminado antes de ser empacado, y se conectan directamente a los dispositivos de empacado, como se muestra en la figura 40.

Figura 40. Tolva de producto terminado



Figura 41. Tolvas superiores



Se reforzó la estructura utilizando para ello soldadura con electrodos de penetración 7018. Se realizó el montaje de las ensacadoras y de los sistemas de extracción. La ensacadora de la línea de 1000kg consiste en un tornillo sinfín que se utiliza como dispositivo de transporte y llenado; un conjunto de compuertas regulan el paso de producto hacia los sacos que son sujetados por medio de una mordaza neumática. La ensacadora manual colocada en la línea de 400kg, cuenta con una compuerta de paso variable que regula el llenado de los sacos por medio del movimiento impuesto por el operador, el transporte del producto se realiza por medio de la acción de gravedad. En la figura 42 se muestra la ensacadora automática.

Figura 42. Ensacadora automática, transporte por tornillo sinfín



Los sistemas de extracción están conformados por un dispositivo de potencia y un conjunto de conductos que guían el flujo de aire. El dispositivo de potencia utilizado consiste en un ventilador centrífugo impulsado por un motor eléctrico Weg, cuya potencia es transmitida al ventilador por medio de un sistema de fajas y poleas. Los conductos extraen aire con polvo de las áreas de carga, ensacado y tolvas, lo conducen hacia un filtro que a su vez devuelve el producto directamente a la mezcladora. El conducto principal cuenta con un diámetro de 22cm, y es reducido en las áreas de extracción a un diámetro de 12cm.

En lo que al montaje mecánico concierne, los filtros son módulos que se conectan directamente a la mezcladora, al cual los conductos de aire guían el aire con polvo extraído de las áreas descritas, se fuerzan a pasar por mangas de fieltro punzonado, que retiene el polvo del aire y lo purifica.

Figura 43. Sistema filtro, ventilador y conductos



Por motivos de seguridad se instalaron barandas de seguridad alrededor de la torre de mezcla, reduciendo el riesgo de posibles caídas. Se completó el armado de las plataformas utilizando lámina labrada, cumpliendo la función antideslizante. En la figura 44 se muestra la torre de mezcla y las barandas de seguridad.

Figura 44. Torre de mezcla



3.1.2 Diseño e instalación de la red neumática

Las instalaciones neumáticas se diseñan basándose en una serie de normas generales que deben aplicarse para todas las redes neumáticas, y una serie de normas específicas que dependen del equipo y la naturaleza del proceso del que formarán parte. Normas como evitar caídas grandes de presión, la inclinación obligada de las tuberías, la búsqueda de la trayectoria más corta, son ejemplos de normas generales aplicadas durante el diseño preliminar de la red neumática.

Como característica principal específica de un proceso se puede definir la calidad del aire, en base a la naturaleza del proceso y a los equipos neumáticos utilizados en el proceso. Es claro que un proceso que maneje productos alimenticios debe operarse con aire puro, sin partículas de aceite industrial y con un mínimo de agua contaminante.

La acumulación de agua es otro factor que debe controlarse en equipos de precisión y uso frecuente. El agua corroe las tuberías y los equipos neumáticos, y su acumulación daña los sellos y empaques de los equipos así como el funcionamiento de accionamientos neumáticos. Los equipos de accionamiento neumático deben ser lubricados constantemente a manera de extender la longevidad de los mismos, y evitar fallas.

La capacidad del aire de contener agua varía aproximadamente en la misma proporción que la relación de compresión, esto quiere decir que para una relación aproximada de 12, el aire contendrá aproximadamente 12 veces la cantidad de agua presente en el aire normal. El aire a alta presión, y baja temperatura libera agua que debe ser purgada a intervalos regulares. Es por esto que se adquirió un compresor con purga de agua automática.

La presión del aire proveniente del compresor tiende a variar constantemente entre amplios rangos de presión, dependiendo de la configuración del compresor. Para evitar daños en los equipos alimentados por la red neumática es necesario regular dichas fluctuaciones de la presión del aire, para lo cual se utilizan reguladores de presión. Se colocará un regulador de presión en el ingreso de aire a la línea principal, como dispositivo de seguridad para salvaguardar los equipos dependientes de aire comprimido.

El aire contiene impurezas, de acuerdo a los diferentes ambientes a los que ha sido expuesto, por lo que el compresor utiliza un filtro para retener dichas impurezas antes de que el aire ingrese a los pistones de compresión. Los compresores de pistón tienden a ensuciar el aire con el aceite utilizado para lubricar el compresor y con fragmentos del material de los pistones. Esto hace necesaria la colocación de filtros en la red neumática.

Los filtros guían el aire a través de una trayectoria que separa las partículas más pesadas. Estas partículas, en su mayoría conformadas por agua y aceite son purgadas constantemente del filtro.

A manera de proteger los equipos se colocó un filtro a la línea principal, con una capacidad de filtrar partículas de hasta 15µm. Debido a los posibles daños que puedan sufrir los equipos se debe instalar un paso alternativo de aire, que opere temporalmente en lugar del paso principal, regulado y filtrado. En la figura 45 se muestra el regulador, filtro y bypass de la línea principal.

Figura 45. Regulador, filtro y bypass



La línea principal fue diseñada con tubería de 1" de diámetro, lo que permite que el regulador y el filtro principales sean de constitución robusta. Además cabe destacar que el regulador contiene un dispositivo de desfogue que opera en el caso de fluctuaciones de presión que provoquen picos de presión que superen la capacidad máxima para la cual fue diseñado el regulador, usualmente 150psi.

La línea principal conduce el aire, y se extraen ramales de la línea para alimentar directamente los equipos neumáticos. De acuerdo a su función, el acondicionado del aire se separó físicamente en dos módulos:

- ✓ Sistema de filtros
- ✓ Sistema de accionamientos neumáticos

La lubricación y presión de ambos módulos varía de acuerdo a las condiciones de operación requeridas. El aire que fluye a través de los filtros tiene contacto directo con los materiales, por lo cual debe ser filtrado, y el lubricante utilizado debe ser mínimo. En el caso del sistema de accionamientos neumáticos, se requiere una lubricación más abundante, debido a que este ramal alimenta los cilindros neumáticos y que el aire tratado pasa a través de electroválvulas.

El lubricador consiste en un dispositivo cuya función es dosificar la cantidad de lubricante deseada en flujo de aire, y dispersarlo de una manera uniforme por medio de la formación de una neblina de aceite. Estos dispositivos trabajan utilizando el principio de Venturi, que hace pasar el flujo de aire a través de una garganta cuyo diámetro es inferior, y debido al cambio entre presión y velocidad permite que se cree un vacío relativo que permite dosificar más aceite a mayor flujo.

Debido a la conveniente instalación y mantenimiento se adquirieron unidades de mantenimiento para tratar el aire de cada ramal, a manera de regularlo, filtrarlo y lubricarlo. Para el armado de los ramales se utilizó tubería de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, por lo que las unidades de mantenimiento colocadas son menos robustas que el filtro y regulador colocados en la línea principal. En la figura 46 se muestra la unidad de mantenimiento encargada de acondicionar el aire conducido a los filtros.

Figura 46. Unidad de mantenimiento colocada en ramal de filtros



El ramal que conduce aire hacia los accionamientos neumáticos debe garantizar que la presión no supere la estándar para un sistema neumático, y su lubricación debe ajustarse a las condiciones de operación, que tienden a regular la dosificación a una tasa más elevada que la requerida para el sistema de filtros.

Figura 47. Unidad de mantenimiento colocada en ramal de accionamientos



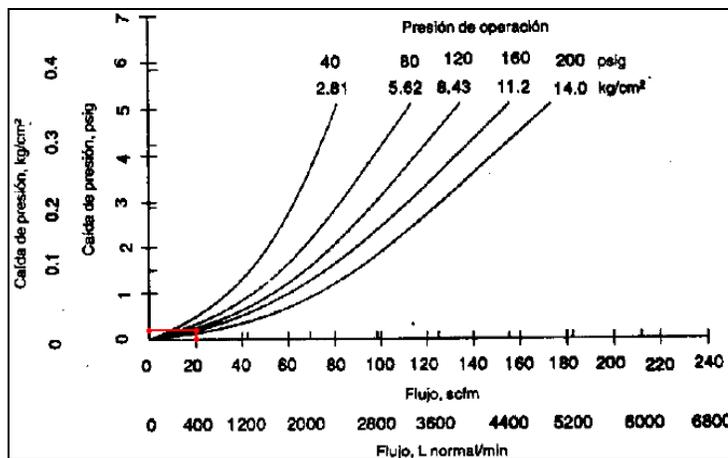
Al fluir aire comprimido a través de tuberías largas y a través de trayectorias curvas el agua contenida en el aire tiende a liberarse, por lo cual las tuberías se diseñan con una inclinación que permite que el agua fluya y no se acumule en las tuberías. Para extraerla se utilizan trampas de agua, que se drenan regularmente.

Figura 48. Trampa de agua



Resulta necesario verificar que para las condiciones dadas de operación, la caída de presión no exceda el límite de 0.1bar. De la figura 49 se obtiene que para un caudal de 20CFM y una presión de operación de 175 psi, se obtiene una caída de presión de 0.2psi, que se considera despreciable.

Figura 49. Caída de presión en el filtro de acuerdo a la presión y el caudal



Fuente: S.R. Majumdar, Sistemas neumáticos, Pág.67

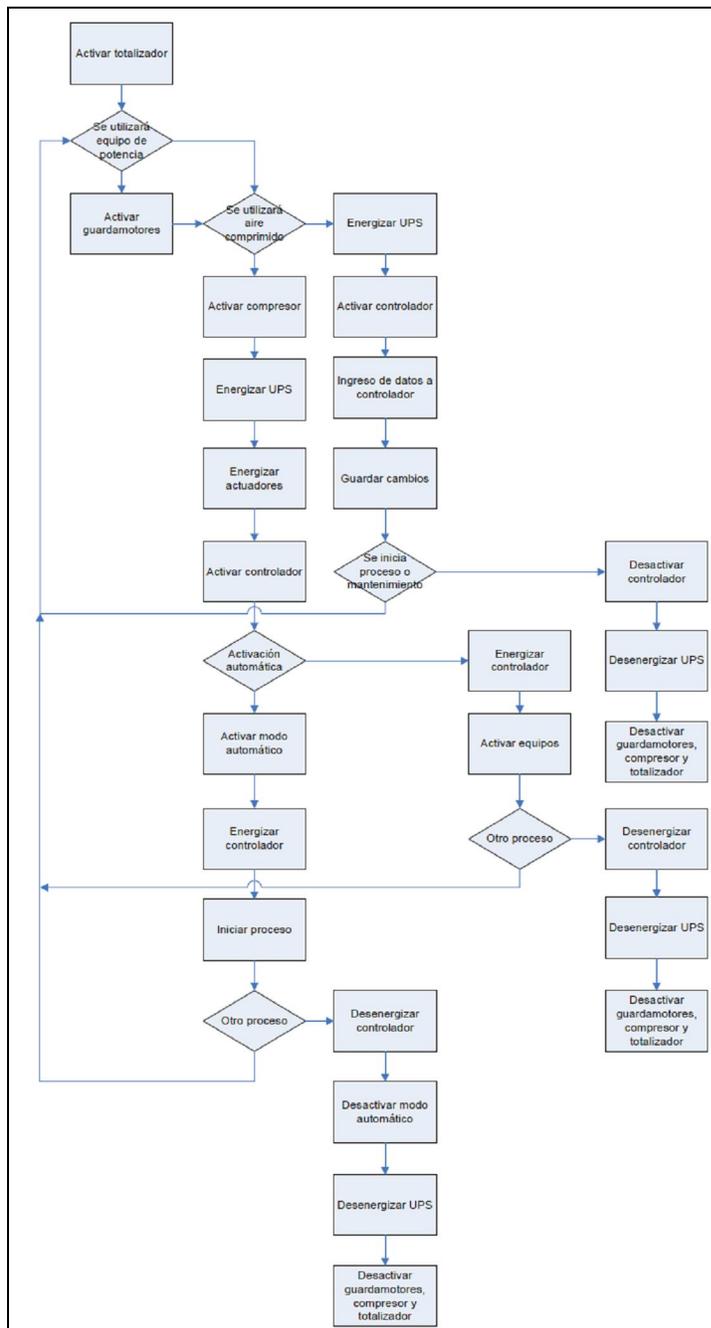
3.1.3 Consideraciones eléctricas de la instalación

La instalación de equipos eléctricos y electrónicos fue realizada luego de terminado el montaje mecánico. Más allá de describir los tecnicismos de la instalación, se describirán aquellos puntos que se consideran relevantes para la operación correcta y segura de los equipos eléctricos y electrónicos.

El equipo de mezcla, el compresor y el equipo de iluminación, utiliza un sistema trifásico a cuatro hilos en conexión estrella 220V/440V. Para el área de oficinas se cuenta con un servicio de distribución monofásico de 110V. Se utiliza un banco de tres transformadores monofásicos con capacidad individual de 15KVA.

Como parte del estándar de operación se estudiaron las secuencias adecuadas de activación y desactivación de equipos. Los resultados se graficaron en un diagrama de flujo simple que ilustra al usuario acerca del uso correcto de los equipos que está operando.

Figura 50. Esquema de activación y desactivación de equipos



Para manejar el equipo se activa el totalizador, que consiste en un breaker de tres líneas, que protege los equipos de la torre de mezcla. Dependiendo de si se realizarán tareas que requieran la activación de compuertas neumáticas, o disparadores neumáticos, se activa el equipo de aire comprimido. Para tareas que requieren únicamente el manejo de las bases de datos del controlador se energiza el UPS y se activa el controlador. El operador tiene la opción de iniciar otro proceso, o de salirse del menú y desactivar los equipos.

Para tareas que requieren el uso de aire comprimido se debe energizar y activar el compresor, seguido del energizado del UPS. Debido a que todos los equipos de potencia están protegidos, antes de poder utilizarse deben activarse los guardamotors correspondientes a los equipos que se utilizarán. Aunque la fuente de energía es la misma, el control se divide en dos sistemas básicos que actúan en conjunto para activar los equipos.

El sistema de control se encarga de enviar y recibir las órdenes de lo que se desea activar o desactivar, ya sea por manipulación del operador o bien por la programación del controlador. Este sistema opera a un voltaje de 110V regulado y protegido por medio de un UPS. El otro sistema está conformado por el equipo de potencia, que utiliza directamente el sistema trifásico 220V/440V de alimentación y su consumo de corriente puede llegar hasta 25 amperios por motor eléctrico.

El tablero de control del proceso cuenta con un protocolo de activación automática y con un protocolo de energizado. Cuando se requiere realizar activaciones manuales desde el controlador o desde el centro de control de motores, es necesario energizar el tablero de control y desactivar el protocolo de activación automática. En caso se requiera que el equipo realice ciclos completos y los controle automáticamente sin intervención del operario, es necesario energizar el tablero y activar el protocolo de automático.

Al igual que el proceso de activación de equipos, es necesario realizar la desactivación de acuerdo al protocolo establecido, que es el procedimiento inverso al utilizado para la activación previa. Como parámetro general, la activación se inicia con el totalizador, se sigue con brakers y guardamotores y se finaliza con la activación de cada equipo.

La importancia de realizar la activación y desactivación, así como el energizado previo a la activación obedece al hecho de preservar los equipos de potencia y de control en buen estado y a la seguridad del operador.

Una vez descritos los procedimientos de energizado y activación es necesario describir el proceso realizado por el equipo y la interacción controlador-operador durante el proceso de mezcla. El controlador utiliza un programa que le permite al usuario interactuar con el mismo y modificar las bases de datos contenidas en la memoria del mismo. El usuario se relaciona con cuatro bases de datos:

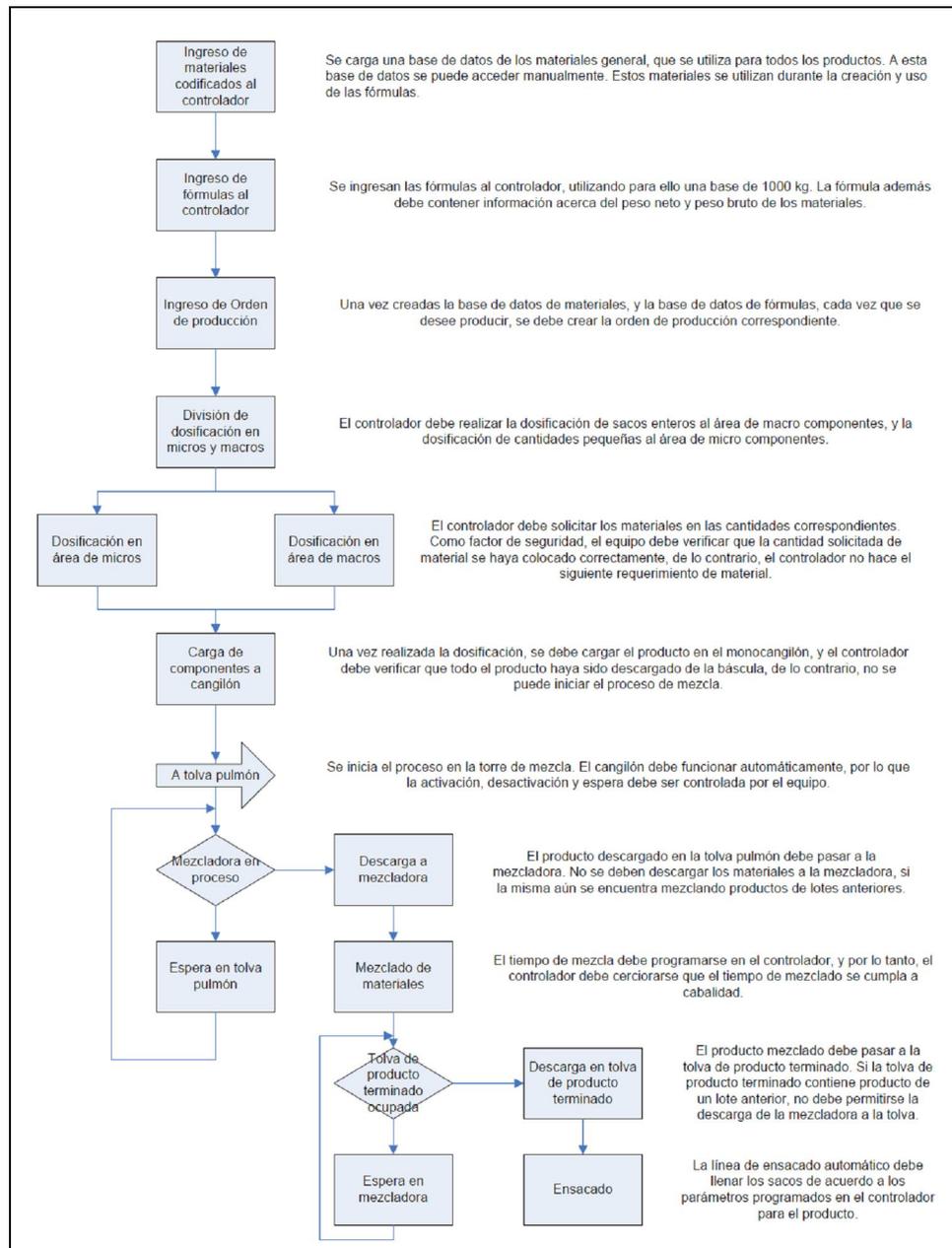
- ✓ Ingredientes
- ✓ Encabezado de fórmulas
- ✓ Contenido de fórmulas
- ✓ Operaciones realizadas

En la base de datos de ingredientes se almacenan los códigos de los ingredientes a utilizar durante el proceso, cada código cuenta con una descripción. En la base de datos de encabezado de fórmulas se almacenan los datos principales acerca de las fórmulas, como nombre, código y cantidad base a la que se ingresan.

En la base de datos de contenido de fórmulas se almacena la composición de cada fórmula. De esta manera al ingresar una orden de producción se utilizar el código almacenado en la base de datos de encabezado de fórmulas.

Se desarrolló el esquema mostrado en la figura 51, en el que se supone que todos los dispositivos del equipo se encuentran energizados y activados. Este esquema resulta de la necesidad de entender la lógica de la programación del controlador, los requisitos y las acciones que toma en ciertos estados y condiciones.

Figura 51. Esquema básico de lógica del controlador de dosificación



Al iniciar una dosificación el equipo se guía por la composición de la fórmula relacionada con la base de datos de encabezado de fórmulas, y cada ingrediente solicitado es comparado con el código almacenado en la base de datos de ingredientes. De esta manera se interrelacionan estas tres bases de datos y se puede observar que una no es funcional sin las otras dos que la complementan.

La base de datos de operaciones realizadas consiste en un historial de los procesos efectuados con el equipo de dosificación. Representa una herramienta importante en auditorías internas.

Colocando como objetivo producir cierta cantidad de un producto x, se debe realizar el siguiente proceso: Debe ingresarse o actualizarse la base de datos de ingredientes, luego debe ingresarse una fórmula que incluye el encabezado y el contenido. Luego se crea la orden de producción de acuerdo a la cantidad deseada de una fórmula previamente ingresada que contiene materiales previamente almacenados en el equipo.

El equipo separa automáticamente aquellos materiales que serán dosificados en el área de microcomponentes y en el área de macrocomponentes. Luego de dosificados el equipo verifica que se haya finalizado el proceso de dosificación en las dos áreas, y que la báscula de macrocomponentes haya sido desocupada. Esto le indica al equipo que todos los materiales han sido depositados en el cangilón, luego de lo cual espera una confirmación manual para iniciar el proceso automático de mezcla.

El elevador transporta los materiales y los deposita en la tolva pulmón de la línea de mezcla. Se hace una verificación, si la mezcladora está ocupada, el producto en la tolva pulmón no es liberado hacia la mezcladora. En caso de encontrarse desocupada la mezcladora, se libera el producto y se inicia el mezclado que obedece a un tiempo programado de mezcla.

Al finalizar el tiempo de mezcla el equipo verifica si la tolva de producto terminado está ocupada; si este es el caso, no se descarga el producto de la mezcladora hacia la tolva de producto terminado y espera, de lo contrario el producto mezclado es liberado hacia la tolva de producto terminado.

En el caso de que exista producto en la tolva de producto terminado, esta última puede ser desocupada por medio del ensacado de producto. Al terminarse el proceso de ensacado se libera la restricción de la tolva de producto terminado y las precedentes en el caso de que existan, y se continua con el proceso de mezcla posterior.

3.2 Mantenimiento de equipos

Un sistema de manufactura conlleva una serie de relaciones con todas las áreas que conforman una organización. Ventas, diseño, compras, calidad y el cliente mismo se deben relacionar a manera que el sistema de manufactura opere adecuadamente, cumpliendo las expectativas propuestas por alta gerencia.

De un equipo de trabajo tan diverso como lo es un sistema de manufactura se obtiene una ventaja competitiva cuando se logran coordinar los esfuerzos de cada área y se enfocan hacia un objetivo. Al mismo tiempo, al conformarse un equipo diverso se corre el riesgo de encontrar esfuerzos mal dirigidos y objetivos discordantes, dando como resultado un sistema global ineficiente e ineficaz.

Una gestión adecuada de mantenimiento resulta en mejorías a los resultados del proceso reduciendo paros no programados, atrasos en producción y garantizando la calidad de los productos. Al evaluar los costos de una gestión de mantenimiento se debe fijar la atención en el sistema global de producción y evaluar las repercusiones de cada decisión.

En la etapa de planeación de mantenimiento, el analista se encontrará con dos tipos de mantenimiento previsible: preventivo y predictivo. El mantenimiento preventivo está conformado por las rutinas programadas en las que se hacen cambios de repuestos, lubricaciones y ajustes a la maquinaria, con el objetivo de evitar paros no programados.

El mantenimiento predictivo se basa en inspecciones y el uso de equipo de análisis por medio de los cuales se puede determinar si un equipo está propenso a fallar, en base a temperaturas, vibraciones o ruido. Se centrará la atención en las rutinas de mantenimiento preventivo, como un medio de evitar las acciones de mantenimiento correctivo.

Los manuales brindados por los fabricantes regularmente son demasiado extensos, como para que se pretenda que el personal haga uso de ellos, por lo que con frecuencia se observa que se utilizan procedimientos intuitivos, a prueba y error. El programa de mantenimiento pretende presentar información puntual y asimilable por el personal, con el objetivo de que se practiquen las rutinas establecidas por cada fabricante. Para realizar el programa de mantenimiento, se siguió el siguiente procedimiento:

1. Identificar el equipo
2. Determinar las condiciones de operación del equipo
3. Investigar las rutinas de mantenimiento recomendadas
4. Determinar herramientas y suministros necesarios
5. Presentar la información obtenida

3.2.1 Rutinas de mantenimiento por equipo

Se realizó un análisis individual de los equipos que conforman la planta de mezcla, de acuerdo a la naturaleza de operación y al fabricante en algunos casos.

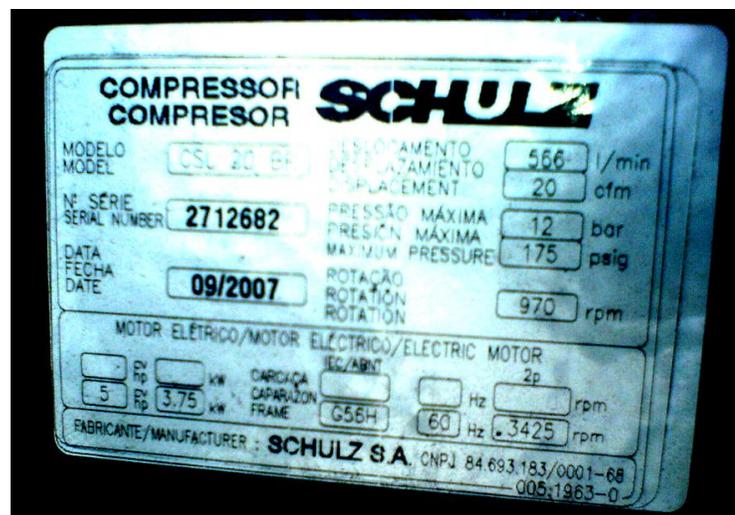
3.2.1.1 Compresores

El equipo de premezcla utiliza un sistema de accionamiento de compuertas neumático, y un sistema de filtros que utiliza disparadores de aire comprimido. Como fuente de aire comprimido se utiliza un compresor SCHULZ, recíprocante de accionamiento por correa, modelo CSL 20BR/200L. Cuenta con una capacidad de proveer 20CFM a 175psi. El motor eléctrico consume 5.5hp a plena carga y es alimentado con un voltaje trifásico de 440V. En la figura 52 se muestra el compresor y en la figura 53 las placas de información incluidas en el compresor.

Figura 52. Compresor



Figura 53. Placa informativa del compresor



El fabricante estructuró las rutinas de mantenimiento de la siguiente manera:

1. Diariamente

- ✓ Verificar el nivel de aceite
- ✓ Verificar funcionamiento de purga automática

2. Semanalmente

- ✓ Verificar operación, tensión y posición de correa
- ✓ Limpiar la superficie del compresor con detergente neutro
- ✓ Verificar el funcionamiento de la válvula de seguridad
- ✓ Limpiar filtro de aire

3. Mensualmente

- ✓ Verificar el funcionamiento de presostato

4. Cada dos meses

- ✓ Cambiar el aceite del cárter

5. Trimestralmente

- ✓ Cambiar el filtro de aire
- ✓ Reapretar los tornillos del bloque del compresor
- ✓ Verificar la tensión y la posición de la correa
- ✓ Limpiar el respiradero de la varilla del nivel de aceite

6. Cada nueve meses

- ✓ Inspeccionar y limpiar las válvulas de los cilindros

7. Anualmente

- ✓ Verificar la precisión del presostato, manómetro y válvula de seguridad, con el apoyo de un técnico autorizado

El fabricante determina un tiempo de llenado del tanque de 4'25'', para una rotación de 970rpm, una polea de 120 mm de diámetro y una correa 1-A. Para la lubricación se requiere una dosis de 1000ml de aceite mineral ISO 150.

3.2.1.2 Ventiladores

El sistema de extracción de polvos utiliza ventiladores centrífugos accionados eléctricamente por medio de un sistema de poleas. El ventilador está conformado por el bloque, dos unidades de rodamientos, poleas y un motor eléctrico. Se enfocará el análisis al bloque del ventilador.

Figura 54. Ventilador y transmisión de potencia



Las rutinas de mantenimiento se estructuraron de la siguiente manera:

1. Semanalmente
 - ✓ Verificar la tensión y la operación de la correa
2. Mensualmente
 - ✓ Limpiar bloque del ventilador
3. Cada tres meses
 - ✓ Verificar la posición de la correa

3.2.1.3 Filtros

Los filtros son dispositivos que se utilizan para separar los sólidos que se encuentren disueltos en el aire de extracción. El filtro está diseñado para separar partículas en un rango comprendido entre 2 y 30 μm , utilizando un tejido que acumula partículas y en su estado saturado opera de manera efectiva.

Para recuperar el producto que se acumula en el filtro, el sistema cuenta con un soplador electroneumático que separa el producto adherido en el mismo y lo devuelve a la unidad de mezcla. Este sistema automático de recuperación permite que el sistema opere continuamente.

Luego de pasar por el filtro, el aire de extracción se conduce hacia el exterior. El uso de los filtros se justifica debido a que en el aire de extracción se encuentran inmersas partículas de producto que contaminan el ambiente, y que elevan la volatilidad del aire. Agregado a esto, la recuperación se requiere para que las partículas que fueron separadas sean devueltas al total del producto, y con esto se eviten pérdidas de producto en la extracción. Esta situación adquiere importancia cuando se utilizan materias primas de precios elevados o de manejo peligroso.

Para proceder a efectuar las operaciones de mantenimiento se debe cerciorar de que los equipos se encuentren parados, y que el flujo eléctrico de los equipos se encuentre interrumpido. Luego de esto se puede proceder a remover las guardas de protección incluidas en los filtros.

En la operación de mezclado es de primordial importancia evitar contaminaciones entre productos y la contaminación del ambiente. Es por esto que las rutinas de mantenimiento incluyen rutinas de limpieza interna de los filtros.

El fabricante sugiere realizar las acciones de mantenimiento mostradas:

1. Diariamente

- ✓ Luego de finalizar cada ciclo de trabajo, se deben limpiar manualmente las mangas

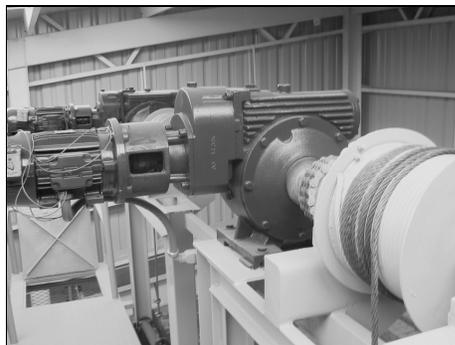
2. Cada tres meses

- ✓ Se debe proceder a la limpieza detallada de las mangas del filtro, y en el caso de encontrarse deterioradas, se debe proceder al cambio de las mismas
- ✓ Cada tres meses se debe verificar la correcta operación del tanque, en cuanto a su presión

3.2.1.4 Cajas reductoras

Las cajas reductoras son dispositivos utilizados para transmitir y transformar la potencia transmitida desde un equipo motor hasta el equipo que recibe el movimiento, usualmente a una fuerza mayor, pero con una velocidad menor. El equipo de elevación utiliza estos dispositivos para transmitir la potencia generada en el motor eléctrico al monocangilón. En la figura 55 se muestran los motoredutores del equipo de elevación.

Figura 55. Motoredutores de los elevadores



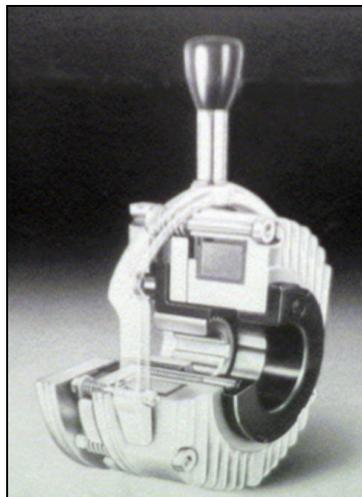
Estos reductores están provistos de una etapa de reducción compuesta por un engranaje sinfín fabricado en acero aleado de resistencia, tratado térmicamente y rectificado por una corona fabricada en bronce centrifugado.

Figura 56. Reductor sinfín corona



El motoreductor cuenta con un freno electromagnético, utilizado para manejar de manera precisa la inercia del cangilón. El freno se acciona automáticamente al accionar el elevador, con lo cual libera el movimiento del motor eléctrico. Al desactivar el elevador, se desactiva el freno electromagnético y restringe el movimiento, dando como resultado una parada precisa del cangilón, sin importar el peso que se esté manipulando.

Figura 57. Freno electromagnético



En cuanto al reductor, el fabricante estructura las rutinas de mantenimiento de la siguiente manera:

1. Semanalmente
 - ✓ Inspeccionar motoreductor
 - ✓ Verificar retenedores
 - ✓ Verificar nivel de lubricante

2. Trimestralmente
 - ✓ Inspeccionar niveles de ruido

3. A cada seis meses
 - ✓ Cambio completo de lubricante

4. Anualmente
 - ✓ Cambio de retenedores

El fabricante recomienda utilizar aceite SAE 140, ISO 320 o ISO 460, sin aditivo para extrema presión. Los reductores poseen en el tapón de llenado un agujero de desfogue, el cual debe mantenerse limpio para permitir la salida de los gases, permitir que el reductor se ventile internamente y evitar que se genere presión interna que provoque fugas en los retenedores. De la figura 58 se obtiene la posición del tapón de llenado, del nivel de aceite y del drenaje.

Figura 58. Ubicación del tapón de llenado, nivel de aceite y drenaje



Fuente: Tametal, Instrucciones de montaje y mantenimiento de reductores

Los cambios de aceite deben realizarse tomando en cuenta las cantidades recomendadas en la tabla X.

Tabla X. Cantidad de lubricante recomendado por línea

Reductor	Capacidad (L)
Elevador de 400kg	8.65
Elevador de 1000kg	12.32

Fuente: Tametal, Instrucciones de montaje y mantenimiento de reductores

La conservación está conformada por la inspección y limpieza del equipo y de la corrección del torque aplicado a los tornillos en base a la tabla XI. La inspección consiste en observar el equipo minuciosamente para detectar fugas de aceite, vibraciones excesivas, o altas temperaturas. Durante la limpieza se deberá rectificar el torque de apriete aplicado a los reductores, para lo cual el operador debe guiarse con la tabla XI.

Tabla XI. Torque de apriete de acuerdo al diámetro del tornillo

Diámetro del tornillo (mm)	Torque de apriete (kgm)
4	0.32
5	0.51
6	1.22
8	3.2
10	6.3
12	11
14	16
16	27
20	53
24	91

Fuente: Tametal, Instrucciones de montaje y mantenimiento de reductores

El fabricante proporciona un estimado de la vida útil de los elementos principales que conforman el reductor, por lo que se deben programar los análisis respectivos o según sea el caso, el reemplazo de los elementos indicados cuando haya expirado su período de vida.

En la tabla XII se muestra la vida útil de los elementos que conforman el reductor.

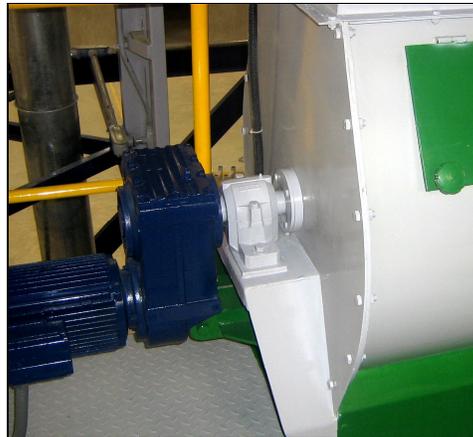
Tabla XII. Vida útil de los elementos del reductor

Elemento	Vida útil (h)
Engranaje	20000
Rodamiento	20000
Retenedor	2000

Fuente: Tametal, Instrucciones de montaje y mantenimiento de reductores

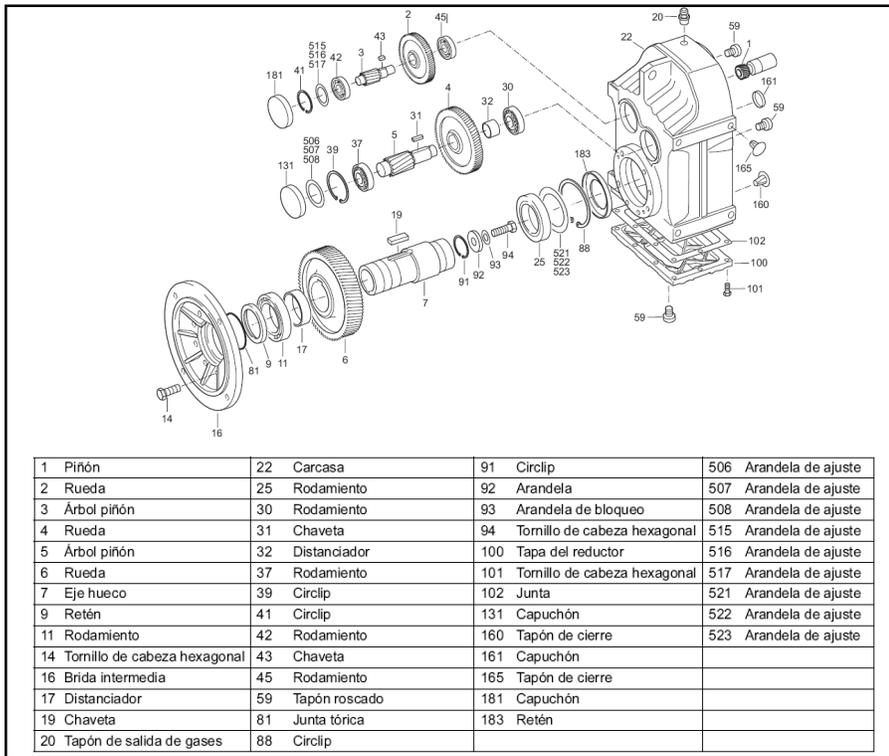
Las mezcladoras utilizan reductores cilíndricos de ejes paralelos, y en la ensacadora se tienen reductores de engranajes cilíndricos. Debido a que dichos reductores son de la misma naturaleza, se les consideró paralelamente para crear el programa de mantenimiento.

Figura 59. Motoreductor cilíndrico de ejes paralelos



El motoreductor instalado en la mezcladora de 1000kg corresponde al modelo FA97DV160M4, diseñado para girar a 32.4rpm y posee una relación de 52.49. Posee un factor de servicio de 1.32 y un factor de potencia de 0.83. Es un motor blindado de acuerdo a la normativa de protección, además de poseer aislantes clase F, que soportan una temperatura de 155 °C. El motor es trifásico y opera a un voltaje de 440V, consumiendo una corriente máxima de 20.5 amperios. Produce un torque externo de 3170Nm.

Figura 60. Estructura del motoreductor de la mezcladora

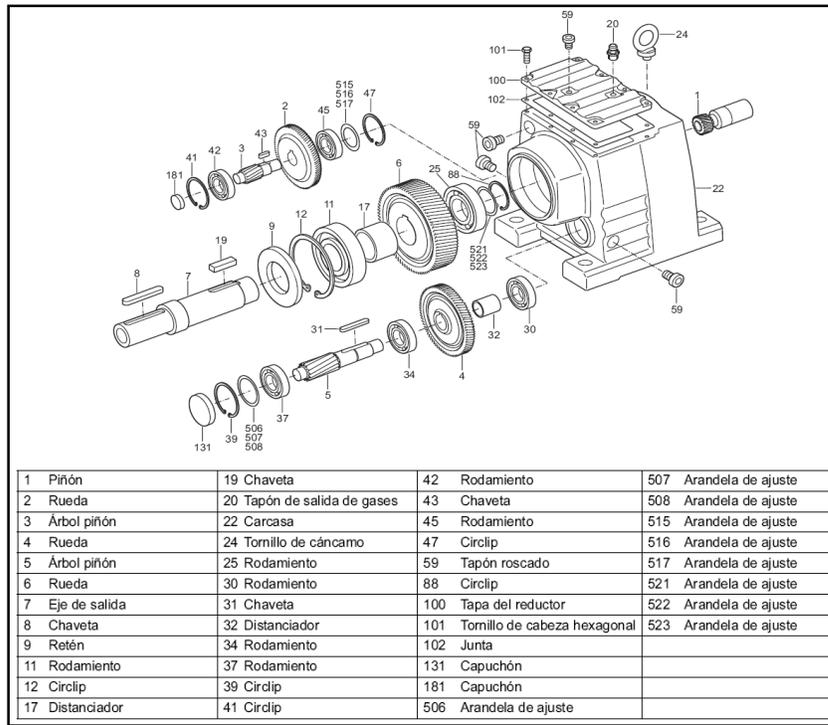


Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 10

El motoreductor de la mezcladora de 400kg corresponde al modelo FA77DV132S4, diseñado para girar a 51rpm con una relación de 33.74. El factor de servicio es 1.44 y consume un máximo de 5.5kw, potencia a la cual produce un factor de potencia de 0.85. Es un motor blindado con aislantes clase F, que con una alimentación trifásica de 440V consume 10 amperios. Produce un torque externo de 1020Nm.

El motoreductor de la ensacadora corresponde al modelo R27DT90L4, diseñado para girar a 142.8rpm, pudiendo variarse la velocidad por medio de un controlador. Su relación de conversión de fuerza – velocidad es de 11.83, y ofrece un factor de servicio de 1.8. La potencia nominal máxima es de 1.5kw, a la cual produce un factor de potencia de 0.81. En un motor blindado con aislantes clase F. A un voltaje de 440V, consume una corriente de 3.2 amperios. Produce un torque externo de 100Nm.

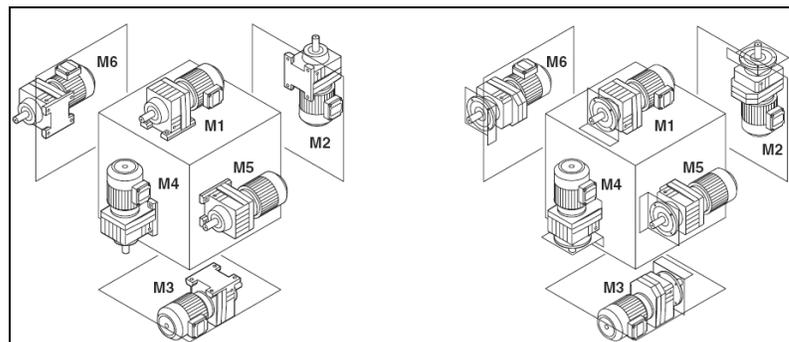
Figura 61. Estructura del motoreductor de la ensacadora



Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 10

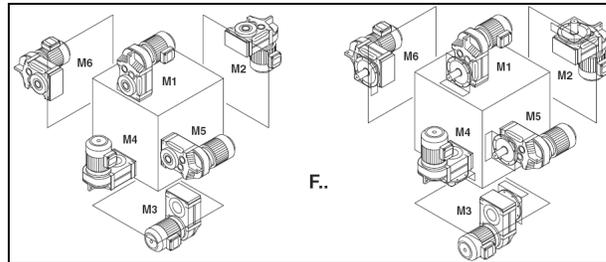
La posición de montaje produce que la cantidad de lubricante recomendado varíe para el mismo reductor. El fabricante estima seis posibles posiciones de montaje, que se muestran en la figura 62 para el modelo utilizado en la ensacadora, y en la figura 63 para el modelo utilizado en las mezcladoras.

Figura 62. Posiciones de montaje para el motoreductor de ensacadora



Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 50

Figura 63. Posiciones de montaje del motoreductor, correspondiente a la mezcladora



Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 50

De la figura 62 se observa que la posición de montaje correspondiente al motoreductor de la ensacadora, corresponde a la designación M3. La posición correspondiente al motoreductor de la mezcladora, de acuerdo a la figura 63 es designada como M3.

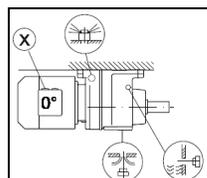
Para determinar la ubicación del tapón de nivel de aceite, de salida de gases y de drenaje, se utilizaron las figuras 64 y 65, de acuerdo a la tabla XIII, en la que se muestra la simbología utilizada.

Tabla XIII. Simbología de lubricación

Símbolo	Significado
	Tapón de salida de gases
	Tapón de nivel de aceite
	Tapón de drenaje de aceite

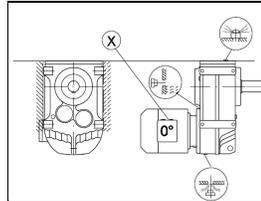
Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 51

Figura 64. Ubicación de los puntos de lubricación del reductor de la ensacadora



Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 52

Figura 65. Ubicación de los puntos de lubricación del reductor de la mezcladora



Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 57

Los motoredutores contienen rodamientos en su estructura. El mantenimiento de los rodamientos pocas veces se coordina con el mantenimiento del equipo al que integran. Los rodamientos que conforman parte de los motoredutores contienen de fábrica el tipo de grasa que se muestra en la tabla XIV, de acuerdo a la temperatura del ambiente en el que se opere.

Tabla XIV. Tipo de grasa en los rodamientos, de acuerdo a la temperatura ambiente

Ubicación	Temperatura (°C)	Fabricante	Tipo
Reductor	-20 a 60	Mobil	Mobilus EP 2
	-40 a 80	Mobil	Mobiltemp SHC 100
Motor	-20 a 80	Esso	Unirex EQ3
	-20 a 60	Shell	Alvania RL3
	80 a 100	Klüber	Barrierta L55/2
	-45 a -25	Shell	Aero Shell Grease 16

Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 75

De acuerdo a la temperatura ambiente de la región, para los rodamientos del reductor, se debe utilizar Mobilus EP 2, y para los rodamientos del motor, Shell Alvania RL3. En los rodamientos del motor y los que se encuentren en la entrada del reductor se debe llenar una tercera parte de las cavidades existentes. En los rodamientos del reductor y en el rodamiento a la salida del reductor, se debe llenar dos terceras partes del rodamiento.

En cuanto al reductor, se utilizará Shell Omala 220, que es el lubricante identificado en la placa de características de los tres motoredutores. No está demás incluir la figura 66, en la que se muestran los tipos de lubricantes que se pueden utilizar en los motoredutores de acuerdo a la temperatura del ambiente en que operen.

Figura 66. Tipos de lubricantes recomendados de acuerdo al tipo de motoreductor

			ISO, NLGI	Mobil®	Shell	ASZEPER	ARAL	bp	Tribol	TRACED	Optimal	FUCHS
R...		CLP (CC)	VG 220	Mobilgear 630	Shell Omala 220	Küiberoil GEM 1-220	Aral Degol BG 220	BP Energol GR-XP 220	Tribol 1100/220	Meropa 220	Optigear BIM 220	Renolin CLP 220
K... (HK...)	4) -55	CLP PG	VG 220	Mobil Glygoyle 30	Shell Trevia HD 220	Küibersynth CH 6-220	Aral Degol GS 220	BP Energol SG-XP 220	Tribol 800/220	Synlube CLP 220	Optiflex A 220	
F...	4) -40	CLP HC	VG 220	Mobil SHC 630	Shell Omala HD 220	Küibersynth EG 4-220	Aral Degol PAS 220		Tribol 1510/220	Pinnacle EP 220	Optigear Syntreflex A 220	Renolin Uvisyn CLP 220
	4) -40	CLP (CC)	VG 150	Mobil SHC 629	Shell Omala HD 150	Küibersynth EG 4-150				Pinnacle EP 150		
	-20	CLP (CC)	VG 150	Mobilgear 627	Shell Omala 100	Küiberoil GEM 1-150	Aral Degol BG 100	BP Energol GR-XP 100	Tribol 1100/100	Meropa 150	Optigear BIM 100	Renolin CLP 150
	-30	HLP (HM)	VG 68-46	Mobil D.T.E. 13M	Shell Tellus T 32	Küiberoil GEM 1-68	Aral Degol BG 46		Tribol 1100/68	Rando EP Ashless 46	Optigear 32	Renolin B 46 HVI
	4) -40	CLP HC	VG 32	Mobil SHC 624		Küibersynth HySyn FC-32				Cetus PAO 46		
	4) -40	HLP (HM)	VG 22	Mobil D.T.E. 11M	Shell Tellus T 15	Isoplex MT 30 ROT		BP Energol HLP-HM 15		Rando HDZ 15		
S... (HS...)	Standard 0	CLP (CC)	VG 680	Mobilgear 636	Shell Omala 680	Küiberoil GEM 1-680	Aral Degol BG 680	BP Energol GR-XP 680	Tribol 1100/680	Meropa 680	Optigear BIM 680	Renolin CLP 680
	-20	CLP PG	VG 680 1)		Shell Trevia S 680	Küibersynth GH 6-680		BP Energol SG-XP 680	Tribol 800/680	Synlube CLP 680		
	-30	CLP HC	VG 460	Mobil SHC 634	Shell Omala HD 460	Küibersynth EG 4-460				Pinnacle EP 460		
	4) -40	CLP HC	VG 150	Mobil SHC 629	Shell Omala HD 150	Küibersynth EG 4-150				Pinnacle EP 150		
	-20	CLP (CC)	VG 150	Mobilgear 627	Shell Omala 100	Küiberoil GEM 1-150	Aral Degol BG 100	BP Energol GR-XP 100	Tribol 1100/100	Meropa 100	Optigear BIM 100	Renolin CLP 100
	-25	CLP PG	VG 220 1)	Mobil Glygoyle 30	Shell Trevia S 220	Küibersynth GH 6-220			Tribol 800/220	Synlube CLP 220	Optiflex A 220	
	-40	CLP HC	VG 32	Mobil SHC 624		Küibersynth HySyn FC-32				Cetus PAO 46		
R... K... (HK...), F... S... (HS...)	4) -30	HCE	VG 460		Shell Comadia Fluid GL 460	Küiberoil UHT 460 N	Aral Eural Gear 460				Optileb GT 460	
	-20	E	VG 460			Küibersynth CA2-460	Aral Degol BAB 460				Optisynth BS 460	
W... (HW...)	Standard -20	SEW PG	VG 460 2)			Küibersynth HT-460-5						
	4) -40	API GL5	SAE 75W90 (-VG 100)	Mobil SHC 75 WELLS								
	-20	CLP PG	VG 460 3)									
R32 R302	-25	DIN 51 518 5)	00	Glygoyle Grease 00	Shell Trevia GL 90	Küibersynth UHT 6-460				Multifak 6833 EP 00	Longtime PD 00	Renolin SF 7 - 041
	-15		000 - 0	Mobilux EP 004	Shell Alvania GL 90	Küibersynth GE 46-1200				Multifak EP 000		

Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 76

Las cantidades recomendadas de lubricante de acuerdo al tipo de reductor y posición de montaje se muestran en la tabla XV. Dichas cantidades representan un dato útil para estimar el costo inicial de los suministros, ya que la correcta cantidad de aceite está dada por el nivel de aceite.

Tabla XV. Cantidad de aceite recomendado, de acuerdo al reductor

Modelo	Cantidad de aceite (L)
Ensacadora automática	0.50
Mezcladora de 400kg	4.30
Mezcladora de 1000kg	12.6

Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 77,78

El mantenimiento y la inspección de los equipos van de la mano. Para los motoredutores, el fabricante estructura el mantenimiento preventivo como se muestra:

1. Semestralmente
 - ✓ Comprobar la calidad del aceite
 - ✓ Verificar nivel de aceite
 - ✓ Verificar si existen fugas en las juntas

2. A cada tres años
 - ✓ Cambiar aceite
 - ✓ Sustituir grasa de rodamientos
 - ✓ Cambiar retenedores

Con respecto a los posibles fallos que pueden ocurrir en el motoreductor se elaboró la tabla XVI, que debe ser utilizada como una guía para identificar la avería. Del resultado del diagnóstico se puede requerir del apoyo de un técnico especializado.

Tabla XVI. Fallos en el reductor

Fallo	Causa posible	Solución
Ruidos de funcionamiento inusuales y continuos.	Si el ruido es de roces o chirridos, el rodamiento está dañado.	Compruebe el aceite, y cambie el rodamiento
	Si el ruido es de golpeteo, existe una irregularidad en los engranajes.	Contacte al fabricante
Ruidos de funcionamiento inusuales y discontinuos.	Cuerpos extraños en el aceite.	Compruebe el aceite
		Detenga la operación y contacte al fabricante
Fuga de aceite por la tapa del reductor, por la brida del motor, por el reten del eje del motor, por la brida del reductor, o, por el reten del eje de salida.	Junta de goma de la tapa del reductor no estanca.	Apriete de nuevo los tornillos de la tapa y vigílelo. En caso de que continúe la fuga, contacte al fabricante.
	Junta defectuosa.	Contacte al fabricante
	Reductor sin ventilación.	Airee el reductor, de acuerdo a la posición de montaje.
Fugas de aceite en el tapón de salida de gases.	Exceso de aceite.	Corrija el nivel de aceite
	Accionamiento en posición de montaje incorrecta.	Coloque en la posición correcta la válvula de salida de gases y verifique el nivel de aceite adecuado
	Arranques en frío.	
El eje de salida no gira a pesar de que el motor y el eje de entrada gira.	La conexión entre los ejes del reductor se ha interrumpido.	Envíe el motoreductor a reparación, a un centro técnico.

Fuente: Sew Eurodrive, Instrucciones de funcionamiento, pág. 48

3.2.1.5 Red neumática

El mantenimiento perfecto de un sistema de ingeniería se inicia con un buen diseño. En la mayor parte de los sistemas neumáticos, los problemas reales están relacionados con el acondicionamiento del aire y la disposición de la tubería, por lo que toma importancia la inspección periódica.

Los equipos neumáticos deben inspeccionarse regularmente, y en el caso de encontrarse defectuosos deben reemplazarse. Para crear el programa de mantenimiento, se deben aislar los sistemas de acuerdo a su función en la red neumática de la siguiente manera:

1. Líneas principales de aire, líneas en general y accesorios
2. Unidades de mantenimiento
3. Válvulas neumáticas de control
4. Cilindros neumáticos

Por líneas principales de aire, se entienden todas las tuberías y los elementos utilizados para realizar las conexiones. En la tabla XVII se muestran las actividades de mantenimiento preventivo diseñadas para las líneas principales de aire.

Tabla XVII. Programa de mantenimiento, línea principal de aire

Descripción de la tarea	Periodicidad
Verificar trampas de condensado	Diariamente
Verificar líneas de aire, choques, agujeros y cortes	Semanalmente
Verificar cierre de válvula de conexión	Semanalmente
Detección y supresión de fugas de aire	Mensualmente
Verificar fugas a través de válvulas de conexión	Mensualmente
Inspección de uniones, curvas, tes, codos	Trimestralmente
Verificación de niveles de presión	Trimestralmente
Verificar drenado automático de trampa de condensado	Trimestralmente
Inspección completa de todo el sistema de líneas	Anualmente
Restauración de válvula de conexión	Anualmente

Fuente: S.R. Majumdar, Sistemas neumáticos, Pág.67

Por válvulas de conexión se entienden todos aquellos dispositivos que permiten regular el flujo de aire a la línea principal. En la tabla XVIII se muestran las actividades de mantenimiento preventivo diseñadas para las unidades de mantenimiento.

Tabla XVIII. Programa de mantto para unidades de mantenimiento

Descripción de la tarea	Periodicidad
Detección y supresión de fugas de aire	Diariamente
Drenar el condensado del filtro	Diariamente
Recuperar nivel de aceite	Semanalmente
Determinar presión del regulador	Mensualmente
Detección de fugas de aceite	Trimestralmente
Limpiar cartucho filtrante	Semestralmente
Calibrar el manómetro	Semestralmente
Limpiar el lubricador	Semestralmente
Cambiar el aceite del lubricador	Semestralmente
Limpieza de tazón de filtro y tazón de aceite	Anualmente

Fuente: S.R. Majumdar, Sistemas neumáticos, Pág.67

Por válvulas neumáticas de control, se entienden las válvulas utilizadas para maniobrar cilindros neumáticos. Se incluyen válvulas de estrangulación utilizadas como dispositivos de seguridad. En la tabla XIX se muestran las actividades de mantenimiento programadas para las válvulas neumáticas.

Tabla XIX. Programa de mantto para válvulas neumáticas de control

Descripción de la tarea	Periodicidad
Detección y supresión de fugas de aire	Semanalmente
Verificar solenoide y parámetros de operación	Semanalmente
Verificación de sellos	Semestralmente
Verificar ajuste de válvulas	Semestralmente
Inspeccionar silenciadores	Semestralmente
Verificar mecanismo interno de válvulas	Anualmente
Verificar si existen daños mecánicos	Anualmente

Fuente: S.R. Majumdar, Sistemas neumáticos, Pág.67

Los cilindros neumáticos se utilizan para movilizar mecanismos mecánicos. Son controlados por medio de válvulas neumáticas y dispositivos de seguridad. En la tabla XX se muestran las actividades de mantenimiento programadas para los cilindros neumáticos.

Tabla XX. Programa de mantenimiento para cilindros neumáticos

Descripción de la tarea	Periodicidad
Verificar daños mecánicos a la varilla del pistón	Semanalmente
Verificar accionamiento y velocidad de cilindros	Semanalmente
Detección y supresión de fugas de aire	Mensualmente
Verificar tensión de los tirantes	Semestralmente
Verificar funcionamiento de sellos	Semestralmente
Verificar alineamiento de pistón	Anualmente

Fuente: S.R. Majumdar, Sistemas neumáticos, Pág.67

La viscosidad cinemática del aceite debe encontrarse en un rango comprendido entre 10 a 50 cSt, a 20 °C. Se recomiendan las marcas Servospin 10 o Shell Tellus 15 o SAE 10.

3.2.1.6 Mezcladoras y tolvas

El fabricante recomienda establecer rutinas de limpieza e inspección, después de cada turno de trabajo. Antes de realizar cualquier labor de mantenimiento o limpieza se debe verificar que:

1. El totalizador se encuentre desactivado
2. Los guardamotores y controladores se encuentren apagados
3. El compresor se encuentre apagado
4. Las tuberías de aire se deben encontrar a presión atmosférica
5. Si ingresa una persona a la máquina, debe destinarse una persona en la parte que vigile que la máquina no sea puesta en operación

La inspección de los elementos de descarga se realiza diariamente, así como el funcionamiento de los demás elementos de la mezcladora. Las rutinas de limpieza sobre la mezcladora se realizan con mayor frecuencia luego de cada cambio de producto mezclado, por lo que se puede llegar a limpiar la mezcladora hasta 16 veces en un turno.

Las rutinas de limpieza de las tolvas se realizan mensualmente, debido a que la acumulación de producto en las tolvas es casi nula. Durante las inspecciones se debe verificar que:

- ✓ Las compuertas de descarga operen suavemente, sin emitir ruidos estridentes, ni vibraciones
- ✓ Los rodamientos no emitan ruidos, o temperaturas elevadas

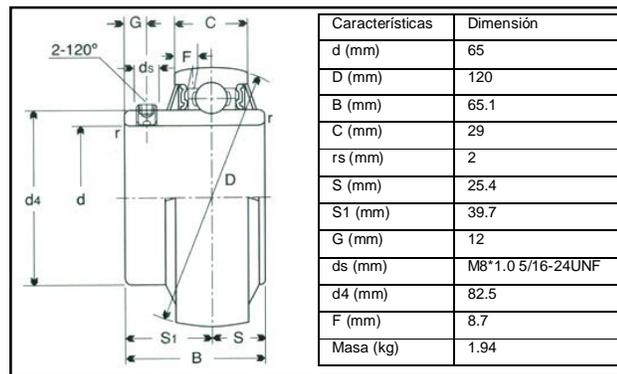
En caso de que se detecte un funcionamiento anormal, se debe detener la operación de la mezcladora para revisar y limpiar los rodamientos con kerosén o gasolina. En el caso de que se encuentren dañados, los rodamientos deben ser reemplazados. Para el correcto funcionamiento de la mezcladora, se debe tomar en cuenta:

- ✓ Si la máquina es parada mientras estaba cargada, se debe descargar antes de arrancarla nuevamente
- ✓ Si se presentan fugas a través de la compuerta de descarga, se debe verificar el contacto de la compuerta con el cuerpo de la máquina, y los empaques por que pueden estar dañados y requieren ser cambiados
- ✓ Si se cierra correctamente la compuerta de descarga, y no hay señal de los sensores, se debe verificar la posición de estos o la conexión
- ✓ Si el mecanismo de descarga no trabaja adecuadamente, se deben verificar los cilindros neumáticos y la presión de aire
- ✓ Si se presentan fugas de material por los extremos del eje, se deben reajustar los tornillos de los prensaestopas, o reemplazar el sello
- ✓ Si se presenta fricción entre la paleta y la mezcladora, se debe regular la altura de la paleta, para lo cual cuenta con una corredera
- ✓ Si la máquina presenta vibraciones fuertes durante su funcionamiento, puede ser debido a unas bases muy duras o poco rígidas, por lo cual se deben revisar las bases de la mezcladora. Otra posible causa puede ser el deterioro de los rodamientos los cuales deben ser lubricados o reemplazados

3.2.1.7 Soportes

El análisis de los soportes se realizó de forma aislada a los equipos de los cuales forman parte. Esto facilitó el análisis y la investigación, acerca de las condiciones a las cuales son sometidos, y la estandarización de lubricantes. El elevador de 1000kg utiliza dos soportes GBM, de housing P213, y con rodamiento UC 213 – 40. Guiándose en la figura 67, se obtienen los datos acerca de las dimensiones y capacidades del soporte.

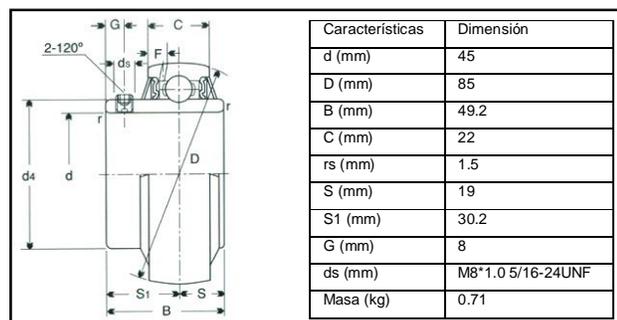
Figura 67. Soporte instalado en elevador de 1000kg



Fuente: GBM Bearings

El elevador de 400kg utiliza dos soportes GBM, de *housing* P209, y con rodamiento UC 209 – 28. En base a la figura 68, se obtienen los datos acerca de las dimensiones y capacidades de soporte.

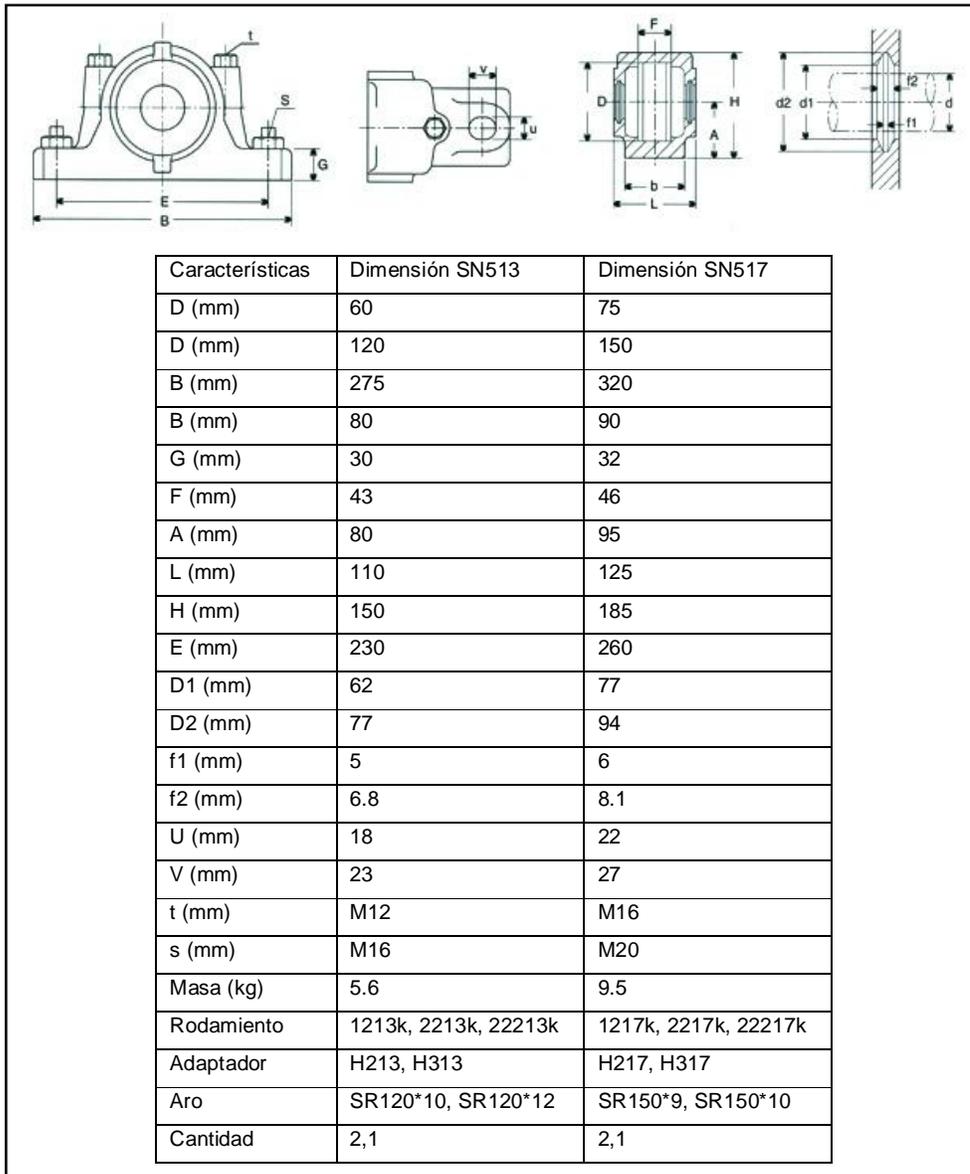
Figura 68. Soporte instalado en elevador de 400kg



Fuente: GBM Bearings

Los ventiladores correspondientes a las dos líneas, utilizan soportes que pertenecen a la serie SN513. La mezcladora de 1000kg, utiliza dos soportes SN517, para guiar el movimiento del eje principal, que transmite la potencia desde el motor eléctrico, hacia las paletas que realizan el mezclado. Las características de dicho elemento, se detallan en la figura 69.

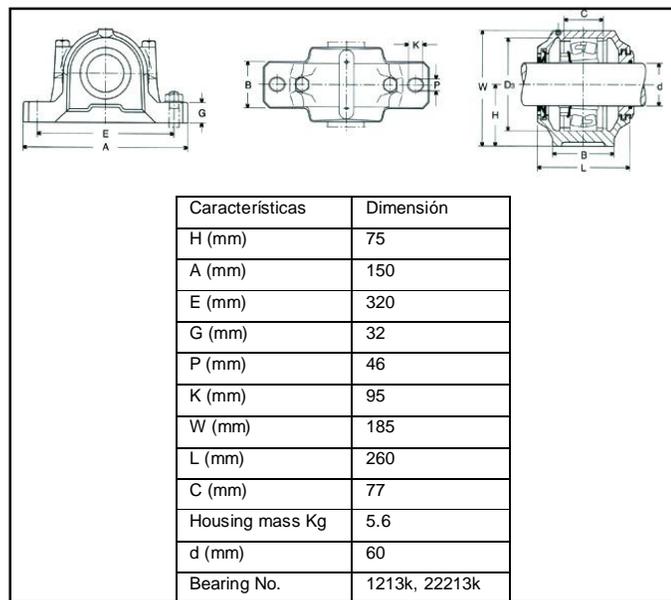
Figura 69. Soporte instalado en ventiladores y mezcladora de 1000kg



Fuente: GBM Bearings

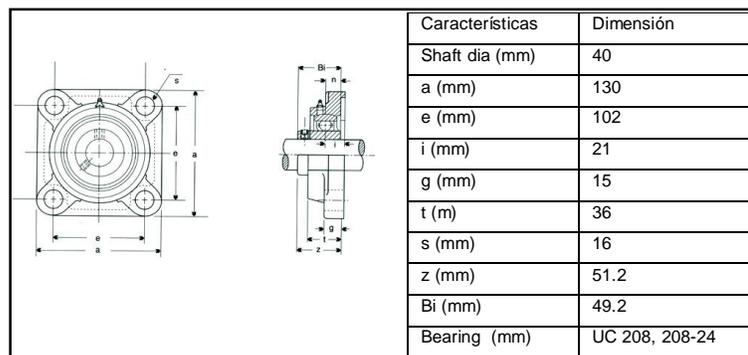
La mezcladora de 400kg, utiliza dos soportes SNU513. Las características de esta chumacera se detallan en la figura 70. La compuerta que opera la descarga del producto de la mezcladora a la tolva de producto terminado, correspondiente a la línea de 1000kg, utiliza soportes F208 cuyas características se describen en la figura 71. Este tipo de unidad se utiliza en el eje de la ensacadora automática, aunque las condiciones de operación son distintas para las dos aplicaciones.

Figura 70. Soporte utilizado en mezcladora de 400kg



Fuente: GBM Bearings

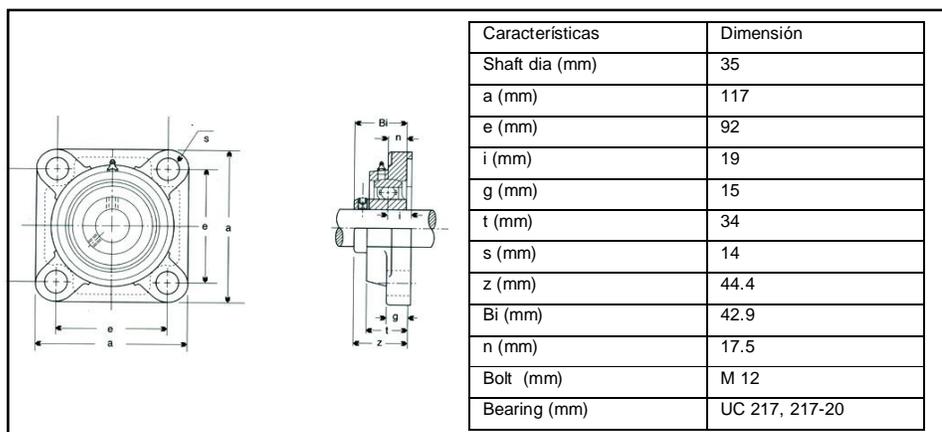
Figura 71. Soporte utilizado en descarga de mezcladora de 1000kg



Fuente: GBM Bearings

La compuerta de descarga de la mezcladora de 400kg, opera con dos chumaceras F207, cuyas características se detallan en la figura 72.

Figura 72. Unidad instalada en descarga de mezcladora de 400kg



Fuente: GBM Bearings

Estos elementos son lubricados con grasa, debido a que simplifican el diseño de los sellos y su mantenimiento. En la tabla XXI se indican los grados de grasa utilizados.

Tabla XXI. Grados de grasa y aplicación

NLGI Consistencia	JIS Penetración	Aplicación
0	355 – 385	Lubricación centralizada
1	310 – 340	Lubricación centralizada
2	265 – 295	Cojinetes de uso normal
3	220 – 250	Normal a alta temperatura
4	175 – 205	Aplicación especial

Fuente: NTN, soportes, página 23

La frecuencia de lubricación varía con el tipo y calidad de grasa utilizada así como de las condiciones de operación. En la tabla XXII, se muestran las frecuencias de relubricación estándar, tomando en cuenta condiciones de operación, temperatura y velocidad de rotación.

Tabla XXII. Frecuencias recomendadas de lubricación de acuerdo a las condiciones de operación

Tipo de unidad	Valor dn (mmxrev/min)	Condiciones	Temperatura (°C)	Frecuencia (h)	Frecuencia (meses)
Estándar	40000	Normal	-15 a 80	1500 a 3000	6 a 12
Estándar	70000	Normal	-15 a 80	1000 a 2000	3 a 6
Estándar	70000	Normal	80 a 100	500 a 700	1
Alta temperatura	70000	Normal	100 a 150	300 a 700	1
Alta temperatura	70000	Normal	150 a 180	100	0.25
Baja temperatura	70000	Normal	-60 a 80	1000 a 2000	3 a 6
Estándar	70000	Muy sucio	- 15 a 100	100 a 500	0.25 a 1
Estándar	70000	Expuesto a agua	-15 a 100	30 a 100	0.03 a 0.25

Fuente: NTN, unidades de cojinetes, pág. 35

Los valores de dn encontrados para cada unidad se resumen en la tabla XXIII, y junto a ellos la frecuencia de lubricación teórica.

Tabla XXIII. Períodos de relubricación teóricos, según unidad

Unidad	Equipo	Valor dn (r.p.mxmm)	Frecuencia (meses)
F 207	Compuerta 400kg	60	6
F 208	Compuerta 1000kg	94	6
F 208	Ensacadora	5107	6
P 209	Elevador 400kg	281	6
P 213	Elevador 1000kg	581	6

El valor dn es obtenido al multiplicar las revoluciones por minuto a las que son sometidas las unidades por el diámetro del eje soportado por cada unidad.

La cantidad de lubricante a aplicar a los soportes y unidades debe seleccionarse cuidadosamente para evitar excesos y deficiencias en la lubricación. De las publicaciones realizadas por NTN se extrajo la información mostrada en la tabla XXIV, acerca de las cantidades recomendadas de lubricación.

Tabla XXIV. Cantidad recomendada de grasa a aplicar, según unidad

Unidad	Cantidad de grasa a aplicar (g)
F 207	2.7
F 208	3.5
P 209	4.1
P 213	10.5
SN 513	20
SN 517	25

Fuente: NTN, soportes, página 23; NTN unidades de cojinetes, página 35

Normalmente la teoría dista mucho de la práctica, por lo que es necesario realizar inspecciones en el equipo para verificar que se encuentre operando correctamente. Debido a la intermitencia de la operación, se tomaran como base las frecuencias de lubricación indicadas por el fabricante y se corregirá el programa de mantenimiento de acuerdo a las observaciones, producto de la inspección frecuente.

Las inspecciones se realizaran a cada mes, durante los primeros 6 meses de trabajo. Luego se extenderá a cada 2 meses durante los siguientes 6 meses. Por último, dependiendo de los resultados del primer año, se estandarizaran las inspecciones a una cada 3 meses.

Durante dichas inspecciones se tomará una muestra de grasa de las unidades, a manera de comparar la muestra obtenida con las muestras obtenidas anteriormente. Con esto se pretende determinar el tiempo óptimo de relubricación.

Para poder contar con la vida diseñada por el fabricante y evitar accidentes, en las inspecciones se debe verificar:

1. El sonido cuando se encuentra en operación el rodamiento
2. La temperatura del rodamiento
3. Vibración en el eje
4. Derrames de grasa
5. Pérdida en el ajuste del rodamiento

El ajuste de las unidades debe rectificarse constantemente, utilizando como referencia de apriete los dato de la tabla XXV.

Tabla XXV. Torque de apriete de acuerdo al diámetro del tornillo

Diámetro del tornillo (mm)	Torque de apriete (kgm)
4	0.32
5	0.51
6	1.22
8	3.2
10	6.3
12	11
14	16
16	27
20	53
24	91

Fuente: Metalteco LTDA

3.2.1.8 Motores eléctricos

Los motores eléctricos son dispositivos utilizados para proporcionarle potencia a los elementos mecánicos dispuestos en la torre de mezcla. Los motores eléctricos son utilizados en lugar de otros dispositivos de potencia debido al poco mantenimiento que requieren.

El compresor, los ventiladores, los elevadores, las mezcladoras y la ensacadora utilizan motores eléctricos. Se estandarizó el programa de mantenimiento para todos los motores eléctricos. El programa de mantenimiento para los motores eléctricos se estructuró como se muestra:

1. Mensualmente
 - ✓ Verificar temperatura de funcionamiento
 - ✓ Tomar datos de consumo

2. Trimestralmente
 - ✓ Inspeccionar motor eléctrico
 - ✓ Inspeccionar rodamientos

3. Cada nueve meses
 - ✓ Relubricar rodamientos

Los rodamientos sellados, que van del 6201 hasta el 6307, no necesitan ser relubricados, tomando en cuenta que la vida de estos rodamientos es de 20000 horas de operación. Los rodamientos del motor eléctrico del compresor deben ser relubricados a cada nueve meses, aplicando la cantidad de lubricante mostrada en la tabla XXVI.

Tabla XXVI. Cantidad de grasa recomendada de acuerdo al rodamiento

Rodamiento	Cantidad de grasa (g)	Volumen (in ³)
6206	5	0.3
6205	3.9	0.2

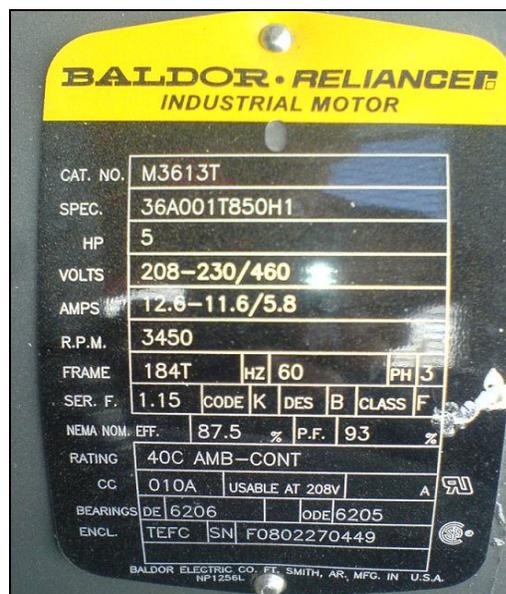
Fuente: Baldor, Manual de instalación y operación, pág. 14

Se debe utilizar una grasa de alto grado para rodamientos. La grasa recomendada es polyrex em. Entre las grasas equivalentes y compatibles se encuentran, texaco polystar, penzcoil pen 2 lube, y chevron sri.

Se debe inspeccionar el motor a cada tres meses. Se deben tomar en cuenta los siguientes lineamientos en cada inspección:

1. Verificar que el motor se encuentre libre de grasa, polvo, suciedad, agua, entre otros, que puedan bloquear el sistema de ventilación y provocar un sobrecalentamiento
2. Verificar que la temperatura del motor no exceda los 80°C
3. Verificar que los conectores del motor se encuentren fijos
4. Verificar el valor de consumo y de tensión

Figura 73. Placa de información del motor eléctrico del compresor



3.2.2 Programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento de los equipos fue estructurado uniendo las recomendaciones de mantenimiento de cada equipo. La organización de cada actividad de mantenimiento adquiere importancia al tomar en cuenta la diversidad de equipos que conforman la torre de mezcla.

Con el fin de hacer práctica la interpretación del programa de mantenimiento se dividió el equipo de acuerdo a su función, y se identificó cada equipo con un número para crear la base de un código, como se muestra:

1. Compresor
 - 1.1. Motor eléctrico
 - 1.2. Compresor

2. Ventiladores
 - 2.1. Motor eléctrico
 - 2.2. Soportes
 - 2.3. Ventiladores

3. Filtros
 - 3.1. Mangas
 - 3.2. Tanque de presión

4. Elevadores
 - 4.1. Motoreductores
 - 4.2. Soportes

5. Red neumática
 - 5.1. Línea principal de aire
 - 5.2. Unidades de mantenimiento
 - 5.3. Válvulas neumáticas de control
 - 5.4. Cilindros neumáticos

6. Mezcladoras
 - 6.1. Motoreductores
 - 6.2. Soportes
 - 6.3. Mezcladora

- 7. Tolvas pulmón
 - 7.1. Tolva

- 8. Tolvas producto terminado
 - 8.1. Sensores de nivel
 - 8.2. Tolva

- 9. Ensacadora
 - 9.1. Motoreductor
 - 9.2. Rodamientos
 - 9.3. Tornillo sinfín

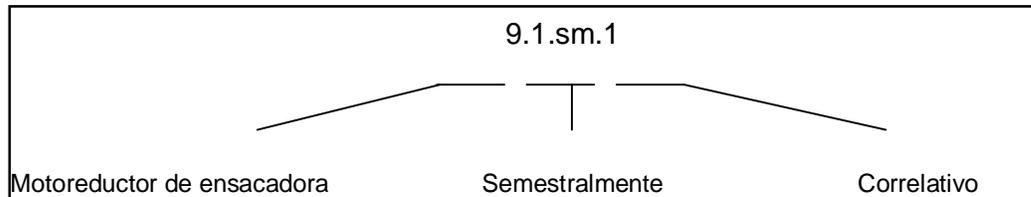
Se crearon clasificaciones de periodicidad de acuerdo a las frecuencias observadas en cada equipo. Se asociaron abreviaturas para cada categoría de periodicidad para hacerlo aplicable a un código, en la tabla XXVII se muestran los sinónimos utilizados.

Tabla XXVII. Abreviaturas de periodicidad aplicados para el programa de mantenimiento

Periodicidad	Abreviatura
Diariamente	d
Semanalmente	s
Mensualmente	m
Bimensualmente	dm
Trimestralmente	tm
A cada seis meses	sm
A cada nueve meses	nm
Anualmente	a
A cada tres años	ta

Utilizando las categorías y la división de equipos se creó una codificación para denominar cada rutina de mantenimiento desarrollada. El código se estructura de acuerdo a la figura 74 explicativa.

Figura 74. Código de identificación de rutinas de mantenimiento



En la figura 74 las primeras dos cifras representan el equipo, sm representa una periodicidad semestral y la última cifra es un correlativo de tarea. En las tablas XXVIII a la XXX se muestra el programa de mantenimiento, organizado por periodicidades y en el cual se ha codificado cada actividad de mantenimiento.

Tabla XXVIII. Programa de mantenimiento, frecuencia diaria, semanal y mensual

CÓDIGO	FRECUENCIA	CÓDIGO	FRECUENCIA	CÓDIGO	FRECUENCIA
	Diariamente		Semanalmente		Mensualmente
1.2.d.1	Verificar el nivel de aceite	1.2.s.1	Verificar la tensión y operación de la correa	1.2.m.1	Verificar la operación del presostato
1.2.d.2	Verificar que la purga automática opere correctamente	1.2.s.2	Limpiar la superficie del compresor		
		1.2.s.3	Verificar el funcionamiento de la válvula de seguridad		
		1.2.s.4	Limpiar el filtro de aire		
				2.1.m.1	Inspeccionar el motor en operación
				2.2.m.1	Inspeccionar chumaceras
3.1.d.1	Limpiar las mangas	2.3.s.1	Verificar la tensión y operación de la correa		
		4.1.s.1	Inspeccionar motorreductor	4.1.m.1	Verificar la temperatura de funcionamiento del motor eléctrico
		4.1.s.2	Verificar retenedores	4.1.m.2	Inspeccionar el consumo eléctrico del motor eléctrico
				4.2.m.1	Inspeccionar chumaceras
5.1.d.1	Verificar presión de operación	5.1.s.1	Inspeccionar filtros y lubricadores		
		5.2.s.1	Inspeccionar tuberías		
		5.2.s.2	Inspeccionar dosificación de lubricante		
6.3.d.1	Limpieza			6.2.m.1	Inspeccionar chumaceras
6.3.d.2	Inspección				
7.1.d.1	Inspección			7.1.m.1	Limpieza
		8.1.s.1	Verificar funcionamiento		
		8.2.s.1	Limpieza		
		9.2.s.1	Verificar la tensión y operación de la correa	9.2.m.1	Inspeccionar chumaceras
10.1.d.1	Lubricación	10.1.s.1	Limpieza		
10.1.d.2	Inspección y limpieza				

3.3 Diseño del trabajo

En Guatemala, como resultado de las leyes y programas de seguridad incipientes es común escuchar acerca de accidentes ocupacionales y enfermedades profesionales, ocasionadas en la mayoría de los casos por la poca importancia brindada a factores de riesgo.

El diseño del trabajo obedece a la necesidad de balancear los objetivos de producción de la empresa y la salud física y mental del personal de trabajo. El objetivo primordial es crear áreas de trabajo seguras y productivas, promoviendo un ambiente de confianza.

3.3.1 Diseño del trabajo manual

El diseño del trabajo manual consiste en enfocar la tarea de acuerdo a las capacidades y limitaciones humanas. El análisis y los resultados obtenidos se muestran a continuación.

3.3.1.1 Etiquetado y sacos

En el área de etiquetado se realizan operaciones que requieren de una precisión media y de poca fuerza. Se diseña la tarea para que se haga uso de movimientos rápidos y exactos. La operación de etiquetado y colocación de bolsa es repetitivo, por lo que es necesaria la correcta utilización del cuerpo para evitar enfermedades y fatigas al operador.

La palma de la mano debe encontrarse horizontal, que es la posición relajada de la misma. El saco, la etiqueta y la bolsa deben encontrarse a la misma altura para evitar flexiones innecesarias al operador. El saco, la etiqueta y la bolsa deben colocarse al alcance de las manos.

A manera de promover la fluidez del proceso y el constante cambio de direcciones del movimiento de los brazos, se debe colocar la etiqueta a la izquierda del operador, el saco al que se le colocará la etiqueta se debe ubicar enfrente del operador, al cual luego de colocarle la etiqueta se deberá ubicar a la derecha del operador. El etiquetado se realiza por lotes, cuya cantidad de sacos puede variar entre 4 a 40 sacos. El operador debe controlar los sacos desde el principio del proceso, por lo que el operador preparará lotes completos de sacos.

La preparación que antecede al etiquetado consiste en contar la cantidad de etiquetas que se utilizarán en el lote. El fardo de sacos de papel contiene 50 sacos, por lo que para evitar la interrupción del etiquetado se ubicará un fardo de sacos completo enfrente del operador.

La preparación que antecede a la colocación de bolsas consiste en ubicar un fardo de bolsas a la derecha del operador. El operador se coloca enfrente de los sacos ya etiquetados y toma la bolsa, la acomoda adentro del saco y coloca el borde de la bolsa sobre el borde exterior del saco. Por último coloca el saco con bolsa a la izquierda.

Al terminar cada lote, es necesario que el operador coloque el lote de sacos en forma de fardo, y los acomoda para transportarlos. La necesidad de realizar lote por lote, nace del control que se debe tener por cada lote.

3.3.1.2 Medición de microcomponentes y macrocomponentes

La medición de microcomponentes es por mucho la operación que merece más detalle en el análisis. Representa un trueque entre lo que debe ser precisión y fuerza, y además debido a la cantidad de materiales que se utilizan para una fórmula, es necesario que el operador se desplace para agregar cada componente.

Para iniciar el análisis es necesario determinar la secuencia que debe seguir la operación. La dosificación es guiada por el controlador y controlada por el operador y el equipo simultáneamente. Otro factor que se debe tomar en cuenta es el límite en la capacidad de la báscula, que es de 30kg. Por lo cual, cuando el equipo perciba que el siguiente material dosificado superará la capacidad de la báscula, solicita que se cambie recipiente, y hasta que el operador retire el recipiente y coloque otro se continua con la dosificación.

Una fórmula contiene desde dos hasta cuarenta ingredientes, por lo cual se convierte en una tarea de carga mental considerable. Para reducir la carga mental, cada ingrediente debe tener una ubicación específica en el área de microcomponentes. La ubicación de un material en específico debe estar debidamente identificada y el orden debe coincidir con el orden con que el equipo solicita los ingredientes a dosificar.

Para evitar interrupciones durante el proceso, antes de iniciar la dosificación el operador debe consultar el protocolo de ingredientes, en el que se especifica la cantidad que el equipo solicitará en el área de microcomponentes y se asegura que en el área de microcomponentes se encuentre el ingrediente en la cantidad requerida.

Al iniciar la orden de producción, el equipo solicita que se coloque un recipiente vacío y luego de verificar que se coloque dicho recipiente se inicia la solicitud e ingreso de ingredientes. El operador debe observar el ingrediente solicitado por el indicador, verifica si coincide con el protocolo y si coincide busca el ingrediente y con un cucharón ingresa la cantidad requerida por el controlador.

La búsqueda del ingrediente se minimiza por la ubicación ordenada de los ingredientes en el área de microcomponentes. El que el operador se desplace hacia la ubicación del ingrediente resulta inevitable.

El operador debe evitar colocar una cantidad más grande de ingrediente que lo requerido, ya que en este caso el equipo muestra una alarma que se desactiva hasta que se coloca la cantidad requerida y pasa al siguiente ingrediente. Esta operación se considera minuciosa.

Cuando el equipo requiere que se cambie el recipiente, el operador mueve el recipiente de la báscula y lo coloca en una paleta, la cual al terminar la orden de producción se identifica con el protocolo y se transporta al área de macrocomponentes.

El peso máximo que el operador levanta en esta operación es de 30kg, que coincide con el máximo permitido para un hombre que levanta dicho peso 1 vez por minuto durante una jornada normal de trabajo. En promedio, el operador realiza esta operación a cada cinco minutos durante una orden de producción, por lo que se considera que la operación no tiene efectos negativos sobre la salud del operador. En la tabla XXXI se muestran las cargas máximas que una persona puede levantar de acuerdo a la frecuencia con que realiza dicha operación.

Tabla XXXI. Peso máximo en kg aceptable para hombres y mujeres promedio levantando cajas compactas

Frecuencia	1 lev./0.5 min		1 lev./1 min		1 lev./30 min	
	H	M	H	M	H	M
Tarea	kg	Kg	kg	kg	kg	kg
Del suelo a altura de nudillos	19	12	30	14	38	17
De nudillos a altura de hombros	19	9	25	13	29	15
De hombro a alcance de brazo	17	8	23	11	27	13

Fuente: Benjamín Niebel, Ingeniería Industrial, pág. 135

La medición de macrocomponentes es menos minuciosa, pero requiere más esfuerzo. De la misma manera, el equipo solicita la cantidad en kilogramos requerida por la fórmula, la diferencia es que el requerimiento se hace en múltiplos equivalentes al peso neto de un saco de producto.

Para reducir las interrupciones durante el proceso de macrocomponentes, el operador debe preparar los productos que utilizará para una orden de producción específica, siguiendo un protocolo en el que se detallan los requerimientos. El doble control que se lleva de las órdenes de producción reduce la probabilidad de cometer errores, y por lo tanto, asegura la calidad del producto. Además, debido al protocolo se pueden preparar los insumos que se utilizarán en la siguiente producción, lo que se ve reflejado en la reducción del tiempo del proceso.

Por lo tanto, los productos que se utilizarán para una orden de producción se colocan en una paleta desde el último producto que el controlador solicitará hasta el primero. De hacerse de otra manera, el operador pierde tiempo durante la dosificación, ya que se ve obligado a sacar primero el saco que se encuentra debajo de todos los productos.

Durante el dosificado, el equipo solicita el ingrediente y la cantidad, si se encuentra la cantidad correcta, tara la báscula y solicita el siguiente ingrediente. De esta manera, al final todos los sacos que se encontraban en la paleta se colocan en la báscula de macrocomponentes. Una vez finalizada la orden de producción se procede a la descarga de los materiales en el cangilón.

En el cangilón se deben descargar únicamente las materias primas, por lo cual es necesario abrir el empaque en el que se encuentra el producto y vaciar el producto adentro del cangilón. Claro está, en el cangilón se coloca también el producto que previamente se dosificó en el área de microcomponentes. La descarga debe conservar un orden para asegurar la calidad del producto. De modo general, primero se debe colocar parte del vehículo que conforma la mezcla, a manera de crear una cama, sobre la que se colocan las vitaminas y minerales y por último se coloca la parte restante de vehículo.

Para generar un dato del máximo de sacos que un operador debe manejar durante una orden de producción, se tomaron las fórmulas existentes a la fecha en la base de datos de la organización, y suponiendo producciones de 1000kg, que es el máximo de una orden de producción, se obtuvo que en promedio el operador maneja 34 sacos de 25 kilogramos por orden de producción.

El estándar de producción establecido tiene como máximo ocho órdenes de producción diarias en una jornada de ocho horas de trabajo, esto es, con condiciones óptimas del equipo y con un equipo de cuatro personas. Esto quiere decir que el operador debe realizar una orden de producción por hora, suponiendo que no proceda a rotar al personal. Esto da un total de 34 sacos por hora, que exceden lo recomendado de acuerdo a la tabla XXXI, lo cual hace al dosificado una tarea fatigosa. Con esto se da a entender que en esta tarea, es necesario rotar al personal.

La descarga se debe realizar a modo de perder lo menos posible del producto que se está colocando en el cangilón. El operador levanta el saco y lo moviliza al borde del cangilón. El saco debe colocarse a manera que un 25% del mismo se ubique sobre la superficie inclinada del cangilón, y el restante 75% en la superficie plana. Luego de esto se procede a abrir el saco, ya sea cortando el extremo o abriendo el empaque del material, y debido a como se encuentra el saco, el producto se comienza a derramar sobre el cangilón. Para continuar con la descarga del producto el operador levanta el extremo del saco que se encuentra sobre la superficie plana y se termina de vaciar el saco de producto.

Luego de esto, el saco ya vacío se coloca en una paleta en la que se deben encontrar únicamente los sacos vacíos correspondientes al lote que se está procesando. Los recipientes con los ingredientes dosificados en el área de microcomponentes se descargan de igual manera en el cangilón y se verifica que todos los ingredientes hayan sido colocados.

De haberse desocupado completamente la báscula de macrocomponentes, el controlador activa la función que inicia el proceso de mezcla del producto. Antes de iniciar el proceso de mezcla el operador debe cerrar la puerta de acceso al área de descarga.

3.3.1.3 Ensacado

Luego de haberse realizado completamente el proceso de mezcla, el producto debe empacarse para su posterior almacenamiento o transporte. El ensacado en las dos líneas existentes es totalmente distinto en cuanto a la operación. Esto se debe a que la mezcladora cuenta con una línea de ensacado automático y una línea de ensacado manual.

El operador debe preparar los sacos correspondientes al lote que se encuentra en proceso, por lo que coloca el fardo correspondiente a su izquierda. Para evitar errores y retrasos, el saco debe ser colocado con la etiqueta hacia arriba y con la boca del saco hacia el frente del operador.

Para el ensacado manual, el operador se coloca enfrente de la ensacadora, coge el saco por el borde abierto y lo coloca en la ensacadora. El borde de la bolsa de polietileno se debe encontrar entre la mordaza y la superficie de la ensacadora. El operador ejerce presión sobre la mordaza, a manera de que el saco quede sujeto. Suelta la mordaza, la cual es accionada por la mano derecha y coloca dicha mano a manera de ejercer cierto control sobre el saco. Al mismo tiempo llena el saco con el producto que se encuentra en la tolva de producto terminado, para lo cual acciona la palanca ubicada a su izquierda. El llenado es realizado gradualmente, a manera de llenar aproximadamente un 75% del volumen del saco. Se cierra totalmente el paso de producto hacia el saco, y se suelta el borde de la mordaza. El saco se desplaza hacia la izquierda, sitio en el que se encuentra la báscula y se procede a ajustar manualmente el peso.

Para realizar los ajustes, el primer saco que se obtuvo de la ensacadora se baja del transportador y se coloca a la izquierda del operador que se encuentra ensacando. Dicho saco se utilizará para ajustar los demás sacos del lote que se está procesando. El saco utilizado para el empaque tiene un peso estándar, que se le agrega al valor medido en la báscula para asegurar que se está empacando el producto neto.

El ensacado automático se realiza a mayor velocidad y es menos tedioso. Una vez iniciado el proceso de ensacado por el controlador, la mordaza de la ensacadora se abre. El saco previamente preparado se toma del borde y se coloca en la ensacadora, con la etiqueta dirigida hacia el operador. El operador presiona el pedal que acciona el cierre de la mordaza, y esta sujeta el saco automáticamente. Durante este proceso, el operador debe encontrarse enfrente de la ensacadora para reducir los riesgos inherentes del proceso. Al cerrarse la mordaza, el llenado del producto se hace automáticamente, hasta completar el peso programado de producto.

La cantidad de producto colocado en el saco se muestra en un indicador ubicado a la derecha del operador. De esta manera el operador puede controlar que cantidad de producto terminado se ha empacado hasta el momento. Al completarse el peso programado, la mordaza se abre liberando el saco. El operador debe estar atento para equilibrar el saco cuando es liberado. Luego de esto lo desplaza hacia la izquierda en donde es empacado. Este proceso es sencillo y no requiere que el operador sea minucioso, ni que use movimientos finos y precisos.

3.3.1.4 Empaque

Luego de que colocar el producto en el saco, es necesario cerrar el empaque del producto y colocarlo a manera de que sea plausible transportarlo y almacenarlo.

Se toma el borde de la bolsa de polietileno y se coloca un marchamo, a manera de sellar dicha bolsa. Se toma un marchamo con la mano derecha, luego con las dos manos se sujeta la bolsa a manera de hacer un cuello con la bolsa. Dicho cuello se sostiene con la mano izquierda y con la mano derecha se coloca el marchamo alrededor de la bolsa de polietileno. El marchamo se debe colocar a 20cm del nivel del producto en el saco para permitir que se realice correctamente el sellado.

Luego de colocado el remache, se debe tomar el borde de la bolsa de polietileno y comprimirlo hacia el interior del saco, esto se hace con la mano izquierda, y luego con las dos manos se acomoda el borde del saco, a manera de facilitar la operación de cosido. Se toma el borde de la bolsa con la mano izquierda y con la mano derecha se toma la cosedora. La operación de costura se debe realizar de derecha a izquierda. La cosedora define el ritmo, y el operador debe preocuparse únicamente en observar la calidad de la costura y que la misma sea recta. La cosedora se debe operar a la altura del codo, y el operador debe movilizar todo el cuerpo durante la costura, a modo de evitar fatiga en los músculos de brazo. Finalizada la tarea, el operador coloca la cosedora en su lugar y desplaza.

Para la estiba, el operador debe levantar el saco manualmente y colocarlo en la paleta, ubicando la etiqueta en la parte superior del saco, a manera de observar la información del producto. El operador debe garantizar que el producto tome la forma del saco.

3.3.2 Diseño del lugar de trabajo, equipo y herramientas

El diseño del lugar de trabajo, equipo y herramientas, se debe enfocar a adecuar la operación al operador. Haciendo un correcto uso de los principios ergonómicos, se obtiene una mayor producción y eficiencia de la operación y menores tasas de lesiones para los operadores.

3.3.2.1 Área de etiquetado

La operación de etiquetado y la operación de colocado de bolsas se realizan en el área de etiquetado. Las dos operaciones son similares, en cuanto a los pesos manejados y los movimientos realizados. Por esto, es posible y recomendado que ambas operaciones se realicen en la misma área.

La operación de etiquetado debe realizarse en una superficie plana, para que durante la operación de etiquetado se facilite la acción del adhesivo sobre el saco. La altura de la superficie de trabajo debe encontrarse como máximo a la altura del codo para evitar fatiga en los hombros en el caso de que se encuentre demasiado alta, y para evitar que el cuello y la espalda se doblen en el caso de estar demasiado baja.

El diseño en este caso se realizará para extremos, es decir, para que se acomode al uso de todos los operadores se debe diseñar utilizando las dimensiones del más alto o del más bajo, si así se garantiza que todos los demás operadores podrán operar en el lugar de trabajo.

El extremo a tomar en cuenta para la altura de la superficie de trabajo del etiquetado es la altura del codo de la persona más pequeña. Para este y todos los diseños se utilizó como referencia la tabla XXXII. La altura seleccionada para la superficie de etiquetado es de 100cm, que corresponde al percentil 5 de la altura al codo de una persona que se encuentra de pie.

Los materiales se deben encontrar dentro del área normal de trabajo para evitar que el operador ejerza movimientos forzados, que resultan en fatiga y en retrasos en la operación.

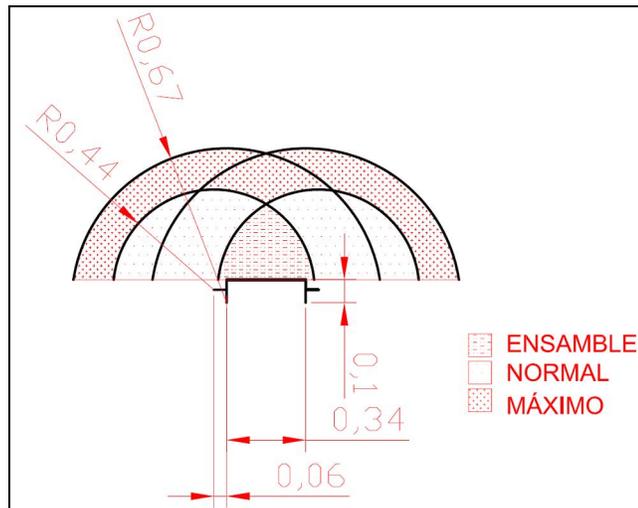
Tabla XXXII. Dimensiones del cuerpo de adultos civiles en Estados Unidos

Dimensión del cuerpo	Sexo	Percentil 5 (cm)	Percentil 50 (cm)	Percentil 95 (cm)
Estatura	Hombre	161.8	173.6	184.4
	Mujer	149.5	160.5	171.3
Altura a los ojos	Hombre	151.1	162.4	172.7
	Mujer	138.3	148.9	159.3
Altura al hombro	Hombre	132.3	142.8	152.4
	Mujer	121.1	131.1	141.9
Altura al codo	Hombre	100	109.9	119
	Mujer	93.6	101.2	108.8
Altura a los nudillos	Hombre	69.8	75.4	80.4
	Mujer	64.3	70.2	75.9
Altura sentado	Hombre	84.3	90.6	96.7
	Mujer	78.6	85	90.7
Altura a los ojos sentado	Hombre	72.3	78.6	84.4
	Mujer	67.5	73.3	78.5
Altura al codo en reposo sentado	Hombre	19	24.3	29.4
	Mujer	18.1	23	28.1
Altura a los muslos	Hombre	11.4	14.4	17.7
	Mujer	10.6	13.7	17.5
Altura a las rodillas sentado	Hombre	49.3	54.3	59.3
	Mujer	45.2	49.8	54.5
Glúteos a rodillas sentado	Hombre	54	59.4	64.2
	Mujer	51.8	56.9	62.5
Altura poplítea sentado	Hombre	39.2	44.2	48.8
	Mujer	35.5	39.8	44.3
Tamaño al pecho	Hombre	21.4	24.2	27.6
	Mujer	21.4	24.2	29.7
Ancho codo a codo	Hombre	35	41.7	50.6
	Mujer	31.5	38.4	49.1
Ancho de cadera sentado	Hombre	30.8	35.4	40.6
	Mujer	31.2	36.4	43.7

Fuente: Benjamín Niebel, Ingeniería Industrial, pág. 184

En la figura 75 se muestra el área normal de trabajo, de acuerdo a las dimensiones de un hombre normal. El etiquetado se debe realizar en el área indicada como ensamble, que es donde se ubicará el área del saco en la que se coloca la etiqueta. A la izquierda se colocarán las etiquetas y a la derecha los sacos etiquetados.

Figura 75. Área normal de trabajo



Para el colocado de bolsas, el saco se debe colocar enfrente del operador al igual que en el etiquetado, pero en este caso el borde del saco debe distanciarse más del operador para hacer cómoda la operación. A la derecha se coloca el fardo de bolsas y a la izquierda los sacos a los que se les ha colocado la bolsa. Las posiciones de la mano durante la operación de etiquetado son neutrales, y de existir una desviación, no resulta considerable, por lo que esta operación es segura para la muñeca del operador.

El ancho de la superficie de trabajo debe garantizar como mínimo, que el personal se ubique cómodamente frente al saco y que ubique un saco a cada lado. El ancho de la persona a tomar en cuenta es de 50.6cm, que corresponde al percentil 95 de la dimensión del ancho de codo a codo.

Del lado izquierdo debe disponerse de espacio para colocar un saco de papel, cuyo ancho es de 49cm. Del lado derecho se debe disponer de espacio para colocar el fardo de bolsas, por lo que se debe contar con un espacio de 60.96cm. Con estos datos se obtiene que la dimensión del ancho utilizable de la superficie deba ser de 160.56cm.

La dimensión de fondo de la superficie de trabajo del área de etiquetado debe poseer como mínimo la dimensión de la altura del saco, que corresponde a 60cm.

Se debe observar que con estas dimensiones se garantiza que los sacos se ubiquen dentro del área normal de trabajo. En la figura 76 se muestra el área de trabajo de etiquetado diseñado, y en la figura 77 se muestra la ubicación de los materiales.

Figura 76. Diseño del área de etiquetado

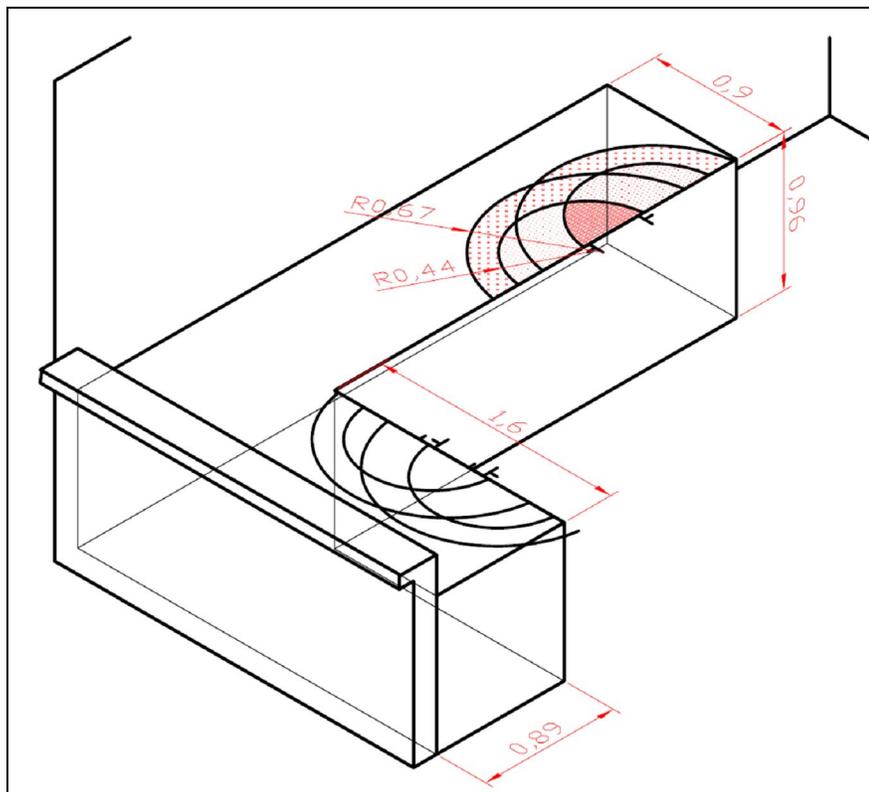
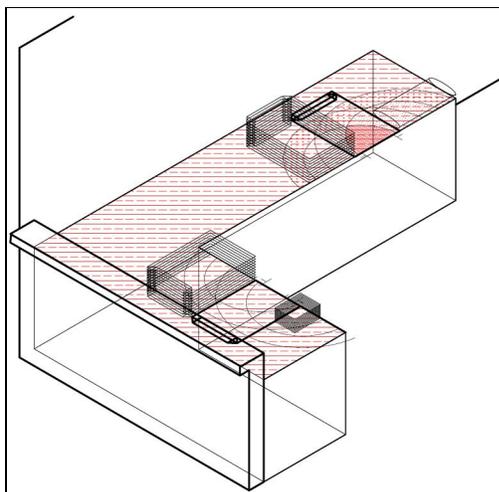


Figura 77. Ubicación de elementos en área de etiquetado



3.3.2.2 Área de mediciones

Debido a la naturaleza de los materiales utilizados en el área de microcomponentes, es necesario que dicha área se encuentre cerrada para evitar la pérdida de materiales al ambiente y la contaminación del mismo.

Para la dosificación es necesario utilizar dos equipos en el área de microcomponentes, el indicador del controlador y la báscula. Como herramientas se utiliza un cucharón para manejar los ingredientes y recipientes para acumular los ingredientes dosificados. Para evitar la contaminación entre ingredientes es necesario utilizar un cucharón para las vitaminas, uno para los minerales y otro para diluciones, aunque las dimensiones del cucharón sean las mismas para todas las aplicaciones.

La báscula posee un ancho y largo de 30cm y una precisión de 0.005kg, por lo que se considera como una báscula delicada, es decir, no se debe posicionar directamente sobre el suelo. La altura de la ubicación de la báscula depende de las dimensiones del recipiente que se utilizará para la dosificación y de las dimensiones del operador.

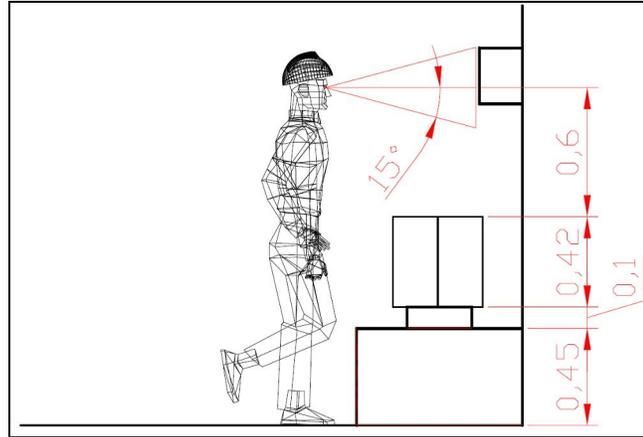
El recipiente debe ser lo suficientemente fuerte como para manejar una masa de 30kg en su interior. El volumen de dicho recipiente también se debe tomar en cuenta, ya que hay productos cuya densidad es baja. El material con menor densidad que se maneja en el proceso tiene una densidad que varía entre 0.6 y 0.7g/cm³. Para esta densidad y la masa indicada, un recipiente con 15 galones de capacidad resulta suficiente. El diámetro del recipiente a utilizar debe seleccionarse utilizando como guía el ancho entre codos para una persona. En este caso, resulta conveniente tomar como dato el percentil 50 de la dimensión del ancho entre codo y codo, que es de 41.7cm. Con este dato se obtiene una altura promedio del recipiente que se utilizará para la dosificación. La altura obtenida, suponiendo que el recipiente tenga la forma de un cilindro perfecto es de 42cm.

Tomando en cuenta que el operador debe realizar la dosificación a la altura del codo, debido al mayor control que posee a esta altura, se definió que la altura al borde del recipiente corresponda al percentil 5 de la dimensión de la altura al codo de una persona. En conclusión, la altura al borde del recipiente debe ser de 100cm, para garantizar que cualquier operador puede realizar la operación.

La báscula tiene una altura de 10cm, por lo que la superficie en la que se colocará la báscula debe estar a una altura de 45cm. En cuanto a las dimensiones horizontales de la superficie, responden únicamente a las dimensiones de la báscula y del recipiente que se utilizará para la dosificación. La superficie de báscula debe tener un mínimo de 75cm para cada dimensión.

El indicador debe encontrarse a una altura, a la cual sea posible observar los datos sin tener que inclinarse, y sin tener que levantar la vista. El operador debe ubicarse a aproximadamente 60cm de la pared, y tomando en cuenta que el área de visión se encuentra a 15 grados de la horizontal se determinó que el indicador debe ubicarse de acuerdo a la figura 78.

Figura 78. Ubicación de indicador de báscula en el área de pesado de microcomponentes



El indicador se colocó a una altura ubicada entre el percentil 5 y el percentil 95 de la dimensión a la altura a los ojos. Con esto se garantiza que el indicador se encuentre ubicado entre los rangos de visión de una persona de baja estatura y la de una persona alta.

Figura 79. Ubicación de elementos en el área de pesado microcomponentes

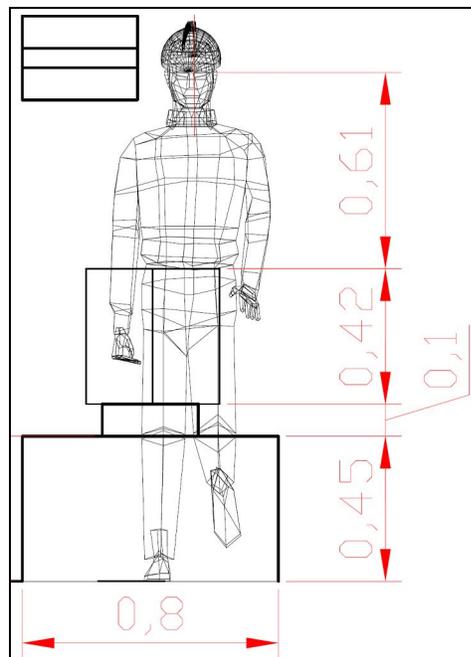
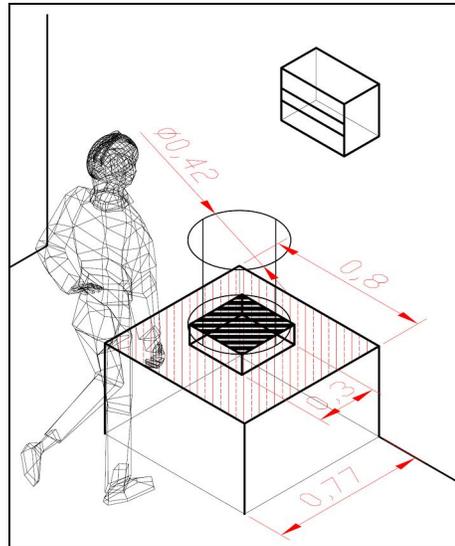


Figura 80. Ilustración de elementos en el área de pesado de microcomponentes



3.3.2.3 Área de ensacado

El rendimiento del ensacado depende en gran medida del diseño adecuado del lugar de trabajo. Para completar el diseño del equipo de mezcla se diseñó el área de trabajo en el que se realizará la operación de ensacado.

Para evitar sobreesfuerzos del operador es necesario que el saco siga un flujo en un transportador. En el transportador se recibe el saco con producto, se corrige el peso, se coloca el marchamo y realiza la costura. Además es necesario que dicho transportador facilite que el saco se desplace hasta el nivel del suelo sin dañar el empaque.

La altura del transportador se define por la altura a la que se encuentra la ensacadora. Debido a que esta operación no requiere levantamiento de cargas pesadas y que no requiere de gran destreza de parte del operador, se toma como válido el que la altura de la ensacadora sirva como base para establecer las dimensiones de la banda de costura.

Para la operación de colocar marchamo es recomendable que el borde del saco se encuentre a la altura del codo del operador. En el caso de la operación de costura es recomendable bajar el borde 20cm. Debido a la movilidad que se requiere del operador, el trabajo se realiza de pie.

Para el diseño se tomó en cuenta que aunque se requiera que el puesto de trabajo se adapte a la mayoría de operadores, es necesario que permanezca la tendencia a reducir la altura del borde del saco. La altura al codo para el percentil 5 para una persona que se encuentra de pie, es de 100cm, por lo que se considera como la altura máxima a la que se puede encontrar el borde del saco. La altura del saco es de 50cm.

Con este dato, la altura de la banda de costura debe de ser de alrededor de 50cm. El ancho de cada estación de la banda de costura debe garantizar cómo mínimo que una persona de pie no entorpezca los movimientos del operador ubicado en la próxima estación. Para esto la distancia entre codos de una persona normal se considera útil como distancia base. El percentil 50 de la distancia entre codos para una persona es de 41.7cm, dato que para proveer de mayor comodidad se puede ampliar a 45cm.

Para la ensacadora manual, es necesario que el saco además de ser sujetado por la mordaza de la ensacadora, sea soportado por la superficie del banco de trabajo. Próximo al área de llenado, debe encontrarse la báscula en la que se ajustará manualmente la cantidad de producto contenida por el saco. Luego de ajustado el peso debe desplazarse el saco, colocar el marchamo y realizar la costura.

Se debe disponer de un área para colocar la cosedora, y de una cavidad para colocar los marchamos. Para facilitar el flujo del saco, se utilizará acero inoxidable en la superficie, de un grado especial para alimentos.

Por último, el saco debe desplazarse a la altura de la paleta en la que se realizará la estiba. Con esto se evita que el operador cargue innecesariamente. A la altura del banco de trabajo al operador se le facilita cargar el saco y girarse sobre sí mismo, que con la carga manejada, a mediano plazo puede reflejarse en una enfermedad ocupacional en el operador. En la figura 81 se muestra el detalle del banco de trabajo propuesto. En las figuras 82 y 83 se muestra la posición del operador ante la banda de costura.

Figura 81. Banco de trabajo del área de ensacado manual

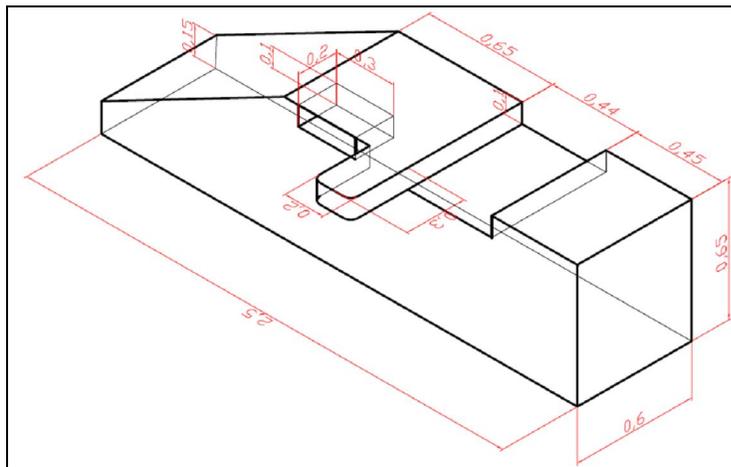


Figura 82. Posición del operador en área de ensacado manual

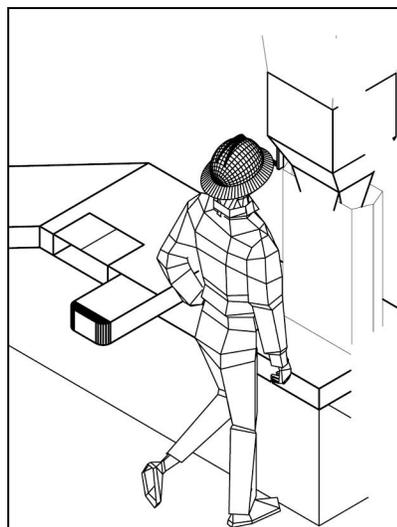
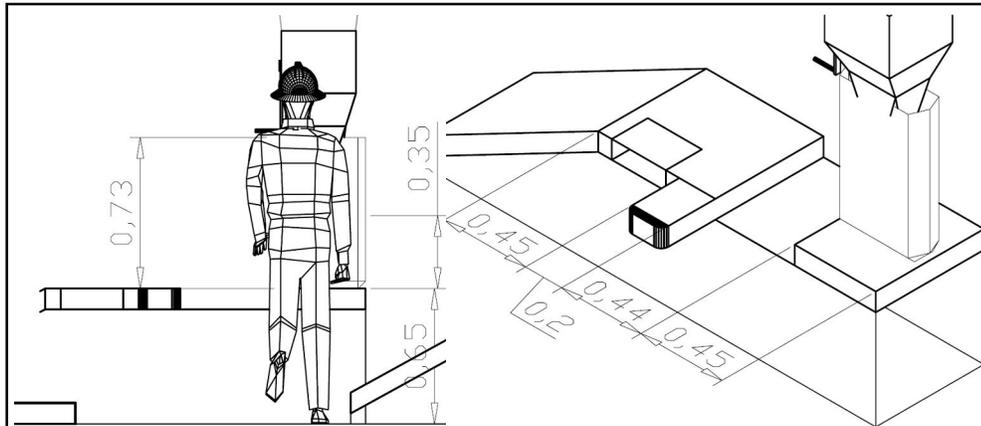


Figura 83. Dimensiones del banco de ensacado manual



Para el ensacado automático es necesario que la banda de costura se encuentre a una altura que evite impactos fuertes cuando la mordaza libera el saco.

Mientras más grande sea la distancia entre la banda y la superficie inferior del saco, el impacto se incrementará debido a la aceleración del producto hacia el suelo. En el otro extremo, se debe evitar el contacto entre la banda y la superficie inferior del saco, debido a que entorpece la operación de la báscula dinámica, de la cual depende el ensacado de la cantidad correcta.

Tomando en cuenta la altura del saco que es de 72.54cm, y la altura de la ensacadora se define a qué altura máxima puede diseñarse la banda transportadora. Se dispone de una holgura de 5cm entre ambas superficies para garantizar que exista un impacto reducido y que la ensacadora opere de buena manera. En las figuras 84 y 85 se muestra la banda de costura diseñada y la posición del operador en la misma.

Figura 84. Posición del operador en área de ensacado automático

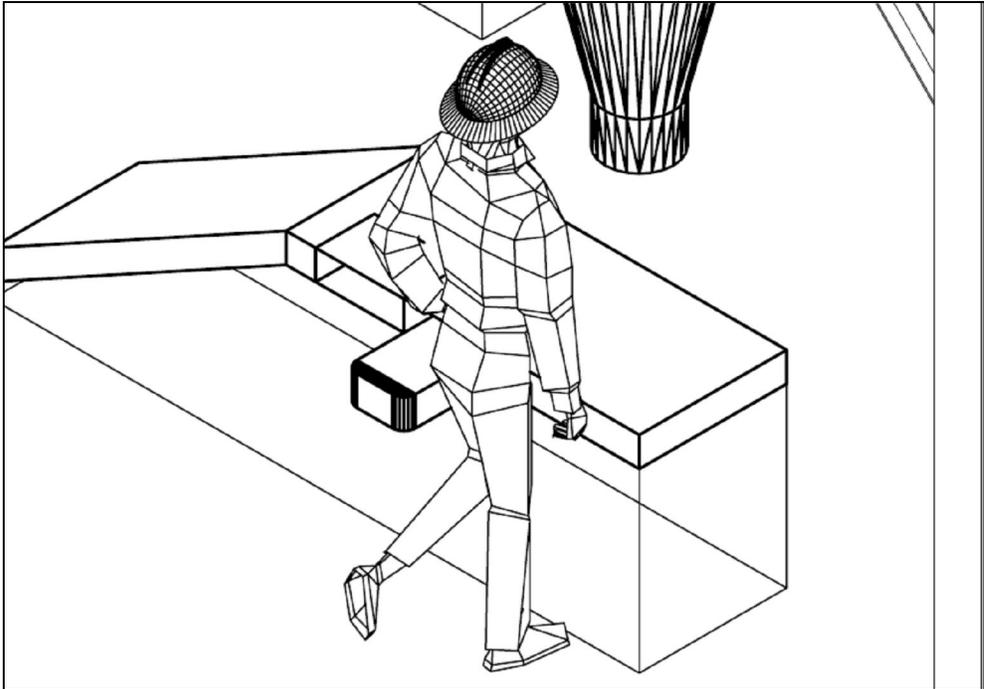
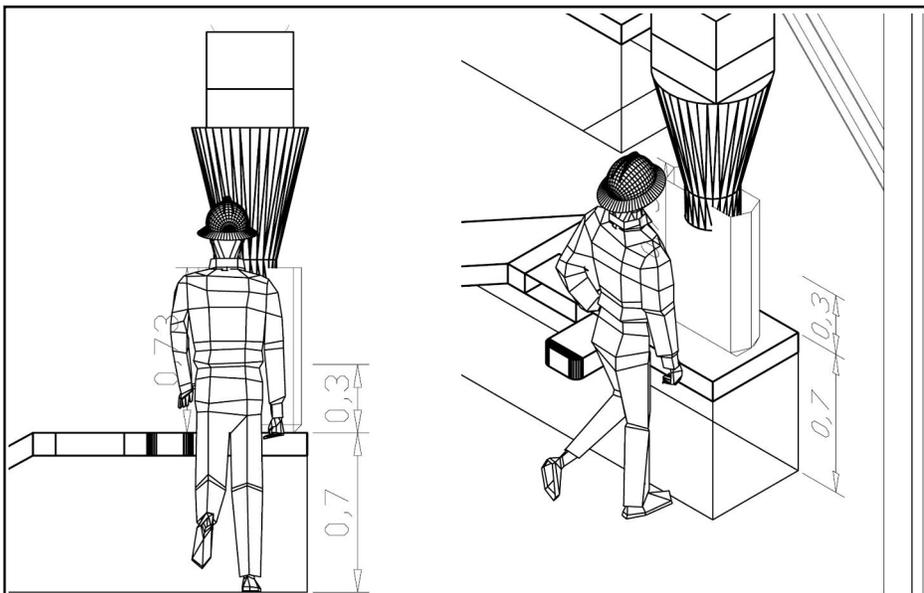


Figura 85. Dimensiones del banco de ensacado automático



3.4 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos debe contar con el apoyo y autorización de todo el personal que interviene en el proceso. Es por esto que el estudio debe ser transparente y los métodos deben ser explícitos. A manera de facilitarle la información a cualquiera de las partes, los formatos del estudio y los cálculos deben ser completamente interpretables por cualquier persona.

3.4.1 Formatos para estudio de tiempos

El formato de estudio de tiempos debe contener información acerca de todos los factores que puedan modificar los resultados del estudio, y también debe contener la información necesaria para identificar completamente el estudio. Preferentemente, los cálculos deben realizarse en el formato e inmediatamente después del estudio, para mostrarle los resultados a las partes que intervienen en el proceso.

Se identifica la fecha de realización del estudio, el estudio al que se refiere y el correlativo de página utilizado. Se identifica completamente la operación estudiada, el lugar de trabajo y las piezas o herramientas utilizadas. La operación se divide en elementos, cuyo nombre se coloca en los espacios delimitados por las líneas inclinadas.

El formato tiene un espacio para observar veinte ciclos de trabajo. En los espacios nombrados con una T, se colocan los tiempos cronometrados para un estudio continuo, y los tiempos netos de cada elemento se calculan y se colocan en el espacio nombrado con una L. En el caso de existir un elemento extraño, se coloca una letra en el espacio y a continuación se describe y coloca el tiempo en los espacios a la derecha identificados por letras mayúsculas de la A, a la J.

Tabla XXXIII. Formato de estudio de tiempos

Fecha Estudio No. Hoja No. de	Producto Nombre de la pieza Parte No. _____ Sub. _____ Dibujo _____ Estilo No. _____												Elementos extraños								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12									
	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	S	L	T						
1													A								
2													B								
3													C								
4													D								
5													E								
6													F								
7													G								
8													H								
9													I								
10													J								
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20																					
Total																					
No. Obser.																					
Promedio																					
Calificación																					
Tiempo																					
Nombre del operador																					
No. de operador																					
Empezar: _____				Terminar: _____				P.M. / A.M.				P.M. / A.M.									
Hombre				Mujer				A.M.				P.M.									
Total												Tiempo normal/pieza		Tolerancias		Otros		Td permitido		Piezas/hr.	
												%		%							

A continuación se realizan los cálculos del estudio por cada elemento y se anotan los resultados. Para que pueda realizarse un seguimiento y calificación es necesario identificar al operador y la hora de inicio y fin del estudio.

Los elementos extraños deben entenderse como aquellos que no fueron previstos en el desarrollo del método, o que ocurren a cada cierto número de ciclos. Debe distinguirse si el elemento extraño pertenece o no al proceso, para agregarlo como parte del tiempo o suplemento al tiempo de la operación.

3.4.2 Cálculos del estudio

Los cálculos del estudio deben mostrarse simples y transparentes para que sean fácilmente interpretables por cualquier interesado. Se realizará el estudio con un cronometraje de regresos a cero, dado a que se cuenta con el equipo que reduce la inexactitud asociada con esta modalidad de estudios.

Se debe tomar la cantidad de observaciones válidas para cada elemento, es decir, excluyendo elementos extraños, y se coloca en el espacio previsto para esto, y de igual manera se realiza la suma de tiempos. Luego se realiza el promedio para cada elemento y se aplica la calificación, con lo cual se obtiene el tiempo normal.

Se suman los tiempos individuales de cada operación y se obtiene el tiempo normal de la operación, a la cual se le aplican las tolerancias y se obtiene el tiempo estándar de la operación.

En los casos en que fue necesario incluir elementos de preparación o elementos que ocurren a cada cierto número de ciclos, se agregó el tiempo de dicha operación al tiempo normal. Para esto se obtuvo el tiempo promedio excluyendo dichos elementos y se le restó al tiempo del elemento considerado. El tiempo obtenido se divide dentro del número de ciclos estudiados y se suma directamente al tiempo estándar de la operación.

3.4.2.1 Observaciones necesarias para calcular el tiempo normal

La cantidad de observaciones realizadas sobre cada operación inciden en la exactitud del tiempo estándar. Para realizar el estudio se utilizó como primer criterio los valores recomendados por la General Electric Company, que se muestran en la tabla XXXIV.

Tabla XXXIV. Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (min)	Numero recomendado de ciclos
0.1	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	8
20.00 – 40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: Benjamín Niebel, Ingeniería Industrial, pág. 393

En la tabla XXXV se muestra el estimado inicial de observaciones a realizar sobre cada operación.

Tabla XXXV. Estimado inicial de observaciones de acuerdo a la operación

Operación	Observaciones
Etiquetado	60
Microcomponentes	30
Macrocomponentes	60
Ensacado	60
Empacado	60

Como segundo criterio se utilizó el método estadístico para determinar la cantidad de observaciones a realizar. Para determinar la cantidad N de observaciones se establece una probabilidad de error del 10%. En este punto se justifica un rango amplio de probabilidad de error, ya que debe aceptarse que el tiempo estándar obtenido es temporal. Conforme la curva de aprendizaje tienda a estabilizarse, un rango menor de error será justificado.

Para determinar la cantidad n de observaciones se aplica la fórmula:

$$N = (t \cdot s) / (k \cdot \bar{x})$$

En donde la desviación estándar de la curva de la distribución de frecuencias de los tiempos de reloj obtenidos s es igual a:

$$s = \sqrt{((\sum f (X_i - \bar{x})^2) / (n-1))}$$

En donde:

X_i = valores de tiempos obtenidos

\bar{x} = media aritmética de tiempos observados

f = frecuencia de cada tiempo observado

n = número de observaciones efectuadas

k = fracción aceptable de \bar{x}

t = distribución inversa t de student

El análisis estadístico se efectuó sobre cada elemento, para hacer la medición confiable. En la tabla XXXVI se muestran los valores obtenidos para cada operación. Debe observarse que debido a la poca variación entre observaciones de algunos elementos, la cantidad de observaciones recomendadas es menor a las consideradas por el criterio de la General Electric Company. En el caso del llenado del ensacado, el resultado refleja que el llenado depende en su mayoría del producto y de la velocidad de llenado de la ensacadora, inhibiendo variaciones causadas por el operador.

La operación de micros requiere una mayor cantidad de observaciones de acuerdo al método estadístico aplicado. La mayor cantidad de observaciones se debe a la variación presentada por los tiempos cronometrados, y de esta manera cumplir con el estimado de probabilidad de error del 10%.

Tabla XXXVI. Cantidad de observaciones según el método estadístico por elemento

Operación	Elemento	n	s (s)	t (s)	X (s)	N
Etiquetado	Tomar y remover adhesivo	60	1.30	1.67	3.28	44
Etiquetado	Pegar y colocar saco para etiqueta	60	2.92	1.67	7.63	41
Etiquetado	Colocar bolsa	60	3.48	1.67	17.67	11
Etiquetado	Colocar borde de bolsa	60	1.85	1.67	6.87	21
Etiquetado	Colocar saco para bolsa	60	1.83	1.67	4.85	40
Micros	Observar y buscar material	30	3.67	1.70	7.93	62
Micros	Dosificar material	30	15.43	1.70	37.87	48
Micros	Cambiar recipiente	30	7.58	1.70	21.1	38
Macros	Observar e identificar material	60	3.06	1.67	7.17	51
Macros	Colocar saco de material	60	2.43	1.67	6.93	35
Macros	Colocar saco sobre cangilón	60	3.99	1.67	8.52	62
Micros	Derramar material sobre cangilón	60	5.50	1.67	17.35	29
Ensacado	Colocar en ensacadora	60	2.05	1.67	7.45	22
Ensacado	Llenar saco	60	0.81	1.67	15.30	1
Ensacado	Colocar saco para empacado	60	1.62	1.67	6.42	18
Empacado	Colocar marchamo	60	2.83	1.67	11.22	18
Empacado	Coser	60	1.12	1.67	5.07	14
Empacado	Estibar saco	60	5.12	1.67	17.42	25

Realizando las observaciones adicionales en los casos que así lo requerían, se determinaron los tiempos cronometrados de cada operación. En la tabla XXXVII se muestran los tiempos cronometrados obtenidos, y el factor del cual dependen para hacer estimaciones de tiempo de proceso.

Tabla XXXVII. Tiempo cronometrado por elemento

Operación	Elemento	N	Tiempo cronometro (s)
Etiquetado	Tomar y remover adhesivo	60	3.28
Etiquetado	Pegar y colocar saco para etiqueta	60	7.63
Etiquetado	Colocar bolsa	60	17.67
Etiquetado	Colocar borde de bolsa	60	6.87
Etiquetado	Colocar saco para bolsa	60	4.85
Micros	Observar y buscar material	110	8.09
Micros	Dosificar material	110	40.99
Micros	Cambiar recipiente	40	21.38
Macros	Observar e identificar material	60	7.17
Macros	Colocar saco de material	60	6.93
Macros	Colocar saco sobre cangilón	60	8.52
Macros	Derramar material sobre cangilón	60	17.35
Ensacado	Colocar en ensacadora	60	7.45
Ensacado	Llenar saco	60	15.30
Ensacado	Colocar saco para empacado	60	6.42
Empacado	Colocar marchamo	60	11.22
Empacado	Coser	60	5.07
Empacado	Estibar saco	60	17.42

3.4.2.2 Tiempos de preparación

Considerando que el proceso estudiado se define por producciones cortas, definidas por lotes específicos de producto terminado y considerando que un lote se realiza en un tiempo aproximado de treinta minutos, el tiempo de preparación de cada operación se torna relevante.

Cada lote de producción conlleva operaciones de limpieza, verificación e identificación, y debido a lo relativamente corto del proceso es necesario identificar las operaciones de preparación y la forma de cuantificar el tiempo empleado en las mismas.

Se identificaron las siguientes operaciones de preparación:

1. Activación del equipo
2. Preparación de etiquetado
3. Transporte entre áreas
4. Preparar macrocomponentes
5. Limpieza de mezcladoras

La activación del equipo se realiza una vez al día, al igual que la desactivación del equipo. Debido a que la activación del equipo se realiza en conjunto con operaciones de mantenimiento y limpieza se restan 30 minutos de la jornada efectiva.

La preparación de etiquetado consiste en el conteo de etiquetas, bolsas y sacos y la identificación del lote de etiquetas de acuerdo a una orden de producción. Este tiempo es asignable al tiempo de operación de etiquetado.

Tabla XXXVIII. Tiempos de preparación de etiquetado observados

Observación	Tiempo (s)	Observación	Tiempo (s)
1	129	11	96
2	86	12	105
3	93	13	88
4	104	14	125
5	126	15	103
6	85	16	98
7	135	17	127
8	109	18	114
9	119	19	107
10	115	20	108

En cuanto a los transportes de área a área se toman por lote, ya que el operador se demora el mismo tiempo, no importando el tamaño del lote de producción. Este tiempo es asignable a cada lote de producción.

Se obtiene un promedio de 92.05 segundos y una desviación estándar de 12.22 segundos. El tiempo debe agregarse integro al tiempo de la operación. En la tabla XXXIX se muestran los datos observados de transporte entre áreas.

Tabla XXXIX. Tiempos de transporte observados

Observación	Tiempos (s)	Observación	Tiempos (s)
1	85	11	76
2	110	12	99
3	70	13	103
4	87	14	102
5	105	15	99
6	96	16	86
7	78	17	80
8	97	18	93
9	106	19	107
10	73	20	89

El tiempo de preparación de dosificación de macrocomponentes depende directamente de la cantidad de sacos de materia prima utilizados. Debido a que el tiempo de dosificación es de magnitud aproximadamente igual al tiempo de preparación, no es aplicable como suplemento, ya que habría que aplicarlo al 100%. Se debe establecer el tiempo por saco para aplicarlo como tiempo estándar. La operación consiste en identificar el producto, dirigirse hacia donde se encuentra ubicado, cargar la cantidad de sacos necesarios sobre la paleta y regresar al lugar original.

El tiempo de identificar el ingrediente y los tiempos de desplazamiento del operador se toman como el primer elemento de la operación, el otro elemento consiste en la carga de sacos a la paleta. En las tablas XL - XLI se muestran los tiempos observados para la operación estudiada.

Tabla XL. Tiempos observados para el elemento de desplazamiento

Observación	Tiempo(s)	Observación	Tiempo(s)
1	16	16	19
2	17	17	18
3	13	18	23
4	17	19	17
5	18	20	22
6	20	21	24
7	21	22	21
8	17	23	24
9	22	24	20
10	21	25	18
11	22	26	17
12	26	27	27
13	19	28	24
14	27	29	19
15	24	30	23

Tabla XLI. Tiempos observados para el elemento de carga

No.	Tiempo(s)	No.	Tiempo(s)	No.	Tiempo(s)	No.	Tiempo(s)	No.	Tiempo(s)
1	9	21	5	41	7	61	4	81	9
2	5	22	7	42	6	62	7	82	7
3	8	23	7	43	6	63	4	83	7
4	8	24	6	44	7	64	7	84	6
5	6	25	6	45	5	65	6	85	8
6	5	26	7	46	8	66	9	86	9
7	6	27	4	47	9	67	6	87	5
8	4	28	5	48	6	68	4	88	8
9	8	29	7	49	6	69	8	89	5
10	5	30	6	50	4	70	7	90	5
11	6	31	5	51	6	71	5	91	6
12	6	32	4	52	9	72	4	92	7
13	7	33	5	53	7	73	11	93	9
14	13	34	5	54	4	74	9	94	8
15	4	35	6	55	6	75	4	95	6
16	4	36	5	56	5	76	5	96	4
17	5	37	8	57	7	77	5	97	4
18	4	38	8	58	8	78	3	98	8
19	6	39	7	59	8	79	7	99	7
20	7	40	6	60	6	80	6	100	5

Para el desplazamiento se tiene un tiempo promedio de 20.53 segundos, con una desviación estándar de 3.46 segundos. Para el elemento de carga se tiene un tiempo promedio de 6.29 segundos, con una desviación estándar de 1.73 segundos. La limpieza de la mezcladora debe ser realizada por lote de producto por lo que se agregará como tiempo estándar.

La operación de limpieza consiste en la desactivación, el desplazamiento y la limpieza de la mezcladora. El tiempo de limpieza se tomó íntegro, debido a que se realiza a cada lote de producción y no amerita la división de la operación en elementos. Las observaciones promedian un tiempo de 145.6 segundos con una desviación estándar de 23.08 segundos.

Tabla XLII. Tiempos de limpieza de mezcladora observados

Observación	Tiempos (s)	Observación	Tiempos (s)
1	121	11	147
2	122	12	177
3	145	13	165
4	176	14	158
5	135	15	142
6	156	16	105
7	178	17	150
8	177	18	118
9	167	19	123
10	125	20	125

3.4.2.3 Calificación de la actuación

Para calificar la actuación se utilizó el sistema Westinghouse, que considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. En las tablas XLIII a la XLVI se muestran los factores de calificación del sistema Westinghouse.

Tabla XLIII. Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse

Habilidades		
Superior	A1	0.15
Superior	A2	0.13
Excelente	B1	0.11
Excelente	B2	0.08
Bueno	C1	0.06
Bueno	C2	0.03
Promedio	D	0
Aceptable	E1	-0.05
Aceptable	E2	-0.1
Malo	F1	-0.16
Malo	F2	-0.22

Fuente: Benjamín Niebel, Ingeniería Industrial, pág. 416

La habilidad se define como el nivel de competencia para seguir un método dado. Se relaciona con la experiencia mostrada por la coordinación adecuada de mente y manos. La habilidad de un operario es el resultado de la experiencia y las aptitudes inherentes de coordinación natural y ritmo.

Tabla XLIV. Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse

Esfuerzo		
Excesivo	A1	0.13
Excesivo	A2	0.12
Excelente	B1	0.1
Excelente	B2	0.08
Bueno	C1	0.05
Bueno	C2	0.02
Promedio	D	0
Aceptable	E1	-0.04
Aceptable	E2	-0.08
Malo	F1	-0.12
Malo	F2	-0.17

Fuente: Benjamín Niebel, Ingeniería Industrial, pág. 416

El esfuerzo se define como una demostración de la voluntad para trabajar con efectividad. El esfuerzo es representativo de la velocidad con la que se aplica la habilidad, y el operador puede controlarla en alto grado.

Tabla XLV. Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse

Condiciones		
Ideal	A	0.06
Excelente	B	0.04
Bueno	C	0.02
Promedio	D	0
Aceptable	E	-0.03
Malo	F	-0.07

Fuente: Benjamín Niebel, Ingeniería Industrial, pág. 416

Las condiciones hacen referencia a los factores que afectan al operador y no a la operación. Los elementos que afectan las condiciones de trabajo incluyen temperatura, ventilación, luz y ruido.

Tabla XLVI. Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse

Consistencia		
Perfecta	A	0.04
Excelente	B	0.03
Buena	C	0.01
Promedio	D	0
Aceptable	E	-0.02
Mala	F	-0.04

Fuente: Benjamín Niebel, Ingeniería Industrial, pág. 416

La consistencia hace referencia a la variación del desempeño debido a factores como materiales distintos, el esfuerzo del operario, y los elementos extraños. Aplicando los factores de calificación mostrados se obtiene el tiempo normal de cada elemento. Al aplicarle los suplementos al tiempo normal se obtiene el tiempo estándar de la operación, en la tabla XLVII se muestran los factores de calificación aplicados a cada elemento.

Tabla XLVII. Calificación de acuerdo a la operación

Operación	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia
Etiquetado	E2	C2	D	E
Microcomponentes	B1	C1	D	C
Macrocomponentes	C1	C1	E	E
Ensacado	D	C1	E	E
Empacado	C1	C1	E	D
Estiba	C1	C1	D	D

Tabla XLVIII. Aplicación de factores de calificación aplicados a cada elemento

Operación	Elemento	Cronometrado(s)	F	Normal(s)
Etiquetado	Preparar etiquetado	2.715	0.9	2.444
Etiquetado	Tomar y remover adhesivo	3.28	0.9	2.952
Etiquetado	Pegar y colocar saco para etiqueta	7.63	0.9	6.867
Etiquetado	Colocar bolsa	17.67	0.9	15.903
Etiquetado	Colocar borde de bolsa	6.87	0.9	6.183
Etiquetado	Colocar saco para bolsa	4.85	0.9	4.365
Etiquetado	Transporte entre áreas	92.05	0.9	82.845
Micros	Observar y buscar material	8.09	1.17	9.465
Micros	Dosificar material	40.99	1.17	47.958
Micros	Cambiar recipiente	21.38	1.17	25.015
Macros	Desplazamiento preparación	20.53	1.06	21.762
Macros	Carga Preparación	6.29	1.06	6.667
Macros	Observar e identificar material	7.17	1.06	7.600
Macros	Colocar saco de material	6.93	1.06	7.346
Macros	Colocar saco sobre cangilón	8.52	1.06	9.031
Macros	Derramar material sobre cangilón	17.35	1.06	18.391
Macros	Limpieza de mezcladora	145.6	1.06	154.336
Ensacado	Colocar en ensacadora	7.45	1.02	7.599
Ensacado	Llenar saco	15.30	1.02	15.606
Ensacado	Colocar saco para empacado	6.42	1.02	6.548
Empacado	Colocar marchamo	11.22	1.08	12.118
Empacado	Coser	5.07	1.08	5.476
Empacado	Estibar saco	17.42	1.11	19.336

3.4.2.4 Aplicación de suplementos

Los suplementos aplicados se obtuvieron de la figura 86, de acuerdo a las condiciones de operación. En la tabla XLIX se muestran los suplementos aplicados a cada operación analizada.

Figura 86. Suplementos

Sistema de suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales						
1 Suplementos constantes			E Condiciones atmosféricas (Calor y humedad)			
	Hombres	Mujeres	Kata	Hombres	Mujeres	
Necesidades personales	5	7		16	0	
Base por fatiga	4	4		14	0	
2 Suplementos variables				12	0	
				10	3	
A Trabajo de pie	2	4		8	10	
				6	21	
B Postura anormal				5	31	
Ligeramente incomoda	0	1		4	45	
Incomoda (inclinado)	2	3		3	64	
Muy incómoda (acostado, estirado)	7	7		2	100	
				Hombres Mujeres		
C Uso de fuerza o de la energía muscular			F Concentración Intensa			
Peso levantado por kilogramo			Trabajos de cierta precisión	0	0	
2.5	0	1	Trabajos de precisión	2	2	
5	1	2	Trabajos de gran precisión	5	5	
7.5	2	3	G Ruido			
10	3	4	Continuo	0	0	
12.5	4	6	Intermitente y fuerte	2	2	
15	5	8	Intermitente y muy fuerte	5	5	
17.5	7	10	Estridente y fuerte	5	5	
20	9	13	H Tensión mental			
22.5	11	16	Proceso bastante complejo	1	1	
25	13	20	Atención dividida	4	4	
30	17	---	Muy complejo	8	8	
33.5	22	---	I Monotonía			
			Algo monótono	0	0	
D Mala iluminación			Bastante monótono	1	1	
Potencia ligeramente baja	0	0	Muy monótono	4	4	
Potencia bastante por debajo	2	2	J Tedio			
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo algo aburrido	0	0	
			Trabajo aburrido	2	1	
			Trabajo muy aburrido	5	2	

Fuente: Benjamín Niebel, Ingeniería Industrial, pág. 437

Tabla XLIX. Suplementos aplicados de acuerdo a la operación

Condición de operación	Etiquetado	Micros	Macros	Ensamado	Empacado	Estiba
Necesidades personales	5	5	5	5	5	5
Base por fatiga	4	4	4	4	4	4
Trabajo de pie	2	2	2	2	2	2
Ligeramente incomodo			2			
Manejo de peso 25kg			13			13
Trabajos de precisión		2				
Algo monótono	0	0			0	0
Bastante monótono				1		
Trabajo aburrido	2	2		2	2	
Total	13	15	26	14	13	24

Se agruparon elementos para constituir las operaciones completas y se les aplicaron los suplementos correspondientes para obtener tiempos estándar. En la tabla L se muestran los suplementos aplicados a cada operación, y el tiempo estándar obtenido.

Tabla L. Suplementos aplicados y tiempo estándar por operación

Operación	Normal (s)	Tolerancias (%)	Estándar (s)	Dimensional
Etiquetado	38.7135	13	43.746	s/saco
Transporte	82.845	13	93.615	s/lote
Micros	57.4236	15	66.037	s/material
Micros	25.0146	15	28.767	s/recipiente
Macros desplazamiento	21.7618	26	27.420	s/material
Macros carga	6.6674	26	8.401	s/saco
Macros	7.6002	26	9.576	s/material
Macros	34.768	26	43.808	s/saco
Limpieza	154.336	26	194.463	s/lote
Ensamado	29.7534	14	33.919	s/saco
Empacado	36.9294	24	45.792	s/saco

3.4.3 Determinación de tiempos estándar

El tiempo estándar de producción representa una base para calcular la capacidad de producción de un sistema. El sistema de producción depende directamente de la explosión de materiales de la fórmula, por lo que para calcular el tiempo utilizado en una producción se utilizará el protocolo de producción diseñado. En la tabla LI se muestra un protocolo de producción, con 22 ingredientes.

La relación entre la cantidad producida y el tiempo de proceso es lineal para las operaciones de etiquetado, ensacado y empacado. Esto es debido a que estas operaciones dependen de la cantidad de sacos.

Las operaciones de dosificación de microcomponentes y macrocomponentes dependen de otros factores, que producen una relación no lineal y poco predecible del tiempo empleado para realizar dichas operaciones. La dosificación de microcomponentes depende de la cantidad de ingredientes incluidos en la fórmula y de la cantidad de veces que se cambia el recipiente durante la operación. La dosificación de macrocomponentes depende de la cantidad de materiales y de la cantidad de sacos.

Tabla LI. Protocolo de producción

LOTE	0000	CÓDIGO	0000	PRODUCCIÓN	1000	KG
CÓDIGO	NOMBRE	MICROS	CAMBIO DE RECIPIENTE	SACOS ENTEROS	KG ACTUAL/ INGREDIENTE	PESO DEL SACO KG
001	Artículo 1	10.000		0	10.000	25
002	Artículo 1	4.000		0	4.000	25
003	Artículo 1	10.000		2	60.000	25
004	Artículo 1	6.865	cambie recipiente	0	6.865	25
005	Artículo 1	6.000		0	6.000	25
006	Artículo 1	5.000		0	5.000	20
007	Artículo 1	10.176	cambie recipiente	1	35.176	25
008	Artículo 1	19.565	cambie recipiente	0	19.565	25
009	Artículo 1	1.098		0	1.098	25
010	Artículo 1	4.000		0	4.000	25
011	Artículo 1	5.000	cambie recipiente	0	5.000	25
012	Artículo 1	22.000		0	22.000	25
013	Artículo 1	13.158	cambie recipiente	10	263.158	25
014	Artículo 1	0.000		2	50.000	25
015	Artículo 1	2.689		6	138.889	22.7
016	Artículo 1	15.000	cambie recipiente	1	40.000	25
017	Artículo 1	10.000		0	10.000	25
018	Artículo 1	3.000	cambie recipiente	0	3.000	25
019	Artículo 1	2.000		0	2.000	25
020	Artículo 1	9.987		4	109.987	25
021	Artículo 1	9.987		4	109.987	25
022	Artículo 1	19.276	cambie recipiente	3	94.276	25

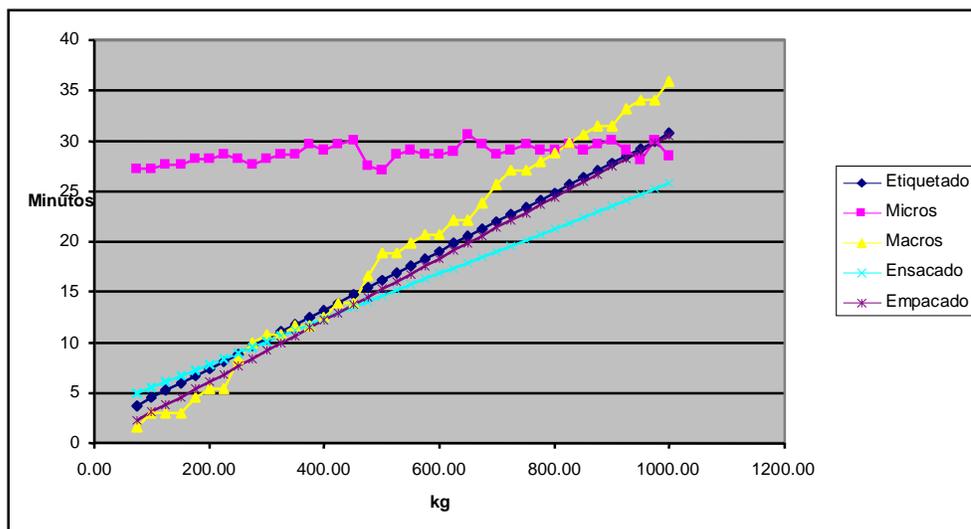
Agrupando elementos e integrando los factores de los cuales depende cada operación se obtienen cinco estaciones de trabajo, de cuyos tiempos aplicados al protocolo de producción mostrado en la tabla LI, se obtienen los datos mostrados en la tabla LII.

Tabla LII. Tiempos obtenidos para cada operación al producir 1000kg

Operación	Tiempo (min)
Etiquetado + transporte	30.724
Micros + transporte	28.509
Macros + transporte	35.825
Ensamado + limpieza	25.854
Empacado	30.528

Ampliando el análisis, para la fórmula mostrada se obtuvieron los datos de tiempo de proceso para y se graficaron en la figura 87. Se tomaron datos desde el mínimo de producción hasta el máximo de producción.

Figura 87. Tiempo de proceso para cada operación de acuerdo a la cantidad de kilogramos producidos

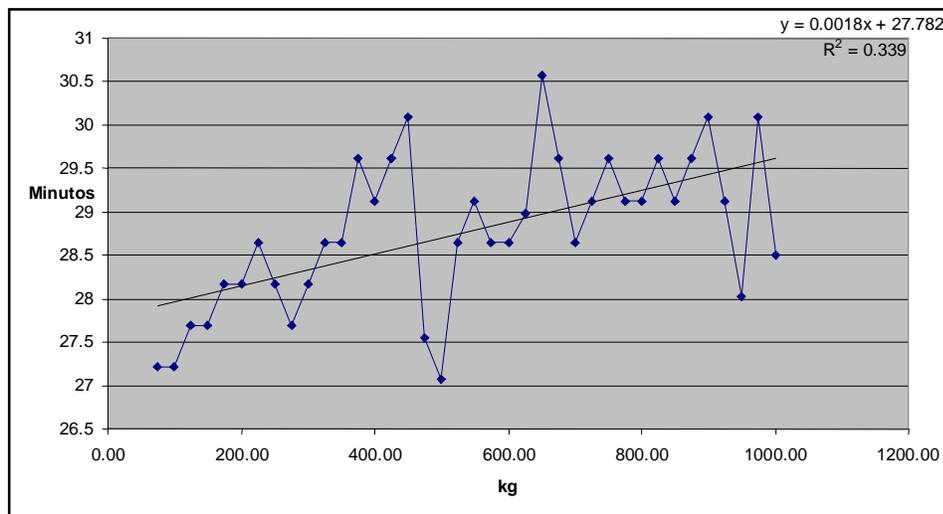


Se observa que las operaciones de etiquetado, empacado y ensamado son lineales. La operación de macrocomponentes dista de la relación lineal en ciertos intervalos. Esto quiere decir que el tiempo empleado en la dosificación depende directamente de la cantidad producida.

La operación de microcomponentes depende directamente de la cantidad de ingredientes. El máximo alcanzado es de 30.57 minutos por lote de producción, y un mínimo de 27.07 minutos, obteniendo una variación aproximada de 3 minutos entre el máximo y el mínimo.

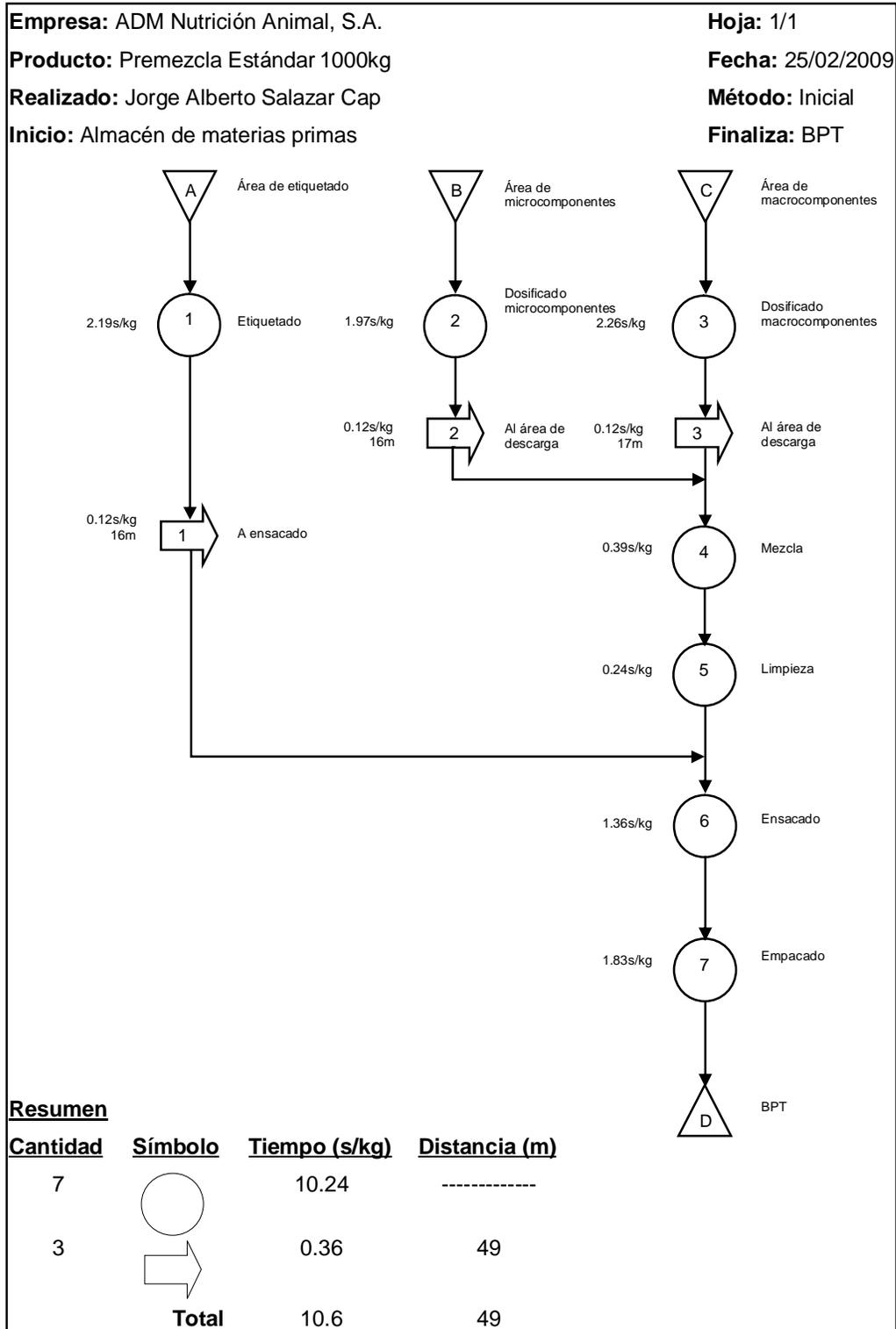
En la figura 88 se presenta la relación entre producción y tiempo empleado para dosificar microcomponentes. La figura 88 brinda una idea general del tiempo de producción empleado para cualquier lote, sin importar la cantidad de kilogramos, que varía entre 30 y 40 minutos. Esto significa una capacidad de 15 lotes diarios, ocupando todas las estaciones de trabajo, sin interrumpir la operación de microcomponentes que representará la restricción de tiempo en la mayoría de los casos.

Figura 88. Tiempo de proceso para la operación de microcomponentes de acuerdo a la cantidad producida



En la figura 89 se muestra el diagrama de flujo del proceso, y la capacidad de producción aproximada de acuerdo a la operación.

Figura 89. Diagrama de flujo del proceso



3.5 Determinación de la capacidad estándar de producción

En un sistema en el que el tiempo depende en gran medida del producto fabricado y de la cantidad fabricada de dicho producto, es necesario extenderse hacia una capacidad aproximada de producción, en la que es necesario suponer condiciones de producción.

3.5.1 Plan de producción intermitente

El proceso presenta características de producción en línea e intermitente. El hecho de que cualquier producto siga el mismo procedimiento y en el mismo orden le brinda características de un proceso en línea. Desde otro punto de vista, el diseño de la fórmula y las variaciones inherentes a los materiales le brindan características de un proceso intermitente. Más decisivo en esto es el hecho de que no se puede producir para mantener el nivel de stocks, la demanda es variable y es usual que se hagan reformulaciones para un producto en particular. A su vez, el proceso debe combinar dos características:

- ✓ El proceso debe ser confiable, cumplir con normas de calidad y de trazabilidad
- ✓ El proceso debe ser flexible, con el objetivo de soportar picos de demanda

La producción varía a intervalos cortos de tiempo, y es por esto que se deben tomar las medidas que garanticen la eficacia en las entregas y la eficiencia global del proceso. Se opta por dos decisiones básicas:

- ✓ Nivelar la fuerza de trabajo
- ✓ Asegurar la demanda

La primera alternativa consiste en establecer una capacidad estándar de producción holgada, dependiente de la mano de obra disponible, que permita absorber picos de demanda, y en la cual se acepte una subutilización de la mano de obra en períodos de poca demanda.

La segunda alternativa consiste en ajustar la mano de obra a cada fluctuación que presente la demanda. Con una demanda fluctuante entre semanas, no es rentable y práctico despedir y contratar empleados de acuerdo a la demanda. Se opta por establecer un nivel de fuerza de trabajo, que absorba picos de demanda y cuya holgura se reduzca con la ayuda del área de ventas.

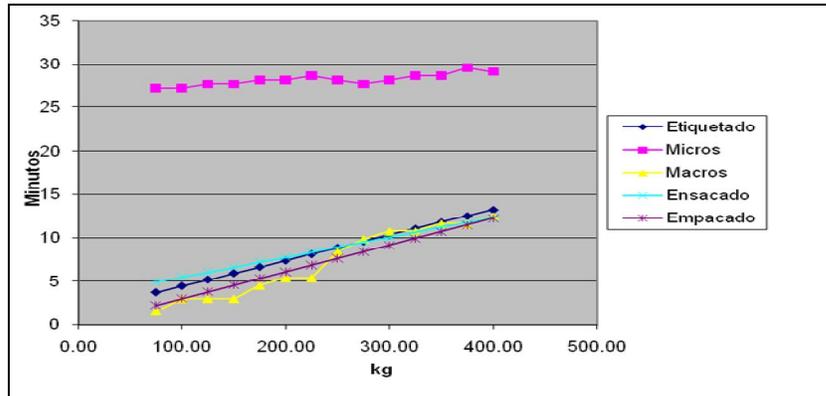
Aunque el proceso requiere que la mano de obra sea calificada, debe compararse el costo de la subutilización de la mano de obra contra el costo de no cumplir con la demanda. Suponiendo una venta pérdida de 2000kg, cuya ganancia es de \$ 0.5/kg, se tiene un costo por no producir de \$ 1000.00. Esta cantidad es comparable a la subutilización de un mes completo de cuatro operadores. Teniendo en cuenta que 2000kg de producto pueden realizarse en un tiempo de 2 a 4 horas, la opción de tener un nivel de fuerza de trabajo es claramente la estrategia más viable.

Existen cinco puestos de trabajo claramente marcados, con lo cual se logra una capacidad aproximada de un lote por cada treinta minutos. Esto para un lote de 800kg, de 22 ingredientes. Para una jornada efectiva de 7.5 horas, esto indica una capacidad de 15 lotes de producción diarios, equivalentes a 12000kg diarios, a su vez equivalentes a 330 ingredientes dosificados en el área de microcomponentes. En una semana de cinco días esto significa 240,000kg.

La línea con capacidad de 400kg presenta un panorama distinto, en el cual todas las operaciones exceptuando la dosificación de microcomponentes están balanceadas entre si.

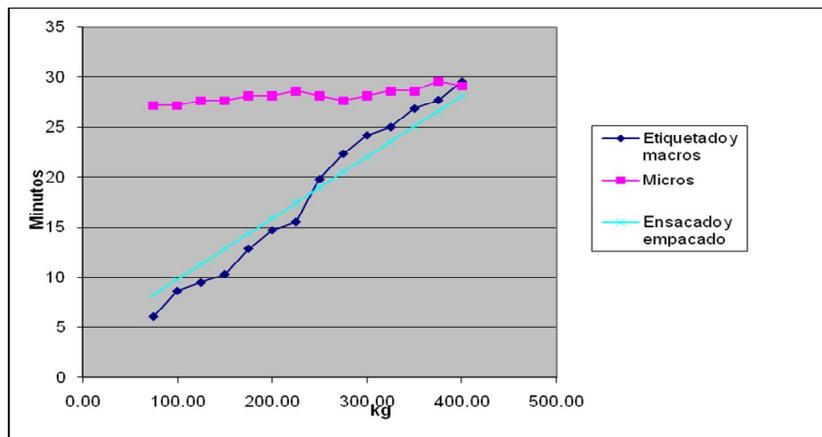
En la figura 90 se muestra el tiempo de proceso en cada estación de trabajo, de acuerdo a la cantidad producida. Si se observa, la dosificación de microcomponentes es la operación restrictiva en cuanto a tiempo, y por lo tanto en cuanto a capacidad de producción.

Figura 90. Tiempo de proceso de acuerdo a la cantidad producida



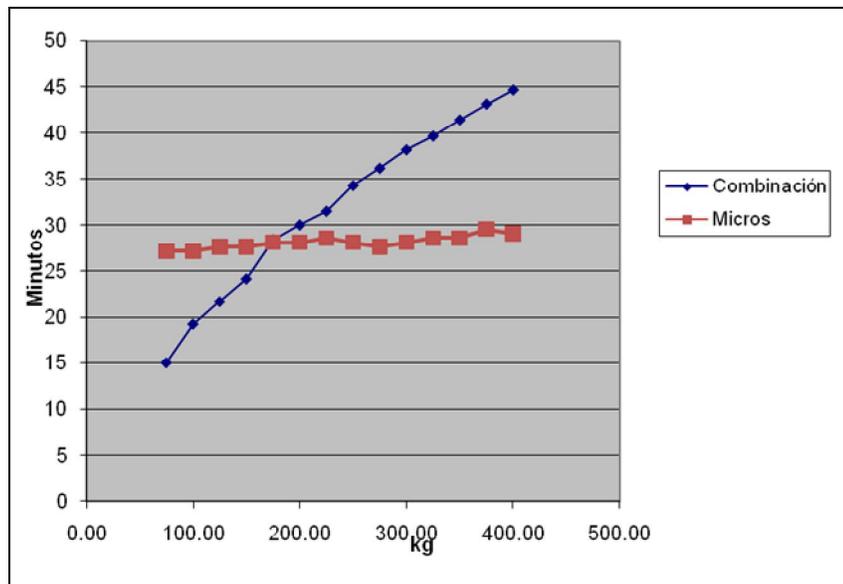
A manera de balancear las operaciones se unieron las operaciones de macrocomponentes y etiquetado, y se procedió a hacer lo mismo con las operaciones de ensacado y empacado. Se aumentaron los tiempos en un 15% a manera de compensar los tiempos de desplazamiento del operador entre áreas, el resultado se muestra en la figura 91.

Figura 91. Tiempo de proceso para tres operadores de acuerdo a la cantidad producida



La estrategia de combinar operaciones reduce el tiempo de ocio de la mano de obra contratada. Realizando una combinación de las operaciones restantes, excepto la operación de dosificación de microcomponentes, se obtienen los resultados mostrados en la figura 92. A diferencia de las otras operaciones, las operaciones combinadas pueden recibir el apoyo de otras áreas reduciendo así el tiempo global del proceso.

Figura 92. Tiempo de proceso para dos estaciones de trabajo de acuerdo a la cantidad producida



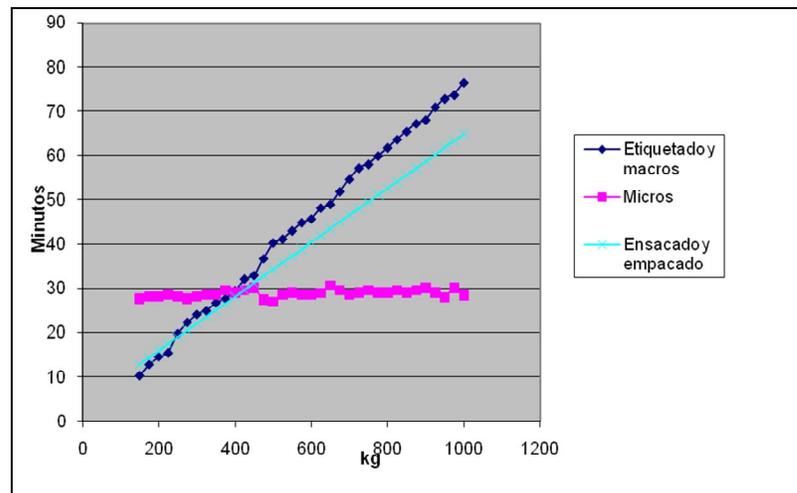
Se obtiene un tiempo que varía entre 30 minutos y 45 minutos. Aunque se gana en cuanto al aspecto de costos, se pierde en cuanto a la concentración del operador y se pierde en flexibilidad. Aún así, tomando el tiempo de proceso de 45 minutos obtenido, para un lote promedio de 200kg, se obtiene una capacidad estándar de 40,000kg al mes.

Con la contratación de tres personas, se obtiene un tiempo de proceso aproximado de 30 minutos, con una capacidad de 400 kilogramos por lote. Esto da como resultado una capacidad estándar de 120000 kilogramos por mes. Esto es un incremento en la capacidad de producción de un 300%.

Aún con en estos resultados, comparando las metas de la organización para el primer año, el empleo de dos personas para la línea de 400 kilogramos resulta apropiada, tomando en cuenta que hasta el mes de diciembre se tiene una meta de 80,000 kilogramos, sujetos a la variación en la demanda.

Analizando la línea con capacidad de 1000kg, en la figura 93 se muestra el comportamiento del tiempo de proceso, considerando tres estaciones de trabajo, esto es realizando dos combinaciones.

Figura 93. Tiempo de proceso de acuerdo a la cantidad producida, empleando tres operadores



Se observa que al superarse los 400kg, la línea sufre un desbalance, aumentando el tiempo de proceso a 80 minutos para lotes de 1000kg. Con este tiempo se logra una capacidad estándar de 112,500kg/mes, que deben compararse con la capacidad alcanzada al utilizarse cinco operadores, que es de 240,000kg/mes.

Se ha considerado la dosificación de microcomponentes como la restricción del sistema. Es posible reducir el tiempo de esta operación, pero la inversión no se justifica al compararse la demanda proyectada para los primeros dos años de operación.

Resta definir las condiciones con las que debe crearse el plan de producción de la organización. Se definen tres estaciones para la línea de producción de 400kg, y se definen cinco estaciones para la línea de producción de 1000kg. Para obtener el tiempo de producción se hace uso de los tiempos estándar obtenidos en el estudio de tiempos. Con los datos específicos de tiempos se utiliza un diagrama de Gantt, utilizando el enfoque de secuenciación, para determinar el uso de tiempo de cada operador por estación de trabajo.

Se definen las estaciones de trabajo como recursos, y su disposición de 7.5 horas diarias para las tareas de producción. Las tareas de mantenimiento se organizan en los treinta minutos previos, unidas a las tareas de activación y desactivación del equipo. Conforme se desarrollen los tiempos estimados para cada tarea de mantenimiento programada, se determinará con una mayor certeza el tiempo efectivo de la jornada. Las variaciones hacen necesaria la revisión semanal de los planes de producción, hasta que se tengan las bases complementarias de control de la producción para realizar un plan mensual.

3.6 Costos de implementación de método

Se está evaluando el aporte realizado al proceso, por lo que se harán supuestos acerca de los beneficios obtenidos por medio del estudio realizado. Los costos generados por el proyecto son:

- ✓ Costo de equipo personal de protección
- ✓ Costo del control del montaje de equipos
- ✓ Costo de mantenimiento
- ✓ Costo de desarrollo de procedimientos
- ✓ Costo de crear estaciones de trabajo especializadas

El equipo de protección personal utilizado durante el montaje de equipos fue absorbido por el contratista empleado para realizar dicho trabajo. El equipo de seguridad agregado consistente en casco, guantes y arnés de seguridad asciende a un valor aproximado de Q. 1500.00 por persona.

El control del montaje de equipos depende de la supervisión de una persona, ya que el proyecto es lo suficientemente compacto y de corta duración. Se asumirá un costo de control de Q. 5000.00 mensuales.

El costo de mantenimiento se obtiene de las herramientas utilizadas, así como insumos y utilización del recurso humano. La sencillez del equipo tiene como resultado que las herramientas utilizadas sean de igual manera sencillas, por lo que se estima una inversión de Q. 2000.00. En la tabla LIII se muestra el detalle de lubricantes utilizados mensualmente, y su implicación en costo, debe notarse que la suma asciende a Q. 306.89 mensuales.

Tabla LIII. Consumo mensual de lubricantes

Insumo	Consumo/mes	Unidad	Costo (Q)	Total (Q/mes)
Aceite para compresor ISO 150	0.50	L/mes	39.58	19.79
Grasa para rodamientos	2.63	g/mes	34.14	89.72
Aceite para elevadores	3.50	L/mes	36.77	128.52
Aceite para motoreductores	0.48	L/mes	28.53	13.79
Aceite para lubricadores	1.00	L/mes	28.99	28.99
Grasa para soportes	36.43	g/mes	0.04	1.50
Filtros compresor	0.33	U/mes	50.00	16.67
Aceite para cosedoras	0.20	L/mes	39.58	7.92

Tasa de cambio: Q. 8.15 por dólar

El costo por desarrollo de métodos se estima como el tiempo empleado para realizar el estudio de métodos de trabajo. El mismo se realizó utilizando materiales de prueba, simulando escenarios de producción. Este proceso tomó un tiempo aproximado de cuatro meses, en los cuales se trabajó en conjunto con dos operadores.

El desarrollo de métodos abarca desde el área de trabajo hasta el diseño de procedimientos y adaptación del equipo. Los materiales utilizados para las simulaciones no perdieron sus propiedades físicas y nutricionales, por lo que el único recurso utilizado fue el tiempo del personal.

La construcción de las áreas de trabajo es necesaria, por lo que las áreas de macrocomponentes, microcomponentes y etiquetado no se toman como parte del proyecto en cuanto a costos. Se obtienen mejores resultados aplicando conocimientos de ergonomía, y se tomarán en cuenta, pero debe entenderse que no se está incurriendo en costos extras por modificaciones.

En cuanto al área de ensacado, se propuso la fabricación de bandas de costura, que facilitarían e hicieran más eficiente la tarea de ensaque. De esto se obtienen resultados directos sobre la calidad de la operación de ensacado, y una reducción de la fatiga del operador. Cada banda de costura tiene un costo de Q. 10,000.00, que deben compararse con el decremento de fatiga, y por lo tanto, la reducción del suplemento de fatiga.

Se debe observar que los costos mensuales y de inversión, producto del proyecto son relativamente bajos. El objetivo es hacer uso de herramientas sencillas que generen un cambio profundo en los resultados obtenidos por el sistema de producción. Es necesario dimensionar el beneficio de incurrir en estos costos, y analizar el resultado económico del proyecto, ya que se ha insistido en los resultados técnicos y sociales.

3.7 Ventajas de la implementación del método

Las premezclas vitamínicas, analizadas como producto, son comercializadas a precios que varían entre \$ 12.00 y \$ 2.00 por kilogramo. Los lotes de producción varían entre 75kg hasta 1000kg, dependiendo del volumen solicitado por el cliente.

Se tomaron los datos de facturación y cantidad de kilogramos producidos y se obtuvo una razón de precio, de lo que se obtuvo un valor de \$ 3.60/kg. El lote promedio de producción es de 600kg, debiendo recalarse que el lote en el cual se balancea la línea es de 800kg, para el que se toma un tiempo aproximado de 30 minutos. Tomando una jornada diurna de 7.5h, lotes de 800kg y un tiempo aproximado de ciclo de 0.5h, se obtiene una capacidad diaria de 12,000kg. Aplicando el precio promedio de \$ 3.60/kg y un margen de ganancia del 12%, se tiene una utilidad estimada diaria de \$ 5,184.00. Tómese en cuenta de que esto es un indicativo real acerca de la utilidad obtenida por un día de trabajo, en el que se han descontado costos de producción.

Tomando como referencia una tasa de Q. 8.15 por cada dólar, se tiene una utilidad diaria programada de Q. 42,249.6, utilizando la capacidad disponible del equipo, y haciendo uso del método desarrollado.

Para un proceso intermitente como el estudiado, un uso del 50% de la capacidad para el primer año resulta una suposición aceptable. Tomando esto en cuenta, se tiene una utilidad diaria de Q. 21,124.80. Este valor representa un resultado deseado, y por lo tanto cualquier variación lo altera positivamente o negativamente.

El equipo de protección personal incide directamente en la tasa de daños físicos y a la salud en los operadores. La OSHA asigna una multa de \$ 7,000.00 en caso de que el accidente o muerte de un empleado sea resultado de una violación seria a la seguridad industrial en el área de trabajo. En el caso de comprobarse que la administración tenía conocimiento de la violación a la seguridad, la OSHA asigna multas de hasta \$ 70,000.00. La multa económica no refleja el costo de una vida, o el costo de un daño o de una enfermedad. En este sentido, el costo calculado de Q. 1500.00 por persona se vuelve poco significativo al compararlo con la integridad del empleado.

El control del montaje de equipos, se entiende como la administración de recursos durante esta operación. El resultado obtenido mediante el enfoque propuesto, fue el haber realizado la instalación en el tiempo establecido sin accidentes. Esto adquiere valor al tomar en cuenta que se absorbieron modificaciones realizadas al equipo. Como se detalló, el valor de no correr riesgos no se puede cuantificar económicamente, pero se pueden tomar en cuenta factores como procesos penales dirigidos en contra de la compañía debido a negligencia, que en su mayoría son acompañados por el desprestigio de la organización. En cuanto al tiempo, se obtiene que mediante un costo de Q. 5000.00 mensuales, se evitaron días de retraso, los cuales se valoran en Q. 21,124.80. Comparados, con un día de atraso, se puede pagar cuatro veces el seguimiento y control del montaje de equipos.

El costo de mantenimiento esta conformado por el tiempo del operador, herramientas e insumos utilizados. Se ha estimado que el operador consume 30 minutos de su tiempo para realizar la labor de limpieza y mantenimiento del equipo diariamente. La limpieza se lleva a cabo por motivos de calidad y a su vez beneficia el mantenimiento del equipo por medio de la inspección.

Se ha estimado que la vida de un equipo se alarga debido a las tareas de mantenimiento, y al mismo tiempo el usuario se beneficia por el hecho de que el equipo tiende a fallar menos y por lo tanto se tiene una cantidad menor de paros programados. El equipo tiene un valor total aproximado de Q. 1,200,000.00 sin tomar impuestos y gastos de importación. Por ley el equipo se debe depreciar en cinco años, es decir, a una tasa del 20% mensual. El objetivo es alargar la vida del equipo a 10 años, es decir a una tasa del 10%. Eventualmente será necesario reemplazar equipos, o contratar un proveedor de servicios externo para que realice un mantenimiento. A manera de prevenir estos se duplicará el costo mensual por insumos de mantenimiento en el análisis. Se supondrá una compra anual de herramientas. En las tablas LIV y LV se muestra la comparación entre costos producidos en cuanto a mantenimiento y depreciación del equipo.

Tabla LIV. Costos y depreciación de equipo como resultado de aplicar el programa de mantenimiento propuesto

Descripción de costo anual	Monto (Q)
Herramientas	-2,000.00
Repuestos y lubricantes	-7,365.36
Personal	-3,840.82
Depreciación	-120,000.00
Total	-133,206.18

Tasa de cambio: Q. 8.15 por dólar

Tabla LV. Costos y depreciación y equipo sin aplicar mantenimiento preventivo

Descripción de costo anual	Monto (Q)
Depreciación	-240000.00
Costo por paro de producción	-21124.80
Total	-261,124.80

Tasa de cambio: Q. 8.15 por dólar

Tómese en cuenta que se está siendo optimista en el hecho de tomar en cuenta un paro no programado anual. Además del daño acelerado del equipo, cada paro no programado tendrá como consecuencias:

- ✓ Gastos en reparaciones
- ✓ Incremento en la cantidad de reemplazos de equipo
- ✓ Sub utilización del personal
- ✓ Decremento de capacidad del equipo

Interesante resulta el hecho de que un día de producción representa un valor alto comparándolo con el costo de operación. Un daño grave puede resultar en varios días de paro de producción, y las fallas se presentarán con mayor frecuencia al pasar el tiempo. El fabricante a determina un estimado de la vida útil del equipo que produce, y establece una garantía. La vida y la garantía del equipo son aplicables únicamente si se cumplen las condiciones de mantenimiento adecuadas.

El desarrollo de métodos de trabajo tiene como resultado producir siguiendo procedimientos estudiados, de los cuales se obtuvo un tiempo estándar haciendo predecible la capacidad de producción del sistema. Esto es importante en la creación del programa de producción de la organización, en el control y seguimiento de la operación. Los métodos desarrollados tomando en cuenta factores ergonómicos, factores de seguridad y factores de eficiencia y eficacia tienen como objetivo obtener un sistema de producción balanceado.

Los costos del desarrollo del método son:

- ✓ El costo por el uso de recurso humano
- ✓ La inversión en la construcción en áreas de trabajo
- ✓ El costo por asesoría
- ✓ El costo por adquisición de herramientas especializadas

Tabla LVI. Ritmo inflacionario

Periodo	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Enero	9.76	10.80	7.29	6.29	5.27	6.05	8.85	6.20	6.21	9.04	8.08	6.22	8.39	7.88
Febrero	10.83	12.66	5.45	5.17	6.62	5.99	9.01	6.00	6.26	9.04	7.26	6.62	8.76	6.50
Marzo	11.48	11.51	6.11	3.99	8.28	5.42	9.13	5.78	6.57	8.77	7.28	7.02	9.10	
Abril	11.95	10.13	6.94	3.47	9.07	4.87	9.25	5.67	6.65	8.88	7.48	6.40	10.37	
Mayo	11.02	9.61	7.32	3.73	7.36	6.05	9.31	5.56	7.27	8.52	7.62	5.47	12.24	
Junio	10.34	8.97	7.43	4.22	7.23	6.30	9.14	5.24	7.40	8.80	7.55	5.31	13.56	
Julio	11.60	7.98	7.27	5.22	6.14	6.97	9.10	4.65	7.64	9.30	7.04	5.59	14.16	
Agosto	12.03	8.05	6.31	6.03	4.71	8.79	7.73	4.96	7.66	9.37	7.00	6.21	13.69	
Septiembre	11.77	8.33	5.49	6.79	4.29	8.99	7.10	5.68	8.05	9.45	5.70	7.33	12.75	
Octubre	10.64	8.48	4.97	7.57	3.84	9.47	6.60	5.84	8.64	10.29	3.85	7.72	12.93	
Noviembre	10.44	7.66	7.35	5.15	4.17	9.51	6.34	5.84	9.22	9.25	4.40	9.13	10.85	
Diciembre	10.85	7.13	7.48	4.92	5.08	8.91	6.33	5.85	9.23	8.57	5.79	8.75	9.40	

Fuente: Banco de Guatemala

Se utilizará la tasa inflacionaria de Guatemala para el mes de febrero del año 2009. Se pagará el riesgo de la inversión al 10% anual, que resulta aceptable para una inversión.

La tasa a utilizar para realizar la evaluación es:

$$TMAR = i + f + ix_f$$

Donde:

TMAR = Tasa mínima aceptable de rendimiento

i = premio al riesgo

f = inflación

Substituyendo, se obtiene:

$$TMAR = 0.065 + 0.1 + (0.1 \times 0.065) = 0.1715 = 17.15\% \text{ anual}$$

La utilidad en el análisis realizado, depende únicamente de la cantidad de kilogramos, al igual que la medida de eficacia. El suplemento agregado al tiempo estándar, por manejo de cargas de 25kg, es de un 13% que debe aplicarse directamente al tiempo. Utilizando este factor como base para calcular el beneficio del desarrollo de métodos, se obtiene el flujo mostrado.

Tabla LVII. Flujo obtenido al utilizar los métodos de trabajo desarrollados (Cantidades mensuales en miles de Quetzales)

Concepto	Inversión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Herramientas	-2.00												
Áreas de trabajo	-20.00												
Personal		-5.63	-5.63	-5.63	-5.63	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Asesoría		-7.04	-7.04	-7.04	-7.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Utilidades (13%)		109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109

Tasa de cambio: Q. 8.15 por dólar

El Valor Actual Neto para el flujo mostrado es:

$$VAN = Q. 1, 140,073.66$$

Aunque pareciera un resultado exorbitante, esto se debe a que el costo de operación representa aproximadamente solo un 6% del precio. Esto causa que el margen sea determinado en un 90% por el costo de las materias primas utilizadas. Esto a su vez significa que el costo por no producir es mucho más determinante, por lo que se justifica la inversión en métodos y en mantenimiento.

A su vez, como resultado de la falta de control de la producción y de que no exista un estándar de producción comparativo, puede subutilizarse la capacidad de producción, afectando directamente los resultados del sistema.

Esto podría cuantificarse como el costo por ausencia de control de la producción. A manera de cuantificar la importancia del control de la producción a través de estándares de producción reales, en la tabla LVIII se muestra el flujo obtenido de aplicar el método, y obtener un aumento en las utilidades del 1%.

**Tabla LVIII. Flujo obtenido al aumentar las utilidades en 1%
(Cantidades mensuales en miles de Quetzales)**

Concepto	Inversión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Herramientas	-2.00												
Áreas de trabajo	-20.00												
Personal		-5.63	-5.63	-5.63	-5.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Asesoría		-7.04	-7.04	-7.04	-7.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Utilidades (1%)		8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4

Tasa de cambio: Q. 8.15 por dólar

El VAN de este flujo, es de Q. 22,104.54. Este demuestra la viabilidad del proyecto, y se presenta como un análisis de sensibilidad. Debe observarse que en los cálculos realizados no se ha tomado en cuenta el costo de operación, y el valor total de ventas. Esto responde a la necesidad de evaluar el proyecto como un factor independiente, entendiéndolo como un agregado a la operación de la empresa.

4. GUÍA PARA EL MANEJO DE DESECHOS Y MATERIALES NOCIVOS PARA EL MEDIOAMBIENTE Y LA SALUD

4.1 Consideraciones medioambientales del proceso

La industria crece rápidamente, los mercados se amplían y la producción en escala supe las necesidades de la población. Este crecimiento desmedido de la industria ha provocado que en los países sin regulaciones ambientales adecuadas se generen desequilibrios ecológicos y daños a la población circundante.

El desarrollo sostenible de una comunidad es posible cuando las empresas aumentan su actividad y este crecimiento se soporta con la mejora intelectual y la calidad de vida de la gente que habita en esas comunidades.

4.2 Manejo de desechos

El proceso de mezcla garantiza teóricamente la utilización completa de los materiales utilizados, por lo que no se espera la acumulación de materiales inutilizables. Aún así deben considerarse los errores humanos, contaminaciones y productos no conformes.

Los materiales utilizados para realizar premezclas son de grado alimenticio, por lo que se contemplan toxicidades debido a la concentración, y no por radioactividad o por agentes biológicos. Pasada la fecha de vencimiento indicada por el proveedor, los materiales se degradan a inertes, cuya biodisponibilidad disminuye con el tiempo. Los minerales cuentan con períodos largos de vida, y todos los materiales se encuentran estabilizados.

En el caso de que se realice mal una mezcla, los materiales se dan por perdidos, y se analiza su inclusión en pequeños porcentajes de otras mezclas. En el caso de que se notifique el error cometido cuando el cliente posee el producto en sus instalaciones, ADM cuenta con planes de contingencia para recoger el producto y reciclarlo en otras premezclas.

Centrando la atención en los materiales de desecho que resultan del empaque de los materiales utilizados, una correcta gestión de reciclaje reduce el efecto de las operaciones de la empresa sobre el ambiente circundante. La legislación guatemalteca en el tema es incipiente e incompleta, y la falta de un programa de recolección adecuado hace difícil la implementación de un plan de reciclaje práctico.

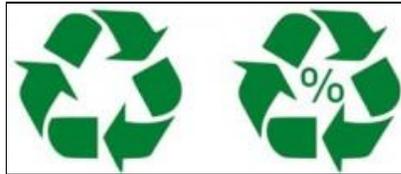
4.2.1 Identificación de materiales de desecho

Aunque la normativa en Guatemala acerca de reciclaje es aún incipiente, en otros países se encuentra desarrollada a niveles satisfactorios, por lo que ciertas industrias se han visto beneficiadas utilizando normativas internacionales de reciclaje y de seguridad industrial. Los materiales activos utilizados se importan de otros países, por lo que la identificación de materiales se hace siguiendo lineamientos internacionales de reciclaje.

Los materiales de fácil identificación como el vidrio, aluminio, o papel kraft cuentan únicamente con marcas distintivas cuando son parte de un programa de reciclaje. Estas marcas han sido establecidas internacionalmente, y la variación de uno a otro símbolo solo determina la institución encargada de la gestión. El círculo de Möbius se ha estandarizado como el símbolo internacional del reciclaje, y a su vez es la base de diversos identificadores. Cuando solo aparece el anillo, indica que el producto o envase está hecho con materiales reciclables.

En el caso de que el producto haya sido hecho con materiales reciclados, se indica el porcentaje de conformación adentro del círculo. Es usual encontrar este símbolo en envases y empaques de papel y cartón. El círculo de Möbius se muestra en la figura 94.

Figura 94. Círculo de Möbius



Fuente: CNICE

El código de identificación SPI es un conjunto de símbolos colocados en plásticos para identificar el tipo de polímero con el que fueron hechos. Este código fue desarrollado por la sociedad industrial de plásticos SPI, por sus siglas en inglés, y es utilizado alrededor de todo el mundo.

Tabla LIX. Código de identificación SPI

Símbolo	Material
 PET	Polyethylene Terephthalate , PET
 HDPE	Polietileno de alta densidad
 PVC	Cloruro de polivinilo, PVC
 LDPE	Polietileno de baja densidad
 PP	Polipropileno
 PS	Poliestireno
 OTHER	Otros polímeros, o una combinación de los anteriores

Fuente: *American Chemistry Council*

Salvo raras excepciones, todos los plásticos pueden ser reciclados, pero deben ser clasificados. Desde el punto de vista económico, reciclar es menos costoso que utilizar materiales vírgenes, debido a que además de la energía requerida para moldear el polímero, se utiliza energía para procesarlo, para lo que se utiliza un total de nueve veces la cantidad requerida para moldear.

Abajo del triángulo se coloca una abreviatura que indica el polímero utilizado para realizar el empaque. Cuando se coloca una R antes de la abreviatura, debe entenderse que se ha utilizado material reciclado para fabricar el empaque. El código internacional de reciclaje fue desarrollado tomando como base el código SPI y se muestra en la tabla LX.

Tabla LX. Código internacional de reciclaje

Material	Código	Abreviatura
Papel	22	PAP
Hierro	40	FE
Aluminio	41	ALU
Madera	50	FOR
Corcho	51	FOR
Algodón	60	COT
Yute	61	TEX
Mezcla de vidrio	70	GLS
Vidrio puro	71	GLS
Vidrio verde	72	GLS
Vidrio oscuro	73	GLS
Vidrio claro	74	GLS
Vidrio ligero	75	GLS
Vidrio pesado	76	GLS
Vidrio mezclado con cobre	77	GLS
Vidrio mezclado con plata	78	GLS
Vidrio mezclado con oro	79	GLS

Fuente: Reciclajes M y M

Para identificar el aluminio, reciclable, o que es parte de una gestión de reciclaje, se utiliza la imagen mostrada en la figura 95.

Figura 95. Símbolo de reciclaje de aluminio



Fuente: CNICE

Existe una normativa adicional, observada en empaques de productos importados desde Europa, que se relaciona con una empresa de reciclaje de origen alemán, cuyo modo de operación se utilizará como base para clasificar materiales.

Repasack fue fundada en junio del año 1991, y tiene su centro de operaciones en Wiesbaden Alemania. Su objetivo es la recuperación de sacos de papel fabricados por sus miembros. Repasack realiza la recolección, clasificación, limpieza y reciclaje. La recuperación de basura se realiza gracias a acuerdos con empresas de recolección de basura. El reciclaje se realiza en una planta ubicada en Oberhausen, que está diseñada para producir material reciclado en una cantidad de 25000 toneladas por año, para lo que se requieren entre 35000 y 40000 toneladas de basura de sacos.

El símbolo repasack está diseñado para comunicar visualmente que:

- ✓ Los sacos marcados pueden ser considerados como reciclables
- ✓ Repasack garantiza la recepción y reciclaje
- ✓ Los fabricantes de papel y procesadores han contribuido a repasack a manera de pagar la limpieza, el manejo de materiales de residuos, el reciclaje y transporte de los sacos

Además del símbolo de repasack, debe incluirse el número de registro del fabricante, sin lo cual repasack no se encarga de reciclar dicho saco. En las figuras 96 a la 99 se muestran las modalidades de símbolo de repasack.

Figura 96. Símbolo repasack



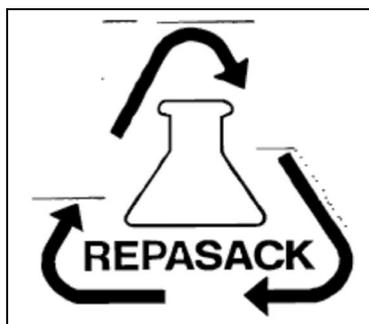
Fuente: *International Trade Centre*, informe No. 13, pág. 2

Figura 97. Símbolo repasack para materiales de construcción



Fuente: *International Trade Centre*, informe No. 13, pág. 3

Figura 98. Símbolo repasack para productos químicos



Fuente: *International Trade Centre*, informe No. 13, pág. 3

Figura 99. Símbolo repasack para alimentos



Fuente: *International Trade Centre*, informe No. 13, pág. 3

Cuando en los sacos de papel está impreso el símbolo de repasack de productos químicos, el consumidor debe verificar el número impreso adentro del dibujo del recipiente, e identificar a qué tipo de producto químico pertenece. Los productos incluidos en la normativa de repasack son los siguientes:

1. Compuestos inorgánicos que reaccionan en medios alcalinos
2. Compuestos inorgánicos que reaccionan en medios ácidos
3. Compuestos inorgánicos inertes
4. Compuestos inorgánicos no reactivos
5. Polímeros orgánicos sin incluir el PVC
6. PVC
7. Carbón negro
8. Pigmentantes

Si en la fabricación del saco se utilizó aluminio, se colocan las letras AL en el centro del símbolo. El aluminio se utiliza como liner en los sacos, en los que se requiere una protección más efectiva. Repasack prohíbe el uso de su símbolo en sacos que contengan productos peligrosos para la salud o el medio ambiente, como herbicidas.

4.2.2 Manejo recomendado de desechos

El manejo de desechos se resume en los siguientes pasos:

1. Identificación del material de desecho
2. Clasificación de desechos
3. Reciclaje de materiales de desecho

El estudio de las normativas de identificación de materiales de empaque permite clasificar los desechos del proceso. Resulta impráctico tener un recipiente para cada tipo de plástico, o un recipiente para cada tipo de papel, por lo que se clasificará el desecho en grupos generales:

1. Plástico
2. Papel y cartón
3. Aluminio, vidrio, lata

De acuerdo a una revisión realizada en los empaques de productos almacenados en la planta, se llegó a la conclusión de que la mayoría de sacos de plástico están fabricados con polipropileno, siguiendo en orden de importancia los sacos de polietileno de baja densidad. La mayoría de sacos de papel están fabricados con papel kraft, que es un material completamente reciclable, al igual que el cartón. Con poca frecuencia se observan desechos de aluminio, vidrio y lata, dado que este tipo de recipientes se utilizan para materiales de manejo delicado, o tóxicos, se considera igualmente importante que se separen de los demás materiales.

Dependiendo de las cantidades relativas de un tipo específico de plástico, se debe realizar una clasificación más detallada de materiales, por ejemplo, si se observa que del total de sacos de desecho, un 50% es polipropileno, se debe hacer un esfuerzo por separarlo y así mejorar la gestión de reciclaje de la empresa.

En cuanto al último paso de reciclaje del ciclo, realizada la clasificación de materiales, se deben buscar empresas locales de reciclaje, para garantizar que el material de desecho de la planta no termine como contaminante, cuando de hecho se trata de materiales reciclables.

4.3 Manejo de materiales

La elaboración de premezclas requiere que los operadores entren en contacto con materiales altamente concentrados. Estos materiales son de grado alimenticio, lo que a su vez implica que son absorbibles por el metabolismo humano, por lo que se debe prevenir cualquier tipo de contacto que comprometa la salud del operador.

Cada material debe manejarse de acuerdo a sus propiedades, por lo que previo al ingreso de un producto, se debe tener la información concerniente a precauciones de manejo y naturaleza del producto.

4.3.1 Categorías de manejo de materiales

El proveedor brinda la ficha técnica del producto, y la ficha de datos de seguridad. Con base a la ficha técnica del producto se debe determinar a que grupo de productos pertenece, y almacenarlo a manera de evitar efectos de un producto sobre otro. En base a la ficha de datos de seguridad debe determinarse el manejo adecuado que el producto requiere y las acciones de contingencia en caso de intoxicación, derrame, y cualquier otra condición de riesgo. La hoja técnica y la ficha de datos de seguridad contienen dos códigos que permiten identificar completamente un producto, que son:

- ✓ CAS
- ✓ NFPA

El número registrado CAS es una identificación numérica única para compuestos químicos, polímeros, secuencias biológicas, preparados y aleaciones. La abreviación CAS hace referencia al servicio de catalogación química, por sus siglas en inglés y como una división de la Sociedad Química americana tiene como fin asignar identificadores a cada compuesto químico que ha sido descrito en la literatura. CAS representa un esfuerzo por unificar nombres y evitar la creación de distintos nombres para un compuesto.

El código NFPA pertenece a la asociación nacional de protección contra fuegos, cuya sede se encuentra en Estados Unidos. La meta principal de la NFPA es reducir el riesgo de incendios y otros peligros a la calidad de vida, proporcionando por medio de programas de educación y entrenamiento, códigos y estándares científicamente desarrollados. NFPA posee alrededor de 300 códigos, que incluyen información desde seguridad contra incendios básica, hasta códigos eléctricos.

La importancia de los códigos desarrollados por la NFPA en este campo, se debe a la NFPA 704, en la que se describe un sistema de identificación de riesgos a la salud de incendios e inestabilidad. Lo práctico de la identificación desarrollada por la NFPA se observa en el diamante de riesgos desarrollado para esta tarea, que se muestra en la figura 100.

Figura 100. Diamante de identificación de riesgos NFPA



Fuente: NFPA 704, Sistema de respuesta de emergencia estándar para la identificación de riesgos de materiales

El diamante está dividido en cuatro secciones. Los números en las secciones coloreadas varían desde cero, que representa un riesgo nulo, hasta 4 que representa el riesgo más alto. La cuarta sección es utilizada para especificar medidas especiales para combatir peligros.

La división azul del diamante identifica los riesgos a la salud, que se muestra en la figura 101. Riesgo a la salud se refiere a una sustancia química para la cual existe evidencia, que indica efectos crónicos sobre la salud debido a la exposición. Se incluyen bajo este término, sustancias cancerígenas, tóxicas, toxinas, irritantes, corrosivos, alérgicos, neurotoxinas, o que dañen los órganos del cuerpo.

Figura 101. Identificación de riesgos a la salud



Fuente: NFPA 704, Sistema de respuesta de emergencia estándar para la identificación de riesgos de materiales

Los indicadores de cero a cuatro se utilizan de acuerdo a la siguiente descripción:

0. La exposición directa bajo condiciones de fuego no es peligrosa
1. La exposición puede causar irritación, dando como resultado un pequeño daño residual, incluso si no es tratado
2. La exposición continua puede causar incapacidad temporal, o daño residual si no es tratado
3. La exposición corta puede causar daños severos permanentes o temporales, incluso si se recibe atención médica inmediata
4. La exposición de muy corta duración puede causar muerte o daños serios a la salud, incluso si se recibe atención médica

El cuadrante amarillo se utiliza para indicar el grado de inestabilidad de un material, como se muestra en la figura 102. La inestabilidad se refiere a la capacidad de un material de reaccionar ante la presencia de otros materiales, o ante condiciones ambientales específicas. Los indicadores de cero a cuatro se utilizan de acuerdo a las siguientes definiciones:

0. Estable, incluso ante la exposición a fuego, no reacciona con agua
1. Normalmente estable, pero ante condiciones de alta temperatura y extrema puede tornarse inestable o reaccionar con agua o ante la presencia de algún tipo de energía, pero no violentamente
2. Normalmente inestable, y es propenso a reaccionar, pero no a detonar. También puede reaccionar violentamente con agua, o puede formar mezclas explosivas con agua
3. Capaz de reaccionar violentamente o incluso detonar, pero requiere una fuente de inicio fuerte, o debe ser calentado, o puede reaccionar explosivamente con agua
4. Capaz de reaccionar violentamente o de explotar bajo condiciones normales de presión y temperatura

Figura 102. Identificación de inestabilidad



Fuente: NFPA 704, Sistema de respuesta de emergencia estándar para la identificación de riesgos de materiales

La división roja del diamante indica si un producto es inflamable, y si lo es a que grado, como se muestra en la figura 103. El término inflamable se refiere a cualquier sustancia que posee un punto de encendido debajo de cien grados Fahrenheit.

Los indicadores de cero a cuatro en el cuadrante rojo, se utilizan de acuerdo a las siguientes definiciones:

0. Materiales no combustibles
1. Debe ser calentado antes de que la ignición pueda ocurrir
2. Debe ser calentado a temperatura moderada antes de que la ignición pueda ocurrir
3. Líquidos y sólidos que pueden arder bajo cualquier condición ambiental
4. Se puede evaporar completamente a presión y temperatura normales y si se dispersa en el aire puede arder fácilmente

Figura 103. Identificación de riesgos de incendio



Fuente: NFPA 704, Sistema de respuesta de emergencia estándar para la identificación de riesgos de materiales

El cuadrante de peligros especiales se utiliza para indicar las condiciones que se deben evitar a modo de reducir los riesgos de manejo. La NFPA aprueba el uso de tres símbolos en el cuadrante de color blanco, que se muestra en la figura 104.

Figura 104. Peligros especiales



Fuente: NFPA 704, Sistema de respuesta de emergencia estándar para la identificación de riesgos de materiales

Las letras OX, indican que el material es oxidante y que su acción incrementa la tasa de combustión. Las letras SA, denotan un producto asfixiante, y se utilizan específicamente para nitrógeno, helio, neón, argón, criptón y xenón. El símbolo mostrado en la figura 104 denota un peligro potencial cuando se utiliza agua para combatir un incendio alrededor de este material. Cuando el material es oxidante y reacciona con agua se debe colocar el símbolo de W y precisamente abajo del diamante se debe colocar el símbolo OX.

Para completar la información brindada por el diamante, se suele colocar indicativos afuera del diamante de la NFPA. El término ACID se utiliza para indicar que un material es corrosivo y que su PH es menor a 7. El término ALK se utiliza para indicar que un material es alcalino y que por lo tanto su PH es mayor a 7. El término COR se utiliza para denotar que el material es corrosivo. Además se pueden utilizar los símbolos internacionalmente establecidos para indicar radioactividad, o que un producto es altamente venenoso, o explosivo.

Con los términos y la clasificación de la NFPA se puede describir completamente un material y las recomendaciones de manejo del mismo, con lo que se reducen riesgos sobre la salud de los empleados de la organización.

4.3.2 Distribución de zonas de almacenaje

Como parte del programa de seguridad, deben establecerse zonas de almacenaje de materiales, de acuerdo a la naturaleza y recomendaciones de manejo de los mismos. Esto se hace importante con materiales cuyo grado de reactividad, o toxicidad es alto, cuya acción se reduce separándolos físicamente de otros materiales.

Se crearon zonas de almacenaje, de acuerdo a la naturaleza del material, su toxicidad y función:

- a. Zona de almacenaje de vitaminas
- b. Zona de almacenaje de minerales
- c. Zona de almacenaje de coccidiostatos
- d. Zona de almacenaje de medicamentos
- e. Zona de almacenaje de tóxicos
- f. Zona de almacenaje de otros productos
- g. Zona de almacenaje de farmacológicos
- h. Zona de almacenaje de vehículos

En la zona de almacenaje de vitaminas se disponen desde la vitamina A, las vitaminas del complejo B, vitamina C en sus modalidades, vitamina D, E y combinaciones especiales entre las anteriores. También se incluyen en este grupo los materiales cuya acción es conocida como provitaminas. El grado de acción de estos materiales depende del almacenaje adecuado, en un área fresca, con baja humedad, y evitando la acción directa del sol sobre los mismos. Las vitaminas tienden a ser estables y poco tóxicas, pero al igual que cualquier material, la sobredosis de las mismas puede causar desajustes en el metabolismo del empleado.

En la zona de almacenaje de minerales se colocan los materiales que operan como fuentes de hierro, manganeso, yodo, zinc, fósforo, calcio y cobre, en la forma orgánica e inorgánica. Normalmente el consumo de minerales es alto comparado con el consumo de vitaminas, por lo que las dimensiones del área de almacenaje obedecen la misma relación. Debido a que estos materiales se adquieren en minas, su descomposición es insignificante, comparada con otros materiales. La toxicidad de estos materiales es reducida, pero se debe considerar el efecto a largo plazo de la absorción de metales pesados, que puede ser causa de enfermedades.

En la zona de almacenaje de coccidiostatos se almacenan los materiales de acción anticoccidial. La coccidiosis es una enfermedad que afecta el rendimiento de las aves de corral y cerdos. Es por esto que se ha extendido el uso de estos materiales, y su uso se debe realizar de acuerdo a las normativas vigentes, debido a que se trata de un medicamento.

En la zona de almacenaje de medicamentos se almacenan aquellos materiales cuya función mejore el rendimiento de alguna especie animal, como resultado de la eliminación de alguna enfermedad. Antibióticos como penicilina, tetraciclina y bacitracina, se incluyen en este grupo. Estos materiales requieren de un manejo delicado

En la zona de almacenaje de tóxicos se colocan productos, que por su acción podrían pertenecer a otros grupos, pero que representan un peligro, debido a su toxicidad. Estos productos se almacenan en un lugar aislado de los demás productos, y las precauciones de manejo son más estrictas.

En la zona de almacenaje de farmacológicos se colocan los materiales normalmente utilizados para producir productos farmacológicos. Son productos muy específicos en su acción, y por lo tanto se pueden considerar como medicamentos especializados.

En la zona de vehículos se colocan aquellos ingredientes utilizados para cargar los ingredientes de la muestra. Los vehículos son materiales de acción nula, pero que tienen la capacidad de modificar las características físicas de la premezcla, tales como fluidez, polvosidad y homogeneidad.

En la zona de almacenaje de otros productos se colocan todos aquellos productos que no obedecen a ninguna de las clasificaciones anteriores, y que su manejo y almacenamiento no requiere normas especiales, más allá de las establecidas por el departamento técnico. La acción de estos productos sobre otros es nula, y en su mayoría son estables.

4.3.3 Equipo de protección personal

El equipo de protección personal está diseñado para proteger a los empleados en el lugar de trabajo de lesiones o enfermedades serias que puedan resultar de la exposición a peligros químicos, físicos, eléctricos u otros. Además de caretas, gafas de seguridad, cascos y zapatos de seguridad, el equipo de protección personal incluye una variedad de dispositivos y ropa tales como overoles, guantes, chalecos, tapones para oídos y equipo respiratorio.

El uso de equipo de protección personal se utiliza como la última alternativa, luego de aplicar controles de ingeniería, prácticas laborales y controles administrativos. Los controles de ingeniería implican la modificación del entorno de trabajo y de la maquinaria. Los controles administrativos, que implican la modificación de cómo y cuando los empleados realizan las tareas. Las prácticas laborales implican el desarrollo de métodos de trabajo a manera de reducir la exposición o el efecto de la misma sobre el empleado.

En las operaciones en las que el diseño del lugar de trabajo, las prácticas laborales y administrativas no garantizan que la exposición del operador a un ambiente, o material, resulte nociva sobre la salud del mismo, se deben analizar los riesgos y evaluar que equipo de protección personal debe utilizar el empleado para protegerse.

La salud del operador en el área de trabajo, es responsabilidad del empleador y del empleado. Es por esto que el empleador se debe encargar de proveer el equipo necesario para proteger la salud del operador, y este último tiene la responsabilidad de utilizarlo. De la evaluación de riesgos depende que se adquiera equipo de protección personal adecuado, y de la concientización del operador depende que se cumpla el objetivo de proteger la salud del mismo.

Una enfermedad causada por una exposición a materiales dañinos provoca una serie de eventos en los que se perjudican todas las partes involucradas. El operador se ve afectado en su capacidad de trabajar y vivir saludablemente, y el empleador acarrea problemas por demandas.

La integridad física del operador es importante económicamente, en el hecho de que el operador puede lesionarse permanentemente, e incluso puede significarle la muerte.

La importancia del uso de equipo de protección personal debe ser comprendida por los empleados y empleadores, para lo cual se realizaron pláticas de concientización. El objetivo de la plática se centró sobre la importancia de los procedimientos escritos, y la importancia del equipo de protección personal.

El equipo de protección personal debe ser seleccionado cuidadosamente con el apoyo de personal experimentado en el proceso, por medio de un análisis de las áreas de trabajo. Debido a que existe equipo de seguridad personal para proteger la audición, la visión, los pies, la respiración las manos y el torso, se debe ser preciso en la selección del equipo adecuado, para no incurrir en costos innecesarios o llegar al punto en que el equipo no sea una ayuda si no que complique al operador.

4.3.3.1 Protección de la cabeza

La protección de daños a la cabeza es un factor importante en todos los programas de seguridad. Según datos del BLS, centro de estadísticas de accidentes y daños en el trabajo de Estados Unidos por sus siglas en inglés, la mayoría de trabajadores que sufrieron daños por impactos en la cabeza no estaban utilizando protección.

La mayoría de lugares en los que se han dado daños en la cabeza, los empleadores no requerían que los empleados utilizaran protección en la cabeza. La eliminación o control de daños a la cabeza se debe eliminar por medio de la anticipación donde existen riesgos utilizando protección.

Los daños en la cabeza son causados por la caída de objetos, o por impactos contra instalaciones o equipo mal ubicado. La protección de la cabeza, en el modo de cascos, tiene dos objetivos: resistir la penetración de objetos y absorber el impacto del golpe. Los cascos ofrecidos por la industria de seguridad industrial actual obedecen a esta disposición. Existen tres tipos de cascos, que deben seleccionarse de acuerdo al uso:

- a. Servicio general, protección de voltaje limitado
- b. Servicio utilitario, protección de alto voltaje
- c. Servicio especial, sin protección de voltaje

La clase a, está diseñada para proteger contra impactos al operador. Son utilizados en minería, construcción, e industria de manufactura. La clase b está diseñada para resistir impactos y para soportar altos voltajes, por lo que es ampliamente usada en la industria de energía eléctrica. La clase c, protege de impactos y es utilizada en ambientes poco corrosivos, y en los que no existe riesgo eléctrico.

El riesgo eléctrico de la bodega no es significativo. Debido al hecho de que la torre de mezcla tiene una altura de once metros, se tiene un riesgo considerable de caída de objetos. En el área de bodega se utilizan racks para almacenar materias primas y producto terminado. Dichas estanterías se elevan a una altura de seis metros, por lo que en dicha área se debe utilizar protección en la cabeza. En el área de pesado de microcomponentes debe utilizarse el casco como medida preventiva ante derrames accidentales de materias primas sobre la cabeza del operador. Aunque dicho riesgo es pequeño, la prevención se considera adecuada.

Para que el equipo de protección de la cabeza cumpla su función, debe ser ajustado correctamente en la cabeza del operador, para lo cual se utiliza un sistema de ajuste. A cada semana, el casco debe ser limpiado e inspeccionado para garantizar su utilidad. Un método aceptado para realizar dicha limpieza consiste en sumergir el casco en agua caliente por un minuto, sacarlo y limpiarlo con jabón, luego se remueve el jabón con agua caliente y luego se inspecciona por daños.

4.3.3.2 Protección de ojos

El BLS estima que alrededor del 60% de los trabajadores que sufrieron daños en los ojos no se encontraban utilizando protección para ojos, y que dichas lesiones en Estados Unidos tienen un costo de 467 millones de dólares. Los protectores de ojos deben utilizarse donde existe un riesgo para ojos o la cara por partículas, material fundido, químicos líquidos, gases o vapores, radiación, o una combinación de los mismos. Los protectores deben poseer como mínimo las siguientes características:

- ✓ Proveer protección adecuada contra el peligro particular encontrado
- ✓ Ser confortable cuando se utiliza bajo condiciones de operación
- ✓ Ajustarse bien a la cara, sin interferir en los movimientos de la cara
- ✓ Ser durable
- ✓ Tener la capacidad de ser desinfectado
- ✓ Ser de fácil limpieza

Las operaciones realizadas en el proceso de mezclado requieren que se protejan los ojos de los materiales utilizados. Se centra la atención a evitar la exposición directa de los ojos a los materiales. Es necesario que los lentes protectores cubran completamente el área de los ojos, inhibiendo el paso de partículas de polvo. Deben ajustarse correctamente, a manera que los lentes cumplan con su función.

El estándar ANSI obliga que los lentes resistan el impacto de una bola de acero de un cuarto de pulgada de diámetro, viajando a la velocidad de ciento cincuenta pies por segundo.

De acuerdo al BLS, el 70% de los daños por causas físicas a los ojos son el resultado de objetos que caen o salen volando, o chispas que golpean el ojo. Para protegerse del riesgo de impactos fuertes es necesario usar lentes de seguridad o anteojos protectores con lentes de policarbonato, los cuales son los más resistentes al impacto. Los anteojos protectores ofrecen una mayor protección total. Los trabajadores que necesitan corrección de visión pueden comprar anteojos con lentes de policarbonato.

Las partículas pequeñas de movimiento rápido, como por ejemplo los desechos generados al lijar, moler, partir, o al realizar trabajos similares, son la causa más común de lesiones a los ojos. Una partícula que se mueve rápido, más pequeña que un grano de arena, puede llegar a causar mucho daño a un ojo sin protección. Aún las partículas pequeñas que se mueven lentamente, como por ejemplo el polvo, pueden rayar la superficie del ojo. Algunos lentes de policarbonato cuentan con una cubierta resistente a rayones para protegerlos de los riesgos tanto de golpes fuertes como de partículas finas.

Las exposiciones químicas conforman una quinta parte de las lesiones a los ojos. El daño a los ojos debido a alcalinos o ácidos cáusticos puede ser extremadamente grave. El hidróxido de sodio empieza a destruir el tejido del ojo dentro de un décimo de segundo. Los irritantes químicos son menos severos. El trabajo con químicos expone a los ojos a salpicaduras, vapores, y humos. Los anteojos protectores de seguridad proporcionan una buena protección para los ojos contra peligros provenientes de distintas direcciones. Los ambientes extremadamente peligrosos requieren del uso de anteojos protectores con ventilación indirecta y es necesario que estén recubiertos con un agente antiempañante.

En la mayoría de operaciones realizadas en el proceso de mezcla, el operador se ve expuesto a polvos, de grado alimenticio en grandes concentraciones. Es así que para el proceso se recomiendan lentes de seguridad con protección lateral y respiración indirecta. Los lentes deben mantenerse limpios, para evitar accidentes por poca visión. Se programó una limpieza e inspección semanal, para garantizar que cumplen su función.

4.3.3.3 Protección del sistema respiratorio

Para el proceso de mezcla se utilizan materias primas granuladas o en polvo. Durante la dosificación y manejo de materiales es inevitable que las materias primas despidan polvo y que se extienda a los alrededores. En el área de medición de microcomponentes se cuenta con un área restringida físicamente, que garantiza que los materiales manejados no se movilicen hacia el exterior. La torre de mezcla dispone de un sistema de extracción, que succiona el polvo generado, y lo devuelve a la mezcladora.

El análisis se enfoca sobre los lugares en los que el producto es manejado manualmente. La medición de microcomponentes, la medición de macrocomponentes, la descarga y el ensacado son operaciones que requieren un manejo manual por parte del operador, por lo que es necesario proteger al operador. Las materias primas consisten en vitaminas, minerales y medicamentos en altas concentraciones, que aunque estables, presentan el riesgo de intoxicar al operador. La aspiración de metales pesados puede ser causa de cáncer en los pulmones, y la sobredosis de vitaminas puede llevar a desajustes en el metabolismo del ser humano.

Los riesgos se disminuyen considerablemente con la utilización de respiradores que inhiben la absorción de material suspendido en el ambiente de las instalaciones. Existen dos modalidades de respiradores, los purificadores y los que contienen una fuente de aire aislada.

Los purificadores varían desde simples mascararas hasta dispositivos sofisticados. Debido a los controles existentes en el proceso de mezcla, en el ambiente de la planta existe una baja densidad de partículas suspendidas en el aire. Como parte de la protección personal del operador, se debe asegurar que el respirador se ajuste perfectamente a la fisonomía del empleado y que el respirador se encuentre en perfectas condiciones.

NIOSH establece tres niveles de seguridad para el equipo de protección respiratoria: 95, 99 y 100. Al incrementar el nivel de protección, la respiración se vuelve más forzada, y considerando que la mascarilla a utilizar se utilizará para proteger de partículas suspendidas en el aire con granulometrías especificadas, se utilizará una mascarilla N95.

Figura 105. Respirador



4.3.3.5 Protección de brazos y manos

Quemaduras, cortes, impactos eléctricos, amputaciones y absorción de químicos, son ejemplos de daños en brazos y manos. Existen una gran variedad de guantes, y protectores de brazos utilizados para prevenir situaciones de riesgo. En la tabla LXI se muestra una guía de soluciones químicas y los materiales recomendados para reducir los riesgos de manejo.

Es importante conocer las características y especificaciones de cada tipo de guante a utilizarse para prevenir un peligro específico. En el área de microcomponentes, el operador se expone directamente a los productos, por lo que se seleccionaron guantes hechos de materiales sintéticos, debido a la condición que son desechables, y por el hecho que son los materiales que garantizan que los materiales no pasen directamente a la piel del operador. Para el manejo de químicos peligrosos, el neopreno y el nitrilo son los materiales que protegen de mejor manera al usuario.

El ajuste del guante en la mano del usuario es de gran importancia, dado que los guantes mal ajustados entorpecen los movimientos, y el uso de ellos puede resultar en un riesgo adicional. En la tabla LXII se muestran las dimensiones de los guantes, de acuerdo a las dimensiones.

Tabla LXII. Dimensiones de guantes de acuerdo a la talla

Talla	Circunferencia (mm)	Longitud mano (mm)	Longitud guante (mm)
6	152	160	220
7	178	171	230
8	203	182	240
9	229	192	250
10	254	204	260
11	279	215	270

Fuente: CE-EN 374, Normativa de protección de manos

4.3.3.4 Protección del cuerpo

El cuerpo debe protegerse de la exposición de los materiales manejados por el operador. Los materiales irritantes o que sensibilizan la piel pueden resultar en enfermedades ocupacionales con el tiempo. Lana y algodón tratado son dos fibras naturales que son resistentes al fuego y confortables, debido a que se adaptan bien a los cambios de temperaturas del entorno de trabajo.

La ropa fabricada de materiales sintéticos es efectiva para utilizarse como protección ante materiales polvosos o materiales que tienden a salpicarse. Si la sustancia es extremadamente tóxica, se debe utilizar un cobertor completo, y al igual que los demás elementos de protección personal, debe ajustarse bien al operador, e inspeccionarse periódicamente.

4.3.3.6 Protección de pies

De acuerdo a los datos del BLS, la mayoría de los trabajadores que sufrieron daños en los pies no se encontraban utilizando calzado de seguridad. La causa típica de daños en los pies, es la caída de objetos desde alturas menores a cuatro pies. Para proteger los pies y piernas de la caída accidental de objetos, objetos filosos, superficies calientes, y superficies resbalosas, los empleados deben utilizar calzado de seguridad.

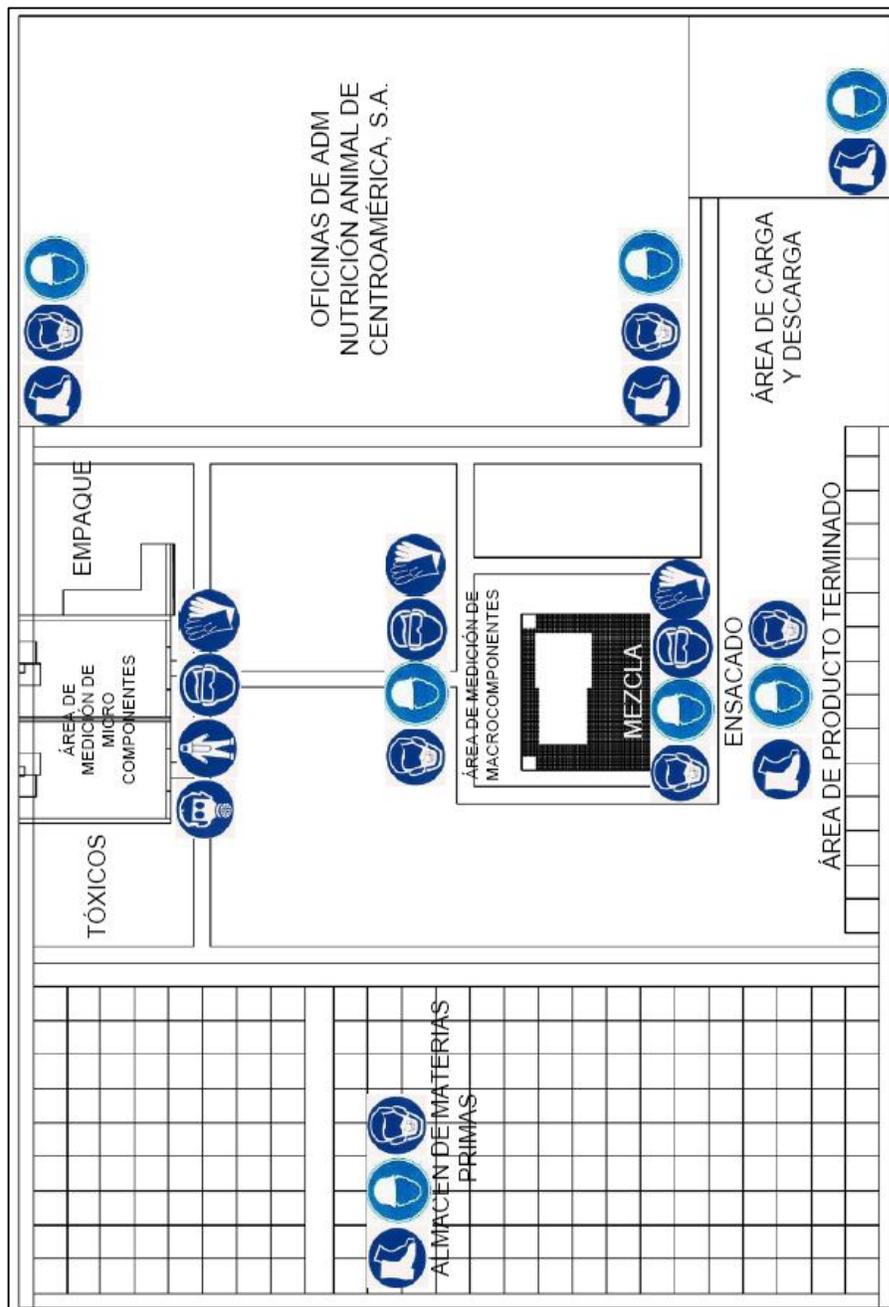
El calzado de seguridad debe ser robusto, y debe tener protección contra impactos. En algunos calzados, la llamada punta de acero protege los pies. La suela del calzado debe ser antideslizante, y debe estar en buenas condiciones para evitar caídas en suelos resbalosos. El uso de calzado de seguridad se ha establecido como un estándar en la industria en general.

4.3.4 Equipo especial de acuerdo al área

Del análisis de equipo personal de seguridad se determina que la protección del operador debe depender del área en la que se encuentra realizando su trabajo. Por ejemplo, en el área de microcomponentes es indispensable utilizar todo el equipo de protección personal, incluyendo guantes de nitrilo para manejar materiales tóxicos, mientras que en el área de macrocomponentes los guantes deben ser adecuados para el manejo de sacos, y no tanto para proteger al operador de contactos con los materiales.

Definiendo las áreas de etiquetado, pesado de microcomponentes, pesado de macrocomponentes, ensacado, torre de premezclas, almacén de materias primas, y almacén de producto terminado, el uso de equipo de protección personal debe practicarse como se muestra en la figura 106.

Figura 106. Equipo de protección personal de acuerdo al área



Como se muestra el uso de calzado de protección es obligatorio en todas las áreas de la planta. De igual manera, el uso de protección para la cabeza es obligatorio en todas las áreas de la planta, y puede hacerse una excepción en el área de microcomponentes, que está protegida en este sentido. En el caso de los operadores, supervisores, auditorías y visitantes deben utilizar mascarillas de protección, para períodos de exposición continuos. En el caso del área de microcomponentes la protección respiratoria debe recalcarse debido a los períodos largos de exposición y al contacto directo con materiales.

El uso de los lentes es obligatorio para las áreas de microcomponentes, macrocomponentes y ensacado, debido a que en estas áreas el operador se expone directamente al producto, y es probable que existan derrames de materiales. Los guantes indicados para el área de microcomponentes, se utilizan para proteger al operador de la exposición directa de materiales durante el manejo de los mismos, por lo que el material puede ser nitrilo o neopreno, según sea el caso.

En el área de macrocomponentes y ensacado, la protección se enfoca a reducir lesiones debidas al manejo de sacos enteros, evitar el efecto del sudor de las manos, y proteger al operador de cortes.

En el área de carga y descarga se requiere únicamente de protección de cabeza y de pies, para el personal que realiza dicha operación. Debido a que la mayoría del tiempo, el transporte contratado incluye el servicio de carga y descarga, el personal contratado no se ve expuesto al ambiente de la planta por períodos continuos y prolongados, sino más bien por períodos cortos e intermitentes.

Aunque en todas las áreas de la planta se requiere del uso de ropa especial, en el área de microcomponentes, la concentración de materiales a las que el operador se ve expuesto hace su uso indispensable.

4.3.5 Manejo recomendado de materiales

Para determinar el manejo adecuado de un material, es necesario:

1. Identificar el material
2. Identificar los riesgos de manejo del material
3. Determinar si es necesario el uso de equipo de protección personal especial
4. Establecer la zona de almacenaje a la que pertenece el material

La ficha técnica cumple la función de identificar las propiedades y funciones del material, y brinda información sobre los resultados de rendimiento esperados al aplicarse en dosis especificadas.

La ficha de datos de seguridad advierte al usuario acerca de las condiciones y acciones que deben ser evitadas al manejar el material. Ofrece una guía completa acerca de los riesgos y los procedimientos a seguir en caso de que el usuario sea víctima de intoxicación. La codificación de la NFPA 704 permite disponer la información de la ficha de datos de seguridad, a modo de que el personal entienda los riesgos de manejo del material.

La ficha de datos de seguridad ofrece información acerca de los cuidados especiales al manejar el material, de lo cual se establece si es necesario el uso de equipo de protección personal especial.

Identificados los riesgos de manejo del material, se procede a almacenarlo en una de las zonas, de acuerdo al grupo de productos al que pertenezca.

4.4 Marco legal acerca del tema

En Guatemala, el marco legal acerca de temas ambientales y acerca de reciclaje es generalizado e incipiente, así como en el tema de manejo de desechos. El sistema legislativo de Guatemala obedece a una estructura jerárquica estructurada de la siguiente manera:

1. La constitución
2. Leyes constitucionales
3. Tratados internacionales
4. Leyes ordinarias
5. Disposiciones reglamentarias
6. normas individualizadas

La constitución es el estatuto que debe obedecerse antes que todos los demás, siendo la excepción las convenciones aceptadas internacionalmente y los derechos humanos. Al promulgarse la ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, quedó establecido el marco general para la protección ambiental, al crearse la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA.

La función de CONAMA es asesorar y coordinar todas las acciones relacionadas a la formulación de la política nacional ambiental y propiciar su aplicación a través de los distintos ministerios del estado, dependencias autónomas, semiautónomas y descentralizadas gubernamentales, así como municipales y del sector privado del país.

Es importante resaltar que, aunque CONAMA es la entidad rectora del ambiente en Guatemala, la legislación ambiental, dispersa en el ordenamiento jurídico, le da competencia, dentro de la gestión ambiental a otras entidades gubernamentales. CONAMA depende directamente de la presidencia de la república, tiene competencia a nivel nacional y esta regulada por la ley de protección y mejoramiento del medioambiente.

Los objetivos específicos de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente están orientados a:

- ✓ Proteger, conservar y mejorar los recursos naturales del país
- ✓ Prevenir, regular y controlar las causas o actividades que originen deterioro del medio ambiente y contaminación de los sistemas ecológicos
- ✓ Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la educación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población.
- ✓ Diseñar la política ambiental y coadyuvar en la correcta ocupación del espacio.
- ✓ Crear toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente
- ✓ Propiciar el manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos
- ✓ Promocionar la tecnología apropiada y aprovechamiento de fuentes limpias para la obtención de la energía
- ✓ Salvar y restaurar aquellos cuerpos de agua que estén amenazados o en grave peligro de extinción

Adicionalmente, a nivel de Ministerios de Estado, existen competencias específicas relacionadas con ambiente y recursos naturales, así:

- ✓ Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
- ✓ Ministerio de Energía y Minas
- ✓ Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
- ✓ Ministerio de la Defensa Nacional
- ✓ Ministerio de Cultura y Deportes
- ✓ Instituto Nacional de Transformación Agraria, INTA
- ✓ La Fiscalía de Delitos contra el ambiente del MP

Las municipalidades, son entes con autonomía propia, y sus principales facultades y atribuciones son:

- ✓ Velar por el desarrollo integral del municipio así como por la integridad de su territorio, y preservar el patrimonio natural y cultural
- ✓ La promoción y desarrollo de programas de salud y saneamiento ambiental, prevención y combate de enfermedades, en coordinación con las autoridades respectivas
- ✓ La elaboración, aprobación y ejecución de reglamentos y ordenanzas de urbanismo
- ✓ El establecimiento, regulación y atención de los servicios públicos

Un aspecto importante, es el relacionado con los casos de presentación de denuncias ambientales sean presentadas a las municipalidades. Las municipalidades, en sustitución de CONAMA, deben recibirlas, quedando obligadas a remitir inmediatamente los expedientes recibidos para darles la tramitación que requiere.

4.4.1 Sustancias y productos químicos

La Comisión Nacional del Medio Ambiente está facultada por ley para realizar vigilancia e inspección en los lugares que considere necesarios para asegurar el cumplimiento de las normas, especialmente de tipo prohibitivo.

La regulación más importante es de carácter prohibitivo respecto a la utilización del suelo, subsuelo y límites de agua nacionales como reservorios de desperdicios contaminantes del ambiente o de naturaleza radioactiva. Esta regulación está contenida en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente e incluye prohibiciones para la introducción al territorio nacional de aquellos materiales o productos cuya venta esté prohibida en su país de origen.

Esta ley prohíbe ingresar al país cualquier desecho tóxico proveniente de procesos industriales, mezclas o combinaciones químicas, restos de metales pesados, residuos de materiales radioactivos, ácidos y álcalis no determinados, bacterias, virus, huevos, larvas, esporas y hongos zoo y fitopatógenos, que por su naturaleza puedan infectar, contaminar o degradar el ambiente o poner en peligro la vida y salud de los habitantes del país.

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social así como el de Agricultura, Ganadería y Alimentación, son las entidades gubernamentales con responsabilidad en el control de la producción, importación y distribución de sustancias y productos químicos.

Las principales normas se encuentran establecidas en el Código de Salud, Decreto 90-97, y en otras disposiciones de menor jerarquía tales como acuerdos ministeriales y disposiciones de tipo administrativo.

El Decreto 81-92 contiene la Ley Reguladora para el Control de la utilización del plomo que, dentro de sus regulaciones más importantes, incluye:

- ✓ La prohibición de la producción, importación o venta de cualquier producto comestible o farmacéutico que contenga plomo en proporciones mayores de cero punto tres por partes por millón
- ✓ La prohibición del uso de plomo, directa o indirectamente, en todos aquellos productos destinados al uso o consumo de niños o adolescentes

Todos los productos que contengan plomo deben incluir esta información, con caracteres plenamente legibles e impresos en rótulos en su parte externa, con la inclusión de la proporción en partes por millón de plomo que contienen, el número de lote o fecha de producción del lote y la fecha de vencimiento.

El Código de Salud establece disposiciones que garantizan protección al consumidor. El acuerdo de la comisión de protección al consumidor establece los requisitos indispensables a satisfacer previo la autorización de cualquier actividad relativa al uso, transporte y aprovechamiento de productos y sustancias químicas. Adicionalmente, los expendedores están obligados a cumplir los lineamientos previstos por el registro de la propiedad industrial respecto al registro de marcas y patentes.

Aunque no existen muchas regulaciones a este respecto, para el caso del etiquetado de sustancias y productos químicos relacionados con productos farmacéuticos, productos agrícolas y otros similares están sujetos a normas específicas para el envasado de productos y el destino final del envase utilizado.

Los productos cuyo uso se considera de alto riesgo son expendidos con base en prescripción médica o en todo caso con la autorización respectiva. En el tema de protección al trabajador por manejo de productos tóxicos existen otros cuerpos legales importantes como los siguientes:

- ✓ El Código de Salud, Decreto 90-97. Contiene regulaciones sobre los aspectos de saneamiento básico y aspectos concernientes a salubridad en el trabajo
- ✓ El Convenio OIT sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones en el lugar del trabajo

Adicionalmente obliga a los países miembros a establecer criterios que permitan definir los riesgos de exposición y a fijar límites de exposición; a vigilar regularmente la salud de los trabajadores expuestos a riesgos y a eliminar o reducir la contaminación del aire, el ruido y las vibraciones mediante medidas técnicas aplicadas en nuevas instalaciones y la introducción de nuevos procedimientos en instalaciones existentes.

4.4.2 Manejo de desechos

Desecho sólido se define como todos aquellos cuerpos firmes no útiles después de una actividad o proceso humano. La producción y el consumo humanos son las dos fuentes más importantes de desechos sólidos.

Las enfermedades gastrointestinales, oculares, infecciones respiratorias agudas, enfermedades de la piel y parasitarias tienen relación con el mal manejo de desechos sólidos. En relación con el ambiente existen varios impactos negativos, destacando la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, malos olores y contaminación por humo cuando los desechos sólidos son quemados.

El modelo de economía de oferta y demanda existente en el país provoca la generación de residuos, como parte del proceso económico de producción y consumo, en el que el ambiente sirve de reserva de desechos. De esta manera el ambiente, un bien común se ve deteriorado, afectando la calidad de vida de la población, y el equilibrio de los ecosistemas.

El marco legal existente acerca del manejo de desechos se encuentra resumido en un documento en el que se analiza el manejo de desechos hospitalarios en la ciudad de Guatemala. Este documento preparado por ICAITI con patrocinio GTZ en el año de 1991 compila lo más relevante de la legislación relacionada a manejo de desechos. Las normativas vigentes en cuanto al manejo de desechos sólidos son:

- ✓ Reglamento de limpieza y saneamiento ambiental del municipio de Guatemala
- ✓ Código de salud
- ✓ Ley de protección y mejoramiento del medioambiente

Del reglamento de limpieza y saneamiento ambiental del municipio de Guatemala, se puede concluir que:

- ✓ El control, estandarización y almacenamiento de desechos en industrias, comercios es un deber de la municipalidad de Guatemala
- ✓ La municipalidad debe establecer un sistema de recolección y transporte de desechos que asegure la cobertura de la ciudad
- ✓ La municipalidad debe controlar la disposición final de la basura
- ✓ El proceso de eliminación de desecho comprende el almacenamiento, recolección, transporte, disposición final, tratamiento sanitario y reciclaje
- ✓ Los hospitales están obligados a ser equipados con sistemas de incineración aprobados por el departamento de limpieza municipal
- ✓ El departamento de limpieza municipal debe aprobar y controlar el almacenamiento de desechos en instituciones públicas y privadas

Del código de salud se extrae que las municipalidades de la república deben acatar las normas dictadas por el ministerio de salud y asistencia social en lo relativo a servicios de limpieza, recolección, tratamiento y disposición de basuras y desechos sólidos. De la ley de protección y mejoramiento del medioambiente se consideró importante:

- ✓ El suelo, subsuelo y límites de aguas nacionales no podrán servir de reservorio de desperdicios contaminados o radioactivos
- ✓ Para todo proyecto, que pueda producir deterioro a los recursos naturales, al ambiente, o que pueda introducir modificaciones nocivas a los recursos naturales, se requiere un estudio de evaluación de impacto ambiental, aprobado por CONAMA
- ✓ Esta ley contempla la emisión de reglamentos relacionados con la protección del sistema atmosférico y edáfico
- ✓ Las municipalidades deben acatar los dictámenes del ministerio de salud en lo relativo a al organización de servicios de limpieza

La normativa referente a protección de medioambiente se encuentra en etapa de desarrollo, básicamente, la normativa actual consiste en un conjunto de lineamientos generales, y se contempla la emisión de normativas específicas, es decir aplicables, que hasta la fecha no se han realizado.

En cuanto al manejo de desechos sólidos, y el manejo de químicos, se depende de CONAMA, del ministerio de salud, del ministerio de ganadería y de la normativa de la municipalidad. La municipalidad debe encargarse de organizar sistemas de recolección, transporte, eliminación y reciclaje de desechos sólidos. Lo destacable de lo contemplado por la legislación en cuanto a desechos sólidos, es el hecho de que está prohibido el uso del suelo, subsuelo, o reservas de agua como depósitos de desechos contaminantes.

Lo más específico en cuanto a prohibiciones contempla el uso de productos radioactivos o que contienen plomo, cuyo uso es evitado por las compañías que procesan alimentos, o materia primas para procesar alimentos. Todos los productos adquiridos cuentan con certificados de origen, y están previamente registrados por el MAGA, que actúa como agente rector en este campo.

En cuanto a la protección del trabajador y reducción de riesgo profesionales, el código de trabajo comprende la normativa correspondiente, y en conjunto con el código del IGSS se definen las obligaciones del trabajador y el patrono en el área de trabajo. Aunque las normativas y las guías proporcionadas por la OSHA aplican para Estados Unidos, la aplicación de los principios planteados en dichas normativas resulta conveniente, y representa un estándar más estricto que la normativa nacional. En la tabla LXIII se presenta un compendio de las instituciones encargadas de regular y velar por el cumplimiento de las normativas en cuanto a manejo de desechos sólidos en Guatemala.

Tabla LXIII. Legislación existente en Guatemala sobre desechos sólidos

Ley	Decreto o Acuerdo	Responsable de aplicar	Contenido
Código Civil	Decreto ley 106 del Congreso de la República	De observancia general	Sanciona por arrojar basura, animales muertos, sustancias fétidas, insalubres o peligrosas o escombros en las calles o sitios públicos o fuentes o abrevaderos.
Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente	Decreto 68-86 del 19 de diciembre de 1986	MARN	Exige las evaluaciones de impacto ambiental para las actividades productivas y vela por la calidad ambiental a nivel nacional.
Código municipal	Decreto 12-2002 del 9 de mayo del 2002	Municipalidades del país	Asigna la principal responsabilidad por la buena gestión de los desechos sólidos a las municipalidades.
Consejo nacional para el manejo de los desechos sólidos (CONADESCO)	Acuerdo gubernativo 700-97 del 10 de septiembre de 1997	MARN, MSP, INFOM, ANAM, CACIF, ERIS USAC, INGUAT, AMSA y SEGEPLAN	Comisión interinstitucional de carácter asesor del ministerio en materia de gestión de desechos sólidos.
Decreto 1004 del Congreso de la República	Decreto 1004 del Congreso de la República	Ministerio de Agricultura	Prohibición de descargar aguas servidas, sustancias vegetales o químicas y desechos en los ríos y lagos.
Código de salud	Decreto 90-97	Ministerio de Salud Pública	En la Sección IV Capítulo IV regula todo lo relativo al manejo de los desechos sólidos.
Reglamento de manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala	Acuerdo del Concejo Municipal del 26 de septiembre de 2002	Municipalidad de Guatemala	El reglamento se emite en cumplimiento de lo preceptuado en la Constitución de la República, código de salud, código municipal y ley de protección y mejoramiento del medio ambiente.
Reglamento para el manejo integral de los desechos sólidos municipales	En discusión en CONADESCO	MARN, MSP	El reglamento tiene como objetivo dar cumplimiento al código de salud y ley de protección y mejoramiento de medio ambiente.
Reglamento para el manejo de residuos sólidos hospitalarios	Acuerdo gubernativo 509-2001 del 20 de diciembre del 2001	MSP	El reglamento tiene como objetivo cumplir con el artículo 106 del código de salud y de otras leyes de la materia.
Reglamento de gestión de desechos radiactivos	Acuerdo gubernativo 559-98 del 4 de septiembre de 1998	Ministerio de Energía y Minas	Regula las obligaciones de toda persona natural o jurídica sobre el uso y aplicación de radioisótopos y radiaciones ionizantes.
Convenio centroamericano sobre los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos	Decreto 6-94 del Congreso de la República	MARN, MSP	Vigilar el cumplimiento del convenio.
Convenio mundial sobre el control internacional de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos	Decreto 3-95 del Congreso de la República	MARN, MSP	Vigilar el cumplimiento del convenio.

Fuente: Universidad Rafael Landívar, Instituto de Incidencia Ambiental, Perfil Ambiental de Guatemala, pág. 223

Un aspecto importante que debe destacarse de la normativa ambiental en Guatemala, es que Guatemala fue uno de los primeros países en Latinoamérica en legislar en este campo, en las últimas décadas se ha fallado en crear una normativa ambiental unificada. Los esfuerzos aislados realizados por instituciones independientes han dado como resultado una normativa generalizada y en la que se duplican funciones.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORAS

La etapa de seguimiento de un proyecto permite documentar la información necesaria para evaluar el avance del proyecto y tomar medidas de control de acuerdo a los resultados obtenidos.

Se debe centrar la atención en establecer los procedimientos que aseguren la recolección de información necesaria para realizar análisis posteriores, y evaluar la curva de aprendizaje de cada proceso. El control de la producción es indispensable en un sistema de manufactura.

5.1 Aplicación del programa de mantenimiento

Existe una gran distancia entre crear un programa de mantenimiento, y la aplicación del mismo. Un programa desarrollado debe ser aplicado para garantizar la vida de los equipos.

5.1.1 Asignación de trabajos y responsabilidades

Se posee un programa de mantenimiento estructurado de acuerdo a equipos y a las frecuencias recomendadas de aplicación de rutinas. Es necesario establecer un método de retroalimentación acerca de las tareas de mantenimiento realizadas sobre los equipos. Como parte de la mejora continua, la observación de los métodos actuales es importante en cuanto a la necesidad del análisis previo a las mejoras que se pretendan realizar.

El operador es la pieza clave de la retroalimentación, y lo que al principio se podría plantear como un procedimiento extra, se reducirá en contenido conforme se documenten los procedimientos y se implementen las mejoras propuestas que sean factibles.

Figura 107. Reporte diario de realización de tareas de mantenimiento

REPORTE DE REALIZACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
FRECUENCIA: DIARIAMENTE		FECHA:	
EQUIPO	CÓDIGO	TAREA DE MANTENIMIENTO	
COMPRESOR	1.2.d.1	Verificar el nivel de aceite	
COMPRESOR	1.2.d.2	Verificar que la purga automática opere correctamente	
FILTROS	3.1.d.1	Limpiar las mangas	
RED NEUMÁTICA	5.1.d.1	Verificar trampas de condensado	
RED NEUMÁTICA	5.2.d.1	Detección y supresión de fugas de aire	
RED NEUMÁTICA	5.2.d.2	Drenar condensado de filtro	
MEZCLADORAS	6.3.d.1	Limpieza	
MEZCLADORAS	6.3.d.2	Inspección	
TOLVAS PULMÓN	7.1.d.1	Inspección	
COSEDORAS	10.1.d.1	Lubricación	
COSEDORAS	10.1.d.2	Inspección y limpieza	
CÓDIGO	HERRAMIENTAS	INSUMOS	TIEMPO
1.2.d.1	.....	.....	.....
1.2.d.2	.....	.....	.....
3.1.d.1	.....	.....	.....
5.1.d.1	.....	.....	.....
5.2.d.1	.....	.....	.....
5.2.d.2	.....	.....	.....
6.3.d.1	.....	.....	.....
6.3.d.2	.....	.....	.....
7.1.d.1	.....	.....	.....
10.1.d.1	.....	.....	.....
10.1.d.2	.....	Aceite #5-100	.....
Observaciones:			
.....			
.....			
.....			
.....			
Elaboro		Revisó	

Figura 108. Reporte semanal de realización de tareas de mantenimiento

REPORTE DE REALIZACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
FRECUENCIA: SEMANALMENTE		FECHA:		
EQUIPO	CÓDIGO	TAREA DE MANTENIMIENTO		
COMPRESOR	1.2.s.1	Verificar la tensión y operación de la correa		
COMPRESOR	1.2.s.2	Limpiar la superficie del compresor		
COMPRESOR	1.2.s.3	Verificar el funcionamiento de la válvula de seguridad		
COMPRESOR	1.2.s.4	Limpiar el filtro de aire		
VENTILADORES	2.3.s.1	Verificar la tensión y operación de la correa		
ELEVADORES	4.1.s.1	Inspeccionar motorreductor		
ELEVADORES	4.1.s.2	Verificar retenedores		
RED NEUMÁTICA	5.1.s.1	Verificar líneas de aire, choques, agujeros y cortes		
RED NEUMÁTICA	5.1.s.2	Verificar cierre de válvula de conexión		
RED NEUMÁTICA	5.2.s.1	Recuperar nivel de aceite		
RED NEUMÁTICA	5.3.s.1	Detección y supervisión de fugas de aire		
RED NEUMÁTICA	5.3.s.2	Verificar solenoide y parámetros de operación		
RED NEUMÁTICA	5.4.s.1	Verificar daños mecánicos a la varilla del pistón		
RED NEUMÁTICA	5.4.s.2	Verificar accionamiento y velocidad de cilindros		
CÓDIGO	HERRAMIENTAS	INSUMOS		TIEMPO
1.2.s.1
1.2.s.2	.....	Detergente neutro	.....
1.2.s.3	.....	.....	.....
1.2.s.4	.....	.....	.....
2.3.s.1	.....	.....	.....
4.1.s.1	.....	.....	.....
4.1.s.2	.....	.....	.....
5.1.s.1	.....	.....	.....
5.1.s.2	.....	.....	.....
5.2.s.1	.....	.....	.....
5.3.s.1	.....	.....	.....
5.3.s.2	.....	.....	.....
5.4.s.1	.....	.....	.....
5.4.s.2	.....	Aceite #5-100	.....
Observaciones:				
.....				
.....				
.....				
<hr style="width: 100%;"/> Elaboró		<hr style="width: 100%;"/> Revisó		

Figura 109. Reporte mensual de realización de tareas de mantenimiento

REPORTE DE REALIZACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
FRECUENCIA: MENSUALMENTE		FECHA:		
EQUIPO	CÓDIGO	TAREA DE MANTENIMIENTO		
COMPRESOR	1.2.m.1	Verificar la operación del presostato		
VENTILADORES	2.1.m.1	Inspeccionar el motor en operación		
VENTILADORES	2.2.m.1	Inspeccionar chumaceras		
ELEVADORES	4.1.m.1	Verificar la temperatura de funcionamiento del motor eléctrico		
ELEVADORES	4.1.m.2	Inspeccionar el consumo eléctrico del motor eléctrico		
ELEVADORES	4.2.m.1	Inspeccionar chumaceras		
RED NEUMÁTICA	5.1.m.1	Detección y supresión de fugas de aire		
RED NEUMÁTICA	5.1.m.2	Verificar fugas a través de válvulas de conexión		
RED NEUMÁTICA	5.2.m.1	Determinar presión en regulador		
RED NEUMÁTICA	5.4.m.1	Detección y supresión de fugas de aire		
MEZCLADORAS	6.2.m.1	Inspeccionar chumaceras		
TOLVAS PULMÓN	7.1.m.1	Limpieza		
ENSACADORA	9.2.m.1	Inspeccionar chumaceras		
CÓDIGO	HERRAMIENTAS	INSUMOS		TIEMPO
1.2.m.1
2.1.m.1	.....	.....	.....
2.2.m.1	.....	.....	.....
4.1.m.1	.....	.....	.....
4.1.m.2	.....	.....	.....
4.2.m.1	.....	.....	.....
5.1.m.1	.....	.....	.....
5.1.m.2	.....	.....	.....
5.2.m.1	.....	.....	.....
5.4.m.1	.....	.....	.....
6.2.m.1	.....	.....	.....
7.1.m.1	.....	.....	.....
9.2.m.1	.....	.....	.....
Observaciones:				
.....				
.....				
.....				
<hr style="width: 100%;"/> Elaboró		<hr style="width: 100%;"/> Revisó		

Figura 110. Reporte bimensual de realización de tareas de mantenimiento

REPORTE DE REALIZACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
FRECUENCIA: A CADA DOS MESES		FECHA:	
EQUIPO	CÓDIGO	TAREA DE MANTENIMIENTO	
COMPRESOR	1.2.dm.1	Cambiar el aceite del cárter	<input type="checkbox"/>
	CÓDIGO	HERRAMIENTAS	INSUMOS
	1.2.dm.1	.....	.....
	
Observaciones:			
.....			
.....			
.....			
.....			
_____		_____	
Elaboró		Revisó	

Figura 111. Reporte trianual de realización de tareas de mantenimiento

REPORTE DE REALIZACION DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
FRECUENCIA: A CADA TRES AÑOS		FECHA:	
EQUIPO	CÓDIGO	TAREA DE MANTENIMIENTO	
COMPRESOR	6.1.ta.1	Relubricar motoreductor y rodamientos	<input type="checkbox"/>
ELEVADORES	6.1.ta.2	Cambiar retenedores	<input type="checkbox"/>
	CÓDIGO	HERRAMIENTAS	INSUMOS
	6.1.ta.1	.....	.....
	6.1.ta.2	.....	.....
	
Observaciones:			
.....			
.....			
.....			
.....			
_____		_____	
Elaboró		Revisó	

Figura 112. Reporte trimensual de realización de tareas de mantenimiento

REPORTE DE REALIZACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
FRECUENCIA: A CADA TRES MESES		FECHA:		
EQUIPO	CÓDIGO	TAREA DE MANTENIMIENTO		
COMPRESOR	1.1.tm.1	Inspeccionar el motor		
COMPRESOR	1.2.tm.1	Cambiar el filtro de aire		
COMPRESOR	1.2.tm.2	Reapretar los tornillos del compresor		
COMPRESOR	1.2.tm.3	Verificar la posición de la correa		
COMPRESOR	1.2.tm.4	Limpiar varilla de nivel		
VENTILADORES	2.3.tm.3	Verificar la posición de la correa		
FILTROS	3.1.tm.1	Limpeza e inspección de mangas		
FILTROS	3.2.tm.1	Inspeccionar la operación del tanque		
ELEVADORES	4.1.tm.1	Inspeccionar rodamientos		
ELEVADORES	4.1.tm.2	Inspeccionar funcionamiento del reductor		
RED NEUMÁTICA	5.1.tm.1	Inspeccionar curvas, uniones, tes, codos		
RED NEUMÁTICA	5.1.tm.2	Verificar de niveles de presión		
RED NEUMÁTICA	5.1.tm.3	Verificar drenado automático de trampa de condensado		
RED NEUMÁTICA	5.2.tm.1	Detección de fugas de aceite		
ENSACADORA	9.3.tm.3	Verificar la posición de la correa		
CÓDIGO	HERRAMIENTAS	INSUMOS		TIEMPO
1.1.tm.1
1.2.tm.1
1.2.tm.2
1.2.tm.3	.....	.....	.....
1.2.tm.4	.....	.....	.....
2.3.tm.3	.....	.....	.....
3.1.tm.1	.....	.....	.....
3.2.tm.1	.....	.....	.....
4.1.tm.1	.....	.....	.....
4.1.tm.2	.....	.....	.....
5.1.tm.1	.....	.....	.....
5.1.tm.2	.....	.....	.....
5.1.tm.3	.....	.....	.....
5.2.tm.1	.....	.....	.....
9.3.tm.3	.....	.....	.....
Observaciones:				
.....				
.....				
Elaboró		Revisó		

Figura 113. Reporte semestral de realización de tareas de mantenimiento 1/2

REPORTE DE REALIZACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
FRECUENCIA: CADA SEIS MESES		FECHA:	1/2
EQUIPO	CÓDIGO	TAREA DE MANTENIMIENTO	
VENTILADORES	2.2.sm.1	Relubricar chumaceras	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></div>
ELEVADORES	4.1.sm.1	Cambio de aceite del reductor	
ELEVADORES	4.2.sm.1	Relubricar chumaceras	
RED NEUMÁTICA	5.2.sm.1	Limpiar cartucho filtrante	
RED NEUMÁTICA	5.2.sm.2	Calibrar manómetro	
RED NEUMÁTICA	5.2.sm.3	Limpiar lubricador	
RED NEUMÁTICA	5.2.sm.4	Cambiar aceite de lubricador	
RED NEUMÁTICA	5.3.sm.1	Verificación de sellos	
RED NEUMÁTICA	5.3.sm.2	Verificar ajuste de válvulas	
RED NEUMÁTICA	5.3.sm.3	Inspeccionar silenciadores	
CÓDIGO	HERRAMIENTAS	INSUMOS	TIEMPO
2.2.sm.1	.....	.....	.....
4.1.sm.1	.....	.....	.....
4.2.sm.1	.....	.....	.....
5.2.sm.1	.....	.....	.....
5.2.sm.2	.....	.....	.....
5.2.sm.3	.....	.....	.....
5.2.sm.4	.....	.....	.....
5.3.sm.1	.....	.....	.....
5.3.sm.2	.....	.....	.....
5.3.sm.3	.....	.....	.....
Observaciones:			
.....			
.....			
.....			
.....			
<div style="border-top: 1px solid black; width: 100%;"></div> Elaboró		<div style="border-top: 1px solid black; width: 100%;"></div> Revisó	

Figura 114. Reporte semestral de realización de tareas de mantenimiento 2/2

REPORTE DE REALIZACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
FRECUENCIA: CADA SEIS MESES		FECHA:	2/2
EQUIPO	CÓDIGO	TAREA DE MANTENIMIENTO	
RED NEUMÁTICA	5.4.sm.1	Verificar tensión de tirantes	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black;"></div> </div>
RED NEUMÁTICA	5.4.sm.2	Verificar funcionamiento de sellos	
MEZCLADORAS	6.1.sm.1	Comprobar el nivel de aceite	
MEZCLADORAS	6.1.sm.2	Verificar si existen fugas en las juntas	
MEZCLADORAS	6.1.sm.3	Comprobar aceite	
MEZCLADORAS	6.2.sm.1	Relubricar chumaceras	
ENSACADORA	9.1.sm.1	Comprobar el nivel de aceite	
ENSACADORA	9.1.sm.2	Verificar si existen fugas en las juntas	
ENSACADORA	9.1.sm.3	Comprobar aceite	
ENSACADORA	9.2.sm.1	Relubricar chumaceras	
CÓDIGO	HERRAMIENTAS	INSUMOS	TIEMPO
5.4.sm.1	.....	.....	.....
5.4.sm.2	.....	.....	.....
6.1.sm.1	.....	.....	.....
6.1.sm.2	.....	.....	.....
6.1.sm.3	.....	.....	.....
6.2.sm.1	.....	.....	.....
9.1.sm.1	.....	.....	.....
9.1.sm.2	.....	.....	.....
9.1.sm.3	.....	.....	.....
9.2.sm.1	.....	.....	.....
Observaciones:			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
_____ Elaboró		_____ Revisó	

Figura 115. Reporte anual de realización de tareas de mantenimiento

REPORTE DE REALIZACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO													
FRECUENCIA: ANUALMENTE		FECHA:											
EQUIPO	CÓDIGO	TAREA DE MANTENIMIENTO	<table border="1" style="width: 20px; height: 100px; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td></tr> </table>										
COMPRESOR	1.2.a.1	Verificar la presión del presostato, manómetro y válvula											
ELEVADORES	4.1.a.1	Cambio de retenedores											
RED NEUMÁTICA	5.1.a.1	Inspección completa del sistema de líneas											
RED NEUMÁTICA	5.1.a.2	Restauración de válvula de conexión											
RED NEUMÁTICA	5.2.a.1	limpieza de tazón de filtro y tazón de aceite											
RED NEUMÁTICA	5.3.a.1	Verificar mecanismo interno de válvulas											
RED NEUMÁTICA	5.3.a.2	Verificar si existen daños mecánicos											
RED NEUMÁTICA	5.4.a.1	Verificar alineamiento de pistón											
CÓDIGO	HERRAMIENTAS	INSUMOS	TIEMPO										
1.2.a.1										
4.1.a.1										
5.1.a.1										
5.1.a.2										
5.2.a.1										
5.3.a.1										
5.3.a.2										
5.4.a.1										
Observaciones:													
.....													
.....													
.....													
.....													
.....													
<hr style="width: 150px; margin: 0 auto;"/> Elaboró		<hr style="width: 150px; margin: 0 auto;"/> Revisó											

Figura 116. Reporte eneamensual de realización de tareas de mantenimiento

REPORTE DE REALIZACIÓN DE TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
FRECUENCIA: CADA NUEVE MESES		FECHA:	
EQUIPO	CÓDIGO	TAREA DE MANTENIMIENTO	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>
COMPRESOR	1.1.nm.1	Relubricar rodamientos	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>
COMPRESOR	1.2.nm.1	Inspeccionar las válvulas de los cilindros	
CÓDIGO	HERRAMIENTAS	INSUMOS	TIEMPO
1.1.nm.1	Engrasadora	Grasa polyrex em	
1.2.nm.1			
Observaciones:			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
<hr style="width: 100%;"/> Elaboró		<hr style="width: 100%;"/> Revisó	

5.1.2 Integración de las actividades de mantenimiento y producción

El desarrollo de un esquema que permita predecir la capacidad de producción en conjunto con un programa de mantenimiento en el que se establezcan fechas específicas para realizar las tareas de mantenimiento preventivo, obedece a la necesidad de coordinar las tareas de producción tomando en cuenta el cuidado correspondiente del equipo.

Más allá de establecer datos puntuales, se ha insistido en el desarrollo de programas que permitan estudiar continuamente los procesos, a manera de facilitar el flujo de información de retroalimentación a las personas que toman las decisiones acerca de realizar cambios.

El diagrama de Gantt permite programar las tareas de mantenimiento en un horizonte de planeación de seis meses a un año. Las tareas de producción son de naturaleza variable, debido a la demanda cambiante a la que se expone toda planta de producción.

El programa de producción se realiza en horizontes de tiempo más cortos, es decir, semanas, y elevando el riesgo, mensualmente. El seguimiento a la programación realizada al diagrama de Gantt, permitirá realizar las mejoras que se consideren necesarias.

5.1.3 Evaluación del programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento debe adaptarse al ritmo de uso del equipo. Como método iterativo de aproximación a los métodos adecuados e insumos utilizados, el control y evaluación constante son necesarios.

5.1.3.1 Análisis de lubricantes

El análisis de lubricantes provee valiosa información al respecto del proceso de lubricación. Por medio del análisis de lubricantes se determina el estado del aceite, y por medio de un historial completo se puede inferir el estado de los componentes mecánicos.

Existe una amplia diversidad de análisis practicables al aceite, como viscosidad, color, punto de fluidez, residuos de carbón, resistencia a la formación de espuma, herrumbre, entre otros. Los análisis requieren de muestras de lubricante, entre 250ml y 500ml para los de aceite y entre 500g y 1000g para los de grasa.

El propósito de un análisis de aceite es planificar el mantenimiento basado en condiciones. Algunas de las muestras analizadas solamente confirmarán que el plan de mantenimiento es el adecuado, mientras que otras podrán indicar que se puede extender el intervalo entre cambios, problemas en el sistema básico de mantenimiento o condiciones específicas que requieren atención.

Como parte del análisis se debe indicar claramente el equipo, condiciones de operación y de muestreo, y última fecha de cambio o adición de aceite. Se debe identificar el tipo de aceite utilizado, marca y viscosidad. Se deben anotar detalles como reparaciones recientes, o cualquier cambio en el estado que pueda alterar el aceite.

Figura 117. Identificación de muestras de lubricante

MANTENIMIENTO PREDICTIVO - MUESTREO DE LUBRICANTES			
FECHA:	_____	CÓDIGO:	No. _____
EQUIPO:	_____	OPERADOR:	_____
PRODUCCIÓN ACUMULADA:	_____ kg	ACEITE	GRASA
ÚLTIMO CAMBIO DE LUBRICANTE:	_____	g	ml
CANTIDAD DE LUBRICANTE:	_____	VISCOSIDAD:	_____
FABRICANTE:	_____	OBSERVACIONES:	_____

La pérdida de viscosidad causara mayor desgaste en cojinetes por falta de lubricación. El aumento de viscosidad puede causar cargas excesivas, y alta presión de aceite. Los cambios de viscosidad pueden deberse a contaminaciones, errores de aplicación entre otras cosas. La temperatura de operación de los equipos puede causar efectos adversos sobre la viscosidad de los lubricantes.

Las causas más comunes que provocan aumentos de viscosidad son:

- a. Oxidación de aceite por a altas temperaturas
- b. Oxidación de aceite por revoluciones, calidad del aceite
- c. Quemado de aceite debido a altas temperaturas de operación
- d. Contaminación por agua
- e. Contaminación por tierra
- f. Mezcla con aceite de mayor viscosidad

Las causas más comunes de la disminución de la viscosidad de lubricantes son:

- a. Funcionamiento deficiente de aditivos
- b. Contaminación con aceites de baja viscosidad
- c. Calidad deficiente de aceite

Existen varios contaminantes que pueden aparecer en el aceite usado, todos son dañinos y causan desgaste. El análisis indica los contaminantes mezclados cuyas partículas son de aproximadamente 5 micrómetros. Por ejemplo, si un objeto de dimensiones considerablemente grandes ingresa a un equipo, este puede causar daños, como fracturas internas.

La cantidad de silicio debe compararse contra una muestra de lubricante no usado. De esta manera un incremento en el silicio puede deberse a contaminación por tierra, o por el medio ambiente circundante. Como tal puede causar desgastes, y aumentos de viscosidad.

El agua causa herrumbre y aumenta el potencial corrosivo de los ácidos inmersos en el aceite. El agua es altamente reactiva, por lo que puede reaccionar con aditivos y tornarse agresiva para los equipos. El agua produce oxidación acelerada del hierro, cobre y plomo, que son de los elementos más utilizados para la construcción de equipos.

El agua reduce la película lubricante y al mismo tiempo interfiere con la lubricación, por lo que las piezas son susceptibles a desgastes acelerados. A altas presiones el agua causa cavitación en los elementos mecánicos, erosionando las superficies y provocando desgastes acelerados. El ingreso de agua al equipo puede deberse a que los retenes están fallando, a ambientes húmedos o a errores de aplicación, y siendo una de las sustancias más abundantes de la naturaleza, debe controlarse para evitar efectos dañinos sobre los equipos.

El nivel de sodio en el lubricante puede ser un indicativo de contaminación de agua. El agua contiene sodio, y al evaporarse se separa de él, provocando niveles altos de sodio. La contaminación de potasio también es causada por el agua, pero en cantidades menores. La contaminación por aluminio puede ser un indicativo de contaminación por tierra.

Para reducir el desgaste de los elementos mecánicos deben analizarse los niveles de contaminación obtenidos en el análisis de aceite, e identificar que elementos están fabricados con dichos materiales. El primer elemento a observar es el hierro, ya que el acero es uno de los materiales más utilizados en la construcción de elementos, al igual que hierro fundido. El hierro puede deberse a desgaste de piezas o a herrumbre, que a su vez indican falta de viscosidad, tierra o agua.

El cobre sugiere desgaste de cojinetes en la mayoría de los casos, aunque deben identificarse los elementos fabricados con cobre. El plomo se utiliza como cobertor en los elementos mecánicos y en cojinetes, por lo que un alto nivel de plomo puede ser indicativo de desgaste. El aluminio es utilizado ampliamente para fabricar elementos mecánicos, por lo que una vez descartada la contaminación por tierra, deben identificarse los elementos fabricados de aluminio. El desgaste de cromo se debe en la mayoría de los casos a la contaminación del aceite.

El desgaste del estaño en la mayoría de los casos se debe a la deficiencia de lubricación hidrodinámica, que depende a su vez de la viscosidad del aceite.

La degradación del aceite y de sus componentes es otro factor a estudiarse al realizar el análisis de lubricantes. El calcio y el magnesio son utilizados como aditivos dispersantes, y detergentes. Se debe comparar el valor inicial de calcio y magnesio para poder determinar la degradación de estos aditivos, y por lo tanto la efectividad con la que se encuentran operando.

El zinc y el fósforo son utilizados para proveer lubricación en aquellos puntos en que la lubricación hidrodinámica no opera adecuadamente por condiciones de presión y fricción. Los valores de zinc y fósforo debidos a estos aditivos se mantienen aproximadamente constantes durante la vida del lubricante, presentando pérdidas por evaporación o quemado, indicador de altas temperaturas.

El molibdeno es utilizado como aditivo de extrema presión, y por lo tanto puede recuperarse en el análisis de aceite.

5.1.3.2 Análisis de la temperatura de los equipos

El análisis de temperatura forma parte del mantenimiento predictivo. Por medio del análisis de temperaturas puede inferirse indirectamente el estado de la maquinaria.

Aunque existen diversas herramientas para determinar la temperatura de un elemento, se deben tomar en cuenta factores económicos y prácticos. Debido a lo práctico de su utilización y adquisición, la utilización de un termómetro infrarrojo se presenta como la mejor opción.

El uso de este tipo de termómetro permite que el operador no tenga contacto con la maquinaria, y que la medición de la temperatura se realice de una manera exacta y precisa.

Al igual que el análisis de lubricantes, el éxito del análisis de temperaturas depende de la documentación disciplinada y estricta. En este tipo de análisis la información histórica representa una herramienta valiosa al momento de interpretar e inferir el estado en el que se encuentra el equipo.

El análisis de temperaturas debe apoyarse constantemente en el análisis de lubricantes, y viceversa, a manera de obtener una idea certera acerca del estado en el que se encuentra el equipo. Las fugas de aire, el exceso de fricción, problemas de lubricación, ajustes inadecuados, defectos de refrigeración, entre otros, son algunos de los problemas detectables por medio del análisis de la temperatura de los equipos, debido a que todos ellos presentan excesos de temperaturas.

5.1.4 Mejora del programa de mantenimiento

Establecidas las herramientas para analizar los equipos, resta realizar un análisis periódico y exhaustivo. La interpretación de los resultados debe realizarse continuamente, y tomando en cuenta todos los factores que puedan afectar los resultados.

Los formatos representan las herramientas de documentación de datos, además de facilitarles el trabajo de recolección de los mismos a los operadores. Utilizando el análisis de lubricantes y el análisis de temperaturas se utilizan gráficas de control que faciliten la identificación de cambios y tendencias. Los cambios abruptos pueden deberse a cambios de lubricación, o a la falla de algún elemento. Los cambios progresivos pueden deberse a desgastes o a contaminaciones progresivas.

Resulta conveniente determinar límites de temperatura, o límites de contaminación y viscosidad. Estos límites resultan de la experiencia y condiciones de operación.

Se hace uso del análisis de lubricantes y del análisis de temperatura debido a que son métodos cuantitativos, y por lo tanto se pueden obtener resultados objetivos.

5.2 Evaluación del método desarrollado

El método utilizado consiste en el diseño de todas las operaciones, materiales, procedimientos, secuencias, mantenimiento, e instalaciones.

Por lo tanto se deben buscar factores de interpretación sencilla para medir los resultados de manera objetiva. Se centrará el interés en el desarrollo de factores, y en su aplicación a manera de que no se vean afectados por el rendimiento de ventas, o por factores externos al método.

5.2.1 Control y registro de los resultados obtenidos

En el seguimiento de métodos se hacen importantes las definiciones de eficiencia y eficacia. Con eficiencia se entiende la razón que indica la manera en que se han utilizado los recursos, como tiempo, y materiales. La eficacia es la razón que indica la capacidad del sistema para entregar de acuerdo a lo programado.

El interés debe centrarse en el uso del tiempo, y no en el uso de materiales, el tiempo en este sentido se identificará como el insumo utilizado. Esto permite centrarse en el seguimiento del método.

La eficacia debe definirse como la razón entre la producción real y la producción programada. El programa de producción se realiza semanalmente, por lo que el seguimiento en cuanto a eficacia se debe realizar semanalmente.

La eficiencia, como indicativo del uso correcto del tiempo, debe definirse como una razón entre el tiempo utilizado para realizar un producto dado, y el tiempo teórico. La eficiencia no debe verse afectada por el desempeño del área de ventas, por lo que debe tenerse cuidado en excluir los tiempos muertos debidos a factores externos, como subutilización del recurso humano. En este sentido toma importancia el compromiso del equipo de trabajo, ya que los datos utilizados para conocer los tiempos empleados realmente dependerán en su mayoría de los operadores. Semanalmente debe tomarse el trabajo de recabar los datos correspondientes a la producción de dicha semana, y debe obtenerse un indicador de eficiencia que sea representativo del uso del tiempo del operador.

Entonces, eficiencia debe definirse como:

$$\text{Eficiencia} = (\sum (\text{tiempos teóricos semana})) / (\sum (\text{tiempos reales semana}))$$

La meta consiste en llegar a uno, y dependiendo del uso del tiempo el resultado deberá ubicarse entre 0.85 y 1. Obviamente, si se obtienen valores mayores que uno, esto será un indicativo que debido al aprendizaje de los operadores, los tiempos se han reducido, y que por lo tanto se requiere de un nuevo estudio de tiempos. Esto asumiendo de que los operadores se encuentren operando a paso normal y en buenas condiciones. En el caso de que los valores sean muy bajos, debe estudiarse la validez del estudio de tiempos.

La eficacia debe definirse como:

$$\text{Eficacia} = (\sum (\text{kg producidos semana})) / (\sum (\text{kg programados semana}))$$

En un sistema de producción intermitente, y en el que el producto es especializado, la eficacia del sistema de producción es un factor determinante del éxito de la organización. Esto quiere decir que el valor de la eficacia debe variar entre 0.95 en el peor de los casos, hasta 1, que es el objetivo del sistema. En el caso de que la eficiencia se encuentre cercana a 1, y que la eficacia se encuentre en valores bajos, indica que debe reestructurarse el sistema para lograr una capacidad de producción mayor.

El objetivo de la organización es lograr balancear la eficiencia y la efectividad, a modo de obtener un buen uso de recursos y al mismo tiempo producir eficazmente cumpliendo con estándares de calidad.

5.2.2 Comparación teórica – real del método

Establecidos los modos de operación, debe recalcar la importancia del seguimiento a los procedimientos desarrollados de operación y control. Conforme las condiciones cambien, el sistema ofrecerá buenos resultados conforme se adapte constantemente a dichos cambios.

Se insiste en el uso de métodos sencillos que permitan tener una idea certera acerca del desempeño del sistema, y que al mismo tiempo permitan determinar si es necesario reestructurar el sistema de producción. Obteniendo indicadores semanales acerca del desempeño del sistema es conveniente interpretar los resultados obtenidos, haciendo uso de gráficas de control. Las gráficas de control son útiles para identificar cambios progresivos, es decir tendencias. De esta manera se puede comparar gráficamente el desempeño del sistema a través del tiempo.

CONCLUSIONES

1. El montaje adecuado es determinante en el funcionamiento y vida del equipo, y representa la base sobre la que se fundamenta el mantenimiento preventivo de la maquinaria.
2. Por medio de la aplicación de mantenimiento preventivo y predictivo se conserva la capacidad diseñada de los equipos y se alarga la vida útil determinada por el fabricante.
3. El diseño integral de procedimientos y su estandarización es determinante para el área producción, en la que la utilización del tiempo es una variable decisiva en el resultado global del sistema.
4. La integración de los programas de producción y mantenimiento por medio de diagramas de Gantt semanales, permite cuantificar los resultados del sistema como un todo, creándose así las bases de competitividad operativa.
5. La legislación existente en Guatemala acerca del manejo de desechos es incipiente y deficiente en muchos sectores, lo que promueve iniciativas individualistas acerca del tema.
6. El manejo adecuado de materiales y desechos bajo un enfoque de seguridad industrial tiene un efecto beneficioso sobre los resultados de la organización, y sobre el ambiente de trabajo del área de producción.

7. Las herramientas de seguimiento permiten un flujo de información impulsado por el operador, que retroalimenta y promueve la toma de decisiones sobre las mejoras a practicarse en el sistema de producción.

8. El uso eficiente del tiempo, resultado de un diseño adecuado de operaciones, afecta directamente la eficacia del sistema, factor determinante en un sistema intermitente cuyo costo de operación es bajo, comparado con el precio y con el margen de ganancia.

RECOMENDACIONES

1. Además de analizar la secuencia lógica de instalación, en un programa de montaje de equipos debe hacerse un análisis de los riesgos, y tomar en cuenta en todo momento la seguridad del personal.
2. El mantenimiento debe basarse en las recomendaciones del fabricante del equipo, y deben estudiarse su factibilidad y resultados por medio de la inspección y documentación frecuente.
3. La opinión del operador debe tomarse en cuenta como un factor decisivo sobre el diseño de operaciones y áreas de trabajo, ya que de su convencimiento y apoyo depende el éxito del diseño.
4. Debe evitarse la omisión del programa de mantenimiento por metas de producción o por cualquier otro motivo, ya que el efecto es acumulativo sobre la maquinaria y resultará en paros no deseados de producción y por lo tanto, en pérdidas para la organización.
5. Es indispensable contar con el apoyo de todas las áreas involucradas en la aplicación de un programa que promueva un cambio, por lo que vender la idea se convierte en un factor determinante al momento de aplicación.
6. Promover la participación de los operadores en los cambios sobre procedimientos y mantenimiento, a modo de retroalimentarse con su conocimiento.

7. El seguimiento a la aplicación de un programa determinará el grado de aplicación del mismo, y retroalimentará acerca de los resultados obtenidos, lo cual a su vez permite controlar el programa.

8. La capacitación continua permite promover cambios basados en el conocimiento y comprensión de objetivos de aplicación, con lo que se obtienen mejores resultados que los obtenidos por medio de la implantación de cambios.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Baldor electric company. Integral horsepower ac induction motors, installation & operating manual.* <http://www.syncroflo.com/wp-content/uploads/2008/12/baldor-cc-pump-motors-iom.pdf> 01/10/09
2. Comisión Europea. **Normativa de la protección de las manos.** http://www.grouperg.com/es/pdf/_03_normativa_proteccion_de_las_manos.pdf 01/10/09
3. Enríquez Harper, Gilberto. **Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión.** 2ª edición. México: Limusa, 2000. 509pp.
4. *International Trade Center. Packdata factsheet No. 13, REPASACK- a German company to recover and recycle paper sacks.* <http://www.intracen.org/Tdc/Export%20packaging/PAFA/English/pafa13eng.pdf> 01/10/09
5. Majumdar, S. R.. **Sistemas neumáticos, principios y mantenimiento.** México: McGraw Hill, 1998. 299pp.
6. Metalteco. **Manual técnico – mezcladora de paletas.** Colombia: s.e., s.a.. 28pp.
7. *National fire protection association. NFPA 704, Standar sistem for the identification of the hazards of materials for emergency response.* Edición 2006. Estados Unidos de América.: NFPA, 2006. 21pp.
8. Niebel, Benjamín W., y Freivalds, Andris. **Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo.** 11a edición, México: Alfaomega, 2004. 745pp.
9. *NTN Corporation. Ball and roller bearings.* http://www.ntn.co.jp/english/products/pdf/ball/pdf/Bearing_en_all.pdf 01/10/09
10. *NTN Corporation. Bearing units.* <http://www.ntn.co.jp/english/products/pdf/bu/pdf/bu-all.pdf> 01/10/09

11. NTN Corporation. **Care and maintenance of bearings.** http://www.ntn.jp/english/products/pdf/care/pdf/CareAndMaintenance_en.pdf 01/10/09
12. NTN Corporation. **Plummer blocks.** http://www.ntn-europe.com/fr/fr/documentation/bu/Plummer_en_all.pdf 01/10/09
13. Schulz. **Manual de instrucciones compresor de pistón accionamiento por correa.** Brasil: s.e., s.a.. 25pp.
14. SEW Eurodrive. **Reductores de las series r..7, f..7, k..7, s..7, spiroplan w, instrucciones de funcionamiento.** <http://www.sew-eurodrive.com/download/pdf/11226900.pdf> 01/10/09
15. Tametal transmisión de potencia. **Instrucciones de montaje y mantenimiento de reductores.** Colombia: s.e., 2007. 12pp.
16. Universidad Rafael Landivar, Instituto de incidencia ambiental. **Perfil Ambiental de Guatemala.** Guatemala: s.e., 2004. 433pp.
17. Weg Motors and Drivers. **Instrucciones para la instalación y mantenimiento de motores eléctricos.** Brasil: s.e., s.a.. 61pp.
18. Widman international. **Análisis de aceite.** <http://widman.biz/> 01/10/09