



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

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA ANIMALES

Nelson Rodrigo Yoc López
Asesorado por la Inga. Mariluz Sánchez de Maldonado

Guatemala, agosto de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA
PRODUCTORA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA ANIMALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

NELSON RODRIGO YOC LÓPEZ

ASESORADO POR LA INGA. MARILUZ SÁNCHEZ DE MALDONADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2008

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. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

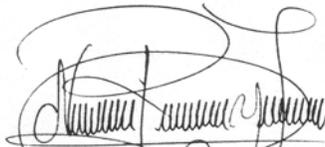
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Alvarez Cotí
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocoj Barrientos
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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:

OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA ANIMALES,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 21 de mayo de 2007.



Nelson Rodrigo Yoc López

Guatemala, mayo de 2008

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial

Ingeniero Gómez Rivera:

Me dirijo a usted para presentarle el trabajo de graduación del estudiante universitario **Nelson Rodrigo Yoc López**, con número de carné **2003-13071**, sobre el tema **OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA ANIMALES**.

En mi calidad de asesora, he analizado el contenido y los cálculos realizados en dicho trabajo, los cuales llenan los requisitos que la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial exige, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,



Ing. Mariluz Sánchez de Maldonado

Colegiada No. 2843

Asesora

Mariluz Sánchez de Maldonado

Ingeniera Mecánica Industrial

Colegiada No. 2843

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA ANIMALES**, presentado por el estudiante universitario **Nelson Rodrigo Yoc López**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

MIRIAM PATRICIA RUBIO CONTRERAS
INGENIERA INDUSTRIAL
COL. No. 4 074

Guatemala, agosto de 2008.

/mgp

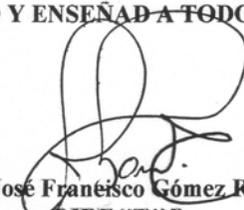
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

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 **OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALIMENTO BALANCEADO PARA ANIMALES**, presentado por el estudiante universitario **Nelson Rodrigo Yoc López**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAR A TODOS


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2008.



/mgp

AGRADECIMIENTOS A:

MI SEÑOR JESUS:

Por su grande e infinito amor, por haberme regalado la vida y bendecirme con una gran familia, grandes amigos y una gran profesión.

MI FAMILIA Y AMIGOS:

Por brindarme felicidad en esta vida a través de su gran cariño y amor, apoyo incondicional y sabios consejos.

MI ASESORA:

Inga. Mariluz Sánchez de Maldonado y su esposo Ing. Oscar Eduardo Maldonado De la Roca, por su apoyo y consejos en el desarrollo del presente trabajo.

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS: Por ser mi guía y mi sustento.
Mi único y verdadero amor.

MIS PADRES: Lucio Rodrigo Yoc Pérez
Irma Angelica López García.

Por ser mi razón de ser.

MIS HERMANOS: Richard Misraín
Ederson Ariel y
Kevin Jezeel David

Mi razón de lucha en esta vida.

MIS ABUELOS: Victoriano Yoc
Marta Julia Pérez

Por ser mi inspiración.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1	Descripción de la empresa	1
	1.1.1 Historia	1
	1.1.2 Misión y visión	2
1.2	Actividad y funciones de la planta de producción	3
1.3	Productos comerciales	5
	1.3.1 Tipos de alimento	5
	1.3.1.1 Presentación unitaria de los productos	6
	1.3.2 Familias de alimentos	6
1.4	Estructura organizativa de la planta de producción	7

2. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN

1.1	Concepto de productividad	9
	2.1.1 Productividad y producción	10
	2.1.2 Medición de la productividad y aplicación del resultado	10
2.2	Factores que aumentan la productividad	11
	2.2.1 Análisis de operaciones	11
	2.2.1.1 Enfoques principales del análisis de la operación	12

2.2.2	Estudio de tiempos	18
2.2.2.1	Tiempo medio observado	21
2.2.2.2	Tiempo normal y calificación del desempeño	21
2.2.2.2.1	Calificación de velocidad	22
2.2.2.2.2	El sistema Westinghouse	22
2.2.2.2.3	Calificación sintética	26
2.2.2.2.4	Calificación objetiva	27
2.2.2.2.5	Aplicación de la calificación	27
2.2.2.3	Tiempo estándar y suplementos	28
2.2.2.3.1	Suplementos constantes	29
2.2.2.3.2	Suplementos por fatiga variable	29
2.2.2.3.3	Suplementos especiales	30
2.2.2.3.4	Aplicación de los suplementos	30
2.2.3	Diseño del área de trabajo	31
2.2.3.1	Ergonomía	31
2.3	Factores que disminuyen la productividad	32
3.	ANÁLISIS DE LA PLANTA Y DEL PROCESO ACTUAL DE PRODUCCIÓN	
3.1	Proceso de producción	33
3.1.1	Productividad actual de la planta	37
3.1.2	Manejo de tiempos estándares	38
3.1.3	Maquinaria y equipo	38
3.2	Instalaciones y distribución física	39
3.2.1	Ergonomía	41

4.	PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD	
4.1	Estandarización de tiempos de operación	43
4.1.1	Estudio de tiempos	47
4.1.1.1	Tiempo medio observado	64
4.1.1.2	Tiempo normal de operaciones	68
4.1.1.3	Tiempo estándar de operaciones	79
4.2	Estandarización de tiempos de operación de las máquinas	83
4.3	Aplicación y finalidad de los tiempos estándares	109
4.4	Diagramación del proceso de producción aplicando los tiempos estándares	111
4.4.1	Diagrama de operaciones del proceso	111
4.4.2	Diagrama de flujo de operaciones del proceso	124
4.5	Análisis de las operaciones	142
4.5.1	Diagramas propuestos de operaciones del proceso	144
4.5.2	Diagramas propuestos de flujo de operaciones del proceso	146
5.	PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO	
5.1	Marco teórico de referencia	149
5.1.1	Concepto de mantenimiento	149
5.1.2	Fuente de fallas en los equipos	150
5.1.3	Tipos de mantenimiento	152
5.1.3.1	Mantenimiento preventivo	152
5.1.3.2	Mantenimiento predictivo	154
5.1.3.3	Mantenimiento correctivo	155
5.1.4	Inspecciones	156

5.1.4.1	Inspección preventiva	156
5.1.4.2	Inspección correctiva	156
5.1.5	Efecto de un buen mantenimiento en el índice de productividad de la planta	157
5.2	Descripción del mantenimiento actual ejecutado en la planta	158
5.3	Programa de mantenimiento predictivo	160
5.4	Programa de mantenimiento correctivo	174
5.5	Programa de inspecciones	179
6.	PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE LAS PROPUESTAS	
6.1	Propuestas de operaciones de procesos	190
6.1.2	Análisis de operaciones	190
6.1.2.1	Diagramas de operaciones del proceso	190
6.1.3	Estandarización	191
6.1.4	Diseño del área de trabajo	191
6.2	Propuestas de mantenimiento	192
6.2.1	Programas de mantenimiento	192
6.2.2	Programas de inspección	193
7.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
7.1	Identificación del impacto ambiental causado por el proceso de producción	195
7.2	Plan de mitigación y reparación	196
7.3	Plan de seguimiento	199

8.	MEJORA CONTINUA	
8.1	Proceso de producción	209
8.1.1	Encuestas	209
8.1.2	Revisión de tiempos estándares	210
8.1.3	Nuevos métodos	211
8.2	Mantenimiento	212
8.2.1	Actualización de programas	212
8.2.2	Nuevos métodos y técnicas	212
	CONCLUSIONES	215
	RECOMENDACIONES	217
	BIBLIOGRAFÍA	219
	APÉNDICES	221

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Organigrama de la Planta de producción	8
2	Relación de tiempo observado, calificación y tiempo normal	28
3	Ilustración general del proceso de producción	36
4	Dimensiones de la Planta. a) Vista de elevación, b) Vista frontal.	40
5	Áreas sometidas a la estandarización de tiempos de operación	46
6	Nivel de confianza de 90% en una curva normal estándar	85
7	Ciclo de diagnóstico para el mantenimiento predictivo	161
8	Direcciones en que se miden los espectros de vibración con un sensor triaxial	163
9	Extremo que conecta el sensor (a) con el taco de rosca (b)	164
10	Toma de las mediciones de vibración	164
11	Vibración vrs. tiempo de un cojinete	165
12	Gráfico ejemplo del comportamiento de un cojinete particular	166
13	Conteo de partículas de hierro vrs. tiempo	168
14	Gráfico de control de la tasa de crecimiento de partículas de hierro en el lubricante	169
15	Cámara para análisis termográfico. B) Imagen Termográfica e Imagen real tomadas de unos fusibles	171
16	A) Equipo para la detección de ultrasonido. B) Gráfico de ultrasonido.	173
17	Flujograma del procedimiento de mantenimiento correctivo	175
18	Formato de orden de trabajo	176
19	Formato de solicitud de servicio	178
20	Modelo de una nota de inspección	181

21	Control de notas de inspección	182
22	Flujograma del proceso de inspección mensual	187

TABLAS

I	Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse	23
II	Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse	24
III	Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse	25
IV	Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse	25
V	Resultados de las 24 observaciones para las microfórmulas en sacos de 50 kg.	49
VI	Resultados de las 24 observaciones iniciales para las microfórmulas en jumbos de 368 kg	51
VII	Resultados de las 24 observaciones iniciales para las microfórmulas en jumbos 16 kg.	54
VIII	Resultados de las 24 observaciones iniciales en el área de vaciado.	56
IX	Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de perro, en saco de 45.4 kg (100 lb)	58
X	Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de perro, en saco de 29.55 kg (65 lb)	
XI	Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de pollo, en saco de 45.4 kg (100 lb)	60
XII	Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de camarón, en saco de 45.4 kg (100 lb)	61
XIII	Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de tilapia, en saco de 45.4 kg (100 lb)	62

XIV	Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de cerdo en saco de 45.4 kg (100 lb)	63
XV	Tiempo medio observado para la operación de elaboración de microfórmulas en sacos de 50 kg.	64
XVI	Tiempo medio observado para la operación de elaboración de microfórmulas en jumbos de 368 kg.	64
XVII	Tiempo medio observado para la operación de elaboración de microfórmulas en sacos de 16 kg. (Utilizado únicamente para el alimento de camarón)	65
XVIII	Tiempo medio observado para la operación de vaciado de materia prima de sacos de 45.4 kg (100 lb.)	65
XIX	Tiempo medio observado del alimento para perro en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).	66
XX	Tiempo medio observado del alimento para perro en su presentación saco de 29.55 kg (65 lb.)	66
XXI	Tiempo medio observado del alimento para pollo en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).	66
XXII	Tiempo medio observado del alimento para camarón en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).	67
XXIII	Tiempo medio observado del alimento para tilapia en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).	67
XXIV	Tiempo medio observado del alimento para cerdo en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).	67
XXV	Factor de calificación para la operación de elaboración de microfórmulas en sacos de 50 kg	69
XXVI	Tiempo normal de la operación de elaboración de microfórmulas en sacos de 50 kg	69

XXVII	Factor de calificación para la operación de elaboración de microfórmulas en jumbos de 368 kg	70
XXVIII	Tiempo normal de la operación de elaboración de microfórmulas, en jumbos de 368 kg	70
XXIX	Factor de calificación para la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 16 kg	71
XXX	Tiempo normal de la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 16 kg	71
XXXI	Factor de calificación para la operación de vaciado de materia prima de sacos de 45.4 kg (100 lb)	72
XXXII	Tiempo normal de la operación de vaciado de materia prima de sacos de 45.4 kg (100 lb)	72
XXXIII	Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	73
XXXIV	Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	73
XXXV	Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 29.55 kg (65 lb)	74
XXXVI	Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 29.55 kg (65 lb.)	74
XXXVII	Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para pollo, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	75
XXXVIII	Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para pollo, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	75
XXXIX	Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para camarón, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	76
XL	Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para camarón, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	76

XL I	Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para tilapia, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	77
XL II	Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para tilapia, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	77
XL III	Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para cerdo, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	78
XL IV	Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para cerdo, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	78
XL V	Tiempo estándar de la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 50 kg	80
XL VI	Tiempo estándar de la operación de elaboración de microfórmulas, en jumbos de 368 kg	80
XL VII	Tiempo estándar de la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 16 kg	80
XL VIII	Tiempo estándar de la operación de vaciado de materia prima de sacos de 45.4 kg (100 lb)	81
XL IX	Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	81
L	Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 29.55 kg (65 lb.)	81
L I	Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para pollo, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	82
L II	Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para camarón, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	82
L III	Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para tilapia, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	82
L IV	Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para cerdo, en sacos de 45.4 kg (100 lb)	82

LVII	Datos de las observaciones iniciales de la operación de la báscula de dosificación para 1 batch de alimento de pollo	88
LVIII	Datos de las observaciones iniciales de la operación de la báscula de dosificación para 1 batch de alimento de cerdo	88
LIX	Datos de las observaciones iniciales de la operación de la báscula de dosificación para 1 batch de alimento de camarón	89
LX	Datos de las observaciones iniciales de la operación de la báscula de dosificación para 1 batch de alimento de perro	89
LXI	Datos de las observaciones iniciales de la operación de la báscula de dosificación para 1 batch de alimento de tilapia	90
LXII	Datos de las observaciones iniciales de la operación del molino para 1 batch de alimento de pollo	90
LXIII	Datos de las observaciones iniciales de la operación del molino para 1 batch de alimento de cerdo	91
LXIV	Datos de las observaciones iniciales de la operación del molino para 1 batch de alimento de camarón	91
LXV	Datos de las observaciones iniciales de la operación del molino para 1 batch de alimento de perro	92
LXVI	Datos de las observaciones iniciales de la operación del molino para 1 batch de alimento de tilapia	92
LXVII	Datos de las observaciones iniciales de la operación de la mezcladora para 1 batch de cualquier alimento	93
LXVIII	Datos de la prensa de camarón 1	95
LXIX	Datos de la prensa de camarón 2	95
LXX	Datos de la prensa de camarón 3	96
LXXI	Datos de la prensa utilizada para el alimento de pollo	96
LXXII	Datos de la extrusora utilizada para el alimento	97
LXXIII	Tiempos estándares de los equipos	98

LXXIV	Porcentaje de la prensa fuera de operación	102
LXXV	Principales causas del paro de la prensa de camarón 1	103
LXXVI	Causas de paros imprevistos de la prensa de camarón 1	103
LXXVII	Causas de paros rutinarios de la prensa de camarón 1	103
LXXVIII	Porcentaje de la prensa fuera de operación	104
LXXIX	Principales causas del paro de la prensa de camarón 2	104
LXXX	Causas de paros imprevistos de la prensa de camarón 2	104
LXXXI	Causas de paros rutinarios de la prensa de camarón	105
LXXXII	Porcentaje de la prensa fuera de operación	105
LXXXIII	Principales causas del paro de la prensa de camarón 3	106
LXXXIV	Causas de paros imprevistos de la prensa de camarón 3	106
LXXXV	Causas de paros rutinarios de la prensa de camarón 3	106
LXXXVI	Porcentaje de la prensa fuera de operación	107
LXXXVII	Principales causas del paro de la prensa de pollo y cerdo	107
LXXXVIII	Causas de paros rutinarios de la prensa de pollo y cerdo	108
LXXXIX	Porcentaje de la extrusora fuera de operación	108
XC	Principales causas del paro de la extrusora de perro y tilapia	109
XC I	Causas de paros rutinarios de la extrusora de perro y tilapia	109
XC II	Símbolos utilizados en el diagrama de operaciones del proceso	111
XC III	Símbolos adicionales utilizados en los diagramas de flujo de operaciones de proceso	124

GLOSARIO

Análisis de la operación	Proceso de investigación sobre las operaciones en la fábrica o el trabajo de oficina.
Automatización	Aumento en la mecanización para producir bienes y servicios.
Batch de producción	Cantidad de unidades producidas en una corrida, siendo la planta productora quien designa la magnitud.
Calificación del desempeño	Asignación de un porcentaje al tiempo observado promedio del operario, basado en su desempeño real según se compara con la concepción del observador del desempeño estándar.
Diagrama de flujo del proceso	Representación gráfica de todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos que ocurren durante un proceso o procedimiento.
Diagrama de operaciones del proceso	Representación gráfica de una operación que muestra todos los métodos, inspecciones, suplementos y materiales usados en un proceso de manufactura.
Efectividad	Razón de las horas ganadas entre las horas dedicadas a las tareas asignadas.
Eficiencia	Razón de la producción real entre la producción estándar.

Elemento	División del trabajo que se puede medir con un cronómetro y que tiene puntos terminales o de corte que se identifican con facilidad.
Jornada de trabajo	Cualquier trabajo por el cual se compensa al trabajador con base en el tiempo y no en la producción.
Muestreo del trabajo	Método para analizar el trabajo tomando un número grande de observaciones en intervalos aleatorios, para establecer estándares y mejorar los métodos.
Observación	Recolección y registro del tiempo requerido para ejecutar un elemento, o una lectura del reloj.
Operación	Cambio intencional de una parte a su forma, tamaño y características deseadas.
Proceso	Serie de operaciones que logran el avance del producto hacia su tamaño, forma y especificaciones finales.
Regreso a cero	Técnica de estudio de tiempos en la que una vez leído el cronómetro en el punto terminal de cada elemento, el tiempo se regresa a cero.
Suplemento	Tiempo que se agrega al tiempo normal para permitir demoras personales, inevitables y por fatiga.
Tiempo estándar	Valor en unidades de tiempo para una tarea, determinado con la aplicación correcta de las técnicas de medición del trabajo por personal calificado.

Tiempo normal Tiempo requerido para que un operario estándar realice una operación cuando trabaja a paso estándar, sin demoras por razones personales o por circunstancias inevitables.

Tiempo medio observado Tiempo elemental medio que tarda un operario en realizar la tarea durante el estudio de tiempos.

RESUMEN

La productividad es un indicador para cualquier organización que permite conocer la eficiencia con que se están desarrollando las operaciones, no es más que la razón entre los resultados alcanzados y los recursos implementados para ello. Este estudio busca determinar la situación actual de la planta en cuanto a su productividad y plantear propuestas para su optimización.

Para el aumento de la productividad se comenzó realizando un estudio para estandarizar los tiempos de operación y seguido de esto se procedió a utilizarlos para realizar los diagramas de todo el proceso. Estos diagramas fueron la base para poder realizar un análisis de operaciones y determinar así aquellas actividades que podían ser mejoradas o bien eliminadas al corroborar que no agregaban valor al proceso de producción y que por el contrario significaban la implementación de recursos innecesarios.

Por otro lado, fue sumamente importante realizar un análisis del tipo de mantenimiento que era aplicado a los equipos o máquinas de la planta, pues recordemos que mientras estos no funcionen correctamente, pueden llegar a provocar de manera constante interrupciones en la producción, lo que representa pérdidas económicas para la organización y por ende, un índice de productividad bajo. Por lo anterior, se propuso programas de mantenimiento correctivos y predictivos, así como también, un programa de inspecciones, para lograr mantener los equipos en su máximo estado.

Se realiza también un análisis sobre el efecto en el ambiente de las emanaciones de la planta, para poder recomendar medidas apropiadas de mitigación.

OBJETIVOS

GENERAL:

Desarrollar propuestas que permitan aumentar la productividad de la planta de producción, a través de un estudio que aplique las principales herramientas de la Ingeniería de Métodos y Mantenimiento de equipo.

ESPECÍFICOS:

1. Analizar la productividad actual de la planta de producción.
2. Estandarizar los tiempos de operación en el área de producción, tanto de los operarios como de los equipos.
3. Diagramar el proceso de producción.
4. Identificar y proponer por medio del análisis de operaciones, los procedimientos que pueden ser sometidos a mejora.
5. Realizar un análisis sobre el mantenimiento actual que se le brinda a la maquinaria y equipo, dentro de la planta.
6. Determinar la importancia y efecto de un correcto mantenimiento sobre las operaciones de producción.
7. Presentar propuestas que sirvan a la organización para considerar mejoras en el departamento de mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

Toda empresa sea cual sea su índole, busca por naturaleza ser económicamente rentable, es decir; generar ingresos a través de las ventas de sus productos o servicios que sean suficientes para cubrir los egresos o costos que se producen con el desarrollo de sus actividades y que además genere un atractivo margen de ganancias o utilidades. Una de las mejores maneras para que una empresa crezca y aumente su rentabilidad es a través del aumento de la productividad, lo que se consigue al optimizar el uso de los recursos en la producción de los bienes o servicios.

La planta productora de alimentos balanceados para animales, sobre la cual se hará el estudio, está consciente de este hecho y al igual que otras empresas debe conocer si con el proceso actual se están aprovechando al máximo todos los recursos con que cuenta la organización y luego poder con base a ello desarrollar estrategias, métodos o procedimientos que permitan realizar mejoras, buscando al final de cuentas aumentar la producción por unidad de tiempo y reducir los costos unitarios.

Este trabajo busca otorgar propuestas para lograr aumentar la productividad de la planta, a través de la estandarización de tiempos, análisis de operaciones y programas de mantenimiento de la maquinaria y equipo, para lo cual se evaluarán los factores clave que intervienen en todo el proceso de producción actual, y se partirá de allí para realizar las propuestas.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Descripción de la empresa

La empresa forma parte de una de las corporaciones más importantes en Guatemala en lo que respecta a la industria avícola, siendo una de sus funciones la de producir el alimento balanceado que necesitan las granjas avícolas pertenecientes a una empresa hermana del grupo corporativo. Además constituye una de las principales empresas a nivel nacional proveedora de diversos tipos de alimentos para animales, no solo del tipo avícola sino también acuícola, porcino y para mascotas.

Actualmente produce alimentos no solo para el consumo de empresas del grupo corporativo al que pertenece, sino también para clientes externos tanto nacionales como internacionales, en este último caso a nivel centroamericano.

1.2.2 Historia

La planta de producción de alimentos balanceados para animales comenzó sus operaciones en el municipio de Villa Nueva, el 20 de febrero de 1974, iniciando labores con un número total de 40 empleados. Contaba con un número limitado de vehículos y sus primeros silos tenían una capacidad de 29,500 quintales.

Inicialmente la planta fue creada para elaborar nutrimentos para las granjas avícolas de la corporación, pero a medida que el grupo incursionaba en nuevas líneas de negocios se fue ampliando la gama de concentrados fabricados.

Para la década de 1990, empezó a producir otro tipo de alimento, concentrado de camarón, el cual era destinado a otra empresa hermana del grupo corporativo.

En la última década los productos de alimentos balanceados producidos por la empresa, fueron demandados por clientes externos y es para satisfacer estas demandas y para conquistar nuevos mercados, que en el 2005 se inaugura la planta de producción ubicada actualmente en Escuintla, con un proceso sumamente automatizado.

La planta fue diseñada y construida por una empresa española con experiencia en construcción de molinos, por lo que posee una estructura sumamente moderna y con altos estándares de calidad.

1.2.3 Misión y visión

MISIÓN

Proveemos alimentación nutritiva de calidad.

VISIÓN

Crecer inteligentemente, consolidarnos y diversificarnos.

VALORES

- Respeto
- Calidad
- Responsabilidad
- Ética
- Desarrollo Humano
- Agilidad
- Accesibilidad

1.3 Actividad y funciones de la planta de producción

La planta tiene como función producir alimentos balanceados para animales, proveyéndole a empresas hermanas del grupo corporativo así como al mercado externo, velando por cumplir satisfactoriamente los pedidos que se le demandan.

Sus actividades se definen de la siguiente manera, según las áreas principales de operación en las que se encuentran divididos:

MANUFACTURA:

Administración. Se encarga de que todos los recursos con los que cuenta la planta sean asignados y utilizados de la mejor manera, vela por coordinar las actividades de operación planificando, organizando, dirigiendo y controlando.

Recursos Humanos. Realiza actividades de reclutamiento, selección, contratación, incorporación, capacitación y evaluación del personal que se necesita para desarrollar las actividades de las diferentes áreas.

Producción. Fabrica los distintos concentrados a través de la transformación de la materia prima, haciendo uso de distintos procesos que en su mayor parte están automatizados.

Control de Calidad. Verifica que los batches de producción cumplan con los estándares requeridos y especificaciones del cliente.

Nutrición. Se encarga de la formulación de los alimentos, de acuerdo a las necesidades cambiantes del mercado, procurando que se provea nutrimentos que mejoren la calidad de vida del animal.

Mantenimiento. Se encarga de velar por el buen funcionamiento del equipo de producción, realizando operaciones de mantenimiento preventivo y correctivo. Su finalidad es permitir que se mantenga un ritmo de producción constante, coordinando sus actividades con el área producción.

LOGÍSTICA:

Abastecimiento de Materia Prima. Se encarga de la planificación y el control del inventario de la materia prima que se requiere para la producción, velando por que la planta esté abastecida de harinas, granos, grasas, material de empaque, entre otros.

Almacén de Producto terminado: La planta almacena y maneja el producto terminado de manera que se preserve la calidad y textura del producto mientras llega a manos de los clientes a través de los distribuidores.

Servicio al Cliente. Como su nombre lo indica, esta área se encarga de atender al cliente respecto a pedidos, sugerencias u otro particular que el cliente desee comunicar, esforzándose por mantener con ellos una buena comunicación.

1.4 Productos comerciales

Los productos comerciales o líneas comerciales que la empresa posee son: Avícola, Porcino, Acuícola (Tilapia y camarón) y Mascotas. Todos los productos a su vez se clasifican de acuerdo a diversas presentaciones, las que se adecúan a la etapa de vida del animal.

Estas presentaciones son las que la empresa denomina como alimentos, y todas (excepto el alimento para mascotas) se formulan de manera que a través de una buena crianza se logre el máximo aprovechamiento del animal y se logre al obtener carne y derivados de excelente calidad.

1.3.1 Tipos de alimento

Los tipos de alimentos que la planta produce se clasifican como ya se mencionó de acuerdo a la presentación unitaria del producto.

1.4.2.1 Presentación unitaria de los productos

Iniciadores:

Es el alimento que se formula y produce para dársele al animal en su etapa de crecimiento y lograr así su máximo desarrollo. Este viene en presentaciones de harina y quebrantado.

Finalizadores:

Es el alimento que se le da al animal en su etapa de madurez para lograr el engorde deseado y el cual le proporcionará al animal las condiciones necesarias para ser procesado. Este viene también en presentación de quebrantado y harinoso.

1.3.2 Familias de alimentos

Los productos de la planta pueden dividirse a su vez en familias de alimentos de acuerdo a la formulación de sus ingredientes.

Existe la distinción entre formulación en función del porcentaje de proteínas y formulación especial, la primera únicamente varía el contenido proteínico en 15, 20, 25, 30, 35 y 40%, y la segunda se da en función del porcentaje que pueda contener de otros ingredientes que el cliente especifica para su producto, pudiendo ser alguna vitamina, medicina u otros, tanto líquido como sólido.

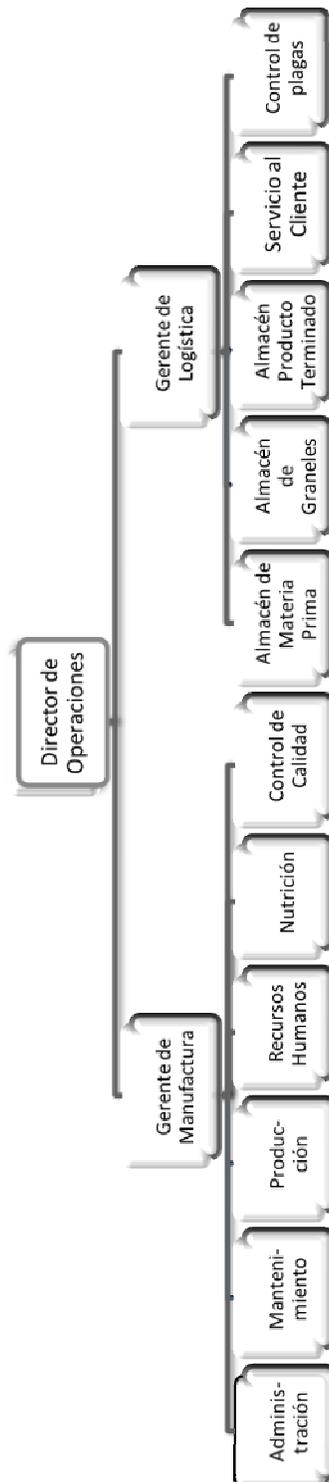
1.5 Estructura organizativa de la planta de producción

La organización se encuentra estructurada de la siguiente forma: Existe un Director de operaciones, quién se encarga de verificar que todas las actividades de la planta se lleven a cabo de la mejor manera, éste tiene como máximos colaboradores al Gerente de Manufactura y al Gerente de Logística.

El Gerente de Manufactura posee bajo su cargo las áreas de Administración, Mantenimiento, Producción, Recursos Humanos, Nutrición y Control de calidad, todos encargados de que las operaciones de manufactura y aquellas actividades vinculadas se realicen, según lo planificado.

El Gerente de Logística tiene a su cargo las áreas de almacenamiento de materia prima, almacén de graneles, almacén de producto terminado, servicio al cliente y control de plagas, quienes se encargarán de velar por que la planta se encuentre siempre abastecida de materia prima, se maneje adecuadamente el producto terminado y se cumplan las especificaciones del cliente con las más altas normas de salud e higiene. Para ver jerarquía de áreas, ver figura1.

Figura 1. Organigrama de la planta de producción



2. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DE UNA PLANTA DE PRODUCCIÓN

Una de las mejores posibilidades para que una empresa o negocio crezca y aumente su rentabilidad es a través del aumento de la productividad. El mejoramiento de la productividad se refiere al aumento de la producción por hora-trabajo o por tiempo gastado.

Antes de ver los factores que afectan la productividad de una empresa es necesario conocer primero los conceptos relacionados.

2.1 Concepto de productividad

Productividad se refiere a la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados, es decir:

Productividad = salidas/ entradas

Donde las entradas están integradas por mano de obra, materia prima, maquinaria, energía, capital, entre otros; y las salidas por productos.

En la fabricación la productividad puede ser utilizada para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

2.2.2 Productividad y producción

Muchas personas tienden a pensar que la productividad aumenta de manera directamente proporcional con la producción, es decir; que consideran que con aumentar la producción se logra aumentar la productividad, lo que resulta no siempre ser así. Para entender esto es necesario comprender el concepto de ambos términos:

PRODUCCIÓN: Son las actividades que tienen como finalidad la creación de un bien o servicio.

PRODUCTIVIDAD: Se refiere al uso eficiente de los recursos en la producción del bien o servicio.

Cuando no se entiende el significado de productividad, lo que se hace es que al aumentar el volumen de producción se aumentan también los insumos, lo que no significa un aumento de productividad.

Se logra un aumento de la productividad cuando con los mismos recursos utilizados se incrementa el volumen de producción, o bien, cuando se produce lo mismo, pero disminuyendo los recursos consumidos.

2.2.3 Medición de la productividad y aplicación del resultado

Las empresas miden la productividad de sus operaciones con la finalidad de poseer un parámetro que les permita conocer la forma en que están empleando los recursos en la producción de los bienes o servicios, poseyendo así un patrón sobre el cual puedan partir para mejorarlo a través de la aplicación de métodos o estrategias y mejorar por ende su rentabilidad.

El progreso de la productividad puede ser medido por medio del Índice de Productividad, que realiza el seguimiento a través de la comparación de la productividad en diferentes períodos. Se calcula de la siguiente forma:

$$P = 100 * (\text{Productividad Observada}) / (\text{Estándar de Productividad})$$

Donde la productividad observada es la productividad medida durante un período definido de tiempo y el estándar de productividad es la productividad base o anterior que sirve de referencia.

2.3 Factores que aumentan la productividad

Las técnicas fundamentales que dan como resultado incrementos en la productividad son:

- ✓ Análisis de operaciones,
- ✓ Estudio de tiempos, y
- ✓ Diseño del área de trabajo.

2.2.1 Análisis de operaciones

Una excelente herramienta para poder aplicar nuevos métodos como el análisis de las operaciones, con el cual se puede evaluar los elementos productivos e improductivos de una operación y observar áreas que pueden ser sometidos a mejora.

El análisis de operaciones debe enfocarse de tal manera que pueda conocerse la finalidad, propósito y razón de existir de una operación dentro del proceso productivo. Esto se describe a continuación.

2.3.2.1 Enfoques principales del análisis de la operación

➤ Propósito de la operación

Este enfoque resulta ser de mayor importancia que otros, pues en éste se describe la finalidad de la operación e identifica su importancia dentro de todo el proceso de producción. Se debe entender que es preferible eliminar o combinar una operación antes que intentar mejorarla, y si de la evaluación resulta que la operación no cumple un papel indispensable en el proceso, debe eliminarse.

Al eliminarse la operación no surgen costos por la aplicación de un nuevo método, no hay necesidad de capacitar al personal y no hay interrupciones o retrasos.

Otro aspecto que también puede ser considerado es el hecho que puede existir un proveedor que realice la misma operación, con la misma calidad, adecuado tiempo de entrega y a un menor costo, de ser así, puede eliminarse del proceso productivo de la empresa y dejarse en manos de dicho proveedor, reduciendo finalmente el costo unitario.

Solo si resulta que la operación no puede ser eliminada deben considerarse entonces los siguientes enfoques del análisis de la operación.

➤ **Diseño de partes**

Muchas de las veces cuando se desea optimizar una operación, se recurre sólo a encontrar la mejor manera de llevar a cabo la manufactura, pero otra forma de optimizar la productividad es a través de la revisión del diseño del bien o servicio para evaluar si alguna mejora puede simplificar el proceso de producción al disminuir el número de operaciones.

Otra ventaja de la revisión del diseño es la posibilidad de proponer el uso de mejores materiales, pues una reducción en los costos permite al final un aumento de la productividad.

➤ **Tolerancias y especificaciones**

En la revisión del diseño del bien o servicio, se revisan las tolerancias y especificaciones, pero debido a su importancia se considera como otro punto dentro de los enfoques del análisis de operaciones.

Es necesario evaluar las tolerancias y especificaciones del bien o servicio, pues de ello depende el grado de rechazos que puedan darse después de la producción y de estos rechazos depende la variación que se pueda tener en el costo y por ende, en el precio de venta.

A la empresa no le conviene determinar tolerancias y especificaciones ni demasiado liberales ni demasiado restrictivas. En el primer caso se acepta fácilmente el resultado final, lo cual puede afectar una operación consecuente que exija resultados exactos y precisos. En el segundo caso, la aprobación se vuelve muy exigente y muchas operaciones son rechazadas, se garantiza que aquellas que sí son aprobadas son de alta calidad, pero a un costo alto de inspección y reparación o reproceso.

La empresa tendrá que evaluar y determinar de acuerdo a la naturaleza de sus actividades, tolerancias y especificaciones adecuadas que permitan alcanzar un nivel alto de calidad y a un costo óptimo.

➤ **Material**

Un aspecto importante a considerar dentro del diseño de un producto es la elección del mejor material, y los criterios que deben considerarse para esto son los siguientes:

- ✓ Encontrar un material al mejor costo posible.
- ✓ Encontrar materiales que sean más fáciles de procesar.
- ✓ Usar materiales y suministros de manera más económica.
- ✓ Usar materiales recuperados, cuando las especificaciones lo permitan.
- ✓ Estandarizar los materiales.
- ✓ Encontrar el mejor proveedor respecto a precio y disponibilidad.

En pocas palabras, lo que debe buscarse es el mejor material en todos sus términos, para un producto de excelente calidad.

➤ **Secuencia y proceso de manufactura**

El proceso de manufactura conlleva tres pasos de la siguiente forma: planeación y control de inventarios, operaciones de preparación y manufactura en proceso. Para poder optimizarse el proceso de manufactura debe considerarse lo siguiente:

- ✓ Reorganización de las operaciones
- ✓ Mecanización de las operaciones manuales
- ✓ Utilización más eficiente de la maquinaria en operaciones mecánicas
- ✓ Operación más eficiente de la maquinaria
- ✓ Fabricación cercana a la forma final del producto
- ✓ Automatización

Todas estas consideraciones se basan en la idea de poder optimizar el proceso de producción, realizando una evaluación en todas sus partes y mejorando las operaciones, a fin de simplificar las tareas, reducir los costos y conservar o mejor aún, aumentar la calidad de los productos.

➤ **Preparaciones y herramientas**

Los factores que determinan el uso de herramientas y las preparaciones para el inicio de operaciones son: economía y tiempo requerido, respectivamente.

Los ahorros en las herramientas se logran considerando el grado de su uso, pues no vale la pena efectuar grandes ahorros en herramientas que raras veces serán utilizadas.

Cuando se habla de tiempo de preparación se incluyen elementos como: llegar al trabajo, recibir instrucciones, dibujos, herramientas y material; preparar la estación de trabajo para iniciar la producción en la forma prescrita y regresar las herramientas.

Cuando la razón del tiempo de preparación entre el de producción es alta, se pueden desarrollar varias posibilidades para mejorar la preparación y el herramental, buscando siempre que se proveche al máximo la mano de obra en las actividades productivas y que no se invierta mucho tiempo en la sola preparación. De igual manera es importante considerar herramientas nuevas, más eficientes.

➤ **Manejo de materiales**

El manejo de materiales incluye movimiento, tiempo, lugar, cantidad y espacio. Primero, el manejo de materiales debe asegurar que las partes, la materia prima, los materiales en proceso, los productos terminados y los suministros se muevan periódicamente de un lugar a otro. Segundo, como la operación requiere materiales y suministros en un tiempo específico, el manejo de materiales debe asegurar que ningún proceso de producción o cliente se detenga por la llegada temprana o tardía de materiales. Tercero, garantiza que los materiales se entreguen en el lugar correcto. Cuarto, asegura que los materiales se entreguen sin daños y en la cantidad adecuada. Por último, el manejo de materiales debe tomar en cuenta espacios de almacén, tanto temporales como permanentes.

Los aspectos a considerar para la reducción del tiempo dedicado al manejo de materiales son:

- ✓ Reducir el tiempo dedicado a recoger el material,
- ✓ Usar equipo mecanizado o automático,
- ✓ Distribuir estratégicamente el espacio de bodega,
- ✓ Manejar los materiales cuidadosamente, y
- ✓ Considerar la aplicación de códigos de barras para los inventarios.

➔ **Distribución de planta**

La distribución de la planta debe ser de tal manera que permita el flujo de los materiales desde bodega de materia prima, a través de las líneas de producción y hasta bodega de producto terminado, de forma óptima en cuanto a tiempo y economía.

La distribución física es un elemento importante del sistema de producción que comprende instrucciones de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, determinación de rutas y despacho. Todos estos elementos deben ser integrados con el mayor cuidado para lograr la optimización del proceso de producción.

No existe un tipo de distribución que tienda a ser la mejor, pero en general se aplican dos tipos:

Distribución por producto o en línea: Cuando gran variedad de operaciones están representadas en una misma área, la maquinaria se localiza de tal forma que el flujo de una operación a la siguiente se minimice para cualquier grupo de productos y por ende se minimicen los costos de manejo de materiales. Una de las desventajas es que este tipo de arreglo puede parecer desordenado y caótico, dado a que contiene agrupadas diferentes instalaciones y resulta difícil promover la limpieza y el orden.

Distribución por proceso o funcional: es cuando se agrupan instalaciones similares de acuerdo a la clase de operación. Este tipo de arreglo tiene la apariencia de limpieza y orden y tiende a promoverlos. La desventaja es la posibilidad de transportes largos y el gran volumen de documentación necesaria para la emisión de órdenes y el control de la producción entre secciones.

2.2.2 Estudio de Tiempos

Este consiste en la determinación con la mayor exactitud posible del tiempo necesario para llevar a cabo una tarea específica, a través de un número calculado de observaciones, de un procedimiento estadístico establecido y de factores esenciales a considerar.

La ventaja de estandarizar los tiempos de operación radica en que:

- ✓ Permite conocer a las empresas su capacidad instalada de producción.
- ✓ Ayuda a crear mejores políticas de compensación salariales.
- ✓ Propician el mejoramiento de la eficiencia del personal operativo y de la maquinaria o equipos.

El estudio de tiempos conlleva la realización de las siguientes actividades y consideraciones:

Seleccionar la operación.

Se debe seleccionar la operación que se quiere estandarizar de acuerdo a los intereses que se persiguen con la aplicación del estudio de tiempos. De igual manera para seleccionar la operación puede considerarse el orden de cada una, según se presentan en el proceso.

Descomposición de la operación en elementos.

Respecto a la división de la operación en elementos, estas divisiones deben ser tan finas como sea posible, pero no tan pequeñas que se sacrifique la exactitud de las lecturas. Las divisiones de alrededor de 0.04 minutos son consideradas como el tiempo mínimo para obtener lecturas adecuadas. Cada elemento se registra en la secuencia adecuada y se distingue de los demás al terminar con un sonido distintivo o movimiento.

Seleccionar al operario.

Para seleccionar al operario se considera aquel que sea hábil, cooperador, experto y con temperamento para ser sometido al estudio de tiempos.

Actitud frente al trabajador.

Este implica no hacer del estudio un secreto, no discutir con el trabajador ni criticarlo y tratar al trabajador como ser humano.

Análisis de comprobación del método de trabajo.

Se fija en forma escrita una norma de método de trabajo para que la medición del tiempo de las operaciones se vea afectado lo menos posible por el error humano.

Equipo de trabajo para la medición de tiempos.

Tabla de tamaño conveniente donde se pueda colocar la hoja de observaciones, donde se pueda asegurar un reloj para la toma de tiempos, cronómetros o medidores de tiempo y una calculadora.

Determinación del número de observaciones:

El estudio comienza con un número inicial de observaciones en las que se toman los tiempos de los elementos de la operación. Con base a esto se determina la desviación estándar de los datos y la media aritmética de los mismos. Todo esto con la finalidad de determinar el número necesario de observaciones que finalmente se requerirán para determinar de manera más exacta los tiempos de operación. Se debe hacer uso de la siguiente fórmula:

$$n = \left[\frac{ts}{k\bar{x}} \right]^2$$

Donde: n= número necesario de observaciones

t= valor obtenido en la tabla de distribución t de student, siendo los grados de libertad; el número inicial de observaciones menos uno.

s= desviación estándar de los tiempos obtenidos para el elemento.

k= porcentaje de error permitido en el estudio.

\bar{x} = promedio de los tiempos observados para el elemento.

2.2.2.1 Tiempo medio observado

El tiempo medio observado (TO) no es más que el promedio del tiempo que el operario se toma para realizar un elemento de la operación y que es analizado en el estudio de tiempos; es decir, que es el promedio de las lecturas que se toman durante las observaciones.

2.2.2.2 Tiempo normal y calificación del desempeño

El tiempo normal (TN) es el que un operario calificado se toma para ejecutar una tarea, y se obtiene como resultado de la multiplicación del tiempo medio observado (TO) por un porcentaje de calificación.

$$TN=TO * C\%$$

Donde C% = calificación o factor de desempeño expresada como porcentaje

Los sistemas que existen para calificar el desempeño del operario se describen a continuación:

2.2.2.2.1 Calificación de velocidad

Con la calificación de velocidad o rapidez se evalúa el desempeño del operario considerando únicamente la tasa de trabajo lograda por unidad de tiempo. Este método consiste en medir la efectividad del operario contra el concepto de un operario calificado que realiza el mismo trabajo; se determina si el desempeño del operario esta abajo o arriba del desempeño normal y luego se ubica la calificación en una escala que evalúa la diferencia numérica entre dichos niveles de desempeño.

2.2.2.2.2 El sistema Westinghouse

Este es uno de los sistemas de calificación más aplicados y antiguos, desarrollado por la Westinghouse Electric Corporation. Considera cuatro factores para la evaluación del desempeño:

- ✓ Habilidad
- ✓ Esfuerzo
- ✓ Condiciones
- ✓ Consistencia

Con el transcurso del tiempo la habilidad de un operario aumenta pues se familiariza con el trabajo y llega a alcanzar un ritmo estable y eficiente de desempeño, pero se da el caso en que la habilidad también puede disminuir debido a un impedimento en las aptitudes del operario debido a factores físicos o psicológicos como pérdida de la vista, pérdida de la fuerza o coordinación muscular, entre otros.

El sistema Westinghouse numera seis grados o clases de habilidad que representan un grado de competencia aceptable para la evaluación: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y superior. El observador evalúa la habilidad que demuestra el operario y la clasifica en una de estas seis clases, después se traduce la calificación a su valor porcentual (V.P.), según lo ilustra la tabla I y los cuales van desde +15% para la habilidad superior a -22% para la pésima.

Tabla I. **Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse**

V.P.	Nomenclatura	GRADO
0.15	A1	Superior
0.13	A2	Superior
0.11	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.06	C1	Bueno
0.03	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Malo
-0.22	F2	Malo

Fuente: Benjamin W. Niebel. Ingeniería Industrial. Pág. 415

El esfuerzo es considerado por el sistema Westinghouse 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 operario puede controlarla en un grado alto. Las seis clases de esfuerzo para asignar calificaciones son: malo, aceptable, promedio, bueno, excelente y excesivo, siendo los valores porcentuales de cada uno, según la siguiente tabla:

Tabla II. **Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse**

V.P.	Nomenclatura	GRADO
0.13	A1	Excesivo
0.12	A2	excesivo
0.10	B1	Excelente
0.08	B2	Excelente
0.05	C1	Bueno
0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: Benjamin W. Niebel. Ingeniería Industrial. Pág. 416

Las condiciones que se consideran en este sistema son las que afectan al operario y no a la operación. Los elementos que afectan las condiciones de trabajo incluyen temperatura, ventilación, luz y ruido. Los factores que afectan la operación y que se encuentran en malas condiciones no se consideran para la determinación del factor de desempeño. Las seis clases generales de condiciones son: ideal, excelente, bueno, promedio, aceptable y malo, siendo sus valores porcentuales equivalentes los que se muestran en la tabla III a continuación.

Tabla III. **Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse**

V.P.	Nomenclatura	GRADO
0.06	A	Ideal
0.04	B	Excelente
0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: Benjamin W. Niebel. Ingeniería Industrial. Pág. 416

El último factor que afecta el factor de desempeño es la consistencia que demuestra el operario al efectuar la operación repetidas veces. Si el tiempo que se observa para un elemento es constante, habrá consistencia perfecta. Esto se da en raras ocasiones, pues casi siempre se presentan variaciones en la operación debido al deterioro de la vida útil de las herramientas y equipos, al desgaste físico del operario y a las equivocaciones en las lecturas de cronómetro al momento de realizar el estudio de tiempos.

Las seis clases de consistencia son: perfecta, excelente, buena, promedio, aceptable, y mala, y sus valores porcentuales equivalentes se muestran en la tabla IV a continuación:

Tabla IV. **Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse**

V.P.	Nomenclatura	GRADO
0.04	A	Perfecta
0.03	B	Excelente
0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Fuente: Benjamin W. Niebel. Ingeniería Industrial. Pág. 417

Después de haber asignado una calificación en cada uno de los cuatro factores (habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia) y haber obtenido el valor porcentual, se procede a sumarlos algebraicamente, sumando además la unidad para obtener el factor de desempeño global (C).

Este sistema se aplica solo a los elementos realizados en forma manual, todos los elementos controlados por máquinas se califican con 100%.

2.2.2.2.3 Calificación sintética

Este consiste en la determinación del factor de desempeño mediante la comparación de los tiempos observados con los tiempos desarrollados a través de los datos de movimientos fundamentales (tiempos determinados). De esta forma el factor de desempeño se puede expresar de la siguiente manera:

$$C = Ft/Ot$$

Donde C = Factor de desempeño

Ft = tiempo del movimiento fundamental

Ot = tiempo elemental medio observado para los elementos usados en Ft.

Una vez obtenido, este factor se aplica a los elementos con control manual y no a aquellos controlados por máquinas.

2.2.2.2.4 Calificación objetiva

Este método elimina la dificultad de establecer un criterio de paso normal para todo tipo de trabajo. Este procedimiento establece una sola asignación de trabajo con la que se compara el paso del resto de las tareas. Después de juzgar el paso, se asigna un factor secundario al trabajo, que indica su dificultad relativa. Los factores que influyen en el ajuste según la dificultad son: extensión de cuerpo que se usa, pedales, bimanualidad, coordinación ojo-mano, requerimientos sensoriales o de manejo y peso manejado o resistencia encontrada.

Se asignan valores numéricos, como resultado de experimentos, para un intervalo de cada factor. La suma de los valores numéricos para cada uno de los seis factores forma el ajuste secundario. El cálculo queda de la siguiente forma:

$$C = P * D$$

Donde C = Calificación o factor de desempeño

P = factor de calificación del paso

D = factor de ajuste por dificultad de la tarea

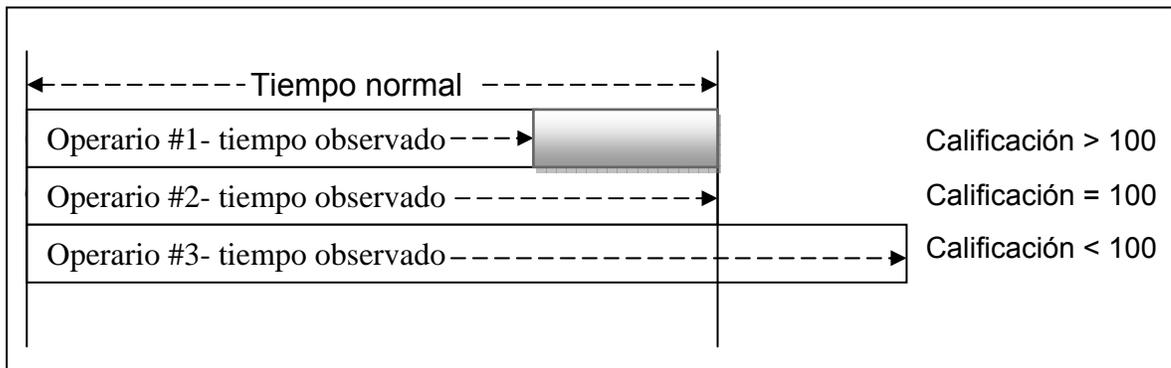
2.2.2.2.5 Aplicación de la calificación

La calificación (C) en una escala de cien se utilizará para el cálculo del tiempo normal (TN), al multiplicarlo por el tiempo medio observado (TO) de la siguiente forma:

$$TN = TO * C/100$$

La calificación evaluará el desempeño del operario observado con el de un operario calificado que trabaja a un paso estándar de desempeño, sin esfuerzo adicional, y con el método correcto. Su estimación se comprende mejor analizando la siguiente figura.

Figura 2. Relación de tiempo observado, calificación y tiempo normal



Fuente: Benjamin W. Niebel. Ingeniería Industrial. Pág. 420

2.2.2.3 Tiempo estándar y suplementos

El tiempo estándar (TS) es el requerido por un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a paso normal y realizando un esfuerzo promedio para ejecutar la operación. Para su determinación, es necesario agregarle al tiempo normal (TN) un porcentaje de suplementos, los que resultan de las muchas interrupciones y demoras en la operación. Estos suplementos son:

2.2.2.3.1 Suplementos constantes

NECESIDADES PERSONALES

Las necesidades personales que provocan la suspensión del trabajo son por ejemplo beber agua e ir al sanitario, y son necesarias para mantener el bienestar del operario. No existe una base científica para asignar un porcentaje numérico; sin embargo, la verificación detallada de la producción ha demostrado que un suplemento de 5% para tiempo personal, o cerca de 24 minutos en 8 horas, es adecuado en condiciones de trabajo de un taller típico.

FATIGA BASICA

El suplemento por fatiga básica es una constante que toma en cuenta la energía consumida para llevar a cabo el trabajo y aliviar la monotonía. Se considera adecuado asignar 4% del tiempo normal para un operario que hace trabajo ligero, en buenas condiciones, sin exigencias especiales de sus sistemas motrices o sensoriales.

2.2.2.3.2 Suplementos por fatiga variable

La fatiga no es homogénea en ningún sentido. Tiene razones estrictamente físicas, por un lado y puramente psicológicas por el otro, e incluye combinaciones de ambas. Además puede influir mucho en unas personas y tener poco o ningún efecto en otras.

Los factores que afectan la fatiga incluyen: las condiciones de trabajo, en especial ruido, calor y humedad; la naturaleza del trabajo, como postura, cansancio muscular y tedio, y la salud general del trabajador.

2.2.2.3.3 Suplementos especiales

DEMORAS INEVITABLES

Dentro de estas demoras tenemos por ejemplo: interrupciones del supervisor, despachador de materiales y de los compañeros; irregularidades en los materiales, dificultad para cumplir con las tolerancias y especificaciones y demoras de interferencia cuando se hacen asignaciones de máquinas múltiples.

DEMORAS EVITABLES

En un estudio de tiempos, no se acostumbra asignar suplementos por demoras evitables. Dentro de estas se puede mencionar: visitas a otros operarios por motivos sociales, detenciones sin razón y ociosidad que no corresponde al descanso para recuperarse de la fatiga.

2.2.2.3.4 Aplicación de los suplementos

El objetivo fundamental de todos los suplementos es agregar tiempo suficiente al tiempo normal de producción para que el trabajador promedio cumpla con el estándar cuando tiene un desempeño estándar. Su aplicación es considerada dentro del siguiente cálculo:

$$TS = TN + TN * \text{Suplemento} = TN * (1 + \text{suplemento})$$

Donde TS = Tiempo Estándar

TN = Tiempo Normal

Otro enfoque es formular los suplementos como una fracción del día de trabajo total, puesto que es posible que no se conozca el tiempo de producción real. En ese caso, la expresión para el tiempo estándar es:

$$TS = TN / (1 - \text{Suplementos})$$

2.2.3 Diseño del área de trabajo

Se logra mejorar la productividad al lograr de parte del operario su máximo desempeño y para ello un factor importante es que cuente con un área de trabajo adecuado. Es por esto que se debe diseñar el lugar de trabajo de manera que se logre crear un ambiente con las condiciones necesarias tanto para el tipo de tarea como para el operario.

Cualquier incremento en la productividad y reducción de costos puede ser anulado debido al aumento en los costos médicos y compensaciones del trabajador, al accidentarse éste por causa de un inadecuado lugar de trabajo. En consecuencia, es necesario que toda empresa incorpore los principios de diseño del trabajo, de manera que no sólo sea más productivo sino también seguro y que no cause lesiones al operador.

2.2.3.1 Ergonomía

El diseño del lugar de trabajo, las herramientas, el equipo y el entorno de manera que se ajusten al operario humano se llama ergonomía.

La Ergonomía es la actividad de carácter multidisciplinario que se encarga del estudio de la conducta y las actividades de las personas, con el objetivo de adecuar los productos, sistemas, puestos de trabajo y entornos a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios, buscando optimizar su eficacia, seguridad y confort.

2.3 Factores que disminuyen la productividad

Un factor que disminuye principalmente la productividad es que teniendo ya un estándar del tiempo que se emplea en la producción de los bienes o servicios, posteriormente se tienda a realizar la operación en más tiempo, creando la necesidad de emplear más el recurso humano y los equipos, aumentando entonces el uso de las horas-hombre, así como el consumo de energía y otros recursos, lo que se manifiesta en el aumento de los costos unitarios de producción y por ende en la disminución de la productividad.

Si se da un aumento en los recursos empleados, debe tratarse de aumentar de igual manera el volumen de producción, o bien si el volumen de producción disminuye en un período dado, entonces debe tratarse de disminuir también los recursos empleados, en ambos casos para por lo menos mantener constante la productividad, que es mejor a que disminuya.

En términos generales, lo que hace que disminuya la productividad es que se empleen más recursos en la producción que los acostumbrados y lo peor sucede cuando la empresa no se da cuenta de ello y continúa sus funciones sin tomar acciones correctivas.

Es importante que se conozca bien el grado en que es consumido cada recurso y el monto económico de dicho consumo, manteniendo además un control constante de ello para así poder actuar correctamente (aplicando nuevos métodos, estándares y diseño del trabajo) ante cualquier variación, buscando siempre cambios en la productividad pero positivos, recordando el hecho que siempre hay una mejor manera de hacer las cosas.

3. ANÁLISIS DE LA PLANTA Y DEL PROCESO ACTUAL DE PRODUCCIÓN

3.2 Proceso de producción

La planta posee diferentes procesos para producir sus productos comerciales, los cuales en su mayor parte son automatizados y cumplen con altos estándares de calidad y normas de higiene, garantizando la calidad e inocuidad de los productos.

La planta cuenta con numerosos equipos para procesar la materia prima y convertirla en el producto final, estos equipos están distribuidos en los cinco niveles que posee la planta y se han ubicado de esta forma para darle circulación al producto por efecto de gravedad. Cada equipo cumple una función especial y así como la mayoría de ellos son proveídos por otro equipo, éstos proveen también a uno más, todo en el orden necesario requerido por el proceso y de acuerdo al producto.

Debido a que son cinco las líneas de producción que tiene la planta: Pollo, Cerdo, Camarón, Tilapia y Perro, los procedimientos en la producción varían unos con respecto a otros, pero todas contienen las seis operaciones siguientes para un *batch* de producción que es de 5,000 kilos:

- Abastecimiento,
- Dosificación,
- Molienda,
- Mezcla,
- Prensado o extruido, y
- Ensaque.

El detalle de cada uno es el siguiente:

El **abastecimiento** no es más que adquirir la materia prima de bodega y de los silos que posee la planta (que en total son 14), para llenar las tolvas destinadas a contener cada ingrediente, maíz, soya, frijol, afrecho y harinas, entre otros. Son 24 las tolvas en total.

La **dosificación** se realiza ordenando a las tolvas que contienen los ingredientes las cantidades exactas de acuerdo a las distintas formulaciones. Cada ingrediente es descargado a una báscula donde se pesan de acuerdo a lo que la formulación requiere.

Después estos ingredientes pasan al área de **Molienda**, donde son molidos obteniendo un tamaño de grano tan fino como lo requiera el tipo de producto.

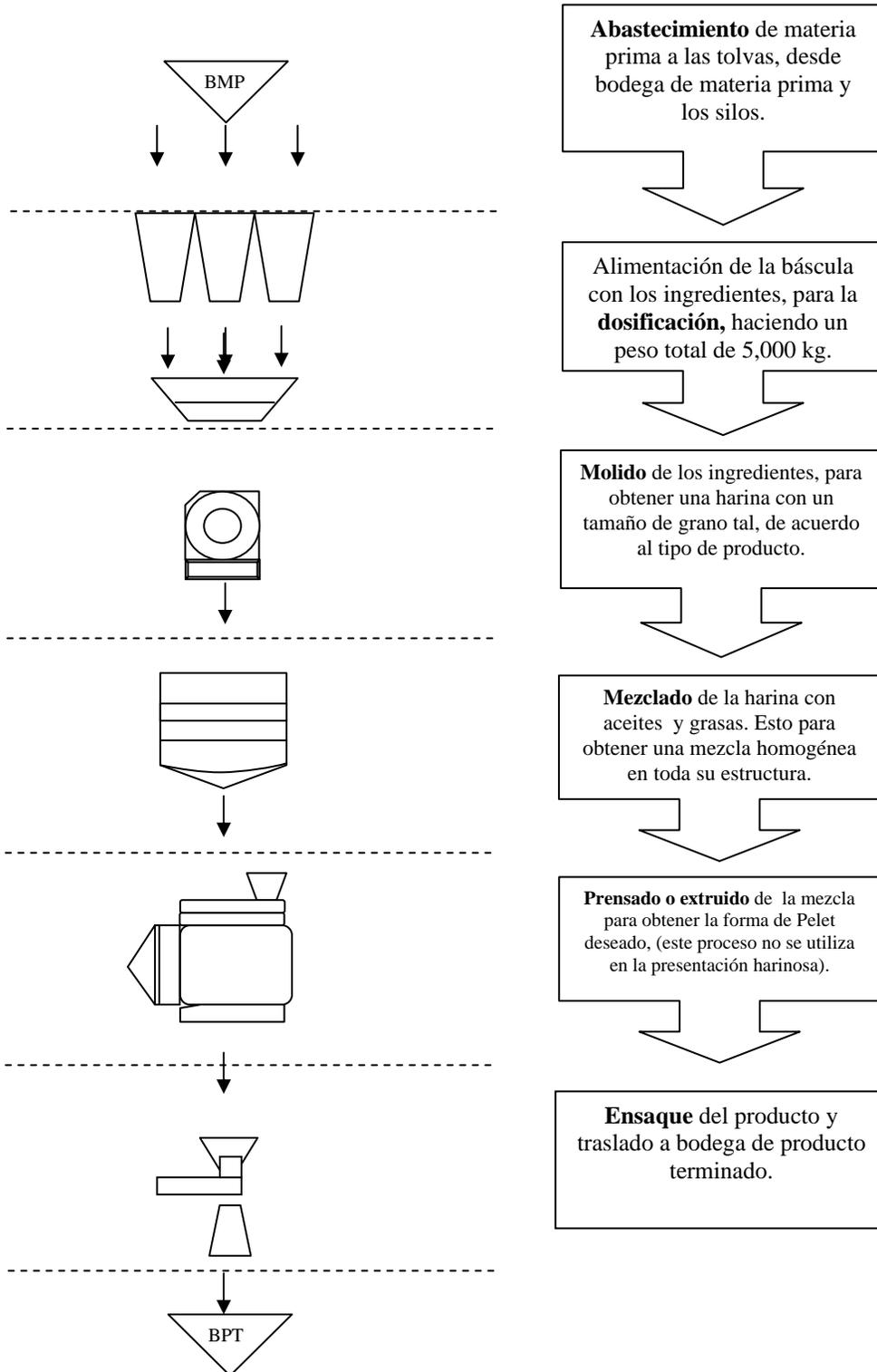
Seguido de esto se procede a realizar la **Mezcla**, de forma tal que permita producir un alimento con homogeneidad en toda su estructura, esto lo realiza la mezcladora en donde además se agregan las grasas y aceites que requieren los alimentos.

Luego de lograr la mezcla correcta se realiza una de dos operaciones, el **prensado** o el **extruido**, ambas para darle la forma deseada al alimento. El prensado es lo que la planta denomina como peletizado y es utilizado para el alimento de pollo, cerdo y camarón. Al respecto se menciona que la empresa ofrece estos alimentos en presentación de pelet y harinoso; en este último caso no se necesita que la mezcla pase por el proceso de prensado. El extruido por aparte se aplica para el alimento de Perro y Tilapia, por lo que la mezcla de éstos alimentos es dirigida en vez de a las prensas, a la extrusora.

Por último después de obtener el producto en la presentación correcta, se procede al **ensaque**, que no es más que envasar el producto en los sacos correspondientes y con las etiquetas correctas.

En la figura 3 se ilustra este proceso de manera general.

Figura 3. Ilustración general del proceso de producción.



3.2.1 Productividad actual de la planta

La planta produce en promedio 40 batches de alimento (incluyendo todos los tipos) en una jornada de ocho horas, y sabiendo que cada *batch* contiene 5000 kg se tiene un total de 200,000 kg de alimento, para los cuales se emplea un total de 30 operarios. Conociendo esto, la productividad de la planta queda determinada de la siguiente manera:

$$productividad = \frac{200,000kg}{30*8hrs} = 833.33kg / hr.hombre$$

Lo que convertido a libras de alimento sería:

$$833.33kg / hr.hombre * 2.20462lbs / 1kg = 1837lbs / hr.hombre$$

Se interpreta entonces que se produce aproximadamente 18.37 sacos de alimento de 100 lb (45.4 kg) cada uno, por cada hora-hombre empleada.

3.2.2 Manejo de tiempos estándares

Actualmente, la empresa no posee estandarizados los tiempos de operación en la producción, así como tampoco conoce los tiempos efectivos que las máquinas o equipos operan.

Es por esto que se ve la necesidad de estandarizar los tiempos de operación donde se ven involucrados los operarios, así como se tiene la necesidad de conocer exactamente el tiempo que los equipos operan de manera efectiva y determinar las razones de los paros para poder tomar las medidas necesarias y corregir el problema. Todo en busca de mantener un ritmo de producción constante y que permita cumplir satisfactoriamente con los programas de producción.

3.2.3 Maquinaria y equipo

En cada tipo de operación participan diversos equipos, los cuales son controlados desde una sala de mandos donde los responsables se encargan de velar por el correcto funcionamiento de cada uno de ellos, tratando de evitar que se den paros y que se mantenga un ritmo de producción continuo.

Dentro de la maquinaria se encuentran: prensas, enfriadores, moledoras, pulverizadores, mezcladoras, envasadoras, elevadores, transportadores, filtros, ventiladores, básculas, zarandas, calderas, compresores, entre otros.

Es debido a esto que la planta cuenta con un proceso sumamente automatizado, y que le permite tener altos volúmenes de producción por jornada de trabajo.

3.2 Instalaciones y distribución física

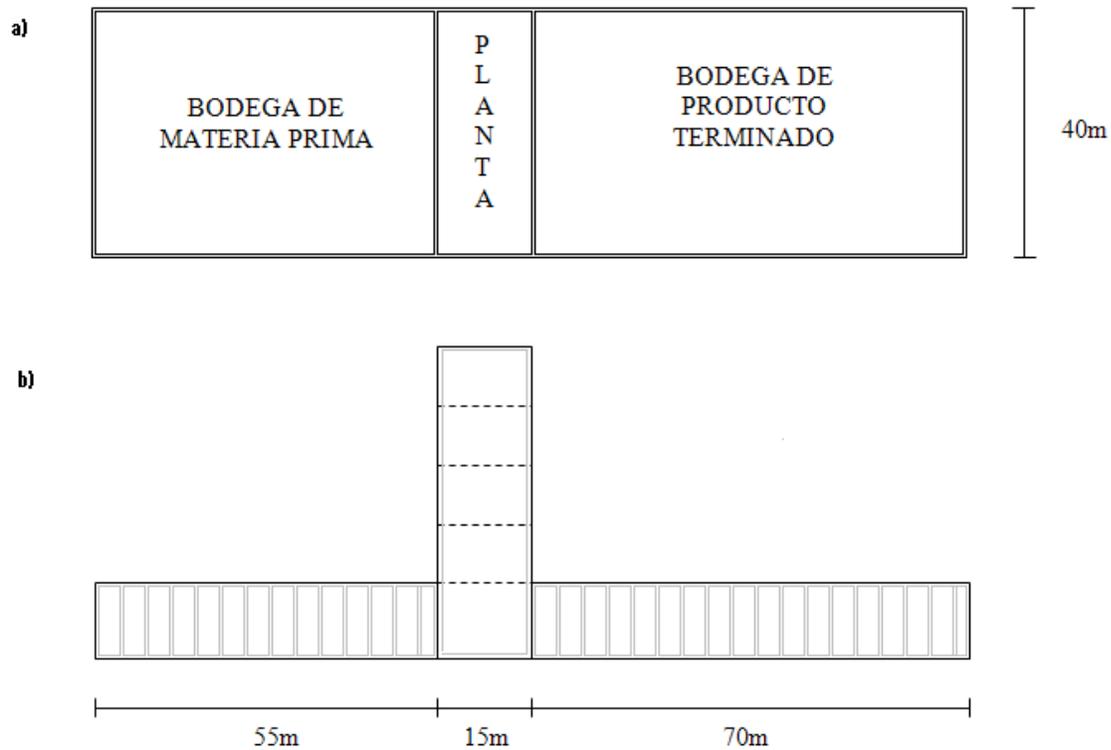
Así como la planta posee un gran número de maquinaria y equipo, de igual manera posee las instalaciones necesarias para que cada uno trabaje de manera adecuada. Como se mencionó anteriormente, la planta fue diseñada y construida por una empresa española, cumpliendo con altos estándares de calidad al respecto.

Las dimensiones de la planta están dadas de la siguiente manera: 40 metros de largo por 15 metros de ancho y una elevación de cinco niveles (cada uno de 10 m de alto) en los cuales se distribuye la maquinaria y equipo de acuerdo al seguimiento que requiere el proceso.

El problema es que a pesar del gran tamaño de la planta, ésta se encuentra ocupada en un 90%, lo que hace poco posible el libre montaje de nuevos equipos si se tuviera la necesidad o el requerimiento de una nueva línea.

Por aparte también se cuenta con instalaciones para bodega tanto de materia prima como de producto terminado, las cuales están ubicadas estratégicamente en relación con la planta de producción, para propiciar el fácil manejo y flujo de los materiales y productos. La bodega de materia prima tiene un volumen total de 22,000 m³, de los cuales se utilizan el 70%. De igual manera la bodega de producto terminado no es utilizada en su totalidad, puesto que de sus 28,000 m³ de volumen, solo se utiliza el 65%. La figura 4 a continuación ilustra mejor éstas dimensiones.

Figura 4. Dimensiones de la Planta. a) Vista de elevación, b) Vista frontal.



Además, la planta cuenta con las siguientes instalaciones: taller y oficina del departamento de mantenimiento, oficinas de control de plagas, comedor, vestidores, duchas, y las oficinas centrales de la planta donde se ubica gerencia, el área de nutrición, informática, recursos humanos y recepción.

En términos generales la planta cuenta con instalaciones muy modernas y adecuadas para cumplir satisfactoriamente con la función de producir los distintos productos que le demandan los clientes.

3.2.1 Ergonomía

Cuando la planta fue diseñada por la empresa española encargada de su construcción, fueron considerados los aspectos ergonómicos (ambiente de trabajo y herramientas), a manera de lograr la mejor adaptación de los operarios a las condiciones laborales.

Refiriéndonos a iluminación, de acuerdo a los datos de diseño de la planta, en las áreas de prensado, extruido, y ensaque, así como en la sala de mandos, se tienen: 550 Lux (Lumen/m²); en las Oficinas administrativas: 400 Lux; en las áreas de molienda y mezclado: 300 Lux; y en las áreas de abastecimiento y dosificación, en las bodegas, y corredores: 200 Lux, lo que brinda a todo el personal una excelente iluminación.

Respecto a los niveles de ruido producidos por las máquinas, los operarios se encuentran expuestos a ellos mayormente en las áreas de mezclado, prensado y extruido. Quienes operan en esas áreas se exponen alrededor del 65% de una jornada de trabajo a 85 Db, por lo que por regla general de la planta, toda persona que se encuentre en dichas áreas, deberá usar tapones de oído, lo que resulta una buena medida de mitigación a fin de evitar daños auditivos.

El diseño de la planta también permite una buena ventilación, principalmente porque posee extractores que eliminan el aire viciado y logran evitar el calor excesivo.

Finalmente, se menciona que los operarios cuentan con las herramientas necesarias para desarrollar sus actividades, así como con equipo de protección personal para lograr de ellos su máximo desempeño y ante todo, resguardar su seguridad.

4. PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

4.2 Estandarización de tiempos de operación

Se procederá a estandarizar los tiempos de operación de aquellas áreas en las que se desenvuelven grupos de trabajo, y que tienen efecto directo sobre la producción. Estas son:

- Área de preparación de microfórmulas.

Como se mencionó anteriormente, cada *batch* de producción (con un peso de 5000 kg) está compuesto por diferentes ingredientes que han sido dosificados correctamente y extraídos de las tolvas de manera automática. Pero además de estos ingredientes, se necesita agregar a cada *batch* otra formulación en menor proporción (de 50 kg) compuesta de ingredientes químicos tales como la Bacitracina, Salinacox, Luctamol, vitaminas y minerales. Estas pequeñas formulaciones son lo que la empresa denomina como Microfórmulas, y su elaboración constituye un subproceso de la dosificación, que posteriormente pasa al área de mezclado.

Las Microfórmulas son entonces, la mezcla de estos ingredientes, y es un grupo de personas quienes se encargan de realizarlas, dedicándose a pesar cada ingrediente, según lo especifique la formulación, a vaciar los ingredientes dentro de la mezcladora y envasando la mezcla.

El envasado o ensaque se hace de dos maneras: en sacos de 50 kg o bien en jumbos de 368 kg. Cuando se envasan en los sacos, la mezcla se hace en una mezcladora que tiene una capacidad de 200 kg, por lo que de ella se pueden extraer 4 sacos, y cuando se envasan en jumbos, la mezcla se hace en una mezcladora más grande con una capacidad de 1800 kg. Ambos son utilizados para todo tipo de alimento excluyendo el camarón.

Existe también otro tipo de envasado de microfórmulas, y es aquella que se prepara para el alimento de camarón, pues requiere que se preparen en sacos de 16 kg, efectuando la mezcla en la mezcladora más grande.

➤ Área de vaciado.

La planta posee 24 tolvas con capacidades desde 20,000 hasta 70,000 Kg. Y éstos son los que contienen los ingredientes (aquellos que no forman parte de las microfórmulas) necesarios para la dosificación automática. El llenado de estos se realiza de dos maneras:

La primera es que desde los silos se manda la materia prima por medio de transportadores hasta llegar a un elevador que se encargara de subir y luego de llenar las tolvas, esto se hace principalmente con el maíz, la soya y el frijol.

La segunda es que un grupo de personas se encargan de llenar las tolvas obteniendo los sacos de bodega de materia prima, que son de 45.4 kg (100 lb), abriéndolos y vaciándolos uno por uno a una piquera que va a dar a una transportadora que de igual manera los lleva hasta un elevador que se encargará de hacer el resto.

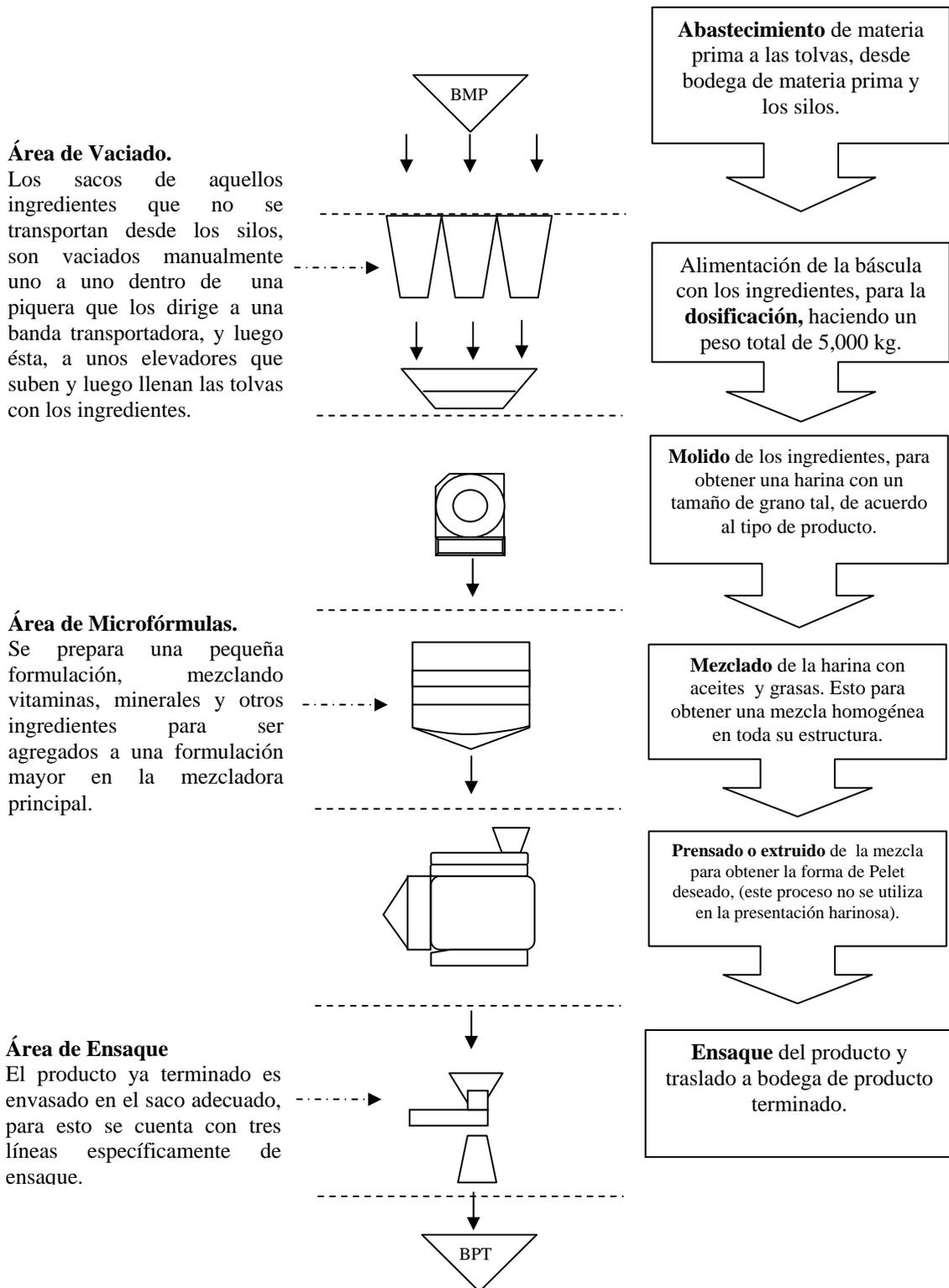
Este proceso requiere de aproximadamente 5 horas para poder llenar una tolva, dependiendo de su capacidad. Se realiza esto con la harina de pescado, harina de pota, harina de menudo, calcio fino, trigo suave, fosfato dicálcico, entre otros.

➔ Área de ensaque

Después que se ha logrado producir los diferentes tipos de concentrados, se les contiene por separado en tolvas, específicamente para pollo, cerdo, perro, camarón y tilapia. En este punto los operario se encargan de preparar los sacos respectivos, para contener 45.4 kg (100 lb) de alimento, 29.55 kg (65 lb), o bien cualquier cantidad que pueda especificar el cliente en determinado tiempo, seguidamente colocan el saco en la válvula de salida de la tolva y la abren hasta llenar el saco con el peso correcto, se deja caer el saco sobre una banda transportadora hasta llegar al área de costura donde se cierra el saco adhiriéndole una etiqueta. Por último, el saco se deja caer sobre la banda transportadora para que siga su trayecto hasta llegar al área de entarimado, donde los operarios se encargan de estivarlos.

Para apreciar mejor cada área y visualizar exactamente en que parte del proceso de producción operan, se muestra a continuación la figura 5. Donde se indica en la parte izquierda del mismo la función principal que cada uno tiene y momento de aplicación en el proceso.

Figura 5. **Áreas sometidas a la estandarización de tiempos de operación.**



4.2.1 Estudio de tiempos

Para el estudio de tiempos como ya se mencionó se deben separar las operaciones en elementos identificables y dado esto se deben observar un número determinado de veces para registrar los tiempos, pero para el cálculo de este número se necesita realizar primero observaciones iniciales, decidiendo que en este caso fueran 24, tomado así de manera aleatoria. El método para la toma de tiempos respecto al cronómetro fue vuelta a cero, el cual consiste en regresar el cronómetro a cero después de haber realizado la medición de un tiempo.

Los elementos en que se separaron las operaciones en cada área se presentan a continuación, así como las tablas resumen de resultados de las observaciones iniciales.

Área de microfórmulas:

➔ Microfórmulas en sacos de 50 kg.

Elementos de la operación:

1. Pesado y agregado de los ingredientes a la mezcladora.

Se pesan cada uno de los ingredientes que irán en la mezcla de acuerdo a lo que indica la formulación, y son colocados dentro de la mezcladora simultáneamente, haciendo un peso total de 200 kg.

2. Preparación de la mezcla.

Se mezclan los ingredientes en una mezcladora pequeña, la cual tiene capacidad de 200 kg, por lo que de cada mezcla se obtienen 4 sacos.

3. Preparación del saco que contendrá la mezcla.

Se toma el saco y se coloca en posición para vaciar en el la mezcla.

4. Llenado del saco con la mezcla.

Se llena el saco de manera que contenga 50 kg aproximadamente. Se realiza al cálculo pues esta operación no es automática.

5. Verificación del peso del saco.

Se verifica que el saco tenga 50 kg pesándolo en una báscula, de manera que cuando tiene excedente se le extrae hasta obtener el peso requerido y cuando le falta se le agrega la diferencia hasta obtener los 50 kg.

6. Costura y etiquetado de la bolsa.

Se cose el saco para cerrarlo adhiriéndole una etiqueta para identificarlo. Esto se realiza con una máquina de coser móvil, de manera que ésta se lleva hasta donde esté el saco y se realiza la operación.

7. Entarimado.

Los sacos son colocados en tarimas para facilitar su manejo.

La tabla resumen de los resultados de las 24 observaciones iniciales se presenta a continuación. (Véase resultados detallados en apéndice 1).

Tabla V. Resultados de las 24 observaciones para las microfórmulas en sacos de 50 kg.

Determinación del número necesario de observaciones (n)				
ELEMENTOS	\bar{x} (seg)	S	$n = (ts/k\bar{x})^2$	Donde:
1 Pesado y agregado de los ingredientes a la mezcladora	60.66	5.99	17	t= Distribución t de Student, con 23 grados de libertad y k= 5%
2 Preparación de la mezcla para 4 sacos	301.61	5.67	1	s=Desviación estándar
3 Preparación del saco que contendrá la mezcla	4.09	0.82	70	k=Error permitido (5%)
4 Llenado del saco con la mezcla	5.26	0.80	40	\bar{x} =Tiempo medio observado
5 Verificación del peso del saco	7.26	0.98	31	50 segundos.
6 Costura y etiquetado de la bolsa	3.96	0.84	76	
7 Entarimado	4.47	0.95	77	

El número necesario de observaciones que se considera es el mayor, en este caso igual a 77. Lo que significa que se observará este número de veces los 7 elementos de la operación.

➤ **Microfórmulas en Jumbos de 368 kg.** Elementos de la operación:

1. Pesado de los ingredientes.

Se pesan cada uno de los ingredientes que irán en la mezcla de acuerdo a lo que indica la formulación, haciendo un peso total de 1600 kg y se colocan a un costado de la mezcladora.

2. Vaciado de los ingredientes en la mezcladora.

Después de haber pesado todos los ingredientes se procede a vaciar los ingredientes dentro de la mezcladora.

3. Preparación de la mezcla.

Se mezclan los ingredientes en una mezcladora con capacidad para 1800 kg.

4. Preparación de tarima y jumbo

Una tarima es colocada sobre la báscula y luego sobre ésta es colocado un jumbo justo bajo la tolva de descarga que tiene la mezcladora.

5. Llenado del jumbo con la mezcla.

Se abre la tolva para que descargue la mezcla al jumbo hasta obtener el peso de 368kg.

6. Traslado de la tarima.

Después de haber sido llenado el jumbo, la tarima es retirada de la báscula utilizando un montacargas manual, colocándolo cerca en el sitio destinado para este fin.

La tabla resumen de los resultados de las 24 observaciones iniciales se presenta a continuación. (Véase resultados detallados en apéndice 2).

Tabla VI. Resultados de las 24 observaciones iniciales para las microfórmulas en jumbos de 368 kg.

Determinación del número necesario de observaciones (n)					
ELEMENTOS	\bar{x} (seg)	s	$n=(ts/k\bar{x})^2$	Donde:	
1 Pesado de los ingredientes	921.46	24.76	1	t=	Distribución t de Student, con
2 Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	353.71	25.26	9		23 grados de libertad y k= 5%
3 Preparación de la mezcla	900.60	1.05	0	s=	Desviación estándar
4 Preparación de tarima y jumbo	17.14	1.63	16	k=	Error permitido (5%)
5 Llenado del Jumbo con la mezcla	151.62	7.33	4	\bar{x} =	Tiempo medio observado, seg.
6 Traslado de tarima	27.82	3.36	25		

El número necesario de observaciones es de 25 veces para los 6 elementos.

➤ **Microfórmulas en sacos de 16 kg (utilizados únicamente para el alimento de camarón).**

Elementos de la operación:

1. Pesado de los ingredientes.

Se pesan cada uno de los ingredientes que irán en la mezcla de acuerdo a lo que indica la formulación, haciendo un peso total de 1600 kg y colocándolos a un costado de la mezcladora.

2. Vaciado de los ingredientes en la mezcladora.

Después de haber pesado todos los ingredientes se procede a vaciar los ingredientes dentro de la mezcladora.

3. Preparación de la mezcla.

Se mezclan los ingredientes en la mezcladora de 1800 kg de capacidad.

4. Preparación del saco que contendrá la mezcla.

Se toma el saco y se coloca bajo la tolva de descarga de la mezcladora.

5. Llenado del saco con la mezcla.

Se llena el saco calculando que contenga los 16 kg requeridos, esto es así porque no se realiza automáticamente, cerrando la tolva cuando se cree que se tiene el peso.

6. Verificación del peso del saco.

Se verifica que el saco tenga 16 kg pesándolo en una báscula, de manera que cuando tiene excedente se le extrae hasta obtener el peso requerido y cuando le falta mezcla pues se le agrega la diferencia hasta obtener los 16 kg.

7. Costura y etiquetado de la bolsa.

Se cose el saco para cerrarlo adhiriéndolo una etiqueta para identificarlo, esto se realiza con la máquina de coser móvil.

8. Entarimado.

Los sacos son colocados en tarimas para facilitar su manejo.

La tabla resumen de los resultados de las 24 observaciones iniciales se presenta a continuación. (Véase resultados detallados en apéndice 3).

Tabla VII. Resultados de las 24 observaciones iniciales para las microfórmulas en jumbos 16 kg.

Determinación del número necesario de observaciones (n)					
ELEMENTOS	\bar{x} (seg)	s	$n=(ts/k\bar{x})^2$	Donde:	
1 Pesado de los ingredientes	963.29	15.14	0	t=	Distribución t de Student, con
2 Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	432.44	13.02	2		23 grados de libertad y k=5%
3 Preparación de la mezcla	900.70	1.06	0	s=	Desviación Estándar
4 Preparación del saco que contendrá la mezcla	5.06	1.22	99	k=	Error permitido (5%)
5 Llenado del saco con la mezcla	6.83	1.01	37	\bar{x} =	Tiempo medio Observado, seg.
6 Verificación del peso del saco	15.17	1.72	22		
7 Costura y etiquetado de la bolsa	4.36	0.64	37		
8 Entarimado	4.06	0.59	37		

El número necesario de observaciones para la operación es de 99 veces para los 8 elementos.

Área de vaciado:

La operación de vaciado se dividió en los elementos siguientes:

1. Preparación del saco.

El operario toma el saco lleno con materia prima (45.4 kg o 100 lb) y lo coloca al borde de la piquera.

2. Apertura del saco.

El operario abre el saco descosándolo en uno de sus lados.

3. Vaciado del saco

Se vacía el saco dentro de la piquera.

4. Retiro del saco.

Se retira el saco vacío colocándolo en orden junto con los otros.

Los resultados de las 24 observaciones iniciales para el área de vaciado se presentan a continuación (Véase resultados detallados en apéndice 4).

Tabla VIII. Resultados de las 24 observaciones iniciales en el área de vaciado.

Determinación del número necesario de observaciones (n)				
ELEMENTOS	\bar{x} (seg)	S	$n=(ts/k\bar{x})^2$	Donde:
1 Preparación del saco	5.83	0.99	50	t= Distribución t de Student, con
2 Apertura del saco	5.61	0.35	7	23 grados de libertad y k= 5%
3 Vaciado del saco	4.96	0.25	4	s= Desviación Estándar
4 Retiro del saco	3.67	0.44	24	k=Error permitido (5%)

El número necesario de observaciones que se considera es el mayor, en este caso igual a 50.
 Lo que significa que se observará éste número de veces los 4 elementos de la operación de vaciado.

Área de ensaque:

La operación de ensaque fue dividida en los elementos siguientes:

1. Preparación del saco

El operario toma y coloca el saco en la tolva que descarga el producto.

2. Llenado del saco

La tolva llena de manera automática el saco de acuerdo al peso que se le indica que descargue.

3. Cosido y etiquetado del saco

El saco lleno se pasa por la máquina de coser para ser sellado, adhiriéndole la etiqueta respectiva.

4. Transporte del saco en banda transportadora

Se transporta cada saco por una banda hasta el punto donde un operario se encarga de tomarlo.

5. Colocación del saco en una tarima

Después de que el operario toma el saco lo coloca en tarimas que después son trasladados a bodega de producto terminado.

Los resultados de las 24 observaciones iniciales para los diferentes productos en el área de ensaque se presentan a continuación (Véase resultados detallados en los apéndices del 5 al 10).

Tabla IX. Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de perro en saco de 45.4 kg (100 lb)

Determinación del número necesario de observaciones (n)				
ELEMENTOS	\bar{x} (seg)	s	$n=(ts/k\bar{x})^2$	Donde:
1 Preparación del saco	5.55	0.99	54	t= Distribución t de Student con
2 Llenado del saco	12.97	2.11	45	23 grados de libertad y k= 5%
3 Costura y etiquetado del saco	10.29	1.16	22	s= Desviación Estándar
4 Transporte del saco	19.34	0.93	4	k=Error permitido (5%)
5 Entarimado del saco	8.42	1.51	55	\bar{x} =Tiempo medio observado en segundos.

El número necesario de observaciones que se considera es el mayor, en este caso igual a 55.

Lo que significa que se observará este número de veces los 5 elementos de la operación de Ensaque del producto.

Tabla X. Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de perro en saco de 29.55 kg (65 lb)

Determinación del número necesario de observaciones (n)				
ELEMENTOS	\bar{x} (seg)	s	$n=(ts/k\bar{x})^2$	Donde:
1 Preparación del saco	5.32	0.91	50	t= Distribución t de Student con
2 Llenado del saco	1.95	0.20	18	23 grados de libertad y k= 5%
3 Costura y etiquetado del saco	8.09	0.45	5	s= Desviación estándar
4 Transporte del saco	20.03	0.74	2	k=Error permitido (5%)
5 Entarimado del saco	7.07	0.65	15	\bar{x} =Tiempo medio observado, seg.

El número necesario de observaciones es de 50 veces para los 5 elementos de la operación de Ensaque del producto.

Tabla XI. Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de pollo en saco de 45.4 kg (100 lb)

Determinación del número necesario de observaciones (n)				
ELEMENTOS	\bar{x} (seg)	s	$n=(ts/k\bar{x})^2$	Donde:
1 Preparación del saco	2.90	0.50	50	t= Distribución t de Student. con
2 Llenado del saco	6.03	0.79	29	23 grados de libertad y k= 5%
3 Costura y etiquetado del saco	10.70	0.34	2	s= Desviación estándar
4 Transporte del saco	16.92	0.31	1	k=Error permitido (5%)
5 Entarimado del saco	6.78	0.64	15	\bar{x} =Tiempo medio observado. seg.

El número necesario de observaciones es de 50 veces para los 5 elementos de la operación de Ensaque del producto.

Tabla XII. Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de camarón en saco de 45.4 kg (100 lb)

Determinación de n (número de observaciones necesarias)					
ELEMENTOS	\bar{x}	(seg)	s	$n=(ts/k\bar{x})^2$	Donde:
1 Preparación del saco	5.68	0.41	9	t= Distribución t de Student. con	
2 Llenado del saco	2.49	0.35	35	23 grados de libertad y k= 5%	
3 Costura y etiquetado del saco	7.65	0.35	4	s= Desviación estándar	
4 Transporte del saco	20.42	0.45	1	k=Error permitido (5%)	
5 Entarimado del saco	6.36	0.53	12	\bar{x} =Tiempo medio observado, seg.	

El número necesario de observaciones es de 35 veces para los 5 elementos de la operación De ensaque del producto.

Tabla XIII. Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de tilapia en saco de 45.4 kg (100 lb)

Determinación de n (número de observaciones necesarias)				
ELEMENTOS	\bar{x} (seg)	s	$n=(ts/k\bar{x})^2$	Donde:
1 Preparación del saco	6.33	0.97	40	t= Distribución t de Student. con
2 Llenado del saco	4.77	0.31	7	23 grados de libertad y k= 5%
3 Costura y etiquetado del saco	10.75	0.50	4	s= Desviación Estándar
4 Transporte del saco	19.80	0.69	2	k=Error permitido (5%)
5 Entarimado del saco	7.22	0.43	6	\bar{x} =Tiempo medio Observado. seg.

El número necesario de observaciones es de 40 veces para los 5 elementos de ensaque Del producto.

Tabla XIV. Resultados de las 24 observaciones iniciales para el alimento de cerdo en saco de 45.4 kg (100 lb)

Determinación de n (número de observaciones necesarias)				
ELEMENTOS	\bar{x} (seg)	s	$n=(ts/k\bar{x})^2$	Donde:
1 Preparación del saco	2.57	0.50	65	t= Distribución t de Student. con
2 Llenado del saco	6.48	1.09	49	23 grados de libertad y k= 5%
3 Costura y etiquetado del saco	10.70	0.51	4	s= Desviación estándar
4 Transporte del saco	17.00	0.77	4	k=Error permitido (5%)
5 Entarimado del saco	7.18	0.77	19	\bar{x} =Tiempo medio observado, seg

El número necesario de observaciones es de 65 veces para los 5 elementos de la operación de ensaque Del producto.

4.2.1.1 Tiempo medio observado

Después de observar las operaciones el número de veces requerido, se promediaron los tiempos de cada elemento para obtener el Tiempo Medio Observado (T.M.O). Los resultados se presentan a continuación:

➔ Área de microfórmulas

Tabla XV. **Tiempo medio observado para la operación de elaboración de microfórmulas en sacos de 50 kg.**

	ELEMENTOS	# De Observaciones (n)	T.M.O (seg)
1	Pesado y agregado de los ingredientes a la mezcladora	77	61.30
2	Preparación de la mezcla para 4 sacos	77	300.50
3	Preparación del saco que contendrá la mezcla	77	3.95
4	Llenado del saco con la mezcla	77	5.05
5	Verificación del peso del saco	77	7.35
6	Costura y etiquetado de la bolsa	77	3.90
7	Entarimado	77	4.80

Tabla XVI. **Tiempo medio observado para la operación de elaboración de microfórmulas en jumbos de 368 kg.**

	ELEMENTOS	# De observaciones (n)	T.M.O (seg)
1	Pesado de los ingredientes	25	925.40
2	Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	25	355.20
3	Preparación de la mezcla	25	900.40
4	Preparación de tarima y jumbo	25	18.10
5	Llenado del Jumbo con la mezcla	25	152.30
6	Traslado de tarima	25	29.20

Tabla XVII. Tiempo medio observado para la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 16 kg. (Utilizado únicamente para el alimento de camarón)

	ELEMENTOS	# De observaciones (n)	T.M.O (seg)
1	Pesado de los ingredientes	99	959.50
2	Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	99	434.20
3	Preparación de la mezcla	99	900.40
4	Preparación del saco que contendrá la mezcla	99	5.10
5	Llenado del saco con la mezcla	99	6.60
6	Verificación del peso del saco	99	14.10
7	Costura y etiquetado de la bolsa	99	4.25
8	Entarimado	99	4.30

➤ **Área de vaciado**

Tabla XVIII. Tiempo medio observado para la operación de vaciado de materia prima de sacos de 45.4 kg (100 lb.)

	ELEMENTOS	# De observaciones (n)	T.M.O (seg)
1	Preparación del saco	50	5.75
2	Apertura del saco	50	5.30
3	Vaciado del saco	50	4.65
4	Retiro del saco	50	3.25

➤ **Área de ensaque**

Tabla XIX. **Tiempo medio observado del alimento para perro, en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).**

	ELEMENTOS	# De observaciones (n)	T.M.O (seg)
1	Preparación del saco	55	5.59
2	Llenado del saco	55	12.85
3	Costura y etiquetado del saco	55	10.33
4	Transporte del saco	55	19.37
5	Entarimado del saco	55	7.9

Tabla XX. **Tiempo medio observado del alimento para perro, en su presentación saco de 29.55 kg (65 lb.)**

	ELEMENTOS	# De observaciones (n)	T.M.O (seg)
1	Preparación del saco	50	5.30
2	Llenado del saco	50	1.98
3	Costura y etiquetado del saco	50	8.25
4	Transporte del saco	50	19.80
5	Entarimado del saco	50	7.12

Tabla XXI. **Tiempo medio observado del alimento para pollo, en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).**

	ELEMENTOS	# De observaciones (n)	T.M.O (seg)
1	Preparación del saco	50	2.98
2	Llenado del saco	50	6.15
3	Costura y etiquetado del saco	50	11.05
4	Transporte del saco	50	17.05
5	Entarimado del saco	50	7.25

Tabla XXII. **Tiempo medio observado del alimento para camarón, en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).**

	ELEMENTOS	# De observaciones (n)	T.M.O (seg)
1	Preparación del saco	35	5.72
2	Llenado del saco	35	2.55
3	Costura y etiquetado del saco	35	7.58
4	Transporte del saco	35	20.30
5	Entarimado del saco	35	6.95

Tabla XXIII. **Tiempo medio observado del alimento para tilapia, en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).**

	ELEMENTOS	# De observaciones (n)	T.M.O (seg)
1	Preparación del saco	40	6.50
2	Llenado del saco	40	4.75
3	Costura y etiquetado del saco	40	10.68
4	Transporte del saco	40	19.45
5	Entarimado del saco	40	7.39

Tabla XXIV. **Tiempo medio observado del alimento para cerdo, en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).**

	ELEMENTOS	# De observaciones (n)	T.M.O (seg)
1	Preparación del saco	65	2.85
2	Llenado del saco	65	6.56
3	Costura y etiquetado del saco	65	10.58
4	Transporte del saco	65	17.27
5	Entarimado del saco	65	7.05

4.2.1.2 Tiempo normal de operaciones

Después de haber obtenido el tiempo medio observado (TMO), se procede al cálculo del Tiempo Normal (TN) y para esto es necesario considerar la calificación que se le asignó al operario (C%) en cada elemento de la operación, de acuerdo a su aptitud durante el estudio.

Para este fin se hizo uso del sistema de calificación de Westinghouse, que considera los factores de habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia, tal como ya se describió, y cuyas tablas (de la I a la IV) se encuentran en el apartado 2.2.2.2.2 del presente trabajo.

El significado de las abreviaturas a utilizar en los cuadros de resultados es el siguiente:

- C = Nomenclatura de la Calificación.
- V.P = Valor Porcentual de la calificación.
- T.M.O = Tiempo Medio Observado
- F.C = %C = Factor de Calificación
- T.N = Tiempo Normal

Sabiendo además que:

$$TN = TMO * C\%$$

Se procede de la siguiente manera:

➤ Área de microfórmulas

Tabla XXV. Factor de calificación para la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 50 kg

FACTORES DEL SISTEMA WESTINGHOUSE	ELEMENTOS													
	1		2		3		4		5		6		7	
	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.
Habilidad	C1	0.06	B2	0.08	D	0.00	C1	0.06	C2	0.03	C2	0.03	B2	0.08
Esfuerzo	B2	0.08	B2	0.08	C1	0.05	C1	0.05	B2	0.08	B1	0.10	B2	0.08
Condiciones	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02
Consistencia	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01
Suma aritmética		0.17		0.19		0.08		0.14		0.14		0.16		0.19
Factor de calificación		1.17		1.19		1.08		1.14		1.14		1.16		1.19

Tabla XXVI. Tiempo normal de la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 50 kg

Elementos	T.M.O (seg)	F.C	T.N. (seg)
1 Pesado y agregado de los ingredientes a la mezcladora	61.30	1.17	71.72
2 Preparación de la mezcla para 4 sacos	300.50	1.19	357.60
3 Preparación del saco que contendrá la mezcla	3.95	1.08	4.27
4 Llenado del saco con la mezcla	5.05	1.14	5.76
5 Verificación del peso del saco	7.35	1.14	8.38
6 Costura y etiquetado de la bolsa	3.90	1.16	4.52
7 Entarimado	4.80	1.19	5.71

Tabla XXVII. Factor de calificación para la operación de elaboración de microfórmulas, en jumbos de 368 kg

FACTORES DEL SISTEMA WESTINGHOUSE	ELEMENTOS											
	1		2		3		4		5		6	
	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.
Habilidad	B2	0.08	B1	0.11	A2	0.13	C1	0.06	C2	0.03	C2	0.03
Esfuerzo	B2	0.08	B2	0.08	B2	0.08	D	0.00	D	0.00	C2	0.02
Condiciones	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02
Consistencia	D	0.00	D	0.00	D	0.00	D	0.00	D	0.00	D	0.00
Suma aritmética		0.18		0.21		0.23		0.08		0.05		0.07
Factor de calificación		1.18		1.21		1.23		1.08		1.05		1.07

Tabla XXVIII. Tiempo normal de la operación de elaboración de microfórmulas, en jumbos de 368 kg.

	Elementos	T.M.O (seg)	F.C	T.N. (seg)
1	Pesado de los ingredientes	925.00	1.18	1091.97
2	Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	355.00	1.21	429.79
3	Preparación de la mezcla	900.00	1.23	1107.49
4	Preparación de tarima y jumbo	18.10	1.08	19.55
5	Llenado del jumbo con la mezcla	152.00	1.05	159.92
6	Traslado de tarima	29.20	1.07	31.24

Tabla XXIX. Factor de calificación para la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 16 kg

FACTORES DEL SISTEMA WESTINGHOUSE	ELEMENTOS															
	1		2		3		4		5		6		7		8	
	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.
Habilidad	B2	0.08	B1	0.11	A2	0.13	C1	0.06	C2	0.03	C2	0.03	C1	0.06	C2	0.03
Esfuerzo	B2	0.08	B2	0.08	B2	0.08	D	0.00	C2	0.02	C2	0.02	C1	0.05	C2	0.02
Condiciones	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02
Consistencia	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01
Suma aritmética		0.19		0.22		0.24		0.09		0.08		0.08		0.14		0.08
Factor de calificación		1.19		1.22		1.24		1.09		1.08		1.08		1.14		1.08

Tabla XXX. Tiempo Normal de la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 16 kg

	Elementos	T.M.O (seg)	F.C	T.N. (seg)
1	Pesado de los ingredientes	959.50	1.19	1141.81
2	Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	434.20	1.22	529.72
3	Preparación de la mezcla	900.40	1.24	1116.50
4	Preparación del saco que contendrá la mezcla	5.10	1.09	5.56
5	Llenado del saco con la mezcla	6.60	1.08	7.13
6	Verificación del peso del saco	14.10	1.08	15.23
7	Costura y etiquetado de la bolsa	4.25	1.14	4.85
8	Entarimado	4.30	1.08	4.64

➤ Área de vaciado

Tabla XXXI. **Factor de calificación para la operación de vaciado de materia prima de sacos de 45.4 kg (100 lb).**

FACTORES DEL SISTEMA WESTINGHOUSE	ELEMENTOS							
	1		2		3		4	
	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.
Habilidad	C1	0.06	C1	0.06	C1	0.06	C1	0.06
Esfuerzo	C2	0.02	C2	0.02	C2	0.02	C2	0.02
Condiciones	D	0.00	D	0.00	D	0.00	D	0.00
Consistencia	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01
Suma aritmética		0.09		0.09		0.09		0.09
Factor de calificación		1.09		1.09		1.09		1.09

Tabla XXXII. **Tiempo normal de la operación de vaciado de materia prima de sacos de 45.4 kg (100 lb).**

	ELEMENTOS	T.M.O (seg)	F.C	T.N. (seg)
1	Preparación del saco	5.75	1.09	6.27
2	Apertura del saco	5.30	1.09	5.78
3	Vaciado del saco	4.65	1.09	5.07
4	Retiro del saco	3.25	1.09	3.54

➤ Área de ensaque

Tabla XXXIII. Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 45.4 kg (100 lb).

FACTORES DEL SISTEMA WESTINGHOUSE	ELEMENTOS									
	1		2		3		4		5	
	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.
Habilidad	C1	0.06	C1	0.06	B2	0.08	D	0.00	B2	0.08
Esfuerzo	C2	0.02	D	0.00	C1	0.05	D	0.00	C1	0.05
Condiciones	B	0.04	B	0.04	B	0.04	B	0.04	B	0.04
Consistencia	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01
Suma aritmética		0.13		0.11		0.18		0.05		0.18
Factor de calificación		1.13		1.11		1.18		1.05		1.18

Tabla XXXIV. Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 45.4 kg (100 lb).

	Elementos	T.M.O (seg)	F.C	T.N. (seg)
1	Preparación del saco	5.59	1.13	6.32
2	Llenado del saco	12.85	1.11	14.26
3	Costura y etiquetado del saco	10.33	1.18	12.19
4	Transporte del saco	19.37	1.05	20.34
5	Entarimado del saco	7.90	1.18	9.32

Tabla XXXV. Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 29.55 kg (65 lb.)

FACTORES DEL SISTEMA WESTINGHOUSE	ELEMENTOS									
	1		2		3		4		5	
	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.
Habilidad	C1	0.06	B2	0.08	B2	0.08	D	0.00	B2	0.08
Esfuerzo	C1	0.05	C2	0.02	C1	0.05	D	0.00	B2	0.08
Condiciones	B	0.04	B	0.04	B	0.04	B	0.04	B	0.04
Consistencia	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01
Suma aritmética		0.16		0.15		0.18		0.05		0.21
Factor de calificación		1.16		1.15		1.18		1.05		1.21

Tabla XXXVI. Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 29.55 kg (65 lb.)

	Elementos	T.M.O (seg)	F.C	T.N. (seg)
1	Preparación del saco	5.30	1.16	6.15
2	Llenado del saco	1.98	1.15	2.28
3	Costura y etiquetado del saco	8.25	1.18	9.74
4	Transporte del saco	19.80	1.05	20.79
5	Entarimado del saco	7.12	1.21	8.62

Tabla XXXVII. Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para pollo, en sacos de 45.4 kg (100 lb).

FACTORES DEL SISTEMA WESTINGHOUSE	ELEMENTOS									
	1		2		3		4		5	
	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.
Habilidad	B2	0.08	B2	0.08	B2	0.08	D	0.00	B2	0.08
Esfuerzo	B2	0.08	B2	0.08	B2	0.08	D	0.00	B2	0.08
Condiciones	B	0.04	B	0.04	B	0.04	B	0.04	B	0.04
Consistencia	B	0.03	B	0.03	B	0.03	B	0.03	B	0.03
Suma aritmética		0.23		0.23		0.23		0.07		0.23
Factor de calificación		1.23		1.23		1.23		1.07		1.23

Tabla XXXVIII. Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para pollo, en sacos de 45.4 kg (100 lb).

	Elementos	T.M.O (seg)	F.C	T.N. (seg)
1	Preparación del saco	2.98	1.23	3.67
2	Llenado del saco	6.15	1.23	7.56
3	Costura y etiquetado del saco	11.05	1.23	13.59
4	Transporte del saco	17.05	1.07	18.24
5	Entarimado del saco	7.25	1.23	8.92

Tabla XXXIX. Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para camarón, en sacos de 45.4 kg (100 lb).

FACTORES DEL SISTEMA WESTINGHOUSE	ELEMENTOS									
	1		2		3		4		5	
	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.
Habilidad	B2	0.08	B2	0.08	C1	0.06	D	0.00	C1	0.06
Esfuerzo	B2	0.08	B2	0.08	C1	0.05	D	0.00	C1	0.05
Condiciones	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02
Consistencia	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01
Suma aritmética		0.19		0.19		0.14		0.03		0.14
Factor de calificación		1.19		1.19		1.14		1.03		1.14

Tabla XL. Tiempo Normal de la operación de ensaque del alimento para camarón, en sacos de 45.4 kg (100 lb).

	Elementos	T.M.O (seg)	F.C	T.N. (seg)
1	Preparación del saco	5.72	1.19	6.81
2	Llenado del saco	2.55	1.19	3.03
3	Costura y etiquetado del saco	7.58	1.14	8.64
4	Transporte del saco	20.30	1.03	20.91
5	Entarimado del saco	6.95	1.14	7.92

Tabla XLI. **Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para tilapia, en sacos de 45.4 kg (100 lb).**

FACTORES DEL SISTEMA WESTINGHOUSE	ELEMENTOS									
	1		2		3		4		5	
	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.
Habilidad	C1	0.06	C1	0.06	C1	0.06	D	0.00	C1	0.06
Esfuerzo	C1	0.05	C2	0.02	C2	0.02	D	0.00	C1	0.05
Condiciones	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02	C	0.02
Consistencia	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01	C	0.01
Suma aritmética		0.14		0.11		0.11		0.03		0.14
Factor de calificación		1.14		1.11		1.11		1.03		1.14

Tabla XLII. **Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para tilapia, en sacos de 45.4 kg (100 lb).**

	Elementos	T.M.O (seg)	F.C	T.N. (seg)
1	Preparación del saco	6.50	1.14	7.41
2	Llenado del saco	4.75	1.11	5.27
3	Costura y etiquetado del saco	10.68	1.11	11.85
4	Transporte del saco	19.45	1.03	20.03
5	Entarimado del saco	7.39	1.14	8.42

Tabla XLIII. **Factor de calificación para la operación de ensaque del alimento para cerdo, en sacos de 45.4 kg (100 lb).**

FACTORES DEL SISTEMA WESTINGHOUSE	ELEMENTOS									
	1		2		3		4		5	
	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.	C	V.P.
Habilidad	B2	0.08	B2	0.08	B2	0.08	D	0.00	C1	0.06
Esfuerzo	B2	0.08	B2	0.08	B2	0.08	D	0.00	C1	0.05
Condiciones	B	0.04	B	0.04	B	0.04	B	0.04	B	0.04
Consistencia	B	0.03	B	0.03	B	0.03	B	0.03	B	0.03
Suma aritmética		0.23		0.23		0.23		0.07		0.18
Factor de calificación		1.23		1.23		1.23		1.07		1.18

Tabla XLIV. **Tiempo normal de la operación de ensaque del alimento para cerdo, en sacos de 45.4 kg (100 lb).**

	Elementos	T.M.O (seg)	F.C	T.N. (seg)
1	Preparación del saco	2.85	1.23	3.51
2	Llenado del saco	6.56	1.23	8.07
3	Costura y etiquetado del saco	10.58	1.23	13.01
4	Transporte del saco	17.27	1.07	18.48
5	Entarimado del saco	7.05	1.18	8.32

4.2.1.3 Tiempo estándar de operaciones

Hasta este punto los cálculos realizados han sido para determinar el tiempo estándar de operaciones (TS), que es el tiempo requerido por un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a paso normal y realizando un esfuerzo promedio para ejecutar la operación. Para su determinación se procede a sumarle al Tiempo Normal (TN) ya calculado, un porcentaje de suplementos, los que resultan de las muchas interrupciones y demoras en la operación.

Se considerara el suplemento total de la siguiente manera de acuerdo a los apartados 2.2.2.3.1 y 2.2.2.3.2 del presente trabajo:

Necesidades personales:	5 %
Fatiga básica	4 %
Demora Inevitable	<u>1 %</u>
	10%

Quedando el cálculo del tiempo estándar (TS) de la siguiente forma:

$$TS = TN * (1 + 10\%)$$

Factor de Suplemento
(F.Sp.)

Los resultados del tiempo estándar (en segundos) se presentan a continuación.

➤ Área de Microfórmulas

Tabla XLV. Tiempo estándar de la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 50 kg

	Elementos	T.M.O	F.C.	T.N.	F.Sp.	T.S.
1	Pesado y agregado de los ingredientes a la mezcladora	61.30	1.17	71.72	1.10	78.89
2	Preparación de la mezcla para 4 sacos	300.50	1.19	357.60	1.10	393.35
3	Preparación del saco que contendrá la mezcla	3.95	1.08	4.27	1.10	4.69
4	Llenado del saco con la mezcla	5.05	1.14	5.76	1.10	6.33
5	Verificación del peso del saco	7.35	1.14	8.38	1.10	9.22
6	Costura y etiquetado de la bolsa	3.90	1.16	4.52	1.10	4.98
7	Entarimado	4.80	1.19	5.71	1.10	6.28

Tabla XLVI. Tiempo estándar de la operación de elaboración de microfórmulas, en jumbos de 368 kg.

	Elementos	T.M.O	F.C	T.N.	F.Sp.	T.S.
1	Pesado de los ingredientes	925.00	1.18	1091.97	1.10	1201.17
2	Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	355.00	1.21	429.79	1.10	472.77
3	Preparación de la mezcla	900.00	1.23	1107.49	1.10	1218.24
4	Preparación de tarima y jumbo	18.10	1.08	19.55	1.10	21.50
5	Llenado del Jumbo con la mezcla	152.00	1.05	159.92	1.10	175.91
6	Traslado de tarima	29.20	1.07	31.24	1.10	34.37

Tabla XLVII. Tiempo estándar de la operación de elaboración de microfórmulas, en sacos de 16 kg

	Elementos	T.M.O	F.C	T.N.	F.Sp.	T.S.
1	Pesado de los ingredientes	959.50	1.19	1141.81	1.10	1255.99
2	Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	434.20	1.22	529.72	1.10	582.70
3	Preparación de la mezcla	900.40	1.24	1116.50	1.10	1228.15
4	Preparación del saco que contendrá la mezcla	5.10	1.09	5.56	1.10	6.11
5	Llenado del saco con la mezcla	6.60	1.08	7.13	1.10	7.84
6	Verificación del peso del saco	14.10	1.08	15.23	1.10	16.75
7	Costura y etiquetado de la bolsa	4.25	1.14	4.85	1.10	5.33
8	Entarimado	4.30	1.08	4.64	1.10	5.11

➤ Área de vaciado

Tabla XLVIII. **Tiempo estándar de la operación de vaciado de materia prima de sacos de 45.4 kg (100 lb).**

	ELEMENTOS	T.M.O	F.C	T.N.	F.Sp.	T.S.
1	Preparación del saco	5.75	1.09	6.27	1.10	6.89
2	Apertura del saco	5.30	1.09	5.78	1.10	6.35
3	Vaciado del saco	4.65	1.09	5.07	1.10	5.58
4	Retiro del saco	3.25	1.09	3.54	1.10	3.90

➤ Área de ensaque

Tabla XLIX. **Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 45.4 kg (100 lb).**

	Elementos	T.M.O	F.C	T.N.	F.Sp.	T.S.
1	Preparación del saco	5.59	1.13	6.32	1.10	6.95
2	Llenado del saco	12.85	1.11	14.26	1.10	15.69
3	Costura y etiquetado del saco	10.33	1.18	12.19	1.10	13.41
4	Transporte del saco	19.37	1.05	20.34	1.10	22.37
5	Entarimado del saco	7.90	1.18	9.32	1.10	10.25

Tabla L. **Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para perro, en sacos de 29.55 kg (65 lb.)**

	Elementos	T.M.O	F.C	T.N.	F.Sp.	T.S.
1	Preparación del saco	5.30	1.16	6.15	1.10	6.76
2	Llenado del saco	1.98	1.15	2.28	1.10	2.50
3	Costura y etiquetado del saco	8.25	1.18	9.74	1.10	10.71
4	Transporte del saco	19.80	1.05	20.79	1.10	22.87
5	Entarimado del saco	7.12	1.21	8.62	1.10	9.48

Tabla LI. Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para pollo, en sacos de 45.4 kg (100 lb).

	Elementos	T.M.O	F.C	T.N.	F.Sp.	T.S.
1	Preparación del saco	2.98	1.23	3.67	1.10	4.03
2	Llenado del saco	6.15	1.23	7.56	1.10	8.32
3	Costura y etiquetado del saco	11.05	1.23	13.59	1.10	14.95
4	Transporte del saco	17.05	1.07	18.24	1.10	20.07
5	Entarimado del saco	7.25	1.23	8.92	1.10	9.81

Tabla LII. Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para camarón, en sacos de 45.4 kg (100 lb).

	Elementos	T.M.O	F.C	T.N.	F.Sp.	T.S.
1	Preparación del saco	5.72	1.19	6.81	1.10	7.49
2	Llenado del saco	2.55	1.19	3.03	1.10	3.34
3	Costura y etiquetado del saco	7.58	1.14	8.64	1.10	9.51
4	Transporte del saco	20.30	1.03	20.91	1.10	23.00
5	Entarimado del saco	6.95	1.14	7.92	1.10	8.72

Tabla LIII. Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para tilapia, en sacos de 45.4 kg (100 lb).

	Elementos	T.M.O	F.C	T.N.	F.Sp.	T.S.
1	Preparación del saco	6.50	1.14	7.41	1.10	8.15
2	Llenado del saco	4.75	1.11	5.27	1.10	5.80
3	Costura y etiquetado del saco	10.68	1.11	11.85	1.10	13.04
4	Transporte del saco	19.45	1.03	20.03	1.10	22.04
5	Entarimado del saco	7.39	1.14	8.42	1.10	9.27

Tabla LIV. Tiempo estándar de la operación de ensaque del alimento para cerdo, en sacos de 45.4 kg (100 lb).

	Elementos	T.M.O	F.C	T.N.	F.Sp.	T.S.
1	Preparación del saco	2.85	1.23	3.51	1.10	3.86
2	Llenado del saco	6.56	1.23	8.07	1.10	8.88
3	Costura y etiquetado del saco	10.58	1.23	13.01	1.10	14.31
4	Transporte del saco	17.27	1.07	18.48	1.10	20.33
5	Entarimado del saco	7.05	1.18	8.32	1.10	9.15

4.3 Estandarización de tiempos de operación de las máquinas

Las máquinas son las que más participación tienen en el proceso de producción, se procede a estandarizar el tiempo que operan. Para esto se considera el tiempo que utilizan para procesar un *batch* de alimento, el cual está compuesto por 5000 kg. Los equipos considerados son los siguientes:

- ✓ Báscula de dosificación
- ✓ Molino
- ✓ Mezcladora
- ✓ Prensa de pollo y cerdo
- ✓ Prensa de camarón 1
- ✓ Prensa de camarón 2
- ✓ Prensa de camarón 3
- ✓ Extrusora de alimento para perro y tilapia

Se ha mencionado prensa de pollo y cerdo, pues es una sola prensa la que se utiliza para ambos alimentos, al igual que la extrusora que es utilizada para el alimento de perro y tilapia. Por otro lado, para el alimento de camarón se tienen 3 prensas, aunque de menor capacidad que la de pollo.

Es importante mencionar que las prensas y la extrusora se mantienen en operación constante en una jornada de trabajo, a menos que tengan un paro imprevisto como lo es el fallo del equipo..

Por ello es difícil identificar la participación (en cuanto a tiempo) que tienen específicamente en un *batch* de producción, y más bien se podría identificar el tiempo que operan en una jornada de trabajo mediante un muestreo de trabajo, lo cual se aplicará para éstos equipos poco más adelante. Pero a fin de especificar tiempos en base a un *batch* de producción, se considerará la capacidad de producción por hora que tienen éstos equipos y se hará el cálculo para un *batch* de producción de 5,000 kg.

Para el resto de equipos sí es posible determinar el tiempo de operación por cada *batch* y para la estandarización del mismo se hace uso de la Inferencia estadística a través de la estimación por intervalo, con el cual se pretende conocer el valor de un parámetro a través de los datos de una muestra. Este parámetro será pues el tiempo que operan los equipos en un *batch* de producción.

La estandarización de estos tiempos no procede como se hizo en las operaciones del área de microfórmulas, vaciado y ensaque, puesto que a las máquinas no se les puede asignar una calificación y suplementos, como se hace con los operadores, al considerar su aptitud y recesos varios que toman al laborar.

La estimación por intervalo hace uso de la estimación puntual y una desviación de la siguiente manera:

$$\text{Estimación por Intervalo} = \bar{X} \pm \text{desviación}$$

Siendo \bar{X} igual al promedio del tiempo de operación de los equipos observados durante el estudio y la desviación:

$$\text{Desviación} = \frac{Z (\text{de } \alpha/2) * S}{\sqrt{n}}$$

Donde:

Z=Valor correspondiente a $\alpha/2$, según tabla de distribución acumulativa normal estándar y al nivel de confianza dado al estudio,

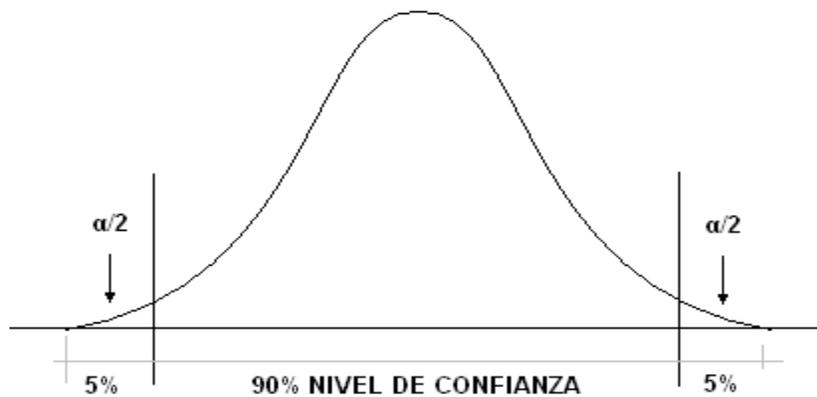
n=Número de observaciones, y

S=Desviación estándar de las observaciones

El nivel de confianza en un estudio puede ser de 85%, 90%, 95%, 98% u otros según se requiera, pero para efectos industriales se aconseja utilizar un nivel de confianza de 95%.

Como ejemplo de la determinación de un valor de Z podemos mencionar un nivel de confianza de 90%. Obsérvese la figura 6.

Figura 6. **Nivel de confianza de 90% en una curva normal estándar**



El área bajo la curva es igual a 1, por lo que la significancia (α) sería:

$\alpha = 1 - \text{Nivel de confianza}$

$\alpha = 1 - 0.90 = 0.1$

Y por lo tanto $\alpha/2 = 0.05$

$\alpha/2$ es un valor de probabilidad de la incerteza que se tendrá en el estudio y haciendo uso de la tabla de distribución acumulativa normal estándar tenemos:

Tabla LV. **Valores de Z para tres valores de probabilidad distintos**

Z	Probabilidad
-1.65	0.0494715
-1.64	0.0505026
-1.63	0.0515507

El valor de Z según la tabla LV, sería por aproximación igual al valor absoluto de -1.64, es decir igual a 1.64, valor que también puede dar como resultado al buscar el valor de Z para una probabilidad de 0.95.

Otros valores de Z para distintos niveles de confianza son dados a continuación en la tabla LVI.

Tabla LVI. **Valores de Z para niveles de confianza variados**

Nivel de Confianza	Z para $\alpha/2$
90%	1.64
95%	1.96
98%	2.33
99%	2.57

Lo anterior se aplica fácilmente cuando se han hecho las observaciones y se procede al cálculo del promedio y desviación estándar de los datos y considerando por supuesto el nivel de significancia. Pero para el presente estudio se necesita determinar el número correcto de observaciones a realizar, y para ello se considera lo siguiente:

El nivel de confianza utilizado es de 95%, por lo que Z para $\alpha/2$ es igual a 1.96 y la desviación permitida para el presente estudio es de ± 2 segundos en el tiempo de operación de los equipos, tenemos entonces que:

$$\text{Desviación permitida} = \frac{Z(\text{de } \alpha/2) * S}{\sqrt{n}} = 2 \text{ (segundos)}$$

Despejando para el número de observaciones obtenemos:

$$n = \left(\frac{Z * S}{\text{desviación}} \right)^2$$

Es decir:

$$n = \left(\frac{1.96 * S}{2} \right)^2$$

Sustituyendo los datos se observa que hace falta la desviación estándar, por lo que se procede a realizar 30 observaciones iniciales para poder determinarlo.

Los resultados de las observaciones iniciales son presentados a continuación, recordando que S= desviación estándar y n= número de observaciones.

➤ **Báscula de dosificación**

Tabla LVII. Datos de las observaciones iniciales de la operación de la báscula de dosificación para un *batch* de alimento de pollo

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	280	11	272	21	282
2	282	12	282	22	283
3	279	13	277	23	275
4	284	14	285	24	288
5	289	15	272	25	278
6	276	16	269	26	271
7	288	17	289	27	283
8	278	18	272	28	278
9	272	19	266	29	281
10	281	20	279	30	275

S =	6.07
-----	------

n =	35
-----	----

Tabla LVIII. Datos de las observaciones iniciales de la operación de la báscula de dosificación para un *batch* de alimento de cerdo

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	318	11	326	21	326
2	322	12	309	22	316
3	314	13	312	23	321
4	323	14	326	24	324
5	309	15	319	25	327
6	324	16	332	26	323
7	326	17	323	27	309
8	319	18	324	28	312
9	332	19	332	29	314
10	320	20	313	30	313

S =	6.91
-----	------

n =	46
-----	----

Tabla LIX. **Datos de las observaciones iniciales de la operación de la báscula de dosificación para un *batch* de alimento de camarón**

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	205	11	216	21	213
2	209	12	209	22	219
3	212	13	203	23	208
4	206	14	218	24	212
5	221	15	204	25	217
6	206	16	202	26	205
7	212	17	209	27	207
8	209	18	216	28	200
9	218	19	211	29	202
10	205	20	211	30	212

S =	5.62
-----	------

n=	30
----	----

Tabla LX. **Datos de las observaciones iniciales de la operación de la báscula de dosificación para un *batch* de alimento de perro**

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	325	11	332	21	321
2	332	12	337	22	328
3	321	13	314	23	324
4	323	14	321	24	328
5	324	15	336	25	329
6	334	16	331	26	336
7	316	17	338	27	323
8	325	18	319	28	329
9	332	19	324	29	331
10	328	20	317	30	321

S =	6.46
-----	------

n=	40
----	----

Tabla LXI. Datos de las observaciones iniciales de la operación de la báscula de dosificación para un *batch* de alimento de tilapia

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	345	11	343	21	358
2	359	12	349	22	341
3	352	13	336	23	332
4	348	14	354	24	353
5	353	15	349	25	357
6	348	16	356	26	341
7	335	17	348	27	349
8	347	18	333	28	336
9	342	19	346	29	352
10	348	20	353	30	357

S =	7.64
-----	------

n =	56
-----	----

➤ Molino

Tabla LXII. Datos de las observaciones iniciales de la operación del molino para un *batch* de alimento de pollo

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	441	11	412	21	432
2	397	12	440	22	425
3	425	13	417	23	418
4	445	14	433	24	449
5	409	15	397	25	433
6	418	16	425	26	415
7	402	17	419	27	399
8	426	18	408	28	432
9	412	19	417	29	440
10	438	20	398	30	378

S =	16.90
-----	-------

n =	274
-----	-----

Tabla LXIII. Datos de las observaciones iniciales de la operación del molino para un *batch* de alimento de cerdo

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	296	11	303	21	288
2	312	12	291	22	276
3	302	13	275	23	315
4	278	14	285	24	296
5	277	15	288	25	291
6	285	16	294	26	248
7	309	17	276	27	290
8	292	18	309	28	301
9	276	19	304	29	277
10	292	20	298	30	302

S =	14.22
-----	-------

n=	194
----	-----

Tabla LXIV. Datos de las observaciones iniciales de la operación del molino para un *batch* de alimento de camarón

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	277	11	261	21	279
2	275	12	275	22	265
3	266	13	273	23	266
4	265	14	267	24	277
5	268	15	275	25	267
6	278	16	268	26	278
7	269	17	272	27	271
8	277	18	267	28	263
9	268	19	272	29	269
10	263	20	275	30	267

S =	5.18
-----	------

n=	26
----	----

Tabla LXV. Datos de las observaciones iniciales de la operación del molino para un *batch* de alimento de perro

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	385	11	369	21	381
2	372	12	389	22	386
3	383	13	400	23	379
4	372	14	398	24	398
5	384	15	375	25	383
6	379	16	389	26	388
7	370	17	388	27	401
8	374	18	383	28	392
9	384	19	396	29	389
10	373	20	398	30	385

S =	9.30
-----	------

n =	83
-----	----

Tabla LXVI. Datos de las observaciones iniciales de la operación del molino para un *batch* de alimento de tilapia

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	394	11	387	21	383
2	398	12	393	22	397
3	383	13	388	23	390
4	401	14	393	24	389
5	412	15	398	25	385
6	418	16	387	26	392
7	402	17	391	27	382
8	383	18	381	28	379
9	399	19	402	29	401
10	402	20	379	30	387

S =	9.54
-----	------

n =	87
-----	----

➤ Mezcladora

Tabla LXVII. **Datos de las observaciones iniciales de la operación de la mezcladora para un *batch* de cualquier alimento**

Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)	Observaciones	Tiempo (seg)
1	242	11	240	21	240
2	243	12	240	22	242
3	240	13	242	23	242
4	241	14	240	24	241
5	241	15	243	25	240
6	243	16	242	26	241
7	242	17	241	27	242
8	240	18	241	28	241
9	241	19	241	29	243
10	242	20	240	30	241

S =	1.01
-----	------

n =	1
-----	---

Ahora con respecto a las prensas y la extrusora, como se dijo anteriormente se considerará la capacidad de éstas para calcular el tiempo que requieren de operación para un *batch* de producción. El procedimiento efectuado fue el siguiente:

Se tomaron 30 muestras (cantidad igual al número de observaciones de los equipos considerados anteriormente) de manera aleatoria del flujo en peso de harina en las prensas y extrusora, para determinar el tiempo que tardarían en procesar 5000 kg de harina que es lo que contiene un *batch*.

Las tomas en las tres prensas de camarón y la extrusora se hicieron capturando el flujo de harina que en ellas pasaba, por un tiempo de cinco segundos, pesando luego la cantidad de harina capturada y registrando los datos. Lo mismo se hizo con la prensa utilizada para el alimento de pollo y cerdo, con la diferencia de que el tiempo utilizado en la captura fue de un segundo, esto debido a que ésta prensa tiene una capacidad de operación mucho mayor a las de camarón, incluso si las de éstas se sumaran, por lo que para evitar sacar de producción gran cantidad de harina en cada toma y reducir el trabajo de volver a colocarla en la tolva de alimentación de la prensa, se consideró apto el tiempo de 1 segundo.

Por otra parte, se consideró para estos equipos una desviación permitida de ± 10 segundos, puesto que se pierde precisión en el cálculo del tiempo de operación al relacionarlo con el flujo de harina, el cual es muy fluctuante dado a las variaciones de carga de los equipos. Y si se permitiera una desviación de ± 2 segundos como se hizo con los primeros equipos, se requeriría de un número de observaciones demasiado grande, lo cual no es recomendable pues hace que el estudio se vuelva muy prolongado y costoso económicamente, además de requerir de un mayor grupo de trabajo.

Con ésta nueva desviación permitida, el cálculo de las observaciones necesarias para las prensas y extrusora queda de la siguiente manera:

$$n = \left(\frac{1.96 * S}{10} \right)^2$$

Los resultados de las tomas efectuadas, se presentan a continuación, recordando nuevamente que un *batch* contiene 5,000 kg de alimento.

Tabla LXVIII. Datos de la prensa de camarón 1

#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch	#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch	#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch
1	8.81	1.76	2838	11	9.22	1.84	2711	21	8.64	1.73	2894
2	8.76	1.75	2854	12	9.01	1.80	2775	22	8.71	1.74	2870
3	8.56	1.71	2921	13	8.58	1.72	2914	23	8.55	1.71	2924
4	9.14	1.83	2735	14	8.99	1.80	2781	24	8.68	1.74	2880
5	8.62	1.72	2900	15	8.83	1.77	2831	25	8.87	1.77	2818
6	8.58	1.72	2914	16	8.52	1.70	2934	26	8.98	1.80	2784
7	9.29	1.86	2691	17	8.64	1.73	2894	27	9.15	1.83	2732
8	8.56	1.71	2921	18	8.77	1.75	2851	28	8.66	1.73	2887
9	8.66	1.73	2887	19	8.98	1.80	2784	29	9.12	1.82	2741
10	8.64	1.73	2894	20	8.59	1.72	2910	30	8.73	1.75	2864

S= 71.87

n= 198

Tabla LXIX. Datos de la prensa de camarón 2

#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch	#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch	#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch
1	8.95	1.79	2793	11	8.83	1.77	2831	21	8.65	1.73	2890
2	8.72	1.74	2867	12	9.14	1.83	2735	22	8.76	1.75	2854
3	8.56	1.71	2921	13	8.87	1.77	2818	23	9.48	1.90	2637
4	8.64	1.73	2894	14	8.55	1.71	2924	24	8.67	1.73	2884
5	9.18	1.84	2723	15	8.66	1.73	2887	25	8.84	1.77	2828
6	8.92	1.78	2803	16	9.23	1.85	2709	26	8.65	1.73	2890
7	9.16	1.83	2729	17	9.12	1.82	2741	27	8.96	1.79	2790
8	8.78	1.76	2847	18	9.02	1.80	2772	28	8.74	1.75	2860
9	9.21	1.84	2714	19	9.44	1.89	2648	29	8.65	1.73	2890
10	9.32	1.86	2682	20	8.54	1.71	2927	30	9.18	1.84	2723

S= 85.52

n= 281

Tabla LXX. Datos de la prensa de camarón 3

#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch	#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch	#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch
1	4.51	0.90	5543	11	4.66	0.93	5365	21	4.62	0.92	5411
2	4.62	0.92	5411	12	4.51	0.90	5543	22	4.52	0.90	5531
3	4.43	0.89	5643	13	4.63	0.93	5400	23	4.59	0.92	5447
4	4.52	0.90	5531	14	4.79	0.96	5219	24	4.64	0.93	5388
5	4.71	0.94	5308	15	4.62	0.92	5411	25	4.46	0.89	5605
6	4.61	0.92	5423	16	4.72	0.94	5297	26	4.62	0.92	5411
7	4.63	0.93	5400	17	4.65	0.93	5376	27	4.59	0.92	5447
8	4.70	0.94	5319	18	4.63	0.93	5400	28	4.62	0.92	5411
9	4.51	0.90	5543	19	4.57	0.91	5470	29	4.51	0.90	5543
10	4.63	0.93	5400	20	4.45	0.89	5618	30	4.55	0.91	5495

S= 99.64

n= 381

Tabla LXXI. Datos de la prensa utilizada para el alimento de pollo y cerdo

#	kg/sg	sg/batch	#	kg/sg	sg/batch	#	kg/sg	sg/batch
1	8.85	565	11	8.35	599	21	10.12	494
2	8.21	609	12	9.63	519	22	9.41	531
3	10.32	484	13	7.26	689	23	9.06	552
4	8.43	593	14	8.46	591	24	8.64	579
5	9.96	502	15	9.16	546	25	9.85	508
6	9.18	545	16	9.25	541	26	8.65	578
7	8.35	599	17	8.38	597	27	8.02	623
8	9.45	529	18	9.85	508	28	8.83	566
9	8.44	592	19	8.74	572	29	8.54	585
10	8.68	576	20	8.35	599	30	8.06	620

S= 45

n= 79

Tabla LXXII. Datos de la extrusora utilizada para el alimento de perro y tilapia

#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch	#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch	#	kg/5sg	kg/sg	sg/batch
1	4.93	0.99	5071	11	5.02	1.00	4980	21	5.02	1.00	4980
2	4.82	0.96	5187	12	4.89	0.98	5112	22	4.98	1.00	5020
3	5.06	1.01	4941	13	4.98	1.00	5020	23	4.91	0.98	5092
4	4.97	0.99	5030	14	5.03	1.01	4970	24	5.03	1.01	4970
5	5.14	1.03	4864	15	4.91	0.98	5092	25	5.12	1.02	4883
6	4.91	0.98	5092	16	5.21	1.04	4798	26	5.02	1.00	4980
7	5.08	1.02	4921	17	4.89	0.98	5112	27	4.89	0.98	5112
8	5.19	1.04	4817	18	5.17	1.03	4836	28	5.12	1.02	4883
9	4.98	1.00	5020	19	4.89	0.98	5112	29	5.11	1.02	4892
10	5.07	1.01	4931	20	5.08	1.02	4921	30	5.03	1.01	4970

S= 101.04

n= 392

➔ **Tiempos estándares**

Después de haber realizado el número indicado de observaciones (n) en cada equipo, se obtuvieron los resultados de tiempos estándares. Recordando que se utilizó un nivel de confianza de 95%, y una desviación permitida de 2 segundos para la báscula de dosificación, molino y mezcladora, y 10 segundos para las prensas y extrusoras, El cálculo se realiza de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo estándar} = \bar{x} \pm \text{desviación permitida}$$

Donde \bar{x} = Promedio del tiempo registrado en las observaciones.

Los resultados son mostrados a continuación:

Tabla LXXIII. Tiempos estándares de los equipos

MAQUINA O EQUIPO	OPERACIÓN	Observaciones realizadas	Tiempo Estándar (segundos)	DESVIACION
Báscula de dosificación	Peso de los ingredientes para el alimento de Pollo	35	278	± 2 seg
	Peso de los ingredientes para el alimento de cerdo	46	321	± 2 seg
	Peso de los ingredientes para el alimento de camarón	30	210	± 2 seg
	Peso de los ingredientes para el alimento de perro	40	327	± 2 seg
	Peso de los ingredientes para el alimento de tilapia	56	347	± 2 seg
Molino	Molido de los ingredientes del alimento de pollo	274	274	± 2 seg
	Molido de los ingredientes del alimento de cerdo	194	194	± 2 seg
	Molido de los ingredientes del alimento de camarón	26	271	± 2 seg
	Molido de los ingredientes del alimento de perro	83	385	± 2 seg
	Molido de los ingredientes del alimento de tilapia	87	393	± 2 seg
Mezcladora	Mezclado de la harina saliente del molino con aceites y líquidos	1	240	± 2 seg
Prensa de camarón 1	Pelletizado de la mezcla del alimento de camarón	198	2850	± 10 seg
Prensa de camarón 2	Pelletizado de la mezcla del alimento de camarón	281	2805	± 10 seg
Prensa de camarón 3	Pelletizado de la mezcla del alimento de camarón	381	5435	± 10 seg
Prensa de pollo y cerdo	Pelletizado de la mezcla del alimento de pollo y cerdo	79	561	± 10 seg
Extrusora de perro y tilapia	Extruido del la mezcla del alimento de perro y tilapia	392	4492	± 10 seg

➤ **Muestreo del trabajo**

Como ya se mencionó, las prensas y la extrusora trabajan de manera continua en una jornada de trabajo, a diferencia de la báscula dosificadora, molino y mezcladora, las cuales operan por intervalos de tiempos identificables *batch por batch*.

Se procede ahora a muestrear el trabajo de los equipos mencionados al principio, para verificar su tiempo efectivo de operación por jornada de trabajo, y determinar las principales causas cuando no lo hacen. He aquí la teoría del muestreo del trabajo:

El muestreo de trabajo es la técnica para el análisis cuantitativo en términos de tiempo de la actividad de hombres, máquinas o cualquier condición observable de operación. Consiste en la Cuantificación proporcional de un gran número de observaciones tomadas al azar en donde se anota la condición de la operación y según el objetivo del estudio se clasifican en categorías definidas.

Con el muestreo de trabajo es posible determinar lo siguiente:

- El tiempo productivo y el tiempo improductivo de los equipos
- La magnitud de los tiempos perdidos y las causas que los produjeron.

Determinación del número de observaciones para realizar un estudio de muestreo de trabajo.

La finalidad del estudio será determinar la proporción (P) del tiempo en que los equipos no se encuentran produciendo. Para ello debemos observarlos un número (N) de veces específico, el cual se calcula estadísticamente.

Para determinar el valor de “N”, se necesita conocer un valor inicial de la proporción del tiempo en que los equipos se encuentran fuera de producción, identificando este valor inicial con la letra “p” (que es diferente del “P” real que buscamos), y para ello procedemos a realizar 50 observaciones iniciales.

$$p = \frac{\text{Actividades de mayor interés}}{\text{Número total de actividades}}$$

En este caso el valor de p quedará de la siguiente manera:

$$p = \frac{\text{\# de veces del equipo fuera de producción}}{\text{Número total de observaciones (50 INICIALES)}}$$

Finalmente, este valor servirá para determinar el número total de observaciones (N) que se necesitarán efectuar, en base a la siguiente fórmula:

$$N = \frac{z^2(p)(1-p)}{s^2}$$

Donde:

Z = Valor encontrado en la tabla de distribución acumulativa normal estándar, en base al nivel de confianza del estudio

s = precisión deseada en el estudio ($\pm 5\%$)

Para aplicaciones industriales se recomienda considerar un nivel de confianza de 95 % y en base a la tabla LVI podemos apreciar que Z para un nivel de confianza de 95% es igual a 1.96.

La fórmula para determinar el número de observaciones requerido para cada equipo queda de la siguiente manera:

$$N = \frac{1.96^2(p)(1-p)}{0.05^2}$$

Después de haber realizado las 50 observaciones iniciales en cada equipo, se obtuvieron los siguientes valores de “p”

Prensa de camarón 1 → $p = 3/50 = 0.06$
Prensa de camarón 2 → $p = 21/50 = 0.42$
Prensa de camarón 3 → $p = 13/50 = 0.26$
Prensa de pollo y cerdo → $p = 26/50 = 0.52$
Extrusora de perro y tilapia → $p = 6/50 = 0.12$

El cálculo de las observaciones requeridas, da como resultado:

Prensa de camarón 1 → $N = 87$
Prensa de camarón 2 → $N = 374$
Prensa de camarón 3 → $N = 296$
Prensa de pollo y cerdo → $N = 384$
Extrusora de perro y tilapia → $N = 162$

Los resultados son presentados a continuación:

Prensa de Camarón 1

Tabla LXXIV. Porcentaje de la prensa fuera de operación

PRODUCIENDO		Observaciones	P	
SI	NO		20 / 87=	22.99%
67	20	87		

Recordando que para el cálculo de N se consideró la fórmula:

$$N = \frac{z^2(p)(1-p)}{s^2}$$

Podemos usar la misma para determinar la precisión que resultó al final para este equipo, sabiendo que N= 87, P =22.99%, y Z =1.96, sustituyendo y despejando para la precisión (s) tenemos:

$$s = \sqrt{\frac{1.96^2(0.2299)(1-0.2299)}{87}} = 0.088$$

Por lo que se puede concluir que la Prensa de Camarón 1 pasa el 22.99% ± 8.8% del tiempo fuera de servicio, lo que en una jornada de trabajo de 8 horas se traduciría a 1.84 ±0.70 hrs.

Puede observarse que la precisión deseada era de 5% (0.05) y que finalmente resultó de 9%, y la variación se debió a que el “P” final varió mucho con respecto al “p” calculado de las observaciones iniciales.

Las principales causas del paro del equipo se describen a continuación:

Tabla LXXV. Principales causas del paro de la prensa de camarón 1

CAUSAS DE PARO DE LA PRENSA	# DE VECES	PORCENTAJE
Paro rutinario	7	35.00%
Paro imprevisto	11	55.00%
Fallo del equipo	2	10.00%
	20	100.00%

Siendo que los paros rutinarios y los paros imprevistos son la principal causa del paro de la prensa, se describe a continuación las principales causas de éstos:

Tabla LXXVI. Causas de paros imprevistos de la prensa de camarón 1

CAUSAS DE PAROS IMPREVISTOS	# DE VECES	PORCENTAJE
Prensa atorada	1	9.09%
Falta de energía eléctrica	1	9.09%
Paro debido al fallo de otro equipo	9	81.81%
	11	100.00%

Tabla LXXVII. Causas de paros rutinarios de la prensa de camarón 1

CAUSAS DE PAROS RUTINARIOS	# DE VECES	PORCENTAJE
Falta de harina por producción de mezcla para línea de pollo	6	85.70%
Limpieza del equipo	1	14.30%
	7	100.00%

Prensa de camarón 2

Tabla LXXVIII. **Porcentaje de la prensa fuera de operación**

PRODUCIENDO		Observaciones	P	
SI	NO		66 / 374=	17.65%
308	66	374		

La precisión final del estudio para este equipo fue:

$$s = \sqrt{\frac{1.96^2(0.1765)(1 - 0.1765)}{374}} = 0.038$$

Por lo que se puede concluir que la Prensa de Camarón 2 pasa el 17.965% ± 3.8% del tiempo fuera de servicio, lo que en una jornada de trabajo de 8 horas se traduciría a 1.44 ± 0.30 hrs.

Las principales causas del paro de producción de la prensa son las siguientes:

Tabla LXXIX. **Principales causas del paro de la prensa de camarón 2**

CAUSAS DE PARO DE LA PRENSA	# DE VECES	PORCENTAJE
Paro rutinario	20	30.30%
Paro imprevisto	24	36.36%
Fallo del equipo (fallo de cuchillas)	22	33.33%
	66	100.00%

Tabla LXXX. **Causas de paros imprevistos de la prensa de camarón 2**

CAUSAS DE PAROS IMPREVISTOS	# DE VECES	PORCENTAJE
Prensa atorada	2	8.33%
Falta de energía eléctrica	4	16.67%
Paro debido al fallo de otro equipo	18	75.00%
	24	100.00%

Tabla LXXXI. **Causas de paros rutinarios de la prensa de camarón 2**

CAUSAS DE PAROS RUTINARIOS	# DE VECES	PORCENTAJE
Falta de harina por producción de mezcla para línea de pollo	18	90.00%
Cambio de producto	2	10.00%
	20	100.00%

Prensa de camarón 3

Tabla LXXXII. **Porcentaje de la prensa fuera de operación**

PRODUCIENDO		Observaciones	P	
SI	NO			
236	60	296	60 / 296=	20.27%

La precisión final del estudio para este equipo fue:

$$s = \sqrt{\frac{1.96^2(0.2027)(1 - 0.2027)}{296}} = 0.045$$

Por lo que se puede concluir que la Prensa de Camarón 3 pasa el 20.27% ± 4.5% del tiempo fuera de servicio, lo que en una jornada de trabajo de 8 horas se traduciría a 1.62 ± 0.36 hrs.

Las principales causas del paro de producción de la prensa son las siguientes:

Tabla LXXXIII. Principales causas del paro de la prensa de camarón 3

CAUSAS DE PARO DE LA PRENSA	# DE VECES	PORCENTAJE
Paro rutinario	26	43.33%
Paro imprevisto	32	53.33%
Fallo del equipo	2	3.33%
	60	100.00%

Tabla LXXXIV. Causas de paros imprevistos de la prensa de camarón 3

CAUSAS DE PAROS IMPREVISTOS	# DE VECES	PORCENTAJE
Prensa atorada	2	6.25%
Falta de energía eléctrica	2	6.25%
Paro debido al fallo de otro equipo	28	87.50%
	32	100.00%

Tabla LXXXV. Causas de paros rutinarios de la prensa de camarón 3

CAUSAS DE PAROS RUTINARIOS	# DE VECES	PORCENTAJE
Falta de harina por producción de mezcla para línea de pollo	18	69.23%
Cambio de producto	8	30.77%
	26	100.00%

Prensa de pollo y cerdo

Tabla LXXXVI. **Porcentaje de la prensa fuera de operación**

PRODUCIENDO		Observaciones	P	
SI	NO		75 / 384=	19.53%
309	75	384		

La precisión final del estudio para este equipo fue:

$$s = \sqrt{\frac{1.96^2(0.1953)(1 - 0.1953)}{384}} = 0.040$$

Por lo que se puede concluir que la Prensa de pollo y cerdo pasa el 19.53% ± 4.0% del tiempo fuera de servicio, lo que en una jornada de trabajo de 8 horas se traduciría a 1.56 ± 0.32 hrs.

Las principales causas del paro de producción de la prensa son las siguientes:

Tabla LXXXVII. **Principales causas del paro de la prensa de pollo y cerdo**

CAUSAS DE PARO DE LA PRENSA	# DE VECES	PORCENTAJE
Paro rutinario	62	82.67%
Paro imprevisto	13	17.33%
Fallo del equipo	0	0.00%
	75	100.00%

Tabla LXXXVIII. **Causas de paros rutinarios de la prensa de pollo y cerdo**

CAUSAS DE PARO RUTINARIO	# DE VECES	PORCENTAJE
Descarga de línea	9	14.52%
Producción de producto harinoso	36	58.06%
Falta de harina por preparación de mezcla para línea de camarón	13	20.97%
Falta de harina por preparación de mezcla para línea de perro	4	6.45%
	62	100.00%

Extrusora de perro y tilapia

Tabla LXXXIX. **Porcentaje de la extrusora fuera de operación**

PRODUCIENDO		Observaciones	P	
SI	NO			
113	49	162	49 / 162=	30.25%

La precisión final del estudio para este equipo fue:

$$s = \sqrt{\frac{1.96^2(0.3025)(1 - 0.3025)}{162}} = 0.070$$

Por lo que se puede concluir que la extrusora de perro y tilapia pasa el 30.25% ± 7.0% del tiempo fuera de servicio, lo que en una jornada de trabajo de 8 horas se traduciría a 2.42 ± 0.56 hrs.

Las principales causas del paro de producción de la prensa son las siguientes:

Tabla XC. Principales causas del paro de la extrusora de perro y tilapia

CAUSAS DE PARO DE LA EXTRUSORA	# DE VECES	PORCENTAJE
Paro rutinario	47	95.92%
Paro imprevisto	2	4.08%
Fallo del equipo	0	0.00%
	49	100.00%

Tabla XCI. Causas de paros rutinarios de la extrusora de perro y tilapia

CAUSAS DE PAROS RUTINARIOS	# DE VECES	PORCENTAJE
Falta de harina por producción de mezcla para línea de pollo	24	51.06%
Cambio de producto	23	48.94%
	47	100.00%

4.4 Aplicación y finalidad de los tiempos estándares

Al tener los tiempos estandarizados, una compañía puede aplicarlos y considerarlos para lo siguiente:

➤ **Bases de plan de incentivos**

Los estándares pueden ser considerados para un plan de incentivos que compense en proporción a la producción. Los tiempos estandarizados son la cinta de medir para las aplicaciones de incentivos salariales.

De igual manera cualquier tipo de bono por productividad depende directamente de los estándares de tiempo equitativos. Como los trabajadores reciben más y mejor atención del supervisor con un plan en el que los bonos se relacionan con la producción, la mayor parte de los planes de supervisión consideran la productividad del empleado como criterio principal para los bonos.

➔ Comparación de métodos

Dado que el tiempo es una medida común para todas las tareas, los estándares de tiempo son una base para comparar los métodos para realizar el mismo trabajo. Es decir, pueden ser comparados dos o más métodos y definir cuál es el mejor en base al que tenga el menor tiempo empleado, siendo que la calidad no se ve afectada al emplear cualquiera de ellos. El interés en el menor tiempo es debido a la importancia de aumentar la capacidad de la planta.

➔ Determinación de la capacidad de planta

Al usar los estándares de tiempo se puede determinar la capacidad de máquinas, departamento y planta. Pues una vez se conozcan las horas disponibles de la instalación y el tiempo requerido para efectuar una operación, con cálculos aritméticos sencillos se estima el potencial de la operación.

➔ Bases para la compra de nuevos equipos

Así como los tiempos estándares permiten al analista determinar las capacidades de máquinas, departamentos y plantas, también proporcionan la información necesaria para determinar cuántas instalaciones son necesarias y de qué tipo para un volumen de producción dado.

4.4 Diagramación del proceso de producción aplicando los tiempos estándares

4.4.1 Diagrama de operaciones del proceso

El diagrama de operaciones es una técnica de registro y análisis que muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, holguras y materiales que se usan en un proceso de manufactura o de negocios, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque de producto terminado.

De la misma manera que un plano muestra detalles de diseño como ajustes, tolerancias y especificaciones, el diagrama de operaciones del proceso proporciona detalles de manufactura o de negocios a simple vista. Los símbolos utilizados en este tipo de diagrama se presentan en la siguiente tabla.

Tabla XCII. **Símbolos utilizados en el diagrama de operaciones del proceso.**

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Ejemplos
	Operación	Martillar, Mezclar, Taladrar.
	Inspección	Examinar calidad y cantidad, lectura de niveles en caldera.
	Operación e inspección	Comprobar calidad o cantidad corrigiendo desperfectos.

Utilizando los tiempos estándares que se determinaron anteriormente, se tienen a continuación los siguientes diagramas de operaciones del proceso.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento para Pollo y cerdo, saco 45.4 kg (100 lb)

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 2

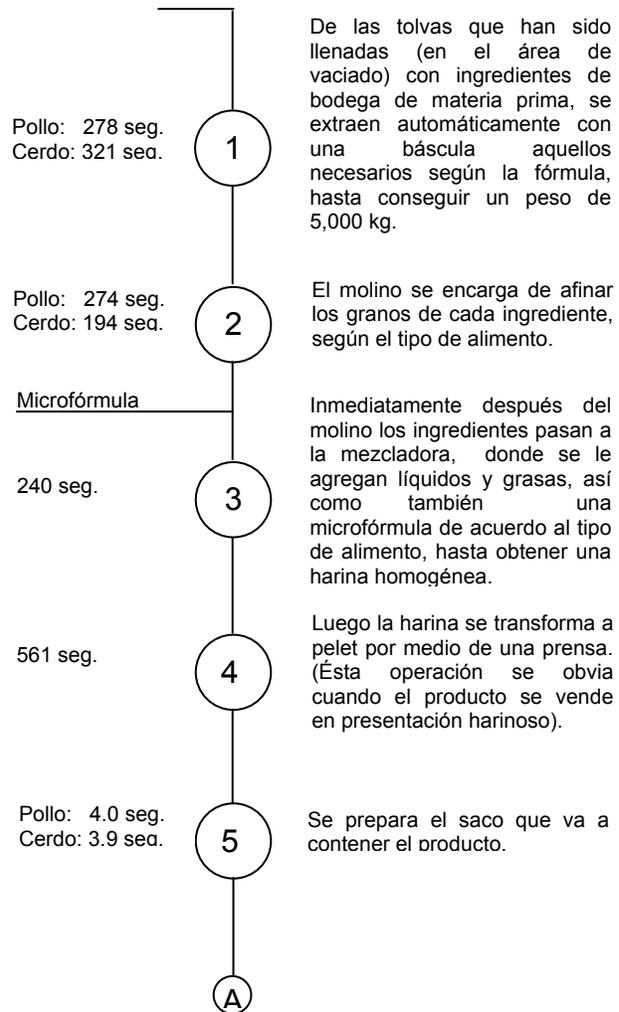


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

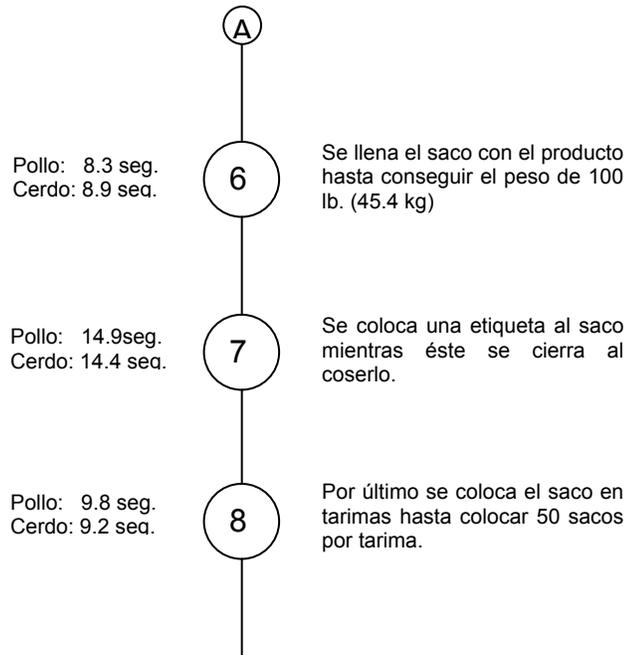
Producto: Alimento para Pollo y cerdo, saco de 45.4 kg (100 lb)

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2



RESUMEN					
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)		DISTANCIA (m)
			Pollo	Cerdo	
○	Operación	8	1390	1352.4	0
□	Inspección	0	0	0	0
◻	Operación e inspección	0	0	0	0
Total		8	1390	1352.4	0

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento balanceado para Perro y Tilapia

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 2

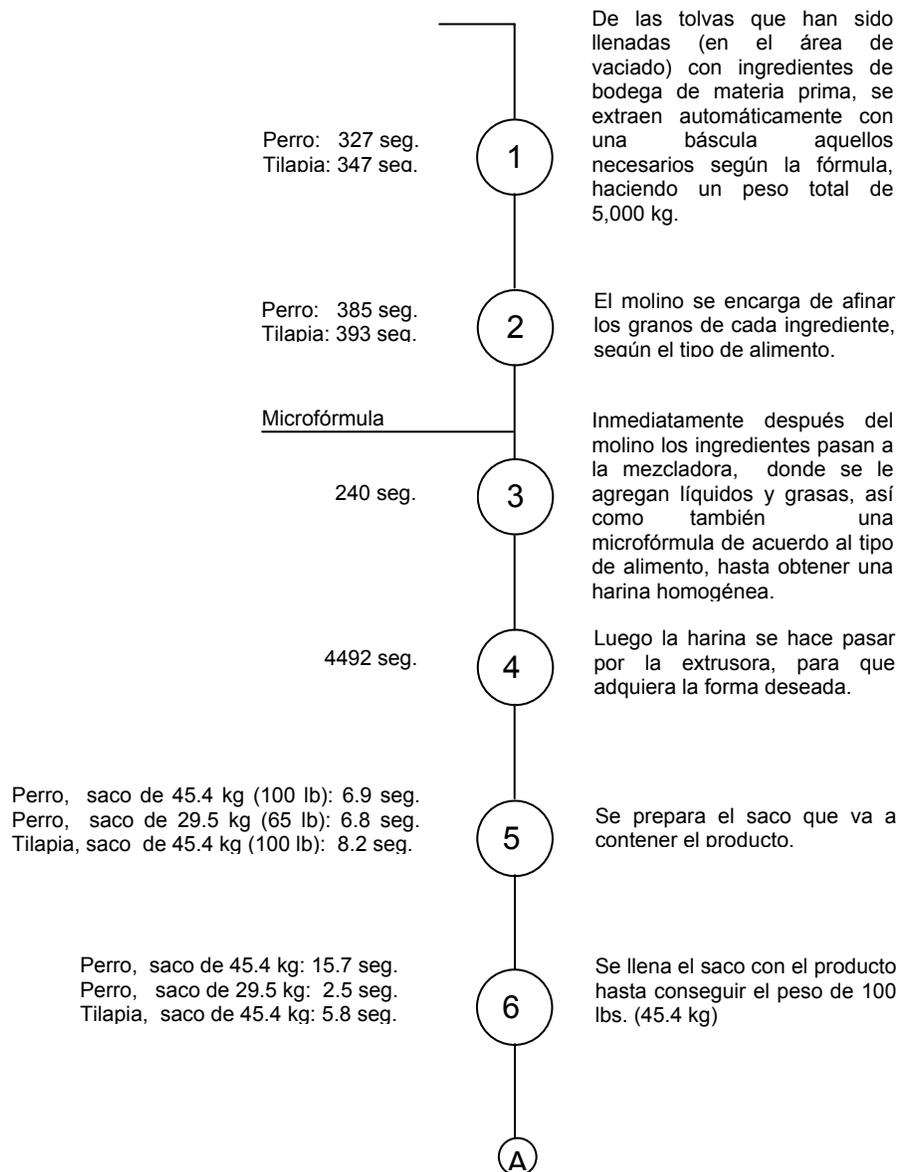


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento balanceado para Perro y Tilapia

Método: Actual

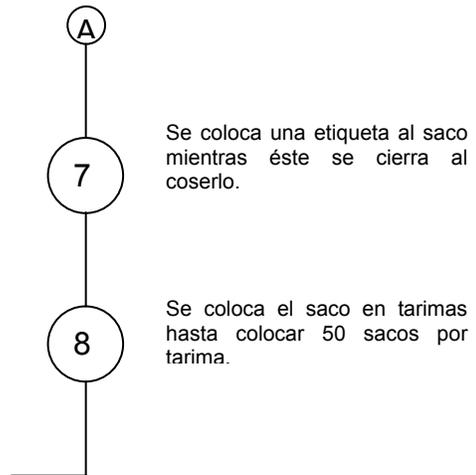
Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2

Perro, saco de 45.4 kg: 13.4 seg.
Perro, saco de 29.5 kg: 10.7 seg.
Tilapia, saco de 45.4 kg: 13.0 seg.

Perro, saco de 45.4 kg: 10.3 seg.
Perro, saco de 29.5 kg: 9.5 seg.
Tilapia, saco de 45.4 kg: 9.3 seg.



RESUMEN						
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)			DISTANCIA (m)
			Perro		Tilapia	
			Saco 45.4 kg	Saco 29.5 kg	Saco 45.4 kg	
○	Operación	8	5490.3	5473.5	5480.3	0
□	Inspección	0	0	0	0	0
◻	Operación e inspección	0	0	0	0	0
Total		8	5490.3	5473.5	5480.3	0

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento para camarón, saco de 45.4 kg (100 lb)

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 3

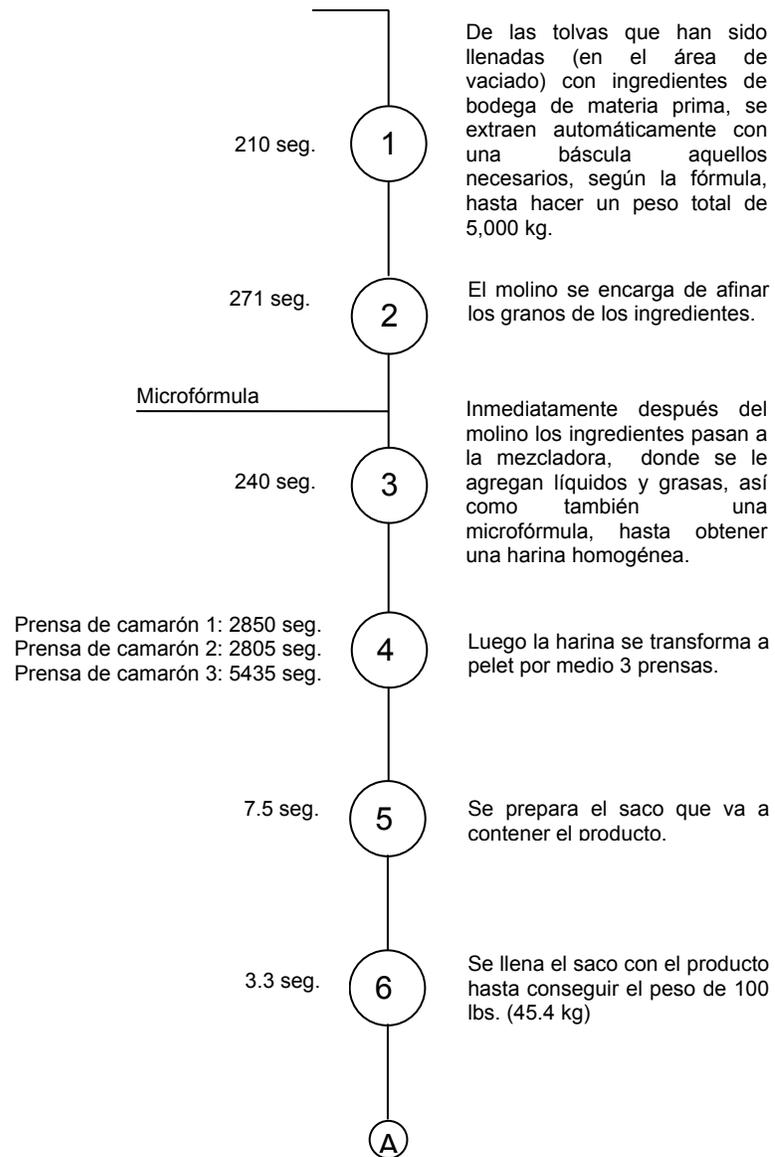


DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

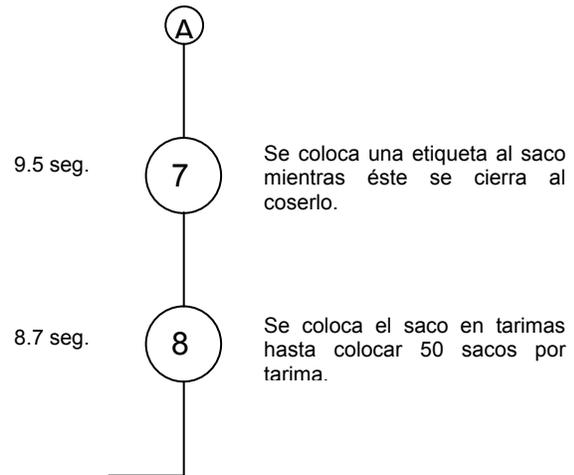
Producto: Alimento para camarón, saco de 45.4 kg (100 lb)

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 3



RESUMEN						
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)			DISTANCIA (m)
			Con Prensas			
			1	2	3	
○	Operación	8	3600	3555	6185	0
□	Inspección	0	0	0	0	0
◻	Operación e inspección	0	0	0	0	0
Total		8	3600	3555	6185	0

DIAGRAMA DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Microfórmula, presentación saco de 50 kg,

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 2

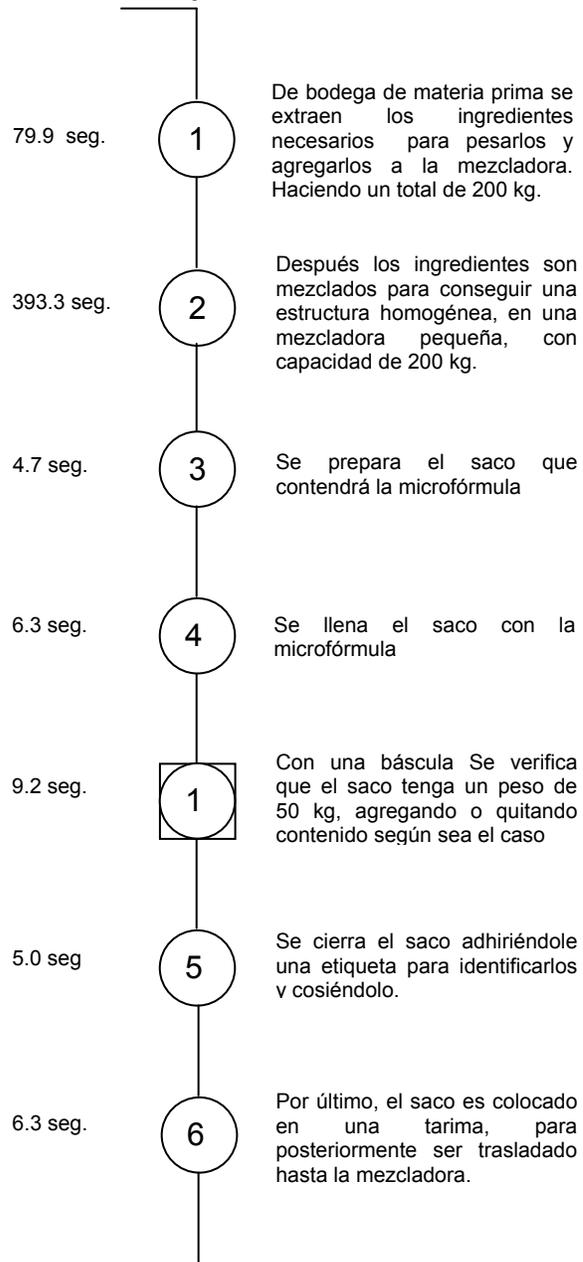


DIAGRAMA DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento
balanceado para animales

Producto: Microfórmula, presentación
saco de 50 kg,

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)
	Operación	6	495.5	0
	Inspección	0	0	0
	Operación e inspección	1	9.2	0
Total		7	504.7	0

DIAGRAMA DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Microfórmula, presentación Jumbo de 368 kg.

Método: Actual

Unidad: 1 jumbo

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 2

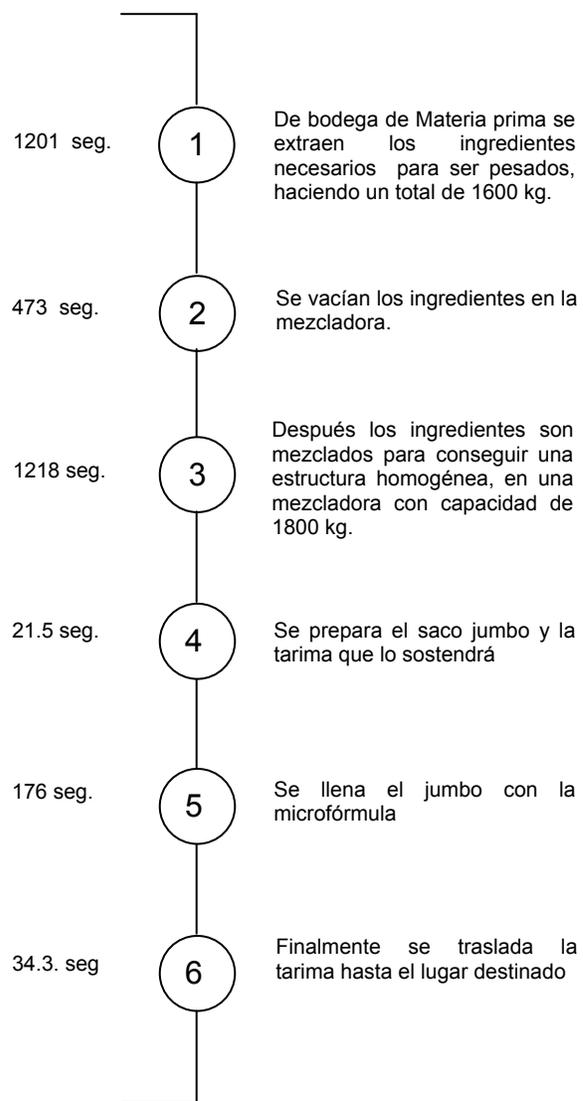


DIAGRAMA DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento
balanceado para animales

Producto: Microfórmula, presentación
Jumbo de 368 kg.

Método: Actual

Unidad: 1 jumbo

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)
	Operación	6	3123.8	0
	Inspección	0	0	0
	Operación e inspección	0	0	0
Total		6	3123.8	0

DIAGRAMA DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Microfórmula, saco de 16 kg utilizado para el alimento de camarón.

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 2

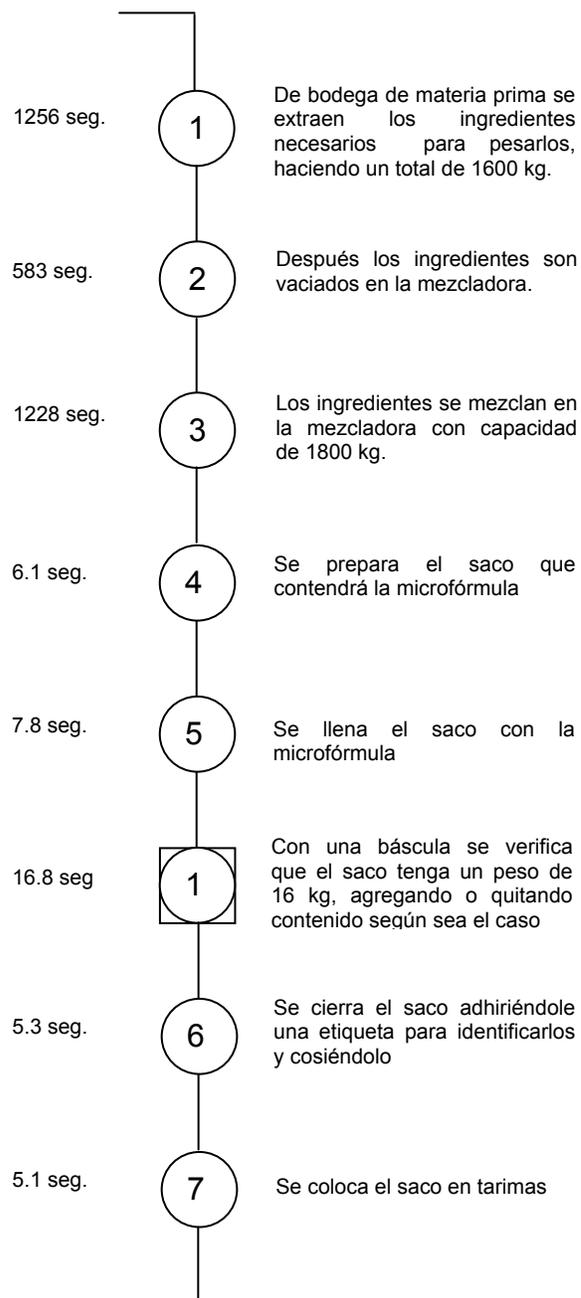


DIAGRAMA DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento
balanceado para animales

Producto: Microfórmula, saco de 16 kg
utilizado para el alimento de camarón.

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)
	Operación	7	3091.3	0
	Inspección	0	0	0
	Operación e inspección	1	16.8	0
Total		8	3108.1	0

4.4.2 Diagrama de flujo de operaciones del proceso

Este diagrama es también una técnica de registro y análisis y contiene más detalle que el diagrama de operaciones del proceso. Es valioso en especial al registrar costos ocultos no productivos, como distancias recorridas, retrasos y almacenamientos temporales. Una vez detectados estos períodos no productivos, los analistas pueden tomar medidas para minimizarlos y reducir así costos.

Además de registrar las operaciones e inspecciones, estos diagramas muestran todos los movimientos y almacenamientos de un artículo en su paso por la planta. Por ello, es que este diagrama utiliza símbolos adicionales, descritos en la tabla siguiente.

Tabla XCIII. Símbolos adicionales utilizados en los diagramas de flujo de operaciones de proceso

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Ejemplos
	Transporte	Mover material en vehículo, en banda transportadora o cargando.
	Demora	Esperar elevador, material en espera de ser procesado.
	Almacenaje	Materia prima almacenada a granel, producto terminado en tarimas.

Los diagramas de flujo de operaciones del proceso se presentan a continuación:

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento para Pollo y cerdo, saco 45.4 kg (100 lb)

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 3

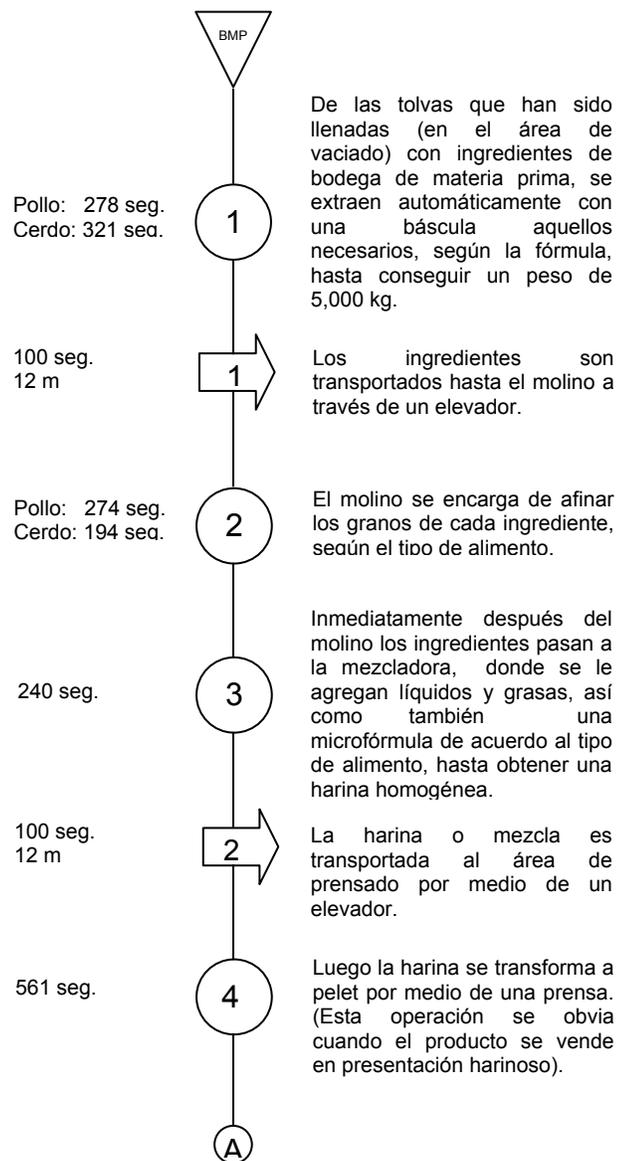


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento para Pollo y cerdo, saco de 45.4 kg (100 lb)

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 3

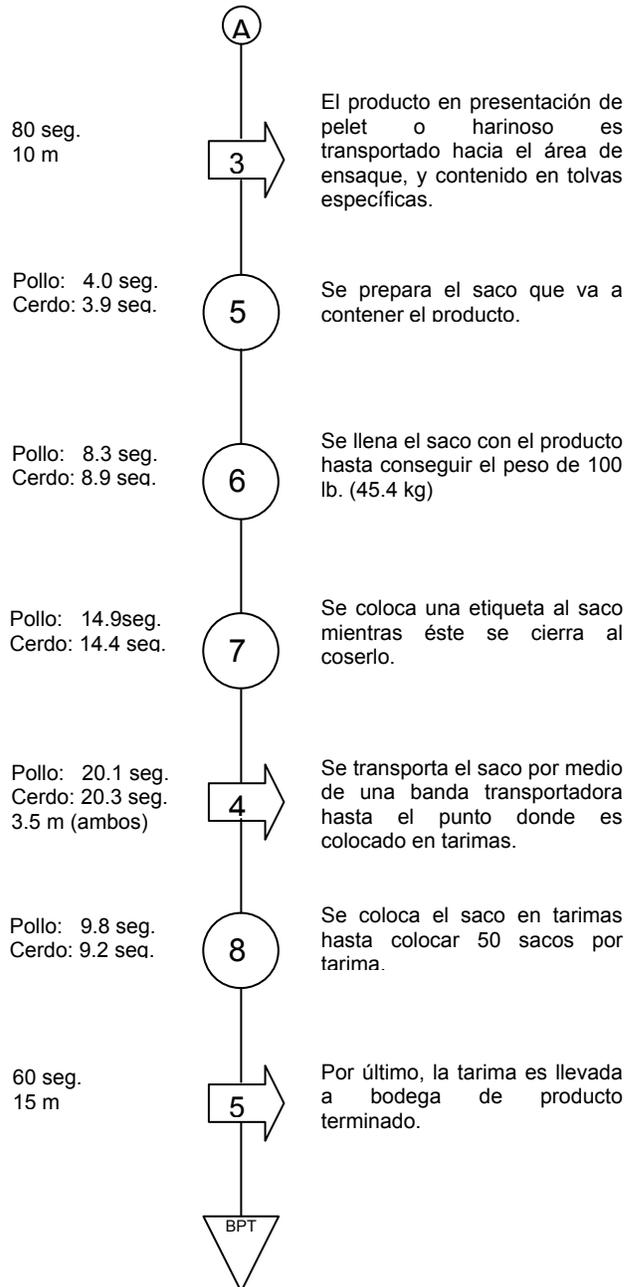


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento para Pollo y cerdo, saco de 45.4 kg (100 lb)

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 3 de 3

RESUMEN					
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)		DISTANCIA (m)
			Pollo	Cerdo	
	Operación	8	1390	1352.4	0
	Inspección	0	0	0	0
	Operación e inspección	0	0	0	0
	Transporte	5	360.1	360.3	52.5
	Demora	0	0	0	0
	Almacenaje	2	0	0	0
Total		15	1750.1	1712.7	52.5

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento balanceado para Perro y Tilapia

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 3

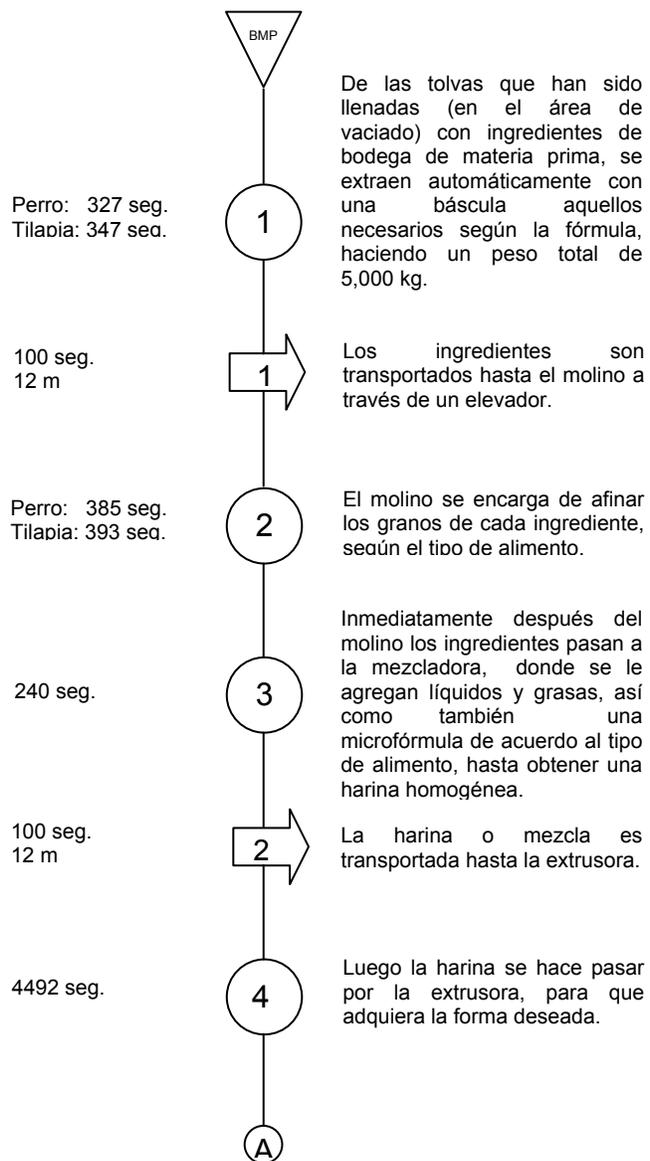


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento balanceado para Perro y Tilapia

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 3

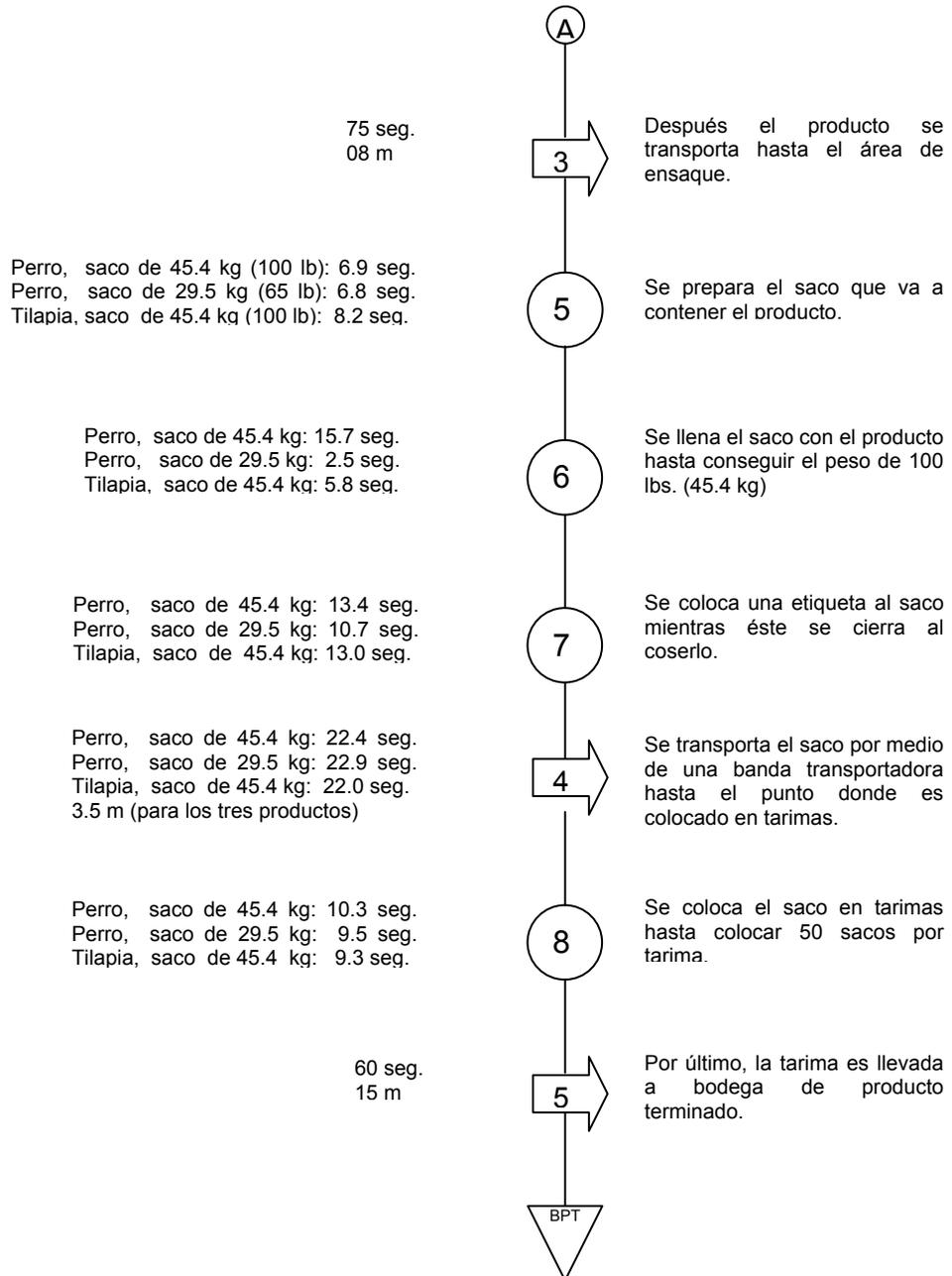


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento balanceado para Perro y Tilapia

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 3 de 3

RESUMEN						
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)			DISTANCIA (m)
			Perro		Tilapia	
			Saco 45.4 kg	Saco 29.5 kg	Saco 45.4 kg	
	Operación	8	5490.3	5473.5	5480.3	0
	Inspección	0	0	0	0	0
	Operación e inspección	0	0	0	0	0
	Transporte	5	357.4	357.9	357.0	50.5
	Demora	0	0	0	0	0
	Almacenaje	2	0	0	0	0
Total		15	5847.7	5831.4	5837.3	50.5

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento para camarón, saco de 45.4 kg (100 lb)

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 3

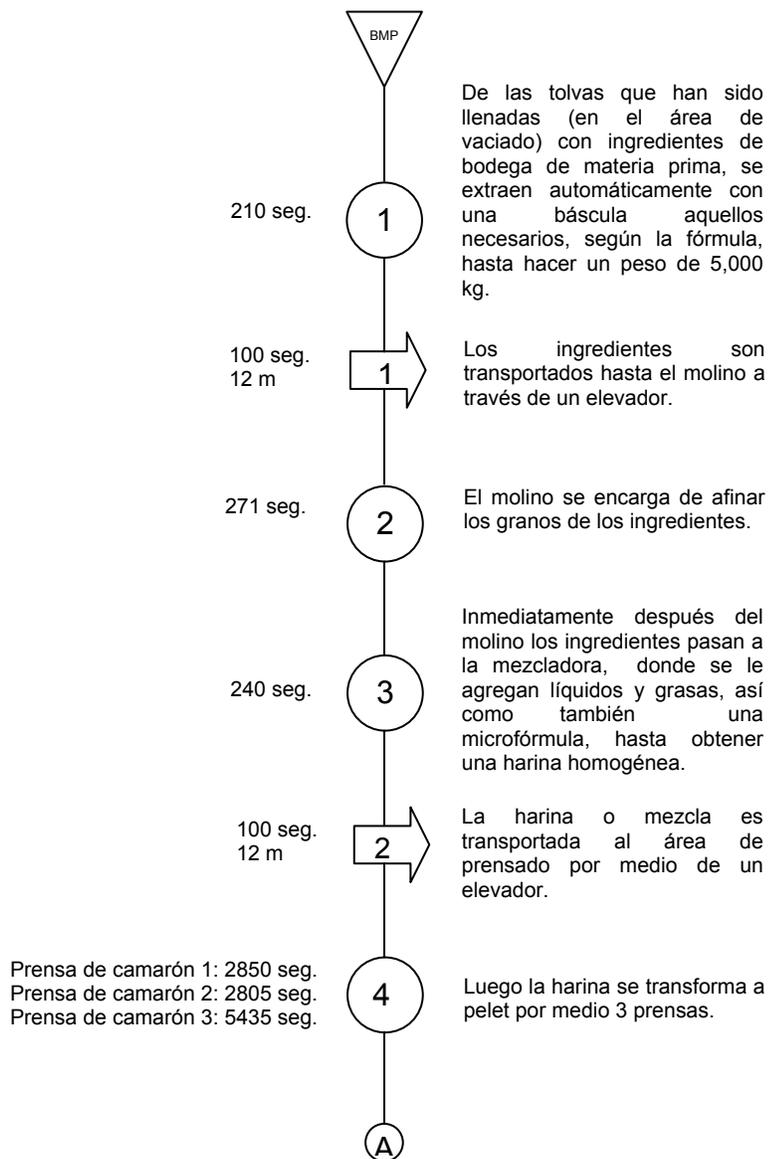


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento para camarón, saco de 45.4 kg (100 lb)

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 3

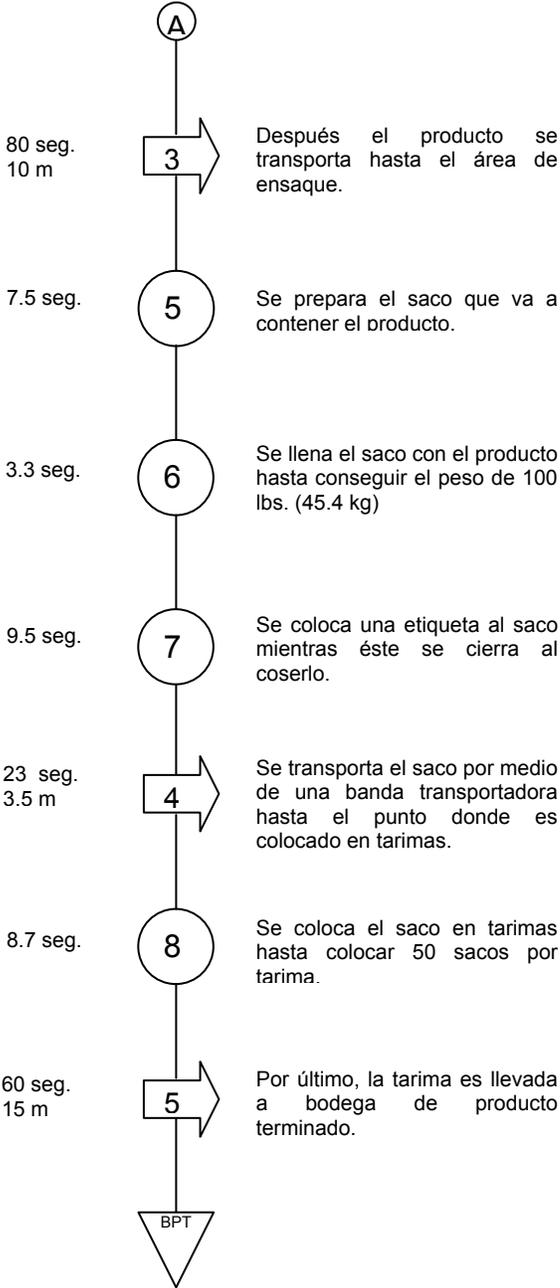


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES DEL PROCESO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Alimento para camarón, saco de 45.4 kg (100 lb)

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 3 de 3

RESUMEN						
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)			DISTANCIA (m)
			Con Prensas			
			1	2	3	
	Operación	8	3600	3555	6185	0
	Inspección	0	0	0	0	0
	Operación e inspección	0	0	0	0	0
	Transporte	5	363	363	363	52.5
	Demora	0	0	0	0	0
	Almacenaje	2	0	0	0	0
Total		15	3963	3918	6548	52.5

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Microfórmula, presentación saco de 50 kg,

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 2

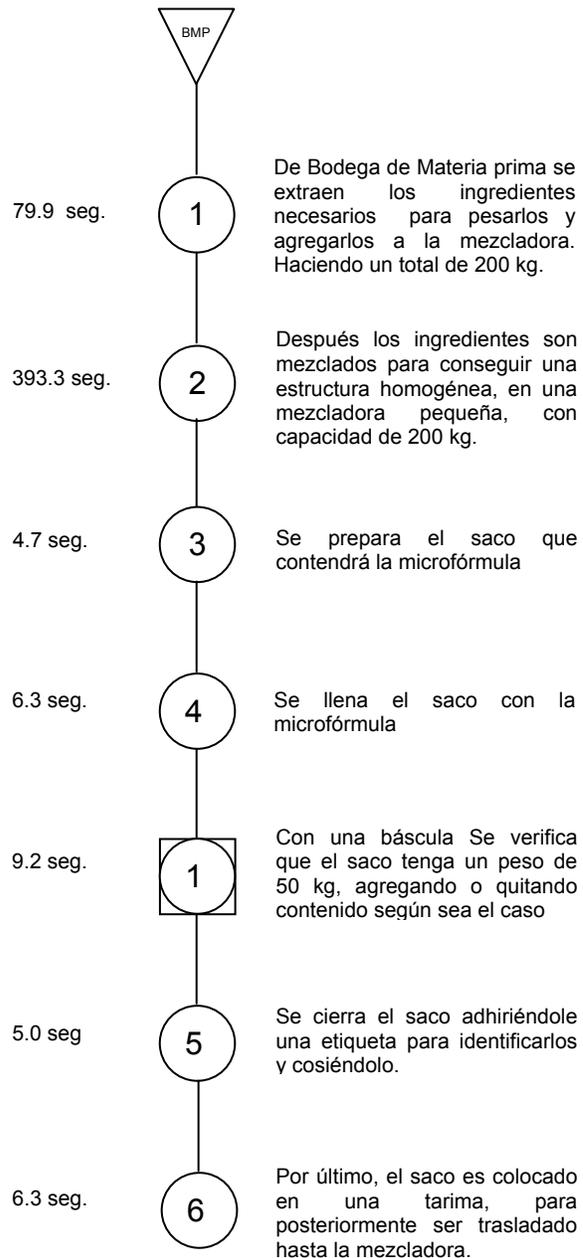


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento
balanceado para animales

Producto: Microfórmula, presentación
saco de 50 kg,

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)
	Operación	6	495.5	0
	Inspección	0	0	0
	Operación e inspección	1	9.2	0
	Transporte	0	0	0
	Demora	0	0	0
	Almacenaje	1	0	0
Total		8	504.7	0

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Microfórmula, presentación Jumbo de 368 kg.

Método: Actual

Unidad: 1 jumbo

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 2

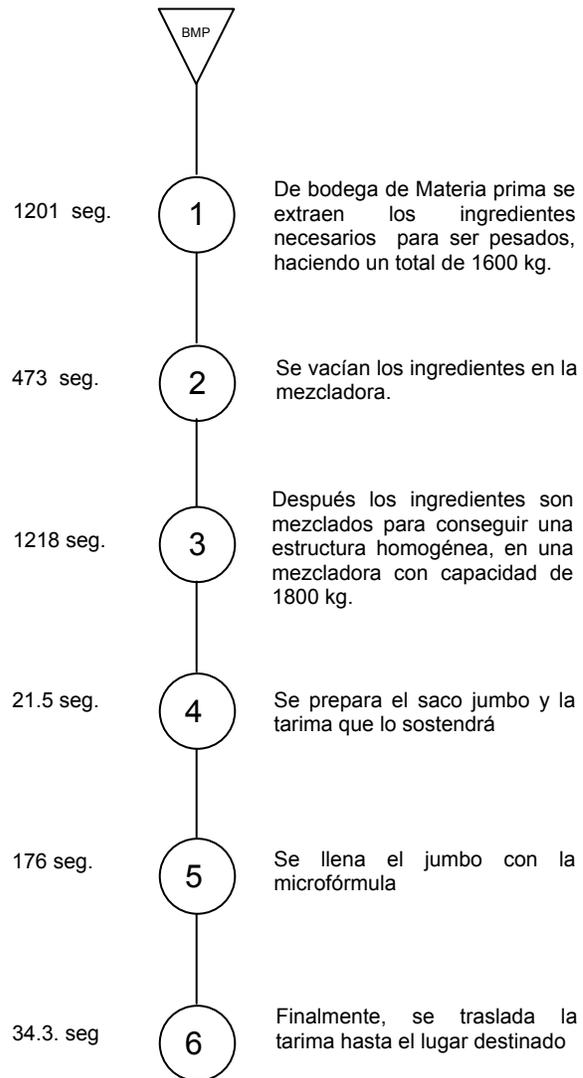


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento
balanceado para animales

Producto: Microfórmula, presentación
Jumbo de 368 kg.

Método: Actual

Unidad: 1 jumbo

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)
	Operación	6	3123.8	0
	Inspección	0	0	0
	Operación e inspección	0	0	0
	Transporte	0	0	0
	Demora	0	0	0
	Almacenaje	1	0	0
Total		7	3123.8	0

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Microfórmula, saco de 16 kg utilizado para el alimento de camarón.

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 2

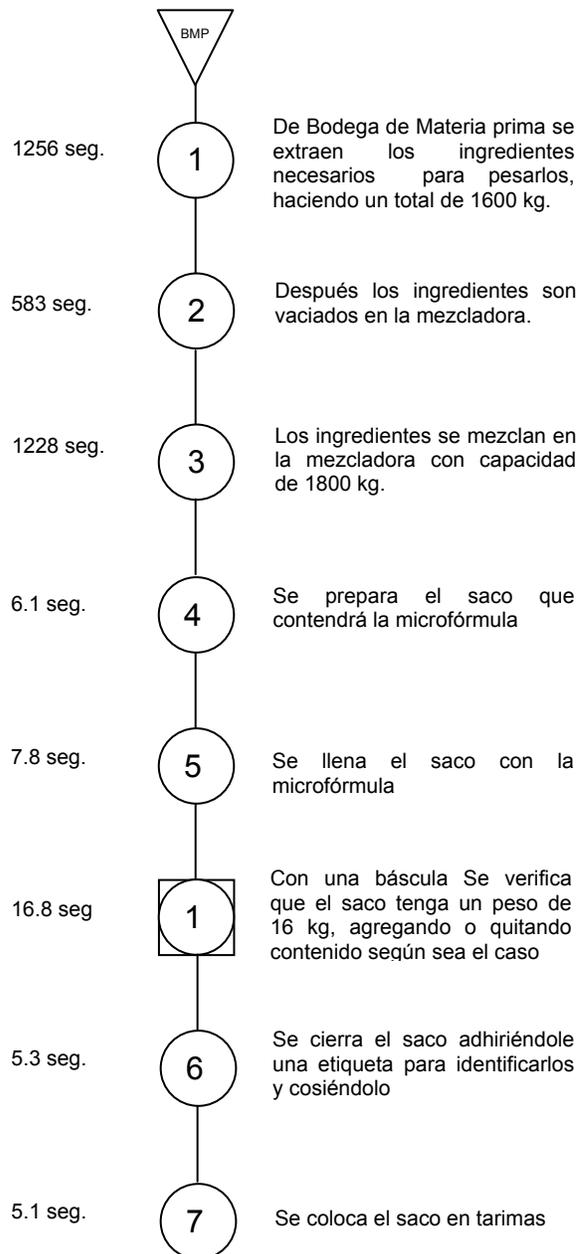


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento
balanceado para animales

Producto: Microfórmula, saco de 16 kg
utilizado para el alimento de camarón.

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)
	Operación	7	3091.3	0
	Inspección	0	0	0
	Operación e inspección	1	16.8	0
	Transporte	0	0	0
	Demora	0	0	0
	Almacenaje	1	0	0
Total		9	3108.1	0

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE VACIADO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Método: Actual

Fecha: Nov./2007

Operación: Vaciado de sacos de materia prima en tolvas de dosificación

Unidad: 1 saco

Hoja: 1 de 2

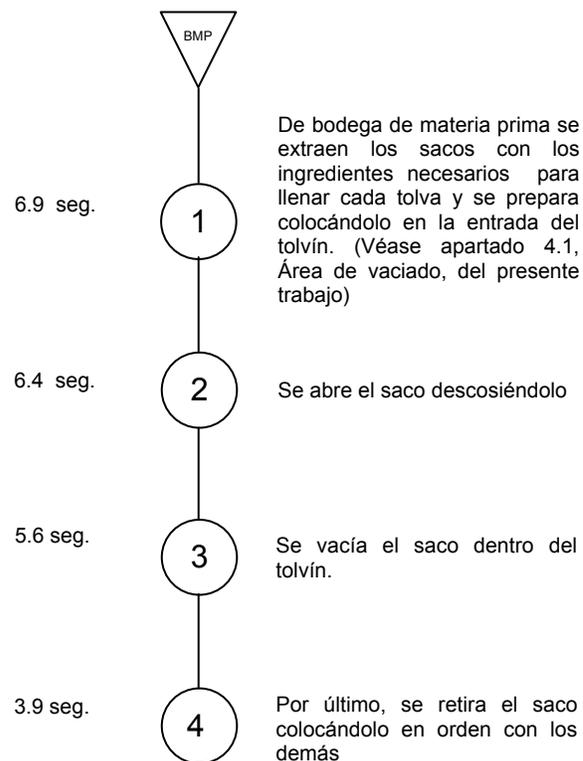


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE VACIADO

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Operación: Vaciado de sacos de materia prima en tolvas de dosificación

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)
	Operación	4	22.8	0
	Inspección	0	0	0
	Operación e inspección	0	0	0
	Transporte	0	0	0
	Demora	0	0	0
	Almacenaje	1	0	0
Total		5	22.8	0

4.5 Análisis de las operaciones

Una de las áreas con mayor necesidad de mejoras es la de microfórmulas, puesto que es la que más horas-hombre requiere dado al número de operaciones necesarias. Así que cualquier mejora en ella aumentaría la productividad de la planta.

Observando los diagramas en el área de microfórmulas, el análisis de las operaciones en general para su elaboración en presentación de 16 kg, 50 kg y 368 kg se da de la siguiente manera:

Extracción de bodega y pesado de los ingredientes

El propósito de esta operación es fundamental, dado a que cada *batch* de producción requiere de una cantidad exacta de vitaminas y minerales que son especificaciones dadas por la fórmula que ha sido desarrollada para que el alimento cumpla con sus finalidades de nutrición y engorde. Por ello es importante que los operarios cuenten con el equipo necesario a este fin, como lo es la báscula digital y montacargas que en efecto ya tienen.

Mezclado de los ingredientes

El propósito de esta operación es también muy importante, pues se requiere que la mezcla de los ingredientes para la formación de la microfórmula sea homogénea. Esta operación se realiza en cualquiera de las dos pequeñas mezcladoras ubicadas en el área, una con capacidad de 200 kg y otra con capacidad de 1800 kg. Después las microfórmulas son dirigidas hasta la mezcladora principal de la planta para mezclarse con el resto de ingredientes que componen cada *batch*, y los cuales hacen un peso de 5,000 kg.

Puede notarse que para las microfórmulas se repite la operación de mezclado (véase figura 5, área de microfórmulas y operación de mezclado), por lo que puede eliminarse de su área y mezclarse una sola vez en la mezcladora principal — con capacidad de 8,000 kg — junto con los otros ingredientes, donde se obtendrá la mezcla total del alimento de manera homogénea.

La solución es que en vez de pesar los ingredientes en grandes cantidades para mezclarlos y luego vaciarlos en la cantidad que debe contener el saco de microfórmula, se pese cada uno de los ingredientes que requiere un solo saco y se coloquen juntos haciendo de una sola vez la microfórmula.

Preparación del saco que contendrá la mezcla.

Esta operación por sencilla que sea no puede ser descartada, pues aunque los ingredientes no sean mezclados deben ser colocados en un recipiente, en este caso, un saco.

Llenado del saco con la mezcla

Mezclados los ingredientes o no, deben ir en saco con el peso correcto, esta operación por sencilla que sea también es elemental.

Verificación del peso del saco.

Esta operación se realiza cuando después de mezclado los ingredientes se vacían a un saco, agregando o quitando mezcla hasta obtener el peso correcto. Pero dado a que si se pesa cada uno de los ingredientes para hacer un saco de microfórmula, entonces ya no es necesaria pues se tienen ya las cantidades correctas.

Costura y etiquetado de la bolsa o saco.

La microfórmula debe ser llevada hasta la mezcladora grande, donde será agregado con la otra formulación, así que debe ser sellado a través de costura e identificada con una etiqueta, para saber a que alimento va destinado, por lo que esta operación mas que importante, es necesaria.

Entarimado del saco.

Esta operación tampoco puede ser descartada, pues dado a que los sacos deben ser llevados hasta la mezcladora grande, el tenerlos en tarimas facilita la operación.

4.5.1 Diagramas propuestos de operaciones del proceso

Después del análisis de las operaciones, y la eliminación de dos de ellos, se hizo la prueba para su elaboración en cien sacos, quedando los diagramas de la siguiente forma.

DIAGRAMA DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Microfórmula en presentación saco.

Método: Mejorado

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 2

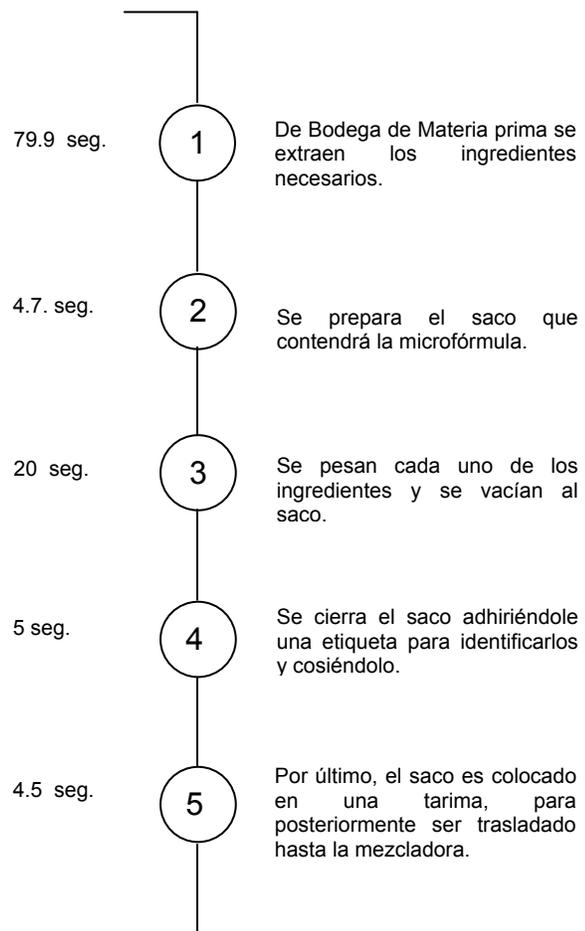


DIAGRAMA DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Microfórmula en presentación saco.

Método: Mejorado.

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)
	Operación	6	114.1	0
	Inspección	0	0	0
	Operación e inspección	0	0	0
Total		5	114.1	0

4.5.2 Diagramas propuestos de flujo de operaciones del proceso

Este diagrama queda idéntico al anterior, puesto que no se tienen demoras ni operaciones de transporte. Con la única diferencia que en estos diagramas es graficado el símbolo de bodega.

DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento balanceado para animales

Producto: Microfórmula en presentación saco.

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 1 de 2

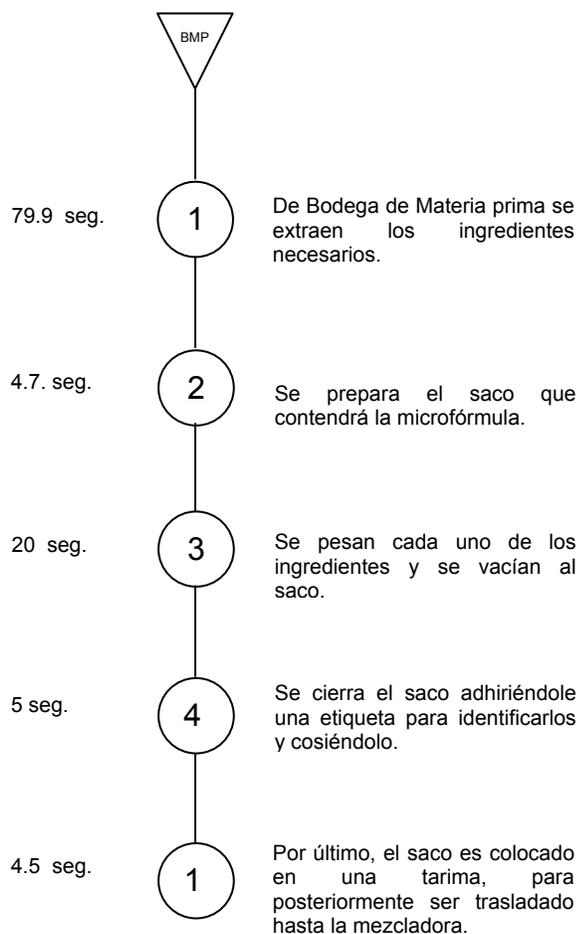


DIAGRAMA DE FLUJO DE OPERACIONES EN EL ÁREA DE MICROFÓRMULAS

Empresa: Planta productora de alimento
balanceado para animales

Producto: Microfórmula en
presentación saco.

Método: Actual

Unidad: 1 saco

Fecha: Nov./2007

Hoja: 2 de 2

RESUMEN				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO (Seg)	DISTANCIA (m)
	Operación	6	114.1	0
	Inspección	0	0	0
	Operación e inspección	0	0	0
	Transporte	0	0	0
	Demora	0	0	0
	Almacenaje	0	0	0
Total		6	114.1	0

5. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA Y EQUIPO

5.1 Marco teórico de referencia

5.1.1 Concepto de mantenimiento

Mantenimiento es toda actividad administrativa y técnica que se desarrolla relacionada al buen funcionamiento, conservación y reparación de las máquinas, equipos e instalaciones.

Se puede definir también como una serie de pasos o actividades que deben ser realizadas en el equipo, maquinaria e instalaciones con el fin de mantenerlos en un nivel de servicio adecuado para el cual fueron creados.

Dentro de los costos que se ven implicados tenemos:

Costos directos:

- *Costo de mano de obra*
 - ✓ Salarios de operarios de mantenimiento
 - ✓ Prestaciones de estos salarios
 - ✓ Pago de mano de obra a empresas subcontratadas

- *Costo de repuestos:*
 - ✓ Costo de repuestos utilizados
 - ✓ Intereses sobre repuestos inmovilizados en bodega.

- Costos industriales (gastos de funcionamientos del departamento)
 - ✓ Salarios de los mandos y empleados
 - ✓ Gastos de energía eléctrica
 - ✓ Gastos de materiales de consumo
 - ✓ Gastos de herramientas.
- Gastos generales

Costos indirectos:

- Disminución de la vida útil de máquinas e instalaciones debido a mantenimiento defectuoso.
- Exceso de gastos de energía eléctrica debido al mal estado de las máquinas.
- Disminución de las ventas por la mala calidad de producción.
- Pérdidas de producción debido a máquinas paradas por fallas.

5.1.2 Fuente de fallas en los equipos

Las fallas que se originan en una instalación o equipo, son ocasionadas por las siguientes fuentes:

- a) Las instalaciones o equipo mismo,
- b) El ambiente circundante, y
- c) El personal que en la instalación o equipo interviene (por operación, mantenimiento o ampliaciones).

La instalación o equipo mismo se convierte en una fuente importante de fallas, dependiendo de las propiedades eléctricas, mecánicas y electrónicas de sus partes y componentes; la calidad de los materiales empleados en su fabricación; la bondad del diseño; y por último, la calidad de la construcción o su instalación en el lugar donde se va a prestar el servicio.

El ambiente circundante se torna una fuente de fallas cuando es agresivo a la instalación o equipo, por ejemplo, humedad y temperatura fuera de especificaciones, polvo, humo, salinidad o acidez, etc. Es necesario construir un ambiente adecuado para la instalación o equipo en cuestión con el fin de reducir al mínimo las fallas por este concepto.

El personal que interviene se comporta como una fuente de fallas cuando sus habilidades manuales y de pensamiento lógico son de baja calidad; también, cuando no conoce en forma plena el equipo o instalación que va a mantener, en este caso hablamos exclusivamente del personal de mantenimiento, ya que es el que tiene necesidad de intervenir en forma más directa. La mano de obra de mantenimiento debe ser cuidadosamente considerada a fin de adecuarla en cantidad y calidad, pues es tan negativo que haga falta ésta, como que sobre, ya que en ambos casos baja la calidad de funcionamiento de las instalaciones y equipos mantenidos. Siempre habrá un punto óptimo en la cantidad de horas-hombre necesarias para conseguir la mejor calidad de funcionamiento.

Otro tipo de personal que interviene en las instalaciones o equipos es el de operación, o sea, aquel que las maneja. También serán una fuente de falla si manejan mal su maquinaria.

El tercer tipo de personal que también origina fallas es el de construcción, o sea, aquel que tiene que intervenir en las instalaciones o equipos para modificar su diseño, ampliarlas o simplemente interrelacionarlas con otras.

En cualquier caso el personal de mantenimiento será el responsable de la buena conservación de las instalaciones o equipos, ya que su labor está enfocada a que no se pierda el “servicio” que prestan éstos. Es inadmisiblesuponer que tiene prioridad con respecto a las labores de mantenimiento alguna ampliación o reconstrucción, o simplemente alguna operación, a no ser que se trate de alguna emergencia.

5.1.3 Tipos de mantenimiento

5.1.3.1 Mantenimiento preventivo

Es la ejecución planificada de un sistema de inspecciones periódicas, cíclicas, programadas y de trabajos previstos o determinados necesarios. Garantiza la disponibilidad de equipos e instalaciones de la unidad, crea confiabilidad en el uso de los equipos e instalaciones, asegura que el proceso opere normalmente dentro del control, preservando las inversiones del capital. Se basa en programas rutinarios de mantenimiento y sustitución de partes, trata de anticiparse a las ocurrencias de fallas. Su objetivo es la detección anticipada de condiciones de trabajos anormales y de solicitar la ejecución de los servicios necesarios para que los problemas detectados sean corregidos en su fase inicial y así obtener el máximo rendimiento de las máquinas.

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- ✓ El equipo se conserva en óptimas condiciones de trabajo, no sufre mayor deterioro.
- ✓ Satisfacción de parte de quienes realizan el mantenimiento.
- ✓ Existe poco desperdicio de materia prima, se cumple con la fecha de entrega a los clientes, la fuerza de ventas está más contenta y motivada para realizar más ventas, se hacen proyectos y presupuestos con más exactitud.
- ✓ Al reducirse la improductividad de los equipos, los costos por máquina se reducen también, pudiéndose fijar precios más competitivos.
- ✓ Se dispondrán de las herramientas necesarias.
- ✓ Se podrá establecer la cantidad mínima y máxima de repuestos, por lo que estos podrán adquirirse con la suficiente anticipación.
- ✓ Se podrá programar el trabajo del personal de mantenimiento, esto facilita el que se tenga el necesario tiempo para cumplir con las labores previstas.
- ✓ Se evitará en todo lo posible que las fallas pequeñas que no se manifiesten ocasionen daños mayores.
- ✓ Se podrán establecer índices para los costos de mantenimiento.
- ✓ En conjunto se disminuirán los costos por una adecuada distribución de los recursos humanos y físicos.

Desventajas del mantenimiento preventivo:

- ✓ Cambios innecesarios de piezas que aun tienen vida útil.
- ✓ Problemas iniciales de operación (al desarmar o armar se deterioran otras piezas que se encontraban en buen estado)
- ✓ Mano de obra intensiva y especializada para períodos cortos.

5.1.3.2 Mantenimiento predictivo

Es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Se basa en la utilización de nuevas tecnologías de instrumentación a través de las siguientes técnicas:

Pruebas de desgaste: se utiliza el espectrofotómetro de absorción atómica, el cual muestra la presencia de material ajeno al aceite. Por medio de ases de luz identifica los elementos presentes en el aceite, información sumamente útil para determinar el elemento de la máquina que esta sufriendo desgaste.

Pruebas de vibración: se observan las oscilaciones y amplitudes para determinar si se encuentra dentro de los parámetros permisibles.

Temperatura: se utilizan termómetros y pirómetros, este último mide grandes temperaturas.

Pruebas de espesor: se utiliza equipo de ultrasonido.

Ventajas del mantenimiento predictivo:

- ✓ Reducir tiempo de parada de maquinaria
- ✓ Permite documentar la evolución del efecto en el tiempo
- ✓ Conoce con exactitud la vida útil de un determinado componente
- ✓ Permite el análisis de averías

- ✓ Permite el análisis estadístico del sistema
- ✓ Evita gastos innecesarios por cambios de partes en buen estado.

Desventajas del mantenimiento predictivo:

- ✓ Altos costos de equipos de diagnóstico
- ✓ Necesidad de personal altamente calificado.

5.1.3.3 Mantenimiento correctivo

Son todos los trabajos y actividades que se realizan para corregir una falla o interrupción en la operación de un equipo. Se basa en la reparación de ocurrencia de fallas; no existe una programación anticipada de mantenimiento, generando costos altos por la pérdida de producción o a la falta de prestación del servicio, derivado de los tiempos de inactividad del equipo. Cuando el trabajo es crítico donde está en peligro la vida de la persona, o si ocurre una falla en el proceso que ocasione disminución o pérdida inminente de productos y servicios, se denomina trabajo de emergencia.

Inconvenientes del mantenimiento correctivo:

Personal: continuamente se requiere mayor cantidad de personal.

Maquinaria: el desgaste produce más incidencia en fallas.

Repuestos: si el repuesto no está en bodega, habrá que hacer un pedido, lo cual ocasiona una pérdida de tiempo, esto incurre en más gastos para el mantenimiento correctivo.

Seguridad: el mantenimiento malo puede hacer que surjan condiciones de riesgo tanto para las personas como para la maquinaria.

Calidad: por los desajustes de la maquinaria la calidad del producto terminado cada vez es menor.

5.1.4 Inspecciones

Para que la maquinaria y equipos de producción funcionen de manera adecuada, es importante que los operarios les den un buen trato y sigan los procedimientos correctos de uso, vigilando por mantener determinados parámetros del equipo. Las inspecciones sirven para verificar que esto así sea y por ello es importante considerar su realización periódica, contando para ello con un inspector dentro del departamento de mantenimiento.

5.1.4.1 Inspección preventiva

La inspección preventiva forma parte importante del mantenimiento preventivo, y no solo revela la condición de la maquinaria, sino que también supone la corrección o eliminación de circunstancias que pueden ser causa de averías o deterioro, tales como ajuste, reparación o cambio de piezas desgastadas.

5.1.4.2 Inspección correctiva

Ésta forma parte del mantenimiento correctivo y se realiza cuando existe un reporte de máquina fuera de servicio o cuando el equipo se encuentra trabajando pero no al 100%. El objetivo de la inspección será comprobar que el equipo ha sido restaurado y que se encuentra operando con normalidad.

5.1.5 Efecto de un buen mantenimiento en el índice de productividad de la planta

Dado a que la productividad es la relación entre los bienes producidos y los recursos utilizados, lo que beneficiaría la productividad de una planta es que se optimice el uso de dichos recursos, logrando obtener mayores volúmenes de bienes producidos.

Un índice de productividad es por ejemplo la cantidad de bienes que se producen por horas-hombre, es decir, la cantidad de artículos que se producen haciendo uso de los operarios en el periodo de una hora. Si los equipos que son manejados por los operarios están en perfectas condiciones, éstos podrán desempeñarse sin ningún inconveniente y se logrará una producción eficiente y eficaz. Pero si por el contrario el operario tiene la disposición, pero el equipo a su cargo no funciona correctamente, al final se obtendrá una producción mediocre y por ende una mala productividad.

Es entonces donde se nota la importancia que tiene el Mantenimiento de la maquinaria y equipo, y si se ejecuta de buena manera se logrará que éstos estén en perfectas condiciones y a completa disposición para ser utilizados en la producción, y obtener un mayor volumen de bienes producidos por período de tiempo.

El solo hecho de optimizar el recurso humano, al capacitarlos y manejar tiempos estándares no serviría de nada si el equipo que necesitan no está en las condiciones necesarias para que se desempeñen al máximo. De igual manera los paros en un día de producción por realización de mantenimientos correctivos afecta el total de bienes producidos en dicho período y no se aprovecha al máximo los recursos, lo que va contrario a los objetivos de la empresa de aumentar la productividad.

Por ello el departamento de mantenimiento debe asumir su compromiso y responsabilidad ante el departamento de producción, buscando por todos los medios que los paros imprevistos, cuando se presenten, sean lo más breve posibles y que en el momento de requerirse los servicios del personal de mantenimiento por averías, éstos se presenten de inmediato.

Ambos departamentos (mantenimiento y producción) deben trabajar entonces de manera conjunta para lograr optimizar los recursos y aumentar la productividad la empresa, logrando así beneficios para todos.

5.2 Descripción del mantenimiento actual ejecutado en la planta

El departamento de mantenimiento desarrolla dos tipos de mantenimiento: El mantenimiento Preventivo y el Correctivo. Es importante recalcar que de las actividades del departamento, alrededor del 75% son acciones correctivas, lo cual resulta ser un dato poco favorable para el desempeño de la planta, al repercutir en el paro de producción.

No se tiene un proceso detallado en lo que respecta a mantenimiento correctivo, pues la mayoría de las veces cuando se presenta un fallo en algún equipo, el personal de producción evalúa la falla viendo si es del tipo eléctrico o mecánico, y proceden a llamar al departamento de mantenimiento, pidiendo a un electricista o a un mecánico dependiendo del caso. El personal de mantenimiento atiende el llamado si tiene personal desocupado y dependiendo de la urgencia del caso acuden o no de inmediato. Al final de la acción correctiva es entonces cuando se procede a realizar los registros para especificar el tipo de actividad y repuestos utilizados, esto para que las actividades del departamento de mantenimiento estén documentadas y para que la bodega de repuestos tenga el control de su inventario.

La planta es consciente que al aumentar el mantenimiento preventivo se reducirán los paros imprevistos en la producción por el fallo de equipos y por ende, el mantenimiento correctivo, y justo por ello la planta está implementando de forma reciente un Software especial, el cual se encarga de efectuar los programas de las actividades preventivas a realizar durante cada día. Para esto es necesario que al Software se introduzcan los datos de todos los equipos que posee la planta, especialmente las especificaciones del fabricante respecto a lubricación, revisión de bandas, aceite, cambio de piezas, entre otros. Y es en el registro de éstos datos que el departamento de mantenimiento se encuentra enfocado.

En vista de lo anterior, se procede a la propuesta de un mantenimiento hasta aquí no considerado en la planta: el mantenimiento predictivo, también una propuesta de la forma de proceder ante un mantenimiento correctivo y finalmente una propuesta de inspecciones. Esto con base a que el departamento de mantenimiento contribuya fielmente a la mejora de la productividad de la planta.

Lo que se hará entonces es plantear los programas para el mantenimiento predictivo, correctivo e inspecciones. Un programa es una serie ordenada de operaciones necesarias para llevar a cabo una actividad, en este caso: el mantenimiento.

5.3 Programa de mantenimiento predictivo

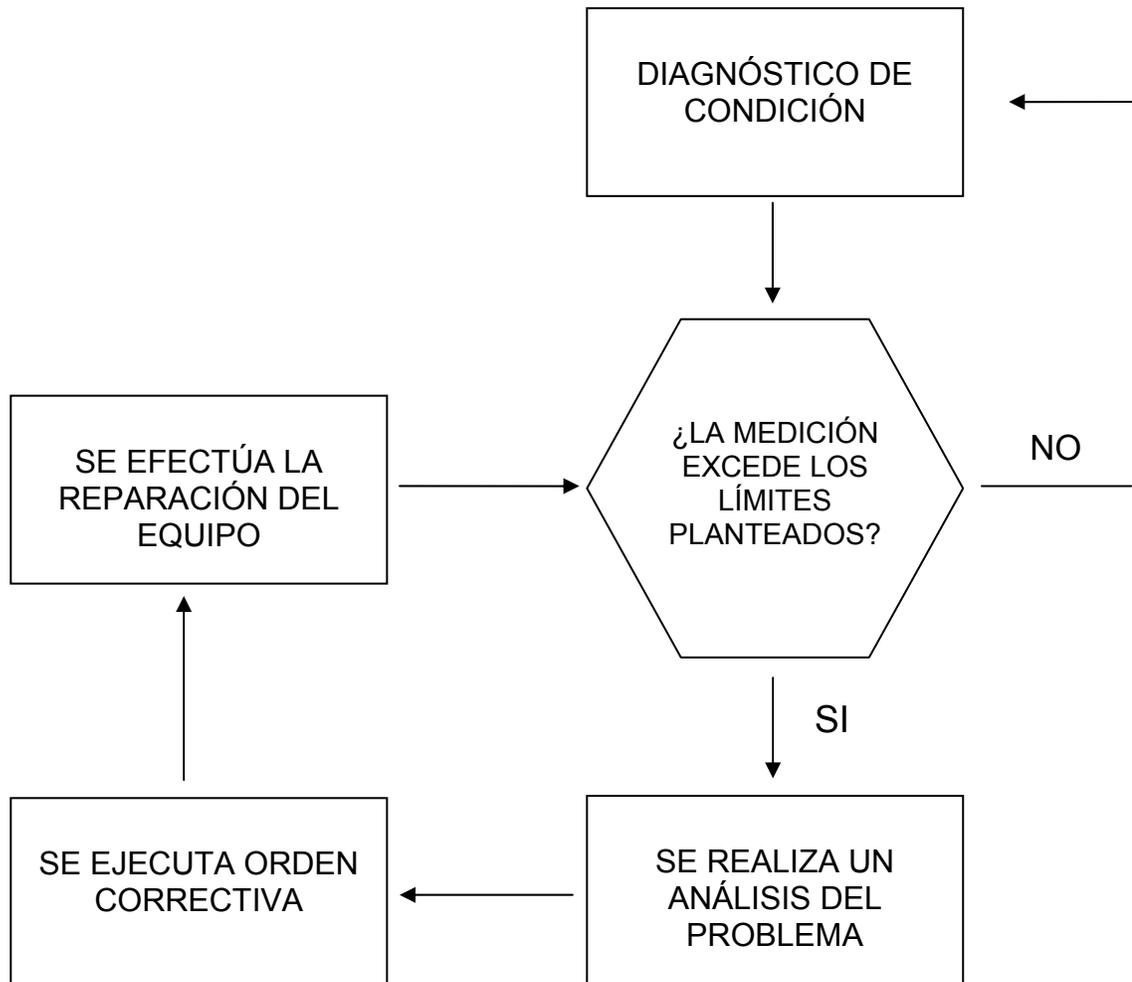
Aplicar un mantenimiento predictivo es sumamente ventajoso fundamentalmente, por que se detecta una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicios al servicio, ni detención de la producción.

La herramienta principal a utilizar para el mantenimiento predictivo será el diagnóstico de mantenimiento, el cual consiste en determinar el estado operacional de una máquina o equipo a través de la medición de parámetros determinados. Estos parámetros son analizados para verificar que se encuentren dentro de ciertos límites (establecidos estadísticamente para el mismo equipo trabajando en condiciones normales), determinando así el estado de salud o condición del sistema dinámico en relación con el tiempo.

Para el diagnóstico de mantenimiento se deberá hacer uso de instrumentos especiales, aparatos y pruebas no destructivas, como análisis de lubricantes, comprobaciones de temperatura de equipos eléctricos, etc.

El ciclo de diagnóstico de mantenimiento que la planta debe seguir se muestra en la figura 7.

Figura 7. Ciclo de diagnóstico para el mantenimiento predictivo.



En el ciclo se observa que al tener un sistema dinámico que es monitoreado, basta que se comparen las mediciones del parámetro físico con los límites que se han adoptado, para considerar su posterior análisis. Pero para poder realizar una buena evaluación se requiere de tecnologías de medición adecuadas.

Con base a las principales tecnologías de medición que se emplean mayoritariamente en la actualidad, se proponen:

- Análisis de vibraciones
- Análisis de lubricantes
- Termografía
- Ultrasonido

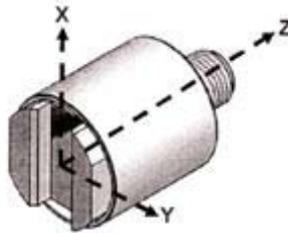
Es importante recalcar que los equipos que estarán bajo mantenimiento predictivo serán únicamente las prensas peletizadoras, puesto que a criterio de la planta son los equipos críticos y los que necesitan mayor atención.

Análisis de vibraciones

Con las vibraciones los componentes de un equipo pueden sufrir un aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, por ello es que deberá ser analizado, a fin de poder controlarlo.

Este análisis será efectuado para medir la vibración de los cojinetes de las cuatro prensas (las tres de camarón y la de pollo/cerdo). El equipo a utilizar para realizar dichas mediciones será el sensor triaxial, que permite recoger los espectros de vibración en las tres direcciones del espacio (Axial, Radial y Tangencial), Ver figura 8.

Figura 8. Direcciones en que se miden los Espectros de vibración con un sensor triaxial.



Los pasos para aplicar el análisis de vibraciones serán:

- Recopilación de información técnica sobre componentes internos e historial de mantenimiento de cada prensa para conocer su comportamiento y estado durante los últimos meses, así como para la creación de la ficha técnica de la máquina.
- Determinación concreta de los puntos en los cuales se realizará la toma de medida en cada prensa, y preparación de dichos equipos mediante la instalación de los tacos de fijación y códigos de barras. Es decir, se pega a cada prensa un taco roscado lo más cerca posible del rodamiento. Al lado de este taco donde se roscará el sensor, se coloca un código de barras que permitirá identificar el punto inequívocamente de forma inmediata. Para mejor apreciación véase la figura 9 y 10 a continuación.

Figura 9. **Extremo que conecta el sensor (a) con el taco de rosca (b).**

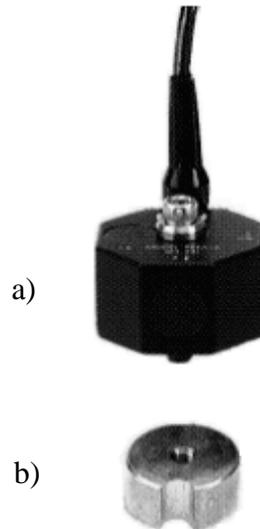


Figura 10. **Toma de las mediciones de vibración**

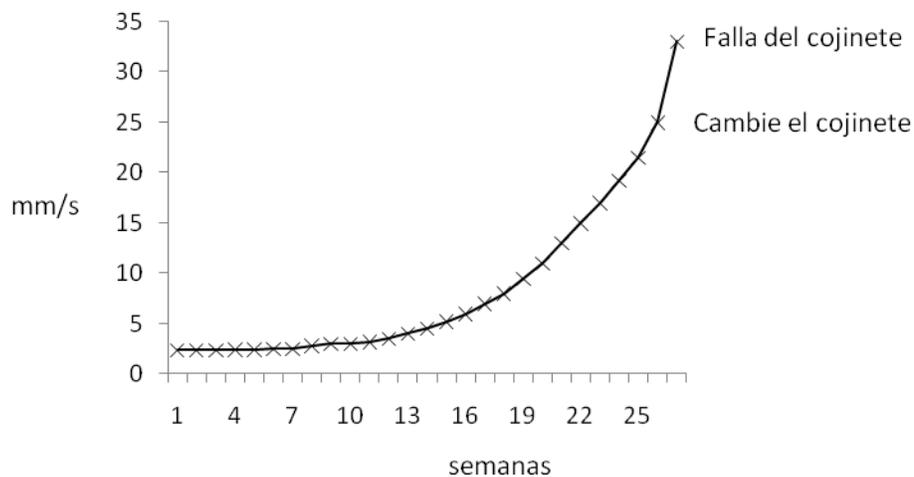


➤ **Diseño de la base de datos.**

Muchos de los fabricantes de instrumentos y proveedores de Software para el mantenimiento predictivo pueden recomendar rangos y valores para reemplazar los componentes de la mayoría de los equipos, así que al momento de recurrir a ellos habrá que requerírseles con el fin de conocer el límite de vibración sobre el cual el cojinete puede operar sin llegar a fallar.

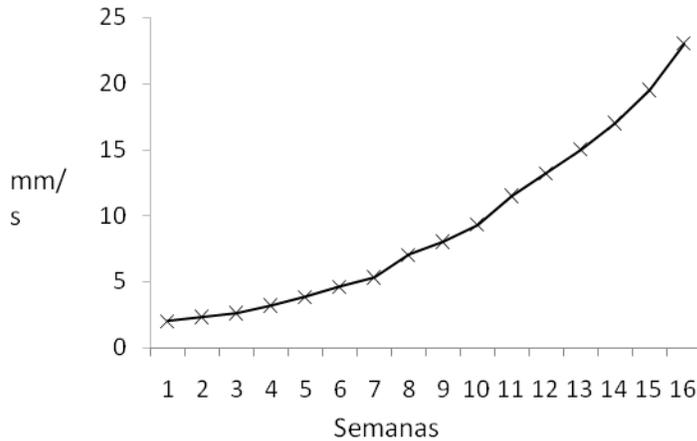
Como ejemplo se puede observar la figura 11, donde se aprecia que el cojinete fallaría si se encontrara sometido a vibraciones de 33mm/s, por lo que sería necesario cambiarlo antes de ello, en este caso según recomendación, cuando se encuentre sometido a los 25 mm/s.

Figura 11. **Vibración Vrs.Tiempo de un cojinete.**



Si se conocen los límites descritos en el gráfico anterior, puede saberse cuándo cambiar el cojinete, sin embargo el comportamiento de la pieza respecto a vibraciones en el tiempo antes de llegar a éste límite puede no ser siempre el mismo, así que habrá necesidad de graficar dicho comportamiento para poder predecir en base a un análisis estadístico el tiempo en que la pieza deberá ser cambiada. Por ejemplo si al realizar las mediciones semanales de vibraciones se obtiene hasta la semana 16, el siguiente gráfico:

Figura 12. Gráfico ejemplo del comportamiento de un cojinete particular



Podría verificarse estadísticamente si el comportamiento tiene tendencia lineal o exponencial para predecir cuando el cojinete deberá ser cambiado. Los datos lineales y exponenciales del gráfico serían:

Lineal: $Y=a*x + b$; $a=1.3478$, $b=-2.25$

Exponencial: $Y=a*b^x$; $a=1.6777$, $b=1.1827$

Sustituyendo “Y” por 25, que son los mm/s de vibración límites para el cambio del cojinete, tendríamos que x (semanas) sería:

Lineal: $x=20.2$ semanas

Exponencial: $x=16.1$ semanas

En este caso por los datos y la apreciación de la gráfica, se determina que la tendencia es exponencial y se predice que habrá necesidad de cambiar el cojinete a las 16.1 semanas, preparando lo necesario para ello.

➡ Definición de los números de identificación de máquina, áreas y rutas. Esto para facilitar la recolección de datos.

- Por último, se procederá al diagnóstico de condición (Ciclo mostrado en la figura 7) de manera periódica, para este caso será necesario realizarlo semanalmente, a fin de llevar un registro histórico adecuado del comportamiento del cojinete.

Análisis de lubricantes

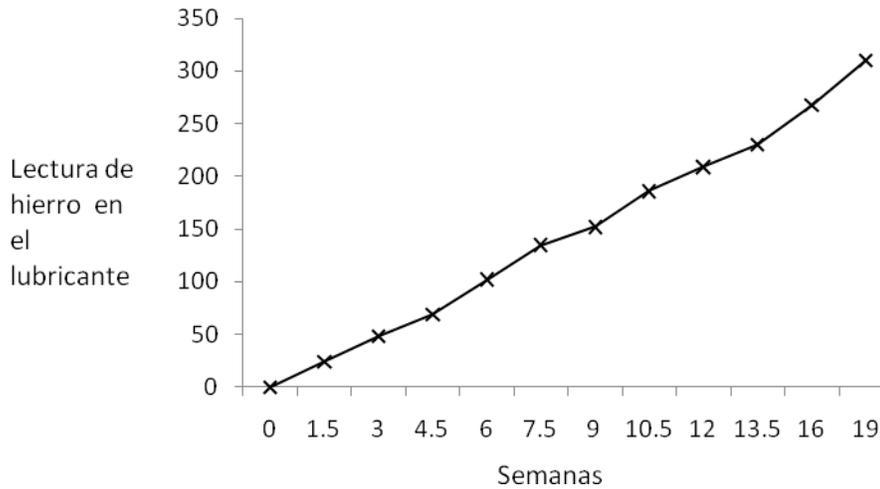
La herramienta a utilizar para este análisis será la Ferrografía, la cual consiste en el análisis de las partículas de desgaste que contiene el aceite de lubricación, con el fin de determinar el estado de la maquinaria, es decir, se conoce de manera rápida y confiable el estado de la máquina “a través del aceite”.

El procedimiento consistirá en tomar lecturas del contenido de hierro en el lubricante, estableciendo parámetros para evaluar el comportamiento del desgaste. Consideremos como ejemplo los siguientes datos:

Semanas	Lectura de hierro
0	0
1.5	24
3	48
4.5	69
6	102
7.5	135
9	152
10.5	186
12	209
13.5	230
16	268
19	310

Graficando los datos obtenemos:

Figura 13. **Conteo de partículas de hierro vrs. tiempo**



Puede apreciarse que el crecimiento de partículas de hierro en el aceite ha tenido un comportamiento lineal, pero para llevar bien el control del desgaste y determinar si se está dando de manera normal, pueden calcularse parámetros para evaluar la tasa de crecimiento; de esta manera obtenemos:

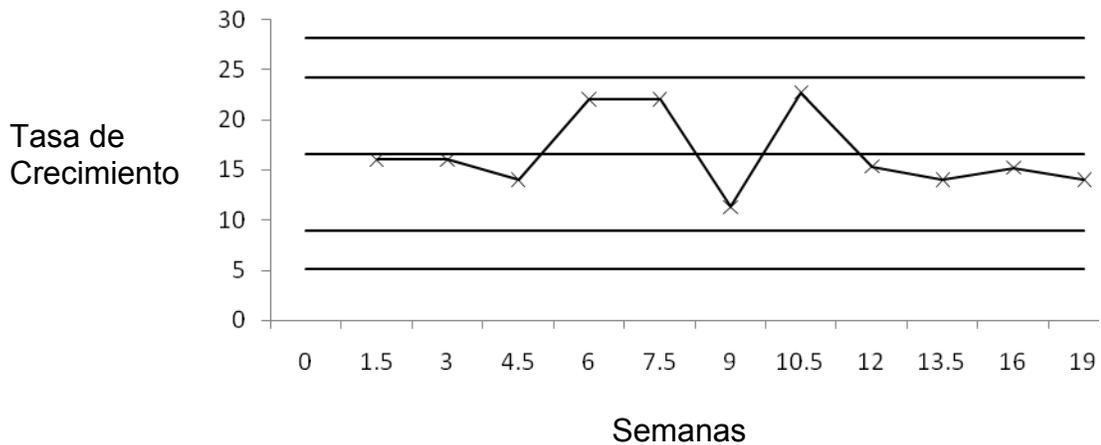
Semanas	Lectura de hierro	Tasa crecimiento Δ Partículas de hierro/ Δ semanas
0	0	Base
1.5	24	$(24-0)/(1.5-0)= 16.00$
3	48	$(48-24)/(3-1.5)=16.00$
4.5	69	14.00
6	102	22.00
7.5	135	22.00
9	152	11.33
10.5	186	22.67
12	209	15.33
13.5	230	14.00
16	268	15.20
19	310	14.00

De la tasa de crecimiento se calculan:

Promedio	16.59
Desviación estándar (σ)	3.84
Crítico Superior	28.11
Alerta superior	24.27
Alerta inferior	8.91
Crítico inferior	5.08

Al utilizar límites establecidos por la estadística, se asume que los datos están normalmente distribuidos (siguen la conocida curva de distribución de Gauss); ellos permiten establecer niveles de alertas ($\pm 2\sigma$) y de peligro o crítico ($\pm 3\sigma$) que son interpretados como una función de la media y la desviación estándar de los datos. Así pues la gráfica de control para este ejemplo sería:

Figura 14. **Gráfico de control de la tasa de crecimiento de partículas de hierro en el lubricante**



Es inevitable que se dé el desgaste, así que lo mejor será evaluar que se esté dando dentro de los parámetros permitidos, para predecir si el elemento fallará de manera normal o no, para tomar las medidas de corrección necesarias.

El tiempo habitual para la toma de lecturas de contenido de hierro en el lubricante es de un mes a tres meses, por lo que se recomienda sea considerado el intervalo de un mes y medio para la toma de lecturas.

Termografía

Tecnología de mediciones que visualiza información sobre “sitios calientes”. La Física detrás de la Termografía permite medir el calor generado por el desgaste de una componente mecánica. Luego en forma inmediata se corrigen los problemas que podrán acortar el tiempo de vida media entre roturas.

La termografía infrarroja es una técnica que permite, a distancia y sin ningún contacto, medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión. Para ello, son utilizadas cámaras especiales que extraen una imagen cuantificable en temperatura. Esta es descompuesta en colores convencionales y a cada temperatura se le asocia un color de manera que la temperatura medida más elevada aparece en color blanco.

El procedimiento no es más que barrer con la cámara todos los elementos a inspeccionar, grabando, cuando se detecte algún punto caliente, la imagen térmica para su posterior análisis y grabando además la imagen real para una correcta identificación del elemento.

Para el análisis de la imagen se deberá tener un Software donde se realice el diagnóstico e informe de todos los puntos problemáticos. En el informe junto con la imagen termográfica se asocia la imagen visible del componente, mostrando exactamente el punto defectuoso.

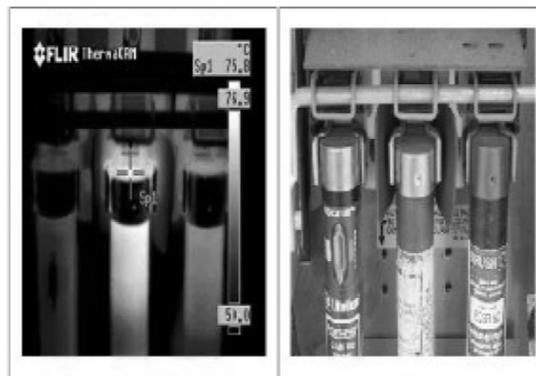
La organización deberá estar dispuesta a invertir en los costos de adquisición del equipo y Software necesarios, y estar consciente de que al momento de tenerlas, la inspección y análisis resultan muy fáciles y ayudan de manera grande a la detección de posibles fallas en las componentes del equipo, con tan solo realizar las inspecciones de manera mensual. La figura siguiente muestra un ejemplo del tipo de cámara utilizada para el análisis termográfico y del tipo de imágenes consideradas.

Figura 15. A) Cámara para análisis termográfico. B) Imagen Termográfica e Imagen real tomadas de unos fusibles.

A)



B)



ULTRASONIDO

El ultrasonido es aquel sonido cuya frecuencia está por encima del rango de captación del oído humano (20-20 K Hertz) y toda máquina los produce, pudiendo de esta manera brindarnos información sobre las posibles fallas futuras en el comportamiento de manera anticipada. Con el Ultrasonido es posible detectar por ejemplo la fricción en máquinas rotativas, fallas y/o fugas en válvulas, fugas de fluidos, pérdidas de vacío, detección de arco eléctrico y verificación de la integridad de juntas de recintos estancos. Casi todas las fricciones mecánicas, arcos eléctricos y fugas de presión o vacío producen ultrasonido en un rango aproximado a los 40 KHz.

En todos los sectores fugas significan pérdidas. En tuberías de agua y fluidos en general, puede significar pérdida de producto. En sistemas de aire comprimido, tuberías de vapor e instalaciones de calor, significa un mayor costo. Dado a que las prensas que la planta posee hacen uso del vapor para acondicionar la harina del alimento y peletizar adecuadamente el producto, la implementación del análisis de ultrasonido será principalmente para detectar posibles fugas en las tuberías que llevan el vapor.

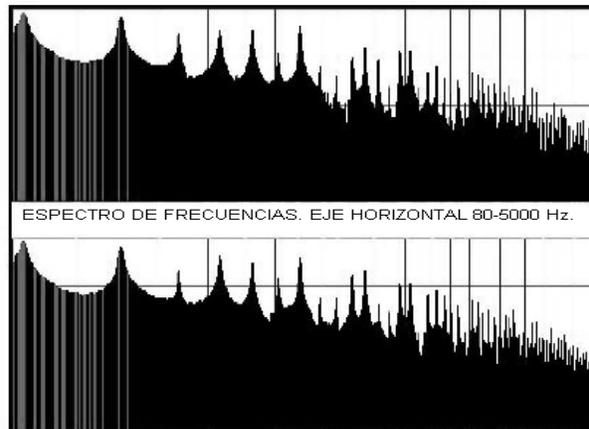
Al igual que para los análisis anteriores, lo indispensable para la detección es la instrumentación a utilizar, y en este caso se usa un equipo especial para la detección de ultrasonidos (véase figura 16), así como también se implementa un Software para el análisis, el cual deberá ser efectuado de manera mensual.

Figura 16. **A) Equipo para la detección de ultrasonido.**
B) Gráfico de ultrasonido.

A)



B)



5.4 Programa de mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo debe ser aplicado cada vez que el departamento de producción reporte la falla de algún equipo, y dado a que por lo general la producción es detenida en ese momento, se debe procurar que el procedimiento de la acción correctiva sea ordenado, rápido y eficiente para evitar pérdidas económicas como efecto del paro en la línea.

A este fin se propone el siguiente procedimiento de mantenimiento correctivo:

1. El supervisor de producción u operador del equipo reporta la falla y hace la solicitud al departamento de mantenimiento.
2. El supervisor de mantenimiento analiza la falla evaluando si puede resolverse internamente o si será necesario solicitar los servicios al respecto de uno de los proveedores.
3. Si se resuelve internamente, el técnico se equipa con las herramientas necesarias y adquiere los suministros en bodega de stock de repuestos. Si no es así, será el proveedor quien se encargará por completo de realizar la acción correctiva.
4. El supervisor de mantenimiento verifica y evalúa el servicio de mantenimiento para evaluar si se libera el equipo.
5. Si se libera el equipo, se registrará en la memoria de labores. Caso contrario, se requerirá nuevamente la acción correctiva.

Para una mejor comprensión, se detallan las actividades en la figura 17.

Figura 17. Flujograma del procedimiento de mantenimiento correctivo.

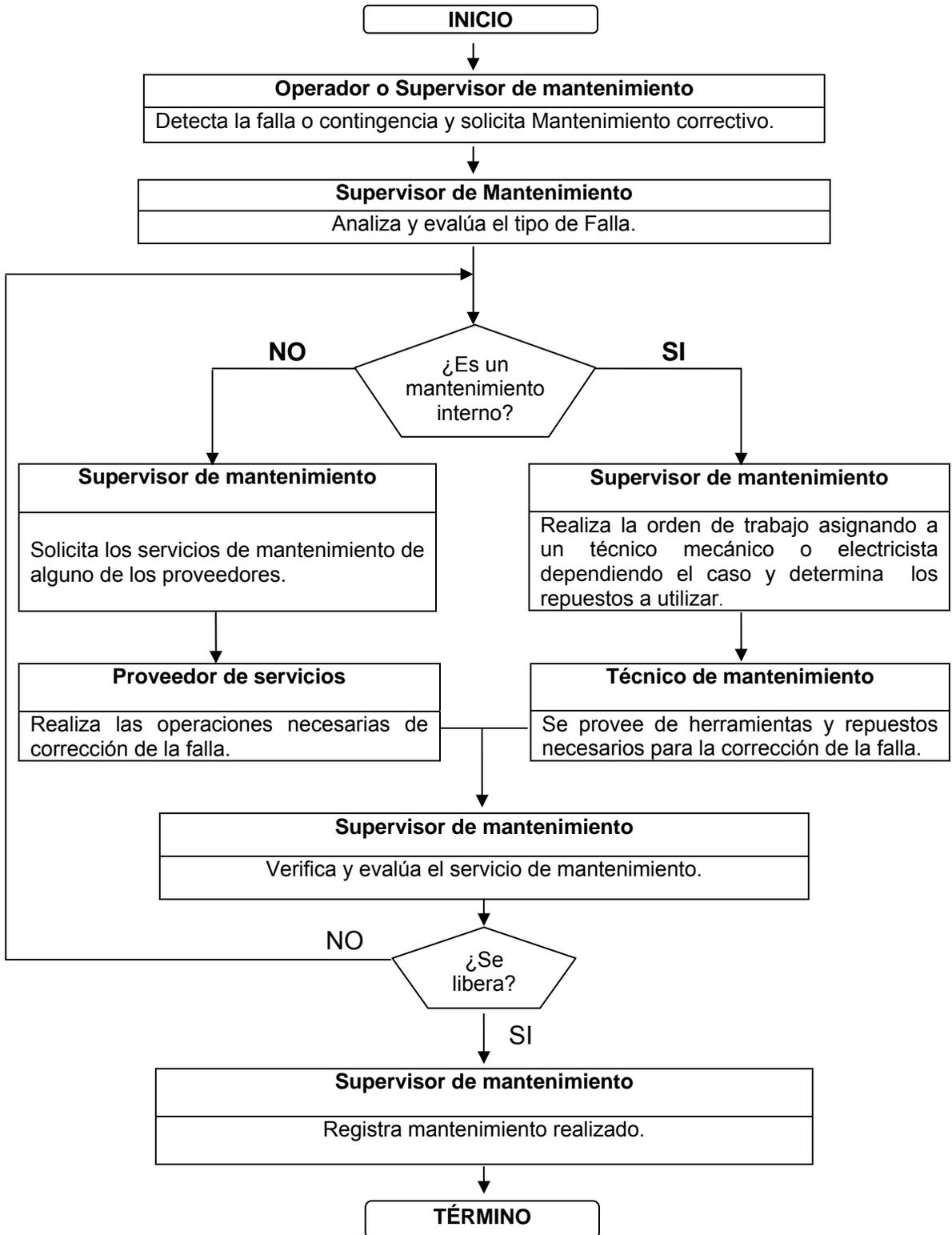


Figura 18. Formato de orden de trabajo

LOGOTIPO DE LA PLANTA	Nombre de la Empresa Unidad Operativa ORDEN DE TRABAJO				
<hr style="border: 1px solid black;"/>					
Orden de Trabajo N°:		Fecha de Inicio:			
		Fecha Finalización:			
Tipo de actividad:	Correctivo	Emergencia	Preventivo	Predictivo	Otro
Equipo:					
N°					
Especialidad principal:	Técnico	Inspector	Oficial	Operario	
Cantidad:					
Cuadrilla:	Eléctrico	Mecánico	Electrónico	Otro	
Herramientas Utilizadas:					
Cantidad:					
Operaciones:	Viaje Ida y Vuelta al Lugar	Realizar Actividad	Realizar Informe y Registrar		
Tiempos:					
Descripción de la actividad:					

La figura anterior muestra un formato general de una orden de trabajo, y detalla de buena manera los aspectos a cubrir. Además será indispensable que el técnico al momento de ejecutar lo descrito en la orden de trabajo, considere los aspectos presentados en la siguiente tabla:

Tabla XCIV. Riesgos y precauciones al efectuar una acción correctiva

Riesgos	Precauciones
Precauciones Preliminares	Colocación de extinguidores en forma estratégica
	Reconocimiento del lugar de acuerdo al riesgo representado por el equipo.
	Realizar una adecuada señalización
	Ubicación de vehículos en forma correcta
Riesgo Mecánico	Utilizar botines de seguridad
	Utilizar casco de seguridad
	Utilizar guantes protectores
	Utilizar manta anti flama
	Utilizar máscara protectora
	Utilizar protector ocular
	Utilizar ropa de trabajo
Riesgo Ergonómico	Posiciones adecuadas para realizar esfuerzos
	Utilizar herramientas adecuadas y en buen estado.
Riesgo de trabajo en recintos cerrados	Aireación de recintos
	Medición con detector de oxígeno(concentración)
	Verificación de ventilaciones
Riesgo de gases	Utilizar elementos antiexplosivos
	Verificar pérdidas de gases tóxicos
Elevado Nivel de Ruido	Realizar medición con decibelímetro
	Utilizar protector auditivo
Riesgo Eléctrico	De acuerdo a norma
	Puesta a tierra de equipos
	Uso de tablero eléctrico con disyuntor diferencial
Riesgo Ambiental	Deposición y tratamiento final de desechos
	Usar limpiador/desengrasante de seguridad (no inflamable)
	Utilizar envases originales sin pérdidas
	Contención y deposición de solvente y pinturas
	Deposición final de residuos
Riesgo de Líquidos Tóxicos	Colocación de elementos absorbentes
	Utilizar guantes Acrilo Nitrilo
	Deposición final elementos impregnados
	Utilizar mascara de protección respiratoria
	Procedimiento de recambio de recipiente

La figura siguiente muestra un formato de Solicitud de servicio de mantenimiento, y muestra su contenido esencial.

Figura 19. Formato de solicitud de servicio

Logotipo de la planta	SOLICITUD DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO		No.								
Fecha:		Área que solicita:									
Realizado por:		Equipo y ubicación:									
Servicio Solicitado (marque con una X)											
Mecánico	<input type="checkbox"/>	Eléctrico	Otro <input type="checkbox"/>								
Describa brevemente _____ _____											
Prioridad:	Alta <input type="checkbox"/>	Media <input type="checkbox"/>	Baja <input type="checkbox"/>								
Tipo de mantenimiento	Preventivo <input type="checkbox"/>	Correctivo <input type="checkbox"/>									
Atendido y ejecutado por: _____											
El día:		Hora:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;">De:</td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%; text-align: center;">A:</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">-</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	De:		A:			-		
De:		A:									
	-										
Observaciones:											
Recibido de conformidad:											
_____ Nombre y firma											

5.5 Programa de inspecciones

Este programa será aplicado únicamente a las prensas, las cuales a criterio del departamento de mantenimiento son las más críticas y requieren mayor atención. Estas son las prensas de pollo/cerdo, y camarón.

Se tendrá que asignar a un miembro del personal para que una vez al mes se encargue de realizar las inspecciones y verificar principalmente que la puesta en marcha de las prensas sea la adecuada en cada turno, evitando así posibles fallas cuya causa se deba al error humano y asegurando una producción óptima en dicho turno. Las herramientas a ser utilizadas por el inspector serán:

- ✓ Instructivos de puesta en marcha de las prensas,
- ✓ Notas de inspección, y
- ✓ Control de notas de inspección

Los instructivos tendrán que estar también a disposición de los operarios encargados de cada prensa, puesto que lo que se pretende es que éstos le den el cuidado adecuado a los equipos. Entonces al momento de que el inspector haga la observación mensual en cada turno deberá cerciorarse de que se siguen correctamente los procedimientos de puesta en marcha del equipo detallados en el instructivo, evaluando cada uno de los pasos.

Al momento que el operario esté omitiendo alguno de dichos pasos, habrá que notificárselo para que pueda corregirlo en el momento, pudiendo en determinado caso necesitar la ayuda de alguna persona de mantenimiento para ello, por ejemplo al tener la necesidad de ajustar los rodillos de la prensa.

Si la corrección por algún motivo no puede ser ejecutada al instante, entonces el inspector tendrá que extender una “nota de inspección” para asegurar su posterior corrección, en dicha nota se identificará el equipo y al operario, describiendo el tipo de falta así como las recomendaciones de corrección.

Las notas extendidas serán entregadas a uno de los supervisores de mantenimiento, y deberán estar en duplicado para que el inspector pueda tener una copia de la notificación hecha. Será el supervisor quién se encargue de ordenar la ejecución del trabajo explicado en la nota, dándole aviso al inspector cuando esté terminado para que lo registre y pueda comprobar que así fue cuando vuelva a realizar la siguiente inspección.

Cuando finalmente se hayan realizado todas las inspecciones, el Jefe de mantenimiento deberá discutir con el inspector sobre los resultados y hallazgos, las notas de inspección extendidas y el seguimiento dado a cada una de ellas. Esto para comprobar que se están tomando las medidas necesarias para el buen uso y cuidado de los equipos.

Para conocer mejor las herramientas que el inspector debe utilizar, se presenta a continuación en la figura 20, un modelo de nota de inspección.

Figura 20. **Modelo de una nota de inspección.**

LOGOTIPO DE LA PLANTA	NOTA DE INSPECCIÓN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO		No.
EQUIPO:	LINEA:	OPERADOR:	
DESCRIPCIÓN DE LA FALTA			
CAUSAS QUE ORIGINARON LA FALTA			
RECOMENDACIONES PARA LA CORRECCIÓN			
Fecha de expedición: Fecha de conclusión:	Avances del proceso		
_____ INSPECTOR		_____ RECIBIO EN MANTENIMIENTO	
_____ SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO			

La manera de registrar las notas extendidas será a través de la hoja “control de notas de inspección”, el cual le será también útil al inspector al discutir las con el jefe de mantenimiento. En la figura siguiente se presenta un modelo de esta hoja.

Figura 21. **Control de notas de inspección**

LOGOTIPO DE LA PLANTA	CONTROL DE NOTAS DE INSPECCIÓN DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			INSPECCIÓN CORRESPONDIENTE AL MES DE:
No. De Nota	Equipo y línea	Motivo de la extensión	Fecha Emisión	Fecha conclusión

El modelo de instructivo propuesto de la puesta en marcha de las prensas es el siguiente:

Logotipo de la planta	INSTRUCTIVO PARA LA PUESTA EN MARCHA DE UNA PRENSA PELETIZADORA	FECHA HOJA 1 DE 3
-----------------------	--	----------------------

1. Usuarios:

Gerente de planta
 Supervisor de producción
 Inspector de mantenimiento
 Operador de prensa

2. Objetivo:

Definir el procedimiento correcto para poner en marcha la prensa peletizadora.

3. Alcance:

Éste instructivo abarca las actividades previas a la puesta en marcha del equipo, el cual se encuentra en el área de peletizado del producto.

4. Responsabilidades:

Gerente de planta Responsable de crear una cultura en la organización que fomente el buen uso y cuidado de los equipos y herramientas.

Supervisor de producción Responsable de velar por que se le esté dando el uso adecuado a los equipos.

Inspector de mantenimiento Responsable de verificar que el procedimiento descrito en el instructivo sea ejecutado de manera óptima.

Operador de prensa Responsable de la correcta ejecución del procedimiento detallado en el instructivo.

5. Contenido:

1. Verificar en el programa diario de producción qué producto se va a peletizar durante el turno y saber que tolva, malla y molde se va a usar.
2. Verificar y asegurarse de una forma visual si la tolva de mezcla de la prensa está libre de contaminación.
3. Limpiar sus sensores de nivel cuando estén cubiertos de mezcla.
4. Limpiar el acondicionador.
5. Ajustar los rodillos hacia el molde (pedir ayuda al mecánico cuando no logre ajustarlos adecuadamente).
6. Engrasar los rodillos.
7. Engrasar módulo y demás partes mecánicas que sufran desgaste de rozamiento en la peletizadora.
8. Verificar y asegurarse que el post-acondicionado esté libre de contaminación, se aprovecha para limpiar los sensores.

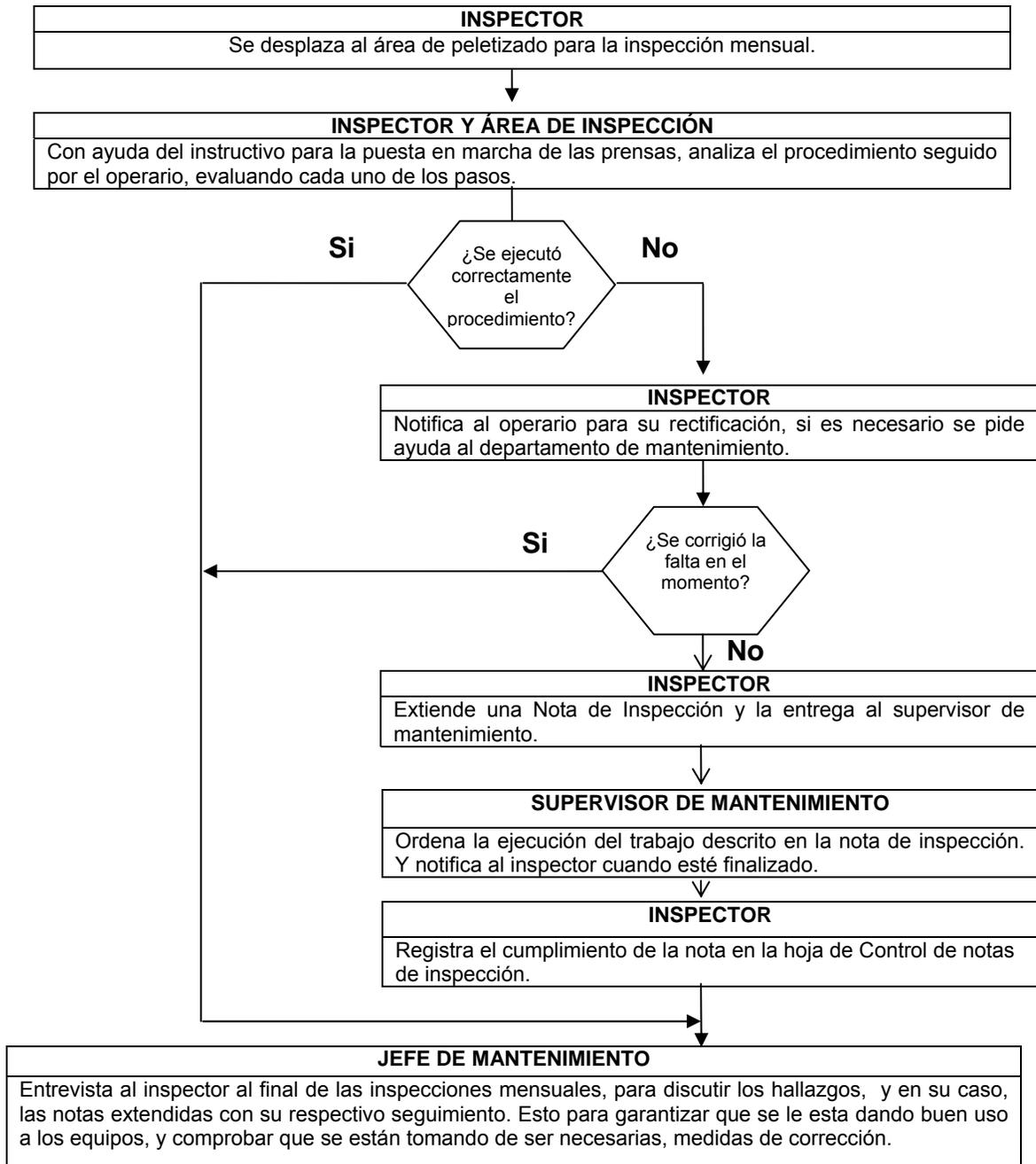
9. Verificar y asegurarse visualmente que el secador esté limpio.
10. Verificar y asegurarse visualmente que el enfriador no tenga grumos.
11. Verificar si están limpios los elevadores y transportadores a cadena.
12. Verificar en el manómetro del pulmón manifold (entrada de prensas) que la presión del vapor sea mayor a 5 bares.
13. Verificar la presión del aire comprimido en el manómetro, ésta no debe ser menor a 100 psi o Lb/pulg².
14. Pulsar start o inicio (pantalla gellen counter flow) al transporte y asegurarse que no exista ninguna indicación de color rojo o alarma, pedir ayuda al electrónico de mantenimiento cuando no comience a operar.
15. Pulsar start en el variador de frecuencia (exclusa de post acondicionador) y programar velocidad.
16. Pulsar start en el variador de frecuencia de canaleta vibratoria y programar velocidad.
17. Programar (pantalla gellen counter flow) temperatura en el post acondicionador y secador, tiempos en cada tolva y si es necesario los ventiladores del secador y enfriador; esto dependerá del producto.
18. Regular niveles de la tolva y compuerta de caída de producto del post acondicionador cuando no se adecuen al pelet que se esté operando.

19. Regular cama o nivel de la tolva del secador y su compuerta de caída de producto de acuerdo al pelet a operar.
20. Regular niveles de la tolva del enfriador y compuerta de caída de producto de acuerdo al pelet a operar.
21. Verificar y asegurarse que no exista ninguna alarma en la pantalla (gellen counter flow) líquida.
22. Resetear la alarma si no se ha desactivado después de atender la emergencia o si no verificar la causa que lo mantiene con la ayuda del electricista o mecánico de mantenimiento.
23. Visualizar en la pantalla de la peletizadora (buler) que no exista ninguna compuerta abierta.
24. Programar carga del alimentador y temperatura del acondicionador (pantalla buler).
25. Pulsar start o inicio (pantalla buler) de la peletizadora.
26. Abrir compuerta de la peletizadora para verificar el tamaño del pelet.
27. Ajustar las cuchillas cuando el pelet obtenido no cumpla con las especificaciones.

Elaboró: (puesto)	Revisó: (puesto)	Aprobó: (puesto)
--------------------------	-------------------------	-------------------------

La siguiente figura muestra todo el procedimiento de inspección:

Figura 22. **Flujograma del proceso de inspección mensual.**



6. PROCEDIMIENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE LAS PROPUESTAS

Es indispensable que al momento de hacer propuestas de mejoramiento dentro de una organización, se describa la forma en que serán implantadas, dado a que esto no se realiza de forma automática al haber muchas veces resistencia al cambio por parte de los trabajadores. Además, así se asegura el alcance de los objetivos perseguidos con las propuestas.

En este caso, la implantación de las propuestas referentes al proceso de producción no tiene mayor complicación, dado a que no dificulta de manera alguna el desarrollo actual de las operaciones, si no todo lo contrario, pues al estandarizar los tiempos de operación, al diagramar el proceso y al analizar las operaciones, se aportan herramientas que anteriormente no se tenían y que ahora al ser consideradas, resultan de gran utilidad para el mejoramiento de la producción y por ende, el aumento de la productividad.

Por otro lado, en términos de mantenimiento de la maquinaria, se resalta que la organización ya cuenta con un programa o procedimiento de mantenimiento correctivo, el cual han ejecutado desde que la planta inició sus operaciones, así que será un poco difícil implantar el método propuesto. Requerirá de presentar al personal los beneficios que se obtienen tanto para los equipos como para ellos, al seguir un procedimiento ordenado.

. En términos generales, antes de implantar una propuesta ésta debe ser comunicada y presentada al personal involucrado, dándoles a conocer los beneficios y ventajas resultantes de su implementación y concientizándolos además de que lo que se busca es la mejora continua. De esta forma, al estar bien informados los trabajadores, prestan una mejor disposición al buen desarrollo del mismo.

6.1 Propuestas de operaciones de procesos

6.1.2 Análisis de operaciones

Lo primordial será la comunicación, explicándoles a todos los miembros del área de microfórmulas sobre la nueva forma de proceder y sobre las ventajas y beneficios que se obtiene, tanto para el departamento como para la planta en sí.

6.1.2.1 Diagramas de operaciones del proceso

Estos diagramas deben ser presentados primordialmente a los supervisores de producción, y a los encargados de las áreas de llenado de tolvas, de microfórmulas y de envasado, para que lo tengan en sus archivos y puedan comunicarles a los trabajadores sobre la existencia de ellos y la finalidad que tienen.

Como ya se explicó, los diagramas sirven para ser sometidos a análisis y poder proponer mejoras, así que en ello radica la importancia de que puedan estar a disposición de los trabajadores para que, de ser posible, puedan evaluarla y sugerir en su caso alguna mejora. Pueden ser utilizados también como herramienta para mostrar a los nuevos trabajadores la naturaleza de su trabajo y lograr que comprendan mejor el proceso.

6.1.3 Estandarización

Los tiempos estandarizados de operación al igual que los diagramas de operaciones de proceso, deben ser presentados y entregados principalmente a los supervisores de producción por parte de la gerencia, para que a ellos les sirva como patrón de comparación entre el tiempo que le está tomando a un trabajador desarrollar una operación y el tiempo estándar que se ha determinado para dicha operación.

Si con esta evaluación resulta que el operario se está desempeñando de manera relativamente deficiente, se procede a lograr junto con él la mejora del mismo hasta lograr el estándar, y si por el contrario el operario se está desempeñando por encima del estándar, pues se le hace ver ello a manera de reconocimiento y se le deberá motivar para su continuidad.

La motivación mencionada puede radicar en un programa de incentivos por desempeño, para lo cual la gerencia debe hacer un esfuerzo en búsqueda de su implementación, considerando la importancia y efecto que tiene sobre la producción.

6.1.4 Diseño del área de trabajo

Sin importar todos los esfuerzos que se hagan para lograr el máximo desempeño de los operarios, si el ambiente no es propicio no se obtendrá del operario su máximo desempeño, por lo que a este respecto habrá que prestar mucha atención, y que mejor que los operarios para hacer ver a los directivos si el área de trabajo es la adecuada o no, por lo que habrá que entrevistarlos para verificarlo, y velar por que el área de trabajo cumpla con sus necesidades respecto a ventilación, iluminación y protección contra el ruido de la mejor manera.

6.2 Propuestas de mantenimiento

6.2.1 Programas de mantenimiento

Los programas de mantenimiento ayudan al departamento como guías de las operaciones que deben desarrollar. Y al ser implementadas se logrará tener los equipos en perfectas condiciones, logrando su máxima eficiencia y finalmente optimizando la productividad de la planta al no provocar paros en la producción.

Los puntos clave para su implementación serán:

- ✓ La planeación,
- ✓ Organización,
- ✓ Dirección, y
- ✓ Control.

Para la planeación deberán realizarse sesiones entre los principales directivos de la planta: el gerente general, el jefe de mantenimiento, supervisores de mantenimiento y de producción, para acordar la implementación de los programas conociendo ya los beneficios que aportan para la planta en general.

La etapa de organización consistirá en comunicarle al personal sobre la implementación de los programas, principalmente al personal del departamento de mantenimiento, quienes serán los encargados de su ejecución. Serán el Jefe y supervisores de mantenimiento quienes coordinarán todas las actividades asignando las tareas al personal de manera periódica, de acuerdo a la rotación por jornada del personal.

La Dirección estará a cargo del Gerente de la Planta y principalmente del Jefe de mantenimiento, para asegurarse de que las actividades se están desarrollando de acuerdo a lo previsto y que se están alcanzando los objetivos.

El control de las actividades de mantenimiento estará bajo el cargo del Jefe y supervisores de mantenimiento, aplicando medidas correctivas cuando sea necesario.

En cuanto al mantenimiento predictivo, la organización podrá implementarla de dos maneras de acuerdo a su alcance económico: A través de los servicios de alguna compañía dedicada al mantenimiento predictivo, quienes se encargaran de todo el análisis, o a través de la implementación por cuenta propia para lo cual deberá contar con la asesoría de la empresa que le brinde el equipo y Software necesario hasta poder implementarla por si sola.

6.2.2 Programas de inspección

Las etapas de planeación, organización, Dirección y control para la implementación del programa de inspecciones será ejecutada de igual manera que se describió para los programas de mantenimiento.

La diferencia radica en que en la organización, se deberá asignar como inspector a un miembro del personal, dotándole de las herramientas necesarias para este fin (instructivo de puesta en marcha de los equipos, notas de inspección y control de notas). Para la Dirección y control serán únicamente el Jefe y supervisores de mantenimiento los encargados. Y deberán velar por que los hallazgos y acciones tomadas como resultado de las inspecciones son las adecuadas.

7 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

7.1 Identificación del impacto ambiental causado por el proceso de producción

Después de observar la forma en que se desarrollan las actividades de la planta de producción, se pudo determinar que contribuye de buena manera al cuidado del medio ambiente, esto por que:

- No representa un riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
- No provoca reasentamiento de comunidades humanas, o alteraciones significativas de los sistemas de vida y costumbres de la comunidad en la cual se encuentra ubicada la planta de producción.
- Se encuentra localizada de tal manera que no perjudica a la población, recursos o áreas protegidas. Es importante resaltar que de estar cerca de una población, quizás causaría molestias en cuanto al ruido que los equipos producen y también en cuanto al olor emanado por los insumos utilizados, tal y como lo son algunas de las grasas y harinas que despiden un olor ciertamente desagradable y de los cuales sí se protege al personal de la planta.
- No altera el valor paisajístico o turístico de la zona, dado a que la planta se encuentra en una zona netamente industrial.

- No altera de ninguna manera monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.
- No causa efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.

Además, según resultados proveídos por una empresa dedicada al análisis químico, las descargas de agua residual de la planta poseen características que se encuentran dentro de los límites permitidos por la CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente). Estos límites fueron diseñados en tres etapas, cada una de tres años, para las diferentes industrias existentes.

Los límites para la industria al que pertenecen Procesadoras de concentrados para animales, harinas, y cereales, se presentan a continuación, recordando que la planta tiene 3 años cumplidos.

	3 años	6 años	9 años
Sólidos sedimentales (mg/l)	2	1,5	1
Sólidos en suspensión (mg/l)	180	130	65
Demanda bioquímica de oxígeno*	1400	1000	400
Demanda química de oxígeno*	2000	1500	600
Materia flotante	ausente	ausente	ausente
PH	6,9	6,9	6,9
Temperatura (grados entígrados)	7	7	7
Grasas y aceites(mg/l)	140	100	50

*Demanda bioquímica de oxígeno: cantidad de oxígeno necesaria para la estabilización de la materia orgánica biodegradable.

*Demanda química de oxígeno: cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar químicamente sustancias de origen orgánico e inorgánico presentes en el agua.

De igual manera que para las aguas residuales, la planta cuenta con hallazgos de estudios hechos sobre las emisiones de gases (específicamente en el área de calderas), los cuales indican que se ha estado teniendo un 11 % de CO₂ en los gases de combustión, un porcentaje dentro de los límites permitidos, pero que a diferencia de las aguas residuales, provoca un mayor efecto en el ambiente.

Respirar el humo de calderas industriales, así como de diferentes medios de transporte terrestre, no provoca la muerte instantánea, pero agrava enfermedades respiratorias, cardiovasculares y el cáncer de pulmón, mismas que han aumentado hasta en un 15 por ciento en ciudades donde se reportan altos índices de contaminación. Por ello, será importante que la planta mantenga un adecuado control sobre las emisiones de gases, a efecto de que los niveles de CO₂ no se incrementen.

7.4 Plan de mitigación y reparación

Los gases emanados por las calderas deberán ser de un color claro, puesto que así se causa menos efecto sobre el ambiente y en términos de operación de dichos equipos se logra su mayor eficiencia.

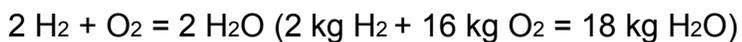
Resulta favorable entonces que la combustión en las calderas sea la correcta, y de esto deberán encargarse los calderistas, debiendo conocer para ello los siguientes aspectos sobre la combustión:

Reacciones químicas de combustión.

Los elementos combustibles de la mayoría de las sustancias combustibles son, el carbono (C), el hidrógeno (H) y una pequeña cantidad de azufre (S). Los cálculos se realizan mediante algunas reacciones químicas de estas sustancias con el oxígeno, teniendo en cuenta que:

- a) El combustible es un único compuesto químico, (sustancia pura), o bien una mezcla de sustancias puras (mezcla de gases combustibles).
- b) El combustible, si es un líquido o un sólido, es una mezcla de diversos compuestos cuya composición química se puede determinar.

En cualquier caso, los elementos combustibles son sólo el C, H₂ y S y las reacciones de combustión se pueden reducir, cuando se trata de combustibles sólidos o líquidos, a las tres siguientes:



Cálculo del poder comburívoro.

Se llama poder comburívoro de un combustible a la cantidad de aire mínima necesaria, en condiciones normales, para que se verifique la combustión completa de la unidad de combustible; a la combustión realizada en estas condiciones se la denomina combustión neutra, perfecta o estequiométrica.

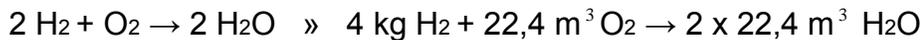
Si consideramos 1 kg de combustible que tiene C kg de carbono, H kg de hidrógeno y S kg de azufre, la cantidad de oxígeno requerido para la combustión completa del carbono responde a la reacción:



es decir:

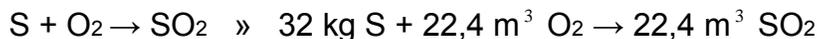
C kg de Carbono necesitan $22,4 \frac{C}{12}$ kg de O_2

La cantidad de oxígeno necesaria para la combustión completa del H_2 es:



H kg de Hidrógeno necesitan $22,4 \frac{H}{4}$ kg de O_2

La cantidad de oxígeno necesaria para la combustión completa del S supone:



S kg de Azufre necesitan $22,4 \frac{S}{32}$ kg de O_2

Por lo tanto, el volumen de oxígeno necesario para quemar 1 kg de combustible es:

$$VO_2 = 22,4 (C/12 + H/4 + S/32 - O/32) \text{ m}^3/\text{kg} = 22,4 \{C/12 + S/32 + 1/4(H - O/8)\} \text{ m}^3/\text{kg}$$

en la que $O/32$ es el oxígeno contenido en el combustible.

Volumen de aire mínimo por kg de combustible.

Como en 100 partes en volumen de aire, 21 son de oxígeno, el volumen de aire mínimo necesario para quemar 1 kg de combustible es:

$$\begin{aligned}V_{\text{aire mínimo}} &= 100/21 \times 22.4 (C/12 + H/4 + S/32 - O/32) \text{ m}^3/\text{kg} \\ &= 106,67 (C/12 + S/32 + 1/4(H - O/8)) \text{ m}^3/\text{kg}\end{aligned}$$

La expresión $(H - O/8)$ se denomina hidrógeno disponible y representa la parte de hidrógeno que queda en el combustible después de quemar el propio hidrógeno del combustible en el oxígeno existente, ya que se necesitan 8 gramos de oxígeno para consumir 1 gramo de hidrógeno.

El peso del aire necesario se puede determinar en función del volumen del aire ya calculado, teniendo en cuenta que en condiciones normales, 1 m³ de aire pesa 1.293 kg y si la composición del aire en peso es de 23% de oxígeno, por 77% de nitrógeno, resulta:

$$1 \text{ kg de O}_2 \text{ equivale a } 100/23 = 4,35 \text{ kg de aire,}$$

por lo que el peso de aire necesario por kg de combustible es:

$$P_{\text{aire mínimo}} = 4,35 (2,67 C + 8 H + S - O) \text{ kg de aire/kg de combustible}$$

Existen fórmulas empíricas que permiten calcular el volumen de aire necesario por kg de combustible, en función de la potencia calorífica inferior P_i del mismo:

Par a los combustibles sólidos: $V_{\text{aire mínimo}} = (1,01 P_i/1000 + 0,5) \text{ m}^3/\text{kg}$

Para los combustibles líquidos: $V_{\text{aire mínimo}} = 0,85 P_i/1000 \text{ m}^3/\text{kg}$

La cantidad de aire determinada en estos casos, es la cantidad estricta mínima de aire necesaria (condición estequiométrica), para que se verifique la combustión total.

La combustión incompleta se da cuando:

- Hay exceso de oxígeno o aire, en la mezcla aire-combustible. Se ve representado por humo de color negro.
- Hay deficiencia de oxígeno o aire. Se tiene más combustible de lo necesario y se deposita en la chimenea. Se ve representado por humo de color blanco.

Dado el corto tiempo en que en un hogar están juntos el combustible y el comburente (oxígeno), es imposible que se combinen por completo aunque se haga llegar al hogar el aire mínimo necesario para la combustión (antes calculado), ya que éste no se puede poner en contacto con todo el combustible que pasa al mismo tiempo por el hogar; en la práctica habrá que emplear una cantidad real de aire $A_{\text{aire real}}$ mayor que la calculada.

COEFICIENTE DE EXCESO DE AIRE. La relación entre el aire real y el aire mínimo se denomina coeficiente de exceso de aire “s” de la forma:

$$s = \frac{A_{\text{aire real}}}{A_{\text{aire mínimo}}}$$

en la que:

Para combustibles sólidos: $s = 1.5 \div 2.0$

Para combustibles líquidos: $s = 1.1 \div 1.2$

Para combustibles gaseosos: $s = 1.0 \div 1.1$

EXCESO O DEFICIENCIA DE AIRE. Denominado como "e", se define en la forma:

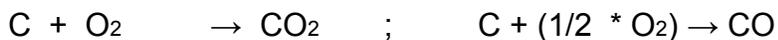
$$e = A_{\text{aire real}} - A_{\text{aire mínimo}} = (s - 1) A_{\text{aire mínimo}},$$

que se suele expresar en %, pudiendo ser positivo (exceso), o negativo (defecto).

Si V_t es el volumen de aire teórico o mínimo, el volumen práctico V_p es:

$$V_p = V_t + (e/100 * V_t)$$

Si se admite que el H y el S se queman completamente, y que el C se queme parcialmente produciendo CO_2 y CO , las ecuaciones de la combustión son:



por lo que:

- El volumen de los gases de la combustión, referidos a 1 kg de carbono, es el mismo tanto si se quema para formar sólo CO_2 o bien la mezcla de CO_2 y CO , por lo que el volumen de $(\text{CO}_2 + \text{CO})$ en los gases de combustión es el mismo que el de CO_2 en la combustión estequiométrica.

- El volumen de O_2 consumido para formar ($CO_2 + CO$) es menor que el necesario para formar CO_2 por lo que quedará en los humos un exceso de O_2 , igual a la mitad del volumen del CO formado.

En vista de todo lo anterior, es importante que se cumpla con los siguientes requisitos para una buena combustión:

- Proporciones exactas de aire combustible (véase volumen de aire mínimo por kg de combustible).
- Atomización final del combustible (dividirlo finalmente para que se combine con el oxígeno).
- Penetración de la atomización y dispersión del combustible en el horno (para que haya calor en todo el horno y mezclarlo con el aire).
- Alta temperatura para una rápida ignición (vapores para que encienda, a una alta temperatura de combustión mayor).
- Alta velocidad entre partículas de aire combustible.

Será importante además para el control de la combustión, medir la eficiencia del mismo, realizando mediciones precisas de los gases de chimenea para determinar el nivel de aire en exceso o en diferencia. Para estas mediciones se requiere considerar ciertos parámetros, los cuales deben de ser acompañados de inspecciones oculares del horno y chimenea para verificar las condiciones aceptables de la combustión (llamas y humos) fuera del horno y gases de la chimenea. Entre ellos están:

- Niveles de Oxígeno (véase Cálculo del poder comburívoro y volumen de aire mínimo por kg de combustible).
- Niveles de Dióxido y monóxido de carbono, así como niveles de óxido de nitrógeno y óxido de azufre. (véase más adelante: Componentes de los gases de combustión)
- Temperatura de los humos (mediante el color de la llama)
 - ✓ Llama rojo oscuro 480 °C.
 - ✓ Llama rojo cereza 480°C y 110°C.
 - ✓ Llama rojo naranja 1100°C (temperatura adecuada de combustión).

Componentes de los gases de combustión

Considerando que el combustible utilizado para las calderas de la planta, es el bunker, los niveles de los componentes deberán estar en el rango indicado a continuación:

Nitrógeno (N₂)

El nitrógeno (N₂) es el principal componente (79 % vol.) del aire que respiramos. Este gas incoloro, inodoro y sin sabor no interviene en la combustión. Entra en la caldera como un lastre, se calienta y sale por la chimenea.

Valores típicos en gases de combustión (combustible líquido): 78 % - 80 %

Dióxido de carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas incoloro, inodoro con un ligero sabor agrio. Bajo la influencia de la luz solar y el verde de las hojas, clorofila, las plantas convierten el dióxido de carbono (CO₂) en oxígeno (O₂). La respiración humana y animal convierten el oxígeno (O₂) otra vez en dióxido de carbono (CO₂).

Esto crea un equilibrio que los productos gaseosos de la combustión distorsionan. Esta distorsión acelera el efecto invernadero. El valor límite de efecto es de 5.000 ppm. A concentraciones superiores al 15% en volumen (150.000 ppm) en la respiración, se produce una pérdida inmediata de conciencia.

Valores típicos en gases de combustión: 12.5 % - 14 %.

Oxígeno (O₂)

Parte del oxígeno (O₂) disuelto en el aire combina con el hidrógeno (H₂) del combustible y forma agua (H₂O). Según la temperatura de los gases de combustión (TH), esta agua se convierte en humedad del gas o en condensados. El oxígeno restante nos sirve para medir el rendimiento de la combustión y se utiliza para determinar las pérdidas por chimenea y el contenido de dióxido de carbono (CO₂).

Valores típicos en gases de combustión: 2 % - 5 %

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas venenoso al respirar, incoloro, inodoro y es el producto de una combustión incompleta. En una concentración demasiado elevada, no permite que la sangre absorba oxígeno. Si, por ejemplo, el aire de una habitación contiene 700 ppm de CO, una persona respirando durante 3 horas puede morir. El valor límite de efecto es de 50 ppm.

Valores típicos en gases de combustión: 80 ppm - 150 ppm

Óxidos de nitrógeno (NO_x)

A altas temperaturas (combustión), el nitrógeno (N₂) presente en el combustible y en el aire, se combina con el oxígeno del aire (O₂) y forma monóxido de nitrógeno (NO). Después de algún tiempo, este gas incoloro se oxida en combinación con el oxígeno (O₂) para formar dióxido de nitrógeno (NO₂). El NO₂ es soluble en agua, tóxico si se respira (produce daños irreversibles en el pulmón), y contribuye a la formación de ozono en combinación con la radiación ultravioleta (luz solar). El NO y el NO₂ en conjunto se llaman óxidos de nitrógeno (NO_x).

Valores típicos en gases de combustión: 50 ppm - 100 ppm

Dióxido de azufre (SO₂)

El dióxido de azufre (SO₂) es un gas tóxico, incoloro con un olor fuerte. Se forma a partir del azufre del combustible. El valor límite del efecto es de 5 ppm. El Ácido sulfúrico (H₂SO₄) se forma en combinación con el agua (H₂O) o condensados.

Valores típicos en gases de combustión: 180 ppm - 220 ppm.

Lo ideal para una combustión es suministrar aire seco a la temperatura próxima a la del combustible. Para que se lleve a cabo la combustión y se queme el combustible es necesario aire (oxígeno), combustible (Hc) y calor. Pero para que sea estequiométrica perfecta se debe poseer oxígeno y combustible en proporciones exactas (estas proporciones se obtienen según sea el combustible, así como el volumen de la cámara de combustión).

Como recomendación, al tener una buena combustión, se debe de agregar cierto porcentaje de aire a la caldera según sea el combustible que se esté utilizando.

- ✓ Combustible gaseoso, 1% más de aire en la caldera.
- ✓ Combustible líquido, 3% más de aire en la caldera.
- ✓ Combustible sólido, 5% más de aire en la caldera.

Con todo lo anterior se logrará controlar que la combustión se desarrolle correctamente, y será necesario que los directivos de la planta inculquen en los calderistas la importancia y beneficios al respecto.

7.5 Plan de seguimiento

Para evitar el problema de humos negros en el área de calderas, será necesario:

- ✓ Notificar al calderista cuando la expulsión de humos sea recurrente,
- ✓ Capacitar constantemente al calderista para el correcto manejo y control de su área,
- ✓ Concientizar al calderista de que con la medida de mitigación, no solo se beneficia al medio ambiente, si no también a la producción misma, puesto que se logra la mayor eficiencia de las calderas,
- ✓ Reconocer cuando así sea, el buen desempeño del calderista, y
- ✓ Proporcionar al calderista las herramientas y equipos de vanguardia para el mejor desempeño de sus funciones.

8 MEJORA CONTINUA

Siempre hay una mejor manera de hacer las cosas, y por ello todos los métodos y técnicas utilizados en la planta de producción deben ser retados para mejorarlos. El mercado actual es muy cambiante y exige que las industrias cambien de igual manera. Por ello, no debe adoptarse un solo método o técnica aún cuando de ellos se obtengan buenos resultados y se deberá estar siempre en búsqueda de la mejora continua si lo que desea es expandir los horizontes y abarcar más segmentos de mercado a través del cumplimiento satisfactorio de los requisitos del cliente.

8.1 Proceso de producción

8.1.1 Encuestas

Después de conocer bien la forma en que se realiza una operación un operario puede tener ideas de cómo efectuarla aún mejor, a través de la aplicación de nuevos métodos o técnicas tales como la utilización de algún nuevo equipo, automatización, rediseño, etc. Pero en ocasiones no se le da la oportunidad de expresarlo, por ello, los directivos deben tener comunicación abierta con el personal de planta a manera de escuchar cualquier propuesta de mejoramiento.

Una buena forma de conocer las inquietudes del personal es a través de encuestas (véase propuesta en apéndice 11) con las cuales se puede definir por ejemplo si el operario cuenta con las herramientas necesarias para desarrollar su trabajo, si las condiciones del entorno son las adecuadas, si cuenta con equipo de protección personal, si está conforme con el trato que se le da en la planta, y claro está, si tiene alguna propuesta o idea de mejoramiento de trabajo.

Al analizar las encuestas se debe ser imparcial y justo, tomando las medidas necesarias para tratar cualquier aspecto laboral, así como también se debe evaluar las posibles propuestas de mejoramiento y en su caso apoyarlas de considerar un efecto positivo. Debe reconocerse en todo caso la actitud de aquellos que demuestren interés en la mejora continua, a manera de que se pueda despertar este interés en los demás trabajadores, y lograr que ésta sea parte de la cultura organizacional.

No debe dejarse por un lado la idea de encuestar al personal, y deberá realizarse por lo menos dos veces al año, recordando que los trabajadores son más eficientes en su desempeño si cuentan con las condiciones necesarias para realizar su trabajo.

8.1.2 Revisión de tiempos estándares

El hecho de estandarizar los tiempos de operación no quiere decir que serán siempre los mismos, y lo ideal es que con el tiempo vayan disminuyendo. De hecho una de las finalidades de la mejora continua es realizar una misma operación invirtiendo menos horas-hombre.

Será importante entonces que a las mejoras en la producción se le acompañe con la estandarización de los nuevos tiempos resultantes, puesto que aparte de ser un indicador de la mejora continua, afecta aquellos aspectos en los que se encuentra considerado, tales como en un plan de incentivos, en el cálculo de la capacidad de la planta, así como también es importante para la comparación de métodos y para la adquisición de nueva maquinaria. No hay que olvidar que la diagramación del proceso con estos nuevos tiempos también es necesaria.

8.1.3 Nuevos métodos

Como ya se mencionó, es importante estar en búsqueda de nuevos métodos y técnicas para hacer las cosas cada vez mejor, puesto que con esto se logra el crecimiento de la organización en cuanto incrementar su capacidad de producción y calidad de los productos, dándole así la oportunidad de cubrir nuevos segmentos del mercado.

Deberá por ello analizarse de manera constante el proceso de producción, utilizando cualquier herramienta que ayude a mejorarlo, y para lo cual deberá perderse toda actitud conformista.

No se debe perder de vista la importancia de la aplicación de nuevos métodos, y aunque muchas veces los esfuerzos se concentran en cumplir con la demanda de los clientes en cuanto a volumen, los directivos deben ser muy conscientes de que toda empresa que no busca su crecimiento, puede ser desplazada por la competencia.

Por todo ello, la búsqueda de la mejora continua no es una opción, es una obligación si lo que se quiere es estar dentro de las opciones de compra de los clientes.

8.2 Mantenimiento

8.2.1 Actualización de programas

Cada seis meses se deberá analizar los resultados obtenidos con la aplicación de los programas de mantenimiento e inspección. Esto para convertirlo en un reto de superación para el próximo semestre.

Debe analizarse la forma de lograr cada vez, mayores beneficios. Y una excelente forma de lograrlo es a través de la actualización de los programas, cambiando las frecuencias de visitas de mantenimiento según vaya variando el estado de los equipos. Es decir, por ejemplo, que si se descubre que realizando las inspecciones de manera quincenal se logran mayores beneficios que como se planteó al principio de realizarlas mensualmente, pues se debe proceder sin duda a realizar el cambio en el programa. Todo será cuestión de comparar los resultados alcanzados con la aplicación de los programas a diferentes intervalos de tiempo, e ir adoptando los mejores.

8.2.2 Nuevos métodos y técnicas

Sin duda alguna otra excelente manera de lograr mejorar continuamente las operaciones de mantenimiento, tanto administrativas como técnicas, será a través de la aplicación de nuevos métodos y técnicas que ayuden al buen funcionamiento, conservación y reparación de las máquinas, equipos e instalaciones.

Para su aplicación será fundamental considerar los siguientes factores:

- ✓ Investigación,
- ✓ Capacitación,
- ✓ Dotación

Sin la investigación no sería posible enterarse de los avances en materia de mantenimiento de maquinaria y equipo, por lo que será necesario indagar por todos los medios posibles con la finalidad de conocer las tendencias globales en el campo.

Al descubrir nuevos métodos y técnicas, será necesario que todo el personal de mantenimiento se capacite para aplicarlas de la mejor manera, por lo que la planta no debe dudar el gestionar para ello.

La dotación será pues el adquirir para las actividades administrativas, nuevos formatos y procedimientos descubiertos; y para las actividades técnicas, la instrumentación adecuada, según lo permita el presupuesto de la planta.

CONCLUSIONES

1. La productividad de la planta resulta ser alta, y es gracias a ello que ha logrado posicionarse en el mercado de alimentos balanceados para animales de muy buena manera. Este hecho es indiscutible, pero no significa que la organización no deba buscar implementar nuevos métodos y estrategias para su mejoramiento y optimización. No debe olvidarse que siempre habrá una mejor manera de hacer las cosas.
2. La estandarización de tiempos de operación resulta ser una de las estrategias principales en la búsqueda del aumento de la productividad, al permitir con su determinación la implementación de estrategias, como lo es por ejemplo, un plan de incentivos.
3. Otra estrategia que acompaña a la estandarización de tiempos, es la diagramación del proceso de producción, puesto que permite visualizar todas las operaciones y analizarlas detenidamente para encontrar aquellas que permitan ser mejoradas. Fue precisamente por ello que pudo hacerse propuestas en el área de microfórmulas.
4. En cuanto al mantenimiento que se le da a la maquinaria y equipos, puede decirse que al igual que en otras plantas, se practica irremediamente el mantenimiento correctivo, pero es un factor que debe ser minimizado a través del mantenimiento preventivo y predictivo.

5. Las operaciones de mantenimiento de toda planta de producción, pueden afectar de gran manera su productividad, puesto que al darse el correcto mantenimiento a los equipos, se logra obtener de ellos su máximo funcionamiento, permitiendo que el volumen de producción sea óptimo.

6. Dada la importancia de las operaciones de mantenimiento, éstas deben adecuarse a procedimientos y estrategias que permitan conservar en buen estado la maquinaria. En busca de ello se hicieron propuestas en cuanto a la manera de proceder en el mantenimiento correctivo y predictivo, así como también se propuso considerar un programa de inspecciones para verificar el correcto uso de los equipos.

RECOMENDACIONES

1. La planta deberá vigilar siempre la manera de proceder en todas sus operaciones, tanto de producción como de mantenimiento, para determinar planes de acción en búsqueda de la mejora continua.
2. En cuanto a tiempos estándares, la planta deberá actualizarlos constantemente, puesto que si se van consiguiendo mejoras, las operaciones cambian de cierta manera, o bien son eliminadas, por lo que será necesario estandarizar sus tiempos de manera consecutiva y de igual manera ser diagramados.
3. Deben trabajar de manera conjunta los departamentos de producción y mantenimiento, puesto que ambos deben contribuir a optimizar la productividad de la planta y con sus acciones pueden impactar positivamente o negativamente este objetivo.
4. La administración deberá enfocarse en lograr mejorar las operaciones de la planta, y deberá considerar a todo el personal, comunicando y concientizando a todos, por lograr los objetivos y metas trazados por periodo de tiempo.
5. La empresa debe medir de manera constante la calidad de sus productos a través de la determinación del grado de satisfacción del cliente. De esta manera se tendrá conocimiento de la forma en que se están cumpliendo los requisitos y especificaciones del consumidor, implementando acciones correctivas cada vez que se requiera, pero sobre todo, aplicando estrategias de mejora que permitan a la organización posicionarse como líder en el mercado.

6. A efecto de obtener productos de buena calidad, la organización deberá estar en la búsqueda constante de la mejor materia prima. Para ello deberá considerar a los posibles proveedores y evaluarlos en cuanto a la calidad de sus productos, costos, existencias, tiempos de entrega, términos de pago, entre otros. Al emplear materia prima de buena calidad y a un bajo costo, se invierten menos recursos en la producción, y por ende se logra aumentar la productividad.

7. La organización deberá establecer buenas relaciones tanto con sus clientes como con sus proveedores, a fin de determinar las características del alimento a producir y contar sin problemas con los recursos necesarios para ello.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ebert Ronald. **Administración de la producción y las operaciones**. 4ª ed. México: Editorial Prentice-Hall, 1991.
2. García Criollo, R. **Estudio del trabajo**. 1ª ed. (Vol II). México: Editorial Mc Graw-Hill, 1998.
3. Krajewski, Lee J. y Larry P. Ritzman. **Administración de Operaciones. Estrategia y análisis**. 5ª ed. México: Editorial Pirson Educación, 2000. 928pp.
4. Mark Davis, Nicholas J. y Richard B. Chase Aquilano, **Fundamentos de Dirección de Operaciones**. Editorial Mc Graw Hill. 2001.
5. Meyers, Fred E. **Estudio de tiempos y movimientos, Manufactura ágil**. 2ª ed. México: Editorial Prentice-Hall, 1990.
6. Ochoa Ramos, Estuardo. Estandarización de módulos de trabajo para la empresa Calzado Coban Planta Guatemala. Trabajo de graduación Ing. Mec. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 150 pp.
7. Rossal Zeceña, Waldim René. Análisis para el mejoramiento de las operaciones de bodega de materia prima y producto terminado en Tapametal de Guatemala. Trabajo de graduación Ing. Ind. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 170 pp.
8. Sumanth, David. **Ingeniería y Administración de la Productividad**. 4ª ed. México: Editorial Mc Graw-Hill, 1990.
9. W. Niebel, Benjamín y Andris Freivalds. **Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo**. 11ª ed. México: Editorial Alfaomega, 2004. 745pp.
10. W. Niebel, Benjamín. **Ingeniería Industrial. Métodos, tiempos y movimientos**. 2ª ed. México, 1980.
11. Ing. Álvaro Antonio Ávila Pinzón. Guía de estudio del curso de Montaje y mantenimiento de equipo.
12. <http://www.manatenimientoglobal.com>
(Consulta realizada en septiembre de 2007)

APÉNDICES

APÉNDICE 1. Observaciones iniciales para la operación de elaboración de Microfórmulas en saco de 50 kg.

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Pesado y agregado de los ingredientes a la mezcladora	65.34	60.47	58.35	56.17	62.75	63.00	70.00	60.00
2 Preparación de la mezcla para 4 sacos	304.57	301.00	300.47	312.00	295.93	299.41	298.00	301.24
3 Preparación del saco que contendrá la mezcla	4.38	3.34	4.95	3.14	3.43	4.45	3.41	5.21
4 Llenado del saco con la mezcla	4.34	5.43	6.98	5.31	5.31	4.46	6.48	4.91
5 Verificación del peso del saco	6.30	6.13	6.70	6.91	6.13	7.14	7.84	6.22
6 Costura y etiquetado de la bolsa	3.82	3.34	4.64	4.31	3.41	4.56	4.91	3.96
7 Entarimado	5.46	3.55	4.87	4.45	5.45	5.87	5.42	3.42

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Pesado y agregado de los ingredientes a la mezcladora	52.24	64.51	71.15	58.68	55.44	54.65	51.48	59.65
2 Preparación de la mezcla para 4 sacos	300.31	298.55	305.25	307.85	300.84	295.61	305.69	300.54
3 Preparación del saco que contendrá la mezcla	3.34	4.15	3.31	4.24	3.25	4.15	5.89	3.42
4 Llenado del saco con la mezcla	4.52	5.51	4.34	4.54	6.32	5.14	4.52	5.39
5 Verificación del peso del saco	6.35	7.53	6.81	7.21	7.50	6.76	6.36	7.15
6 Costura y etiquetado de la bolsa	3.11	4.13	3.14	4.85	2.00	3.94	3.47	4.84
7 Entarimado	4.55	3.26	4.19	3.74	5.64	3.47	3.27	4.21

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1 Pesado y agregado de los ingredientes a la mezcladora	51.52	56.14	65.23	60.82	68.45	71.41	62.85	55.64
2 Preparación de la mezcla para 4 sacos	301.51	291.84	305.14	315.47	290.35	305.68	302.64	298.78
3 Preparación del saco que contendrá la mezcla	4.49	3.13	4.61	3.65	5.81	4.41	3.36	4.66
4 Llenado del saco con la mezcla	5.47	4.06	6.65	4.74	5.24	4.64	5.77	6.13
5 Verificación del peso del saco	9.59	8.15	7.51	7.77	6.90	7.23	9.93	8.12
6 Costura y etiquetado de la bolsa	3.12	3.10	4.98	3.45	4.31	3.25	4.85	5.47
7 Entarimado	4.56	3.08	4.75	5.24	3.04	5.41	4.47	5.99

ELEMENTOS	Determinación del número necesario de observaciones (n)				Donde:
	X	S	n=(tS/kX) ²		
1 Pesado y agregado de los ingredientes a la mezcladora	60.66	5.99	17	t= Distribución t de Student, con 23 grados de libertad y K= 5%	
2 Preparación de la mezcla para 4 sacos	301.61	5.67	1	S= Desviación Estándar	
3 Preparación del saco que contendrá la mezcla	4.09	0.82	70	K=Error permitido (5%)	
4 Llenado del saco con la mezcla	5.26	0.80	40	X=Tiempo medio Observado	
5 Verificación del peso del saco	7.26	0.98	31		
6 Costura y etiquetado de la bolsa	3.96	0.84	76		
7 Entarimado	4.47	0.95	77		

El número necesario de observaciones que se considera es el mayor, en este caso igual a 77, Lo que significa que se observará este número de veces los 7 elementos de la operación de elaboración de microfórmulas en sacos de 50 kg.

APENDICE 2. Microfórmulas en presentación Jumbo de 368 kg.

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Pesado de los ingredientes	905.52	923.45	921.23	899.85	909.77	930.77	945.50	931.45
2 Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	324.14	372.24	318.78	348.48	392.47	345.36	378.45	382.47
3 Preparación de la mezcla	900.45	901.54	900.96	902.96	900.44	898.46	899.26	901.23
4 Preparación de tarima y jumbo	19.74	16.12	18.71	15.34	17.23	19.87	14.87	17.17
5 Llenado del Jumbo con la mezcla	146.85	159.74	156.55	142.77	149.87	158.32	163.55	148.02
6 Traslado de tarima	24.58	29.71	25.47	31.22	25.63	27.09	22.37	32.87

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Pesado de los ingredientes	885.25	893.43	955.14	935.63	940.58	947.62	920.87	892.63
2 Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	364.66	378.12	391.47	331.52	326.85	338.48	326.63	317.32
3 Preparación de la mezcla	901.32	900.07	899.58	900.86	901.21	900.23	901.74	898.25
4 Preparación de tarima y jumbo	18.48	16.48	19.45	14.74	15.21	17.89	18.44	16.55
5 Llenado del Jumbo con la mezcla	140.74	156.52	143.16	161.61	142.15	146.74	158.52	152.89
6 Traslado de tarima	26.27	24.32	28.06	33.60	29.18	25.88	29.89	34.26

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1 Pesado de los ingredientes	946.88	885.74	947.89	885.77	928.00	937.45	960.85	883.87
2 Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	378.23	342.22	392.24	354.95	342.33	372.36	326.74	342.45
3 Preparación de la mezcla	900.74	900.25	901.23	900.33	900.33	899.85	901.63	901.36
4 Preparación de tarima y jumbo	15.33	17.96	18.14	14.85	16.47	17.74	18.78	15.78
5 Llenado del Jumbo con la mezcla	147.78	142.31	154.85	159.66	142.21	152.89	149.84	161.32
6 Traslado de tarima	22.25	25.74	27.99	31.32	26.36	29.37	24.36	29.78

Determinación del número necesario de observaciones (n)			
ELEMENTOS	X	S	n=(tS/kX) ²
1 Pesado de los ingredientes	921.46	24.76	1
2 Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	353.71	25.26	9
3 Preparación de la mezcla	900.60	1.05	0
4 Preparación de tarima y jumbo	17.14	1.63	16
5 Llenado del Jumbo con la mezcla	151.62	7.33	4
6 Traslado de tarima	27.82	3.36	25

El número necesario de observaciones para la operación de elaboración de microfórmulas en jumbo de 368 kg es de 25 veces para los 6 elementos.

APENDICE 3. Microfórmulas en presentación saco de 16 kg.

ELEMENTOS	Microfórmulas en sacos de 16 kg.								
	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Pesado de los ingredientes	957.25	965.35	953.24	967.85	975.74	981.41	973.46	989.47
2	Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	423.52	452.14	428.14	437.64	449.24	431.35	408.35	429.63
3	Preparación de la mezcla	900.14	901.24	900.65	899.30	900.41	902.93	900.32	901.74
4	Preparación del saco que contendrá la mezcla	4.87	3.14	5.78	4.78	4.66	5.82	6.12	5.11
5	Llenado del saco con la mezcla	6.85	9.26	7.05	6.09	6.10	6.58	9.86	5.63
6	Verificación del peso del saco	14.25	16.28	15.20	16.85	14.89	16.23	14.22	15.88
7	Costura y etiquetado de la bolsa	4.32	3.52	5.85	4.56	3.58	4.85	4.26	3.96
8	Entanimado	3.25	4.12	4.31	3.56	4.85	3.16	4.21	4.42

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)								
	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	Pesado de los ingredientes	953.85	965.45	977.45	962.45	959.23	968.78	934.79	960.44
2	Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	441.95	434.24	416.63	447.47	419.47	408.95	432.35	446.24
3	Preparación de la mezcla	900.32	902.23	899.32	901.36	900.05	901.73	900.33	902.12
4	Preparación del saco que contendrá la mezcla	4.68	6.16	7.05	5.32	4.25	3.28	5.68	4.23
5	Llenado del saco con la mezcla	6.30	6.10	6.70	6.90	6.10	7.10	7.80	6.20
6	Verificación del peso del saco	13.46	15.12	16.79	14.23	13.97	12.56	18.17	19.20
7	Costura y etiquetado de la bolsa	3.45	4.59	5.12	4.55	4.36	3.33	4.75	5.20
8	Entanimado	3.55	4.36	5.23	4.85	3.56	3.48	4.52	4.79

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1 Pesado de los ingredientes	952.56	972.45	982.56	961.91	973.52	951.78	957.45	920.53
2 Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	432.16	429.22	452.50	417.58	433.62	448.46	421.22	436.44
3 Preparación de la mezcla	898.21	901.34	900.77	900.74	899.51	900.36	901.32	900.34
4 Preparación del saco que contendrá la mezcla	3.08	6.56	4.09	7.54	6.53	3.97	4.36	4.33
5 Llenado del saco con la mezcla	6.30	6.10	6.70	6.90	6.10	7.10	7.80	6.20
6 Verificación del peso del saco	15.23	16.28	11.63	14.32	15.22	16.23	14.85	12.95
7 Costura y etiquetado de la bolsa	4.74	3.89	4.21	4.75	4.32	3.36	5.02	4.21
8 Entarimado	3.84	3.19	4.16	4.12	3.48	3.56	4.21	4.73

Determinación del número necesario de observaciones (n)			
ELEMENTOS	X	S	n=(tS/kX) ²
1 Pesado de los ingredientes	963.29	15.14	0
2 Vaciado de los ingredientes en la mezcladora	432.44	13.02	2
3 Preparación de la mezcla	900.70	1.06	0
4 Preparación del saco que contendrá la mezcla	5.06	1.22	99
5 Llenado del saco con la mezcla	6.83	1.01	37
6 Verificación del peso del saco	15.17	1.72	22
7 Costura y etiquetado de la bolsa	4.36	0.64	37
8 Entarimado	4.06	0.59	37

El número necesario de observaciones para la operación de elaboración de microfórmulas en sacos de 16 kg es de 99 veces para los 8 elementos.

APENDICE 4. Resultados de las observaciones iniciales del área de Vaciado

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Preparación del saco	5.20	5.90	7.10	4.80	6.10	6.90	6.50	4.25
2 Apertura del saco	5.10	5.16	5.26	5.80	5.40	5.90	5.60	5.64
3 Vaciado del saco	4.80	4.85	4.60	5.23	5.10	5.20	5.06	5.45
4 Retiro del saco	3.20	3.49	4.20	3.85	3.15	3.48	4.16	4.15

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Preparación del saco	4.10	5.60	6.90	4.60	6.30	5.40	5.63	6.52
2 Apertura del saco	5.98	5.10	5.26	6.25	5.20	5.97	6.05	5.48
3 Vaciado del saco	5.20	4.95	4.62	5.20	5.05	5.10	5.15	4.64
4 Retiro del saco	3.58	4.02	4.56	3.59	3.02	3.26	4.20	3.50

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1 Preparación del saco	7.25	5.25	5.95	4.21	5.89	5.23	7.21	7.05
2 Apertura del saco	5.90	5.62	6.10	5.42	5.63	6.00	5.70	5.20
3 Vaciado del saco	4.52	4.95	4.75	5.12	4.55	4.95	5.00	5.05
4 Retiro del saco	3.45	3.16	3.95	4.15	4.02	3.52	3.15	3.25

Determinación del número necesario de observaciones (n)			
ELEMENTOS	X	S	n=(tS/kX) ²
1 Preparación del saco	5.83	0.99	50
2 Apertura del saco	5.61	0.35	7
3 Vaciado del saco	4.96	0.25	4
4 Retiro del saco	3.67	0.44	24

Donde:
t= Distribución t de Student, con 23 grados de libertad y K= 5%
S= Desviación Estándar
K=Error permitido (5%)

El número necesario de observaciones que se considera es el mayor, en este caso igual a 50, lo que significa que se observará este número de veces los 4 elementos de la operación de vaciado de materia prima, los que vienen en sacos de 45.4 kg (100 lb).

APENDICE 5. Resultados del Alimento para Perro en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).

Alimento para Perro								
ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Preparación del saco	7.21	5.20	6.20	4.42	7.20	5.20	7.70	5.68
2 Llenado del saco	13.40	12.10	14.66	13.25	14.20	13.90	16.80	12.67
3 Costura y etiquetado del saco	10.34	13.23	11.29	9.53	13.22	10.40	9.98	9.40
4 Transporte del saco	18.60	19.03	19.39	18.10	18.94	19.60	19.62	18.65
5 Entarimado del saco	7.20	8.10	6.45	8.20	11.50	11.20	11.20	8.10

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Preparación del saco	6.12	7.18	5.39	6.12	5.11	4.92	4.30	3.96
2 Llenado del saco	11.30	12.18	12.06	10.31	10.11	10.50	10.08	10.67
3 Costura y etiquetado del saco	10.11	9.65	9.68	9.91	8.60	9.86	9.50	9.30
4 Transporte del saco	18.98	18.50	18.40	19.40	19.10	19.37	19.10	18.80
5 Entarimado del saco	9.49	7.52	9.10	9.19	8.20	10.00	9.20	9.50

CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)									
ELEMENTOS	17	18	19	20	21	22	23	24	
1 Preparación del saco	5.10	4.95	5.12	5.28	4.86	5.55	4.57	5.76	
2 Llenado del saco	10.56	16.10	16.12	12.98	15.25	16.32	13.10	12.60	
3 Costura y etiquetado del saco	12.10	10.09	10.40	10.17	11.09	9.26	9.79	9.94	
4 Transporte del saco	18.51	20.91	20.10	19.10	19.00	22.00	19.76	21.20	
5 Entarimado del saco	8.05	6.93	7.15	8.05	7.92	7.10	6.10	6.64	

Determinación del número necesario de observaciones (n)				
ELEMENTOS	X	S	$n = (tS/kX)^2$	Donde:
1 Preparación del saco	5.55	0.99	54	t= Distribución t de Student, con
2 Llenado del saco	12.97	2.11	45	23 grados de libertad y K= 5%
3 Costura y etiquetado del saco	10.29	1.16	22	S= Desviación Estándar
4 Transporte del saco	19.34	0.93	4	K= Error permitido (5%)
5 Entarimado del saco	8.42	1.51	55	X= Tiempo medio Observado

El número necesario de observaciones que se considera es el mayor, en este caso igual a 55, lo que significa que se observará éste número de veces los 5 elementos de la operación de ensaque del producto: alimento para Perro, saco de 45.4 kg (100 lb).

APENDICE 6. Resultados del Alimento para Perro en su presentación saco de 29.55 kg (65 lb.)

Alimento para Perro								
ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Preparación del saco	7.50	5.73	6.24	5.43	4.90	4.96	4.14	4.55
2 Llenado del saco	1.80	1.75	2.05	2.10	1.90	1.70	1.90	2.00
3 Costura y etiquetado del saco	9.74	7.88	7.74	8.09	8.85	8.43	8.09	7.87
4 Transporte del saco	23.00	21.00	20.10	20.20	19.80	19.70	20.10	20.10
5 Entarimado del saco	6.30	6.10	6.70	6.90	6.10	7.10	7.80	6.20

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Preparación del saco	4.20	6.10	6.10	5.10	4.80	4.90	5.25	4.95
2 Llenado del saco	2.60	1.80	1.74	1.62	1.96	1.96	2.00	2.04
3 Costura y etiquetado del saco	8.34	7.88	7.55	8.10	7.92	8.10	7.95	8.10
4 Transporte del saco	19.70	20.00	20.10	19.60	20.00	19.40	19.70	19.40
5 Entarimado del saco	6.35	7.00	6.80	7.20	7.50	6.70	6.30	7.10

		CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo en segundos)							
ELEMENTOS		17	18	19	20	21	22	23	24
1	Preparación del saco	7.20	6.05	4.80	4.30	6.30	5.10	4.90	4.20
2	Llenado del saco	1.97	2.05	1.95	2.12	1.88	2.10	1.70	2.05
3	Costura y etiquetado del saco	8.20	7.90	7.65	8.20	8.10	8.00	7.90	7.60
4	Transporte del saco	20.10	19.80	20.10	20.00	19.70	20.20	20.10	18.90
5	Entarimado del saco	8.05	8.15	7.54	7.70	6.90	7.20	7.80	8.10

Determinación del número necesario de observaciones (n)				
ELEMENTOS	X	S	n=(tS/kX) ²	
1	Preparación del saco	5.32	0.91	50
2	Llenado del saco	1.95	0.20	18
3	Costura y etiquetado del saco	8.09	0.45	5
4	Transporte del saco	20.03	0.74	2
5	Entarimado del saco	7.07	0.65	15

Donde:
t= Distribución t de Student, con 23 grados de libertad y K= 5%
S= Desviación Estándar
K=Error permitido (5%)
X=Tiempo medio Observado

El número necesario de observaciones para el producto: alimento para Perro, saco de 29.55 kg (65 lb) es de 50 veces para los 5 elementos.

APENDICE 7. Resultados del Alimento para Pollo en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).

Alimento para POLLO								
ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Preparación del saco	2.22	3.70	2.97	3.43	2.95	2.87	2.78	3.38
2 Llenado del saco	4.16	6.09	5.79	6.32	6.19	6.62	6.03	6.49
3 Costura y etiquetado del saco	10.46	10.82	10.87	10.19	10.83	10.54	11.49	10.72
4 Transporte del saco	16.78	16.90	17.10	17.20	16.80	17.50	16.70	16.89
5 Entarimado del saco	6.40	6.80	6.52	6.90	7.00	6.40	6.80	6.65

Alimento para POLLO								
ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Preparación del saco	3.20	2.58	3.42	2.80	2.67	3.75	3.60	3.20
2 Llenado del saco	6.14	6.14	6.18	5.88	5.23	6.28	7.70	7.23
3 Costura y etiquetado del saco	10.77	10.49	10.86	10.68	10.90	11.10	10.90	10.10
4 Transporte del saco	17.20	16.86	17.35	16.30	17.15	17.00	16.95	16.85
5 Entarimado del saco	6.00	5.84	5.25	6.15	6.20	6.90	7.20	6.45

		CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
ELEMENTOS		17	18	19	20	21	22	23	24
1	Preparación del saco	2.30	3.28	2.25	2.64	2.43	2.10	2.67	2.37
2	Llenado del saco	5.38	4.58	5.82	6.07	5.80	7.47	5.65	5.46
3	Costura y etiquetado del saco	10.20	10.80	10.50	10.60	10.54	10.23	11.20	11.10
4	Transporte del saco	17.25	17.10	16.85	16.40	16.35	17.25	16.80	16.55
5	Entarimado del saco	7.56	7.80	6.90	7.25	7.60	7.50	7.80	6.90

Determinación del número necesario de observaciones (n)				
ELEMENTOS	X	S	n=(tS/kX) ²	
1	Preparación del saco	2.90	0.50	50
2	Llenado del saco	6.03	0.79	29
3	Costura y etiquetado del saco	10.70	0.34	2
4	Transporte del saco	16.92	0.31	1
5	Entarimado del saco	6.78	0.64	15

Donde:
t= Distribución de Student, con 23 grados de libertad y k= 5%
S= Desviación Estándar
K=Error permitido (5%)
X=Tiempo medio Observado

El número necesario de observaciones para el producto: alimento para Pollo, saco de 45.4 kg(100 lb) es de 50 veces para los 5 elementos.

APENDICE 8. Resultados del Alimento para Camarón en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).

Alimento para CAMARON								
ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Preparación del saco	5.32	5.41	5.70	5.30	6.10	6.24	5.55	5.68
2 Llenado del saco	2.36	2.30	1.87	2.10	2.50	2.46	2.48	2.47
3 Costura y etiquetado del saco	7.64	8.18	7.56	6.90	7.30	7.35	7.99	8.10
4 Transporte del saco	20.18	20.37	20.10	21.01	20.64	20.11	19.30	19.98
5 Entarimado del saco	6.27	5.40	6.10	5.54	5.80	6.10	6.34	5.87

Alimento para CAMARON								
ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Preparación del saco	5.48	6.35	5.33	6.15	5.57	5.10	5.05	6.00
2 Llenado del saco	2.56	1.99	2.24	2.34	2.17	2.57	3.00	2.95
3 Costura y etiquetado del saco	7.47	7.45	7.78	8.12	7.98	7.21	7.58	7.78
4 Transporte del saco	20.31	20.95	20.56	20.54	20.37	20.81	19.70	20.50
5 Entarimado del saco	7.12	5.93	6.23	6.16	7.23	6.92	6.99	6.33

		CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
ELEMENTOS		17	18	19	20	21	22	23	24
1	Preparación del saco	6.13	5.12	5.88	6.25	6.10	5.90	5.30	5.35
2	Llenado del saco	2.32	2.24	2.98	3.10	2.98	2.99	2.10	2.59
3	Costura y etiquetado del saco	7.33	7.27	7.80	8.12	8.01	7.98	7.46	7.34
4	Transporte del saco	20.18	20.16	20.58	20.67	20.14	21.01	20.41	21.40
5	Entarimado del saco	5.88	6.46	6.33	6.90	7.32	6.99	6.43	6.09

Determinación de n (número de observaciones necesarias)				
ELEMENTOS	X	S	$n = (tS/kX)^2$	Donde:
1 Preparación del saco	5.68	0.41	9	t= Distribución t de Student, con
2 Llenado del saco	2.49	0.35	35	23 grados de libertad y K= 5%
3 Costura y etiquetado del saco	7.65	0.35	4	S= Desviación Estándar
4 Transporte del saco	20.42	0.45	1	K=Error permitido (5%)
5 Entarimado del saco	6.36	0.53	12	X=Tiempo medio Observado

El número necesario de observaciones para el producto: alimento para Camarón, saco de 45.4 kg (100 lb). Es de 35 veces para los 5 elementos.

APENDICE 9. Resultados del Alimento para Tilapia en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).

Alimento para perro TILAPIA								
ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Preparación del saco	6.26	5.24	6.90	6.27	5.36	6.25	6.78	6.99
2 Llenado del saco	4.32	4.52	4.39	5.01	4.36	5.18	4.99	4.85
3 Costura y etiquetado del saco	10.20	11.50	10.52	12.00	10.25	10.23	10.25	10.44
4 Transporte del saco	19.20	18.21	20.56	19.56	19.54	19.45	19.74	19.54
5 Entarimado del saco	7.25	7.98	7.26	7.56	7.53	7.99	8.00	6.90

Alimento para perro TILAPIA								
ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Preparación del saco	5.68	5.26	6.98	7.05	5.46	7.89	5.89	5.29
2 Llenado del saco	4.56	4.85	4.39	5.12	4.98	5.13	4.39	4.84
3 Costura y etiquetado del saco	10.55	10.12	11.20	11.05	10.98	11.05	10.45	10.85
4 Transporte del saco	19.52	19.90	20.45	19.45	19.45	18.56	19.56	19.99
5 Entarimado del saco	6.99	7.10	7.20	6.80	7.50	6.90	6.45	7.89

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1 Preparación del saco	5.93	7.92	5.09	7.94	5.35	6.90	5.38	7.95
2 Llenado del saco	4.52	4.37	5.05	4.97	5.12	4.69	5.18	4.68
3 Costura y etiquetado del saco	10.47	11.45	10.51	10.48	10.56	10.42	11.02	11.50
4 Transporte del saco	20.59	20.52	20.98	19.54	20.96	19.99	19.50	20.54
5 Entarimado del saco	6.54	6.89	6.90	7.10	7.20	6.98	7.26	7.13

Determinación de n (número de observaciones necesarias)			
ELEMENTOS	X	S	Donde:
1 Preparación del saco	6.33	0.97	t= Distribución t de Student, con
2 Llenado del saco	4.77	0.31	23 grados de libertad y K= 5%
3 Costura y etiquetado del saco	10.75	0.50	S= Desviación Estándar
4 Transporte del saco	19.80	0.69	k=Error permitido (5%)
5 Entarimado del saco	7.22	0.43	X=Tiempo medio Observado

El número necesario de observaciones para el producto: alimento para Tilapia, saco De 45.4 kg (100 lb). Es de 40 veces para los 5 elementos.

APENDICE 10. Resultados del Alimento para Cerdo en su presentación saco de 45.4 kg (100 lb).

Alimento para CERDO								
ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1 Preparación del saco	3.30	2.90	1.90	2.30	2.90	2.56	3.40	1.90
2 Llenado del saco	6.24	6.22	5.30	7.76	5.17	5.47	7.16	7.38
3 Costura y etiquetado del saco	10.35	10.35	10.79	11.06	10.94	10.43	10.36	11.36
4 Transporte del saco	17.20	16.50	16.90	17.50	16.56	16.89	17.52	16.90
5 Entarimado del saco	6.12	6.25	6.82	6.99	6.80	7.20	6.80	7.90

ELEMENTOS	CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1 Preparación del saco	2.36	3.20	2.15	3.10	2.58	3.01	2.01	1.99
2 Llenado del saco	5.27	7.15	5.38	8.36	5.30	5.39	7.99	5.33
3 Costura y etiquetado del saco	11.03	10.56	11.09	10.52	10.85	10.46	11.09	11.20
4 Transporte del saco	17.85	17.52	16.59	16.25	17.85	18.50	16.90	18.98
5 Entarimado del saco	8.50	6.90	7.50	8.50	6.20	7.50	6.15	7.25

		CICLOS U OBSERVACIONES (tiempo medido en segundos)							
ELEMENTOS		17	18	19	20	21	22	23	24
1	Preparación del saco	2.04	2.35	2.04	2.38	3.01	3.25	2.09	2.90
2	Llenado del saco	8.60	6.28	6.53	5.90	7.56	5.63	7.20	6.90
3	Costura y etiquetado del saco	10.28	10.63	10.58	10.45	11.02	11.96	9.90	9.48
4	Transporte del saco	16.02	17.20	16.40	16.40	16.20	16.01	17.20	16.20
5	Entarimado del saco	8.69	7.58	6.96	6.20	7.50	7.10	6.80	8.19

Determinación de n (número de observaciones necesarias)					
ELEMENTOS	X	S	$n = (tS/kX)^2$	Donde:	
1	Preparación del saco	2.57	0.50	65	t= Distribución t de Student, con 23 grados de libertad y K= 5%
2	Llenado del saco	6.48	1.09	49	S= Desviación Estándar
3	Costura y etiquetado del saco	10.70	0.51	4	K=Error permitido (5%)
4	Transporte del saco	17.00	0.77	4	X=Tiempo medio Observado
5	Entarimado del saco	7.18	0.77	19	

El número necesario de observaciones para el producto: alimento para Cerdo, saco De 45.4 kg (100 lb). Es de 65 veces para los 5 elementos.

APENDICE 11.

Encuesta Laboral ___ Semestre, año 20__

Nombre: _____ Edad: _____
Área: _____ Puesto: _____
Equipo a su cargo: _____
Tiempo de laborar en la Planta: _____

Por favor lea detenidamente las siguientes preguntas y conteste de acuerdo a su criterio. Las respuestas serán consideradas dentro de nuestro programa de mejora continua, a fin de que podamos ayudarlo a desenvolverse mejor en su área de trabajo.

1. ¿Se le han notificado todos los objetivos y metas trazados en los últimos 6 meses?

Si

No

2. Si han habido cambios en su departamento, ¿se le han detallado cuáles son y en que consisten?

Si

No

3. Si ha tenido algún inconveniente técnico mientras trabaja, ¿le ha ayudado el supervisor de producción a resolverlo?

Si

No

4. ¿Últimamente ha trabajado su equipo de forma normal?

Ha trabajado normalmente

Ha tenido demasiados fallos

5. ¿Cree usted que el personal de mantenimiento está presente cuando se le necesita?

Si

No

6. ¿Cuenta usted con equipo completo de protección personal?, si no es así, ¿que le hace falta?

Si

No

Me hace falta _____

7. ¿Ha tenido problema con algún compañero de trabajo? Si es así, ¿por qué?

Si No

Porque _____

8. ¿Cree usted que ha tenido un trato justo dentro de la planta? Si no es así, ¿por qué?

Si No

Porque _____

9. ¿Existe algo que le disguste y no le permita trabajar libremente? Si es así, ¿Que le disgusta?

Si No

Me disgusta que _____

10. ¿Cree usted que la forma en que se le enseñó a realizar su trabajo es la mejor?

Si No

11. ¿Cree usted que podría realizar su trabajo de una mejor manera?

Si No

12. Si su respuesta es Sí, por favor detalle como podría hacerlo

13. Con su propuesta, ¿sería necesario adquirir nuevas herramientas o equipos?

Si No

14. Si su respuesta es Sí, ¿podría por favor describir cuáles?

Muchas gracias por su colaboración. Si tiene alguna inquietud, por favor acuda a nosotros con libertad y confianza.

