



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

**MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL  
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ALIMENTARIA PLANTA ARECA**

**Eduardo Adolfo Ampérez Valle**

Asesorado por MA. Inga. Sigrid Calderón de León

Guatemala, marzo de 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL  
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ALIMENTARIA PLANTA ARECA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDUARDO ADOLFO AMPÉREZ VALLE**  
ASESORADO POR MA. INGA. SIGRID CALDERÓN DE LÉON

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2019



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godinez Bautista
SECRETARIA	Inga. Hugo Humberto Rivera Pérez



## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL  
ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ALIMENTARIA PLANTA ARECA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 2 de agosto de 2017.

  
**Eduardo Adolfo Ampérez Valle**





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 30 de enero de 2018.  
REF.EPS.DOC.77.01.18.

Ingeniera  
Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

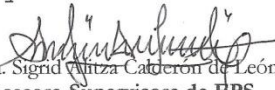
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **Eduardo Adolfo Ampérez Valle, Registro Académico No. 200113531** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ALIMENTARIA EN LA PLANTA ARECA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Sigrid Alitza Calderón de León  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACDL/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 30 de enero de 2018.  
REF.EPS.D.30.01.18

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

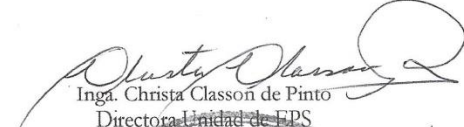
Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ALIMENTARIA EN LA PLANTA ARECA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Eduardo Adolfo Ampérez Valle** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

REF.REV.EMI.009.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ALIMENTARIA PLANTA ARECA**, presentado por el estudiante universitario **Eduardo Adolfo Ampérez Valle**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



Guatemala, febrero de 2018.

/mgp



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

REF.DIR.EMI.046.019

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 **MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ALIMENTARIA PLANTA ARECA**, presentado por el estudiante universitario **Eduardo Adolfo Ampérez Valle**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

**Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas  
DIRECTOR a.i.**

**Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial**



Guatemala, marzo de 2019.

/mgp

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Escuela de Ciencias de la Ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS), Postgrado, Postgrado Ingeniería Vial, Maestría en Gestión Industrial, Maestría en Ingeniería y Mantenimiento de Máquinas, Maestría en Física, Carreras: Ingenierías Electrónica, Licenciatura en Matemáticas, Licenciatura en Física. Centros: de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESSEM), Centro de Estudios Superiores de Ingeniería y Mantenimiento (CESIM), Ciudad Universitaria zona 12, Guatemala, Centro América.





Universidad de San Carlos  
de Guatemala

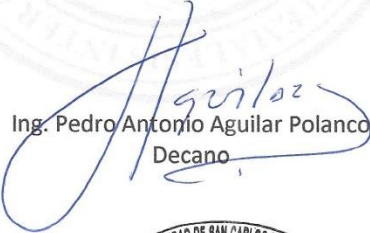


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG.145.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ALIMENTARIA PLANTA ARECA**, presentado por el estudiante universitario: **Eduardo Adolfo Ampérez Valle**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, marzo de 2019

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por darme la vida y la oportunidad de culminar mi carrera, por todas sus bendiciones recibidas que en mi caminar he recibido con su eterno amor.
- Mis padres** Mario Ampérez y Edna Valle por todo su esfuerzo y desvelos que con amor apostaron sembrar en mi mente deseos de servicio y superación que con su ejemplo me ha servido para luchar en esta vida.
- Mi esposa** Karen González por su apoyo incondicional, compañera fiel, quien es parte de la lucha para culminar mi carrera.
- Mis abuelos** Rosa Andrade y Augusto Valle (q. e. p. d.) gracias por los años que me criaron con amor y por su ejemplo de humildad.  
Domingo Ampérez y Berta López por todo su amor y comprensión.
- Mis hijas** María José y Angie por ser el motivo que me inspira a ser una mejor persona cada día.

**Mis hermanos**

Heidy, Mario y Álvaro por todo el apoyo recibido en toda mi vida.

**Mis tíos**

Gelber Valle, Rosa Valle, Gloria Ampérez. Rosa Ampérez, Yoly Ampérez, Aury Ampérez por su ejemplo de lucha y carisma de cada uno.

**Cuñado y sobrinos**

Sergio Hernández, Bethany Hernández y Daniel Hernández por su gran aprecio y apoyo.

**Mis amigos**

Que de una manera u otra estuvieron involucrados apoyándome en la culminación de mi carrera y en mi vida en general.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios, brindándome la oportunidad de llegar a ser un profesional.

**Facultad de Ingeniería**

Por proporcionarme los conocimientos necesarios en toda mi formación académica.

**Mis amigos de facultad**

Estuardo Lacan (q. e. p. d) y con quiénes viví una gran experiencia, llena de horas de estudio, pero también en donde pudimos compartir muchas aventuras y buenos momentos. Agradeceré siempre su apoyo y amistad.

**Mi asesora**

Inga. Sigrid Calderón, por todo su apoyo, su valiosa colaboración en la asesoría, revisión y corrección del presente trabajo.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA .....	1
1.1. Breve historia de la empresa .....	1
1.2. Descripción de la empresa .....	2
1.2.1. Ubicación de la empresa .....	2
1.2.2. Visión.....	4
1.2.3. Misión .....	4
1.2.4. Valores de la empresa .....	4
1.2.4.1. Código respeto .....	4
1.2.4.2. Código de calidad .....	5
1.2.4.3. Código de responsabilidad .....	5
1.2.4.4. Código de ética.....	5
1.2.4.5. Código de desarrollo humano.....	5
1.2.4.6. Código de agilidad .....	5
1.2.4.7. Código de accesibilidad.....	6
1.2.5. Estructura organizacional .....	6
1.2.6. Política de calidad de la empresa .....	8
1.2.7. Productos de manufactura en la planta de producción .....	8
1.2.8. Descripción de los procesos de producción.....	9

1.3.	Certificaciones de calidad en la empresa.....	15
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ALIMENTARIA PLANTA ARECA.....	17
2.1.	Diagnóstico de situación actual a través de la técnica 6M´S....	17
2.1.1.	Maquinas.....	19
2.1.1.1.	Análisis de máquinas con mayor tiempo requerido en los mantenimientos correctivos.....	19
2.1.1.2.	Tipos de fallas de los equipos .....	22
2.1.1.2.1.	Desgaste por fricción que genera merma de producto .....	22
2.1.1.2.2.	Fallas por problemas de lubricación .....	23
2.1.1.2.3.	Fallas eléctricas .....	24
2.1.1.2.4.	Otras fallas .....	25
2.1.1.3.	Determinación del tipo de falla más común del mantenimiento correctivo ....	26
2.1.2.	Método .....	29
2.1.2.1.	Programa de mantenimiento preventivo.....	29
2.1.2.2.	Disponibilidad de tiempo para mantenimientos preventivos.....	31
2.1.2.3.	Análisis de llenado de registro de una orden de trabajo y una solicitud de trabajo .....	31



	2.1.2.4.	Control de documentos de herramienta.....	37
	2.1.2.5.	Calibración de equipos .....	38
	2.1.2.6.	Control de grasas y aceites .....	38
	2.1.2.7.	Inspecciones a maquinaria durante el trabajo .....	39
	2.1.3.	Mano de obra.....	39
	2.1.3.1.	Información del departamento de mantenimiento .....	39
	2.1.3.2.	Información del personal técnico .....	40
	2.1.4.	Materiales .....	41
	2.1.4.1.	Existencias de repuesto.....	41
	2.1.5.	Medio ambiente .....	42
2.2.		Plan de mejora en la gestión de mantenimiento preventivo ....	43
	2.2.1.	Mejora en máquinas críticas .....	44
	2.2.1.1.	Disminución de fallas causantes de mantenimientos correctivos .....	45
	2.2.1.2.	Mantenimiento predictivo .....	46
	2.2.1.2.1.	Medidor de espesor de metales.....	47
	2.2.1.2.2.	Cámara termográfica....	47
	2.2.1.2.3.	Medidor de vibraciones .....	48
	2.2.1.2.4.	Analizador de gases de combustión .....	48
	2.2.1.3.	Lubricación de equipos.....	49
	2.2.1.4.	Mejora en los mantenimientos de motores eléctricos.....	50
	2.2.2.	Mejora en métodos .....	51

2.2.2.1.	Mantenimientos programados por líneas de producción .....	51
2.2.2.2.	Mejora en la disponibilidad de tiempo para mantenimientos preventivos.....	53
2.2.2.3.	Mejora en el llenado de registro .....	53
2.2.2.3.1.	Control de registros.....	54
2.2.2.3.2.	Control de documento de herramientas .....	56
2.2.2.3.3.	Control de calibraciones de equipos.....	56
2.2.2.3.4.	Implementación del ciclo PHVA en equipos de calibración ..	57
2.2.2.3.5.	Simplificar el llenado de registro de mantenimiento correctivo.....	59
2.2.2.3.6.	Mejora en el control de grasas y aceites .....	62
2.2.2.3.7.	Implementación de registro de inspecciones rutinarias de estados de máquinas.....	65
2.2.2.3.8.	Plan de acciones correctiva.....	67
2.2.3.	Mejora en mano de obra .....	70

2.2.3.1.	Competencias técnicas del personal de mantenimiento .....	70
2.2.4.	Mejora de materiales .....	73
2.2.4.1.	Establecer máximos y mínimos en el inventario de repuestos .....	73
2.2.5.	Mejora en medio ambiente .....	77
2.2.6.	Eficiencia de los equipos .....	78
2.2.6.1.	Control de mantenimientos correctivos y preventivos .....	81
2.2.6.2.	Tiempos de paro.....	83
2.2.6.3.	Evaluación del cumplimiento de mantenimientos programados .....	84
2.2.6.4.	Análisis de índices.....	86
2.2.7.	Acción de correcciones.....	89
2.2.8.	Propuestas de mejora para acciones de corrección.....	90
2.2.9.	Aseguramiento de calidad .....	90
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO .....	93
3.1.	Diagnóstico del plan de ahorro energético .....	93
3.1.1.	Análisis del precio del crudo y tarifa eléctrica en los últimos años.....	94
3.1.2.	Identificación del escenario de consumo energético en Areca.....	96
3.1.3.	Energía eléctrica.....	96
3.1.4.	Estudio de iluminación.....	97
3.1.4.1.	Reconocimiento de equipos instalados en las áreas de trabajo para la iluminación.....	97

3.1.4.2.	Potencia y costo de iluminación actual.....	98
3.1.4.3.	Evaluación de los niveles de iluminación .....	101
3.1.5.	Análisis energético de aire acondicionado de cafetería .....	110
3.1.5.1.	Costo de consumo energético de aire acondicionado .....	111
3.2.	Propuesta de mejora para ahorro energético.....	112
3.2.1.	Ahorro energético en iluminación .....	112
3.2.2.	Tabla comparativa equipos de iluminación.....	113
3.2.2.1.	Especificaciones técnicas de luminarias led .....	113
3.2.2.2.	Método punto por punto .....	114
3.2.2.3.	Costo anual de iluminación propuesta .....	120
3.2.3.	Ahorro energético en aire acondicionado en cafetería .....	122
3.2.4.	Caldera de biomasa de 500 BHP .....	124
3.2.5.	Descripción de equipos recomendados a instalar para ahorro energético .....	125
3.2.5.1.	Controladores de aire acondicionado.	125
3.2.5.2.	Sensores de movimiento .....	126
3.3.	Uso adecuado de los equipos .....	126
3.4.	Medidas a considerar para el cumplimiento del aseguramiento de la calidad alimentaria en los equipos propuestos .....	127
3.5.	Recomendar cambios de diseño en los equipos instalados para un ahorro energético .....	128

3.6.	Impacto ambiental de los equipos .....	128
4.	FASE DE DOCENCIA CAPACITACIÓN AL PERSONAL.....	131
4.1.	Diagnóstico situacional del personal .....	131
4.2.	Cronograma de capacitación a personal .....	132
4.2.1.	Capacitación sobre técnicas de lubricación .....	133
4.2.2.	Capacitación sobre programa HACCP y relación en calidad .....	137
4.2.3.	Capacitación de herramientas y equipo de medición .....	140
4.2.4.	Capacitación desarrollo sostenible .....	142
4.3.	Medición de resultados y beneficios al terminar el curso.....	149
4.3.1.	Examen teórico.....	149
4.3.2.	Examen practico .....	149
4.3.3.	Examen de desempeño y participación .....	149
	CONCLUSIONES .....	151
	RECOMENDACIONES .....	153
	BIBLIOGRAFÍA.....	155
	APÉNDICES .....	157
	ANEXO .....	165



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Vista aérea de la planta Areca .....	3
2.	Ubicación de la planta de Areca.....	3
3.	Organigrama de la empresa.....	6
4.	Diagrama de proceso de recepción y dosificación de producto .....	9
5.	Molino de martillos .....	10
6.	Mezcladora de paletas doble eje.....	11
7.	Esquema de proceso de extrusión .....	12
8.	Máquina de peletizado .....	13
9.	Máquina de extrusión .....	14
10.	Esquema despacho de producto terminado a granel.....	15
11.	Logotipo de sistema de calidad SQF-PAF .....	16
12.	Diagrama causa y efecto.....	18
13.	Diagrama de Pareto para el tiempo de atención por área.....	21
14.	Elevador con fuga de producto en proceso.....	23
15.	Chumacera con problemas de lubricación .....	24
16.	Terminales eléctricas sobrecalentadas .....	25
17.	Gráfica porcentaje de mantenimientos correctivos .....	27
18.	Chumacera de banco de un enfriador de producto en proceso .....	28
19.	Motor de caja reductora cicloidal.....	28
20.	Sistema VAM/SQL .....	30
21.	Hoja de solicitud de mantenimiento .....	32
22.	Orden trabajo generado por el programa VAM/SQL .....	33

23.	Ventanas de datos del sistema VAM para la ubicación y sección de los equipos.....	35
24.	Diagrama de flujo del procedimiento de una solicitud y orden de trabajo.....	36
25.	Resultados en minutos por medio del diagrama de flujo de procedimiento de una solicitud y orden de trabajo.....	37
26.	Organigrama de trabajo .....	40
27.	Inventario y existencia de repuestos del sistema VAM.....	42
28.	Corrosión de láminas del cielo de la empresa .....	43
29.	Ciclo Deming .....	55
30.	Propuesta de solicitud de mantenimiento y orden de trabajo .....	60
31.	Diagrama de flujo propuesto para el procedimiento de la solicitud de mantenimiento y la orden de trabajo.....	61
32.	Resultados propuestos en minutos por medio del diagrama de flujo de procedimiento de una solicitud y orden de trabajo.....	62
33.	Propuesta de hoja de inspección de equipos .....	66
34.	Propuesta de organigrama .....	72
35.	Gráfica de horas empleadas en mantenimiento .....	82
36.	Gráfica de tiempos de paros.....	83
37.	Índice de cumplimiento .....	86
38.	Índice de disponibilidad.....	88
39.	Comportamiento de mantenimientos preventivos vrs correctivos .....	89
40.	Precio del crudo en los últimos años .....	94
41.	Variación de tarifas de EEGSA.....	95
42.	Puntos muestreados en área 2 luxes.....	107
43.	Distribución de luminarias led propuesta para la bodega de materia prima.....	115
44.	Altura de lámpara de las bodegas .....	116
45.	Intensidad lumínica lámpara 0186 lux-lite.....	117



46.	Intensidad lumínica lámpara led 169 lux-lite .....	119
47.	Caldera de biomasa .....	125
48.	Controlador de aire acondicionado .....	126

## TABLAS

I.	Tiempo empleado en mantenimiento correctivo.....	20
II.	Tabla Pareto.....	20
III.	Fallas más comunes que impactan en la maquinaria.....	26
IV.	Tabla comparativa entre la solicitud vs orden de trabajo .....	34
V.	Mejora 1 en las máquinas con mayor número de atención .....	44
VI.	Mejoras en la mitigación de la concentración de fallas .....	46
VII.	Tipos de lubricantes de los equipos .....	50
VIII.	Mejora en la administración de mantenimientos preventivos .....	52
IX.	Cronograma de mantenimiento en la línea de pollo por semana .....	52
X.	Disponibilidad de tiempo para mantenimientos preventivos.....	53
XI.	Mejoras en el control de registros .....	54
XII.	Matriz programa de calibración de equipos.....	57
XIII.	Guía de verificación de equipos calibrados.....	58
XIV.	Control de grasas y aceites.....	63
XV.	Información del producto.....	64
XVI.	Inspección de la maquinaria durante el trabajo.....	64
XVII.	programa de acciones correctivas.....	69
XVIII.	Mejora de las competencias del personal .....	71
XIX.	Mejora en los materiales de existencias de repuestos de bodega .....	73
XX.	Cantidades de repuestos a pedir según cálculo.....	77
XXI.	Mejora a problemas de medio ambiente .....	77
XXII.	Cantidad de horas de paros vs. horas de preventivos .....	82
XXIII.	Cumplimiento de mantenimientos programados .....	85

XXIV.	Disponibilidad de equipos .....	87
XXV.	Clases de lámparas instaladas actualmente.....	98
XXVI.	Consumo en watts en equipos instalados actualmente .....	99
XXVII.	Números de puntos de medición .....	102
XXVIII.	Puntos muestreados en área 1 luxes.....	103
XXIX.	Mediciones lux bodega M. P.....	104
XXX.	Rangos de iluminación.....	106
XXXI.	Mediciones lux planta producción .....	108
XXXII.	Comparación de lux real vrs permitido.....	109
XXXIII.	Especificaciones técnicas de aire acondicionado en la cafetería .....	110
XXXIV.	Costo de consumo energético del aire acondicionado en un mes.....	112
XXXV.	Características de los equipos a instalar .....	113
XXXVI.	Nivel de iluminación lámpara propuesta método punto por punto .....	118
XXXVII.	Consumo en watts en los equipos propuestos .....	120
XXXVIII.	Costo de inversión en equipos propuestos .....	122
XXXIX.	Costo de consumo energético de un aire acondicionado de un mes..	123
XL.	Cronograma de capacitación a personal .....	132

## GLOSARIO

<b>Cadena alimentaria</b>	Secuencia de las etapas y operaciones involucradas en la producción, procesamiento, distribución, almacenamiento y manipulación de un alimento y sus ingredientes, desde la producción primaria hasta el consumo.
<b>Inocuidad de los alimentos</b>	Concepto que implica que los alimentos no causan daños al consumidor cuando se preparan o cuando se consumen de acuerdo con el uso previsto.
<b>Pelet</b>	Pequeña porción de material aglomerado o comprimido de forma cilíndrica.
<b>Peletizadora</b>	Máquina que forma el pelet por compresión y vapor.
<b>Programa de prerrequisito</b>	Condiciones y actividades básicas que son necesarias para mantener a lo largo de toda la cadena alimentaria un ambiente higiénico apropiado para la producción, manipulación y provisión de productos finales inocuos y alimentos inocuos para el consumo humano
<b>Silo</b>	Construcción diseñada para almacenar grano y otros materiales a granel habitualmente de forma cilíndrica.



## RESUMEN

Durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado se analiza la situación actual del departamento de mantenimiento localizando puntos de mejora basados en los requisitos del sistema de calidad SQF, permitiendo mejorar la gestión de mantenimientos preventivos, calibración de equipos, y mejora de instalaciones.

En el desarrollo del trabajo se analiza los elementos que conforman al departamento de mantenimiento, las causas y las necesidades que afrontan en la actualidad.

Mediante el análisis se determina las acciones generando propuestas que se consideran viables para mejorar la gestión del mantenimiento así como la implementación de un lubricador, la transformación de técnicos electromecánicos, control sobre lubricantes, la planificación de la calibración de equipos, mejora en el llenado de registros, entre otras.

Los cambios climáticos del planeta son cada vez más notables afectando a la mayoría de habitantes en todo el planeta, por ello es importante en este trabajo pensar en un desarrollo sostenible que a su vez lleve un ahorro energético.

Se realiza una propuesta sobre; equipos que consumen menos energía, automatización de sistemas de iluminación, mejorar el control de aire acondicionado cuando no se requiera, la implementación de calderas de biomasa.

La capacitación del personal de mantenimiento son herramientas que hace a la persona más técnica, cuidadosa para velar por la inocuidad del producto y consiente sobre el manejo adecuado de los recursos naturales mediante temas del desarrollo sostenible.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Mejorar la gestión de mantenimiento preventivo para el aseguramiento de la calidad alimentaria planta areca.

### **Específicos**

1. Garantizar la fiabilidad, la disponibilidad y la seguridad de la maquinaria para garantizar la calidad del producto sin deteriorar el medio ambiente.
2. Realizar un análisis con base en los índices de mantenimiento de disponibilidad de la maquinaria para incrementar la confianza en la compañía.
3. Mejorar el control de reportes o registros de mantenimiento.
4. Mejorar la gestión de control de equipos de calibración mediante el método PHVA.
5. Proponer mejoras de ahorro energético para incrementar las utilidades de la compañía mediante un desarrollo sostenible
6. Capacitar al personal de mantenimiento para incrementar el conocimiento en las tareas diarias basado en los sistemas de gestión de calidad alimentaria.





## INTRODUCCIÓN

Planta Areca es una empresa que produce alimentos balanceados confiables para animales, el departamento de mantenimiento juega un rol importante en la gestión del mantenimiento de las instalaciones y el mantenimiento de los equipos, sin embargo, a pesar de los buenos resultados obtenidos como empresa existen oportunidades de mejora en los que se enfoca el desarrollo de este trabajo.

El primer capítulo contiene información sobre la historia de la empresa Areca, quien se diversifica en alimentos balanceados para animales, la visión, misión, estructura organizacional, la descripción de los productos que elabora, y del proceso.

En el segundo capítulo se hace un diagnóstico sobre los problemas que se encuentra en el departamento de mantenimiento, así como problemas de personal, control de los documentos, cumplimientos de los mantenimientos preventivos, problemas de lubricación, entre otros.

Asimismo, se establece una propuesta que tiene como objetivo mejorar las condiciones de la gestión de mantenimiento, enfocados a capacitar al personal, cambiar métodos de mantenimiento preventivo, implementar un nuevo sistema de lubricación, establecer índices de mantenimiento preventivos, tener un mejor control sobre la calibración de los equipos.

En el capítulo tres se realiza un plan de ahorro energético que tiene como objetivo utilizar menos energía eléctrica y disminuir los costos administrativos,

enfocados en la implementación de sistemas automáticos de control de aires acondicionados, y campañas para concientizar al personal sobre el buen uso de la energía eléctrica.

En el capítulo cuatro se establecen capacitaciones que ayudarán al personal a tecnificarse, mejorar sus acciones para mantener el producto inocuo durante las intervenciones de mantenimientos preventivos y correctivos, y a ser más consciente sobre los recursos naturales que utiliza.

# **1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA**

## **1.1. Breve historia de la empresa**

El primer promotor de la industria avícola en Guatemala fue el empresario Cubano Domingo Alejandro Moreira Martínez luego de haber explorado los diversos tipos de mercados que existen en Centroamérica, países como: Costa Rica, Nicaragua, Honduras hasta haberse decidido por Guatemala, lugar en el cual, por sus características poblacionales y agrícolas, dispuso desarrollar la industria avícola, que todavía estaba en pañales en la región, la idea nació cuando se dio cuenta que en un supermercado comer pollo en Guatemala era un lujo reservado para los días de fiesta, por su precio tan alto. Y como en Cuba había tenido éxito en ese negocio, se propuso establecerlo en Guatemala con la idea de bajar los precios.

En esos días de periodo preelectoral en Guatemala habló de su proyecto con el general e ingeniero Miguel Idígoras Fuentes, quien hizo su campaña prometiendo que los guatemaltecos iban a poder poner un pollo en su puchero.

La producción de pollo arranco aproximadamente en 1958 en su primera granja que se encontraba en Escuintla, y en la zona 8 de la capital donde tenía en alquiler un edificio donde instaló sus oficinas, un pequeño molino para concentrados y un rústico rastro. Así principiaron a salir los primeros lotes de pollo, una producción de menor cantidad era para vender pollo vivo, donde la demanda era preferida por la gente de los mercados.

Al poco tiempo abrió dos restaurantes teniendo como nombre pollo caporal que obtuvo un gran éxito con su pollo frito al estilo cubano teniendo fama de su sabor.

Así es como inicia la empresa Grupo PAF en 1958 tras la iniciativa del señor Domingo Moreira, con la fundación de esta gran empresa avícola tenía como objetivo contribuir a crear fuentes de trabajo en el país y mejorar la dieta de los guatemaltecos, proporcionándoles un producto de alta calidad y valor

Las oficinas centrales se encuentran ubicadas en la Calzada Aguilar Batres 35-35 Zona 12, Guatemala, Ciudad.

## **1.2. Descripción de la empresa**

Es importante conocer lo que caracteriza y describe planta areca, la ubicación de la planta, su misión, visión, valores, la estructura organizacional, las políticas, los productos que manufactura, la descripción de sus procesos de producción, la certificación con que cuenta, por lo que a continuación se describe.

### **1.2.1. Ubicación de la empresa**

La planta Areca está ubicada actualmente en Masagua, Escuintla en el km 80 carreteras al Puerto Quetzal.

Figura 1. **Vista aérea de la planta Areca**



Fuente: Google Earth. *Guatemala, Escuintla*. <http://www.alltravels.com/guatemala/escuintla/brito/photos/current-photo-6282649>. Consulta: 10 julio del 2013.

Figura 2. **Ubicación de la planta de Areca**



Fuente: Google Earth. *Guatemala, Escuintla*. <http://www.alltravels.com/guatemala/escuintla/brito/photos/current-photo-6282649>. Consulta: 10 julio del 2013.

## **1.2.2. Visión**

Crecer inteligentemente, consolidarnos y diversificarnos<sup>1</sup>.

## **1.2.3. Misión**

Proveer alimentación nutritiva y de calidad. Estamos comprometidos con el grupo de colaboradores, a quienes proveemos bienestar, con nuestros clientes y consumidores a los que brindamos servicio y bienes de calidad, con los accionistas, a quienes les generamos utilidad esperada.

Operamos responsablemente con la sociedad y su entorno a la cual retribuimos con desarrollo la oportunidad que nos brindan<sup>2</sup>.

## **1.2.4. Valores de la empresa**

La corporación ha implementado un programa de valores en el cual se ha involucrado todo el personal, se han desarrollado talleres, capacitaciones y divulgación de los códigos de valores, los cuales son:

### **1.2.4.1. Código respeto**

Guardamos la más alta consideración a nuestros colaboradores, clientes, consumidores, proveedores, acreedores y a las leyes del país<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Grupo PAF

<sup>2</sup> Ibíd.

<sup>3</sup> Ibíd.

#### **1.2.4.2. Código de calidad**

Buscamos satisfacer las necesidades reales de nuestros clientes por medio del producto<sup>4</sup>.

#### **1.2.4.3. Código de responsabilidad**

Respondemos por el impacto y las implicaciones de las decisiones que adoptamos, tanto individualmente y como empresa<sup>5</sup>.

#### **1.2.4.4. Código de ética**

Nuestro compromiso es pensar, decidir y actuar de acuerdo con la conciencia y cultura de la empresa<sup>6</sup>.

#### **1.2.4.5. Código de desarrollo humano**

Propiciamos un ambiente que ofrece oportunidades, principalmente para los colaboradores y para la comunidad donde laboramos<sup>7</sup>.

#### **1.2.4.6. Código de agilidad**

Somos proactivos para enfrentar los retos y aprovechar las oportunidades<sup>8</sup>.

---

<sup>4</sup> Grupo PAF

<sup>5</sup> *Ibíd.*

<sup>6</sup> *Ibíd.*

<sup>7</sup> *Ibíd.*

<sup>8</sup> *Ibíd.*

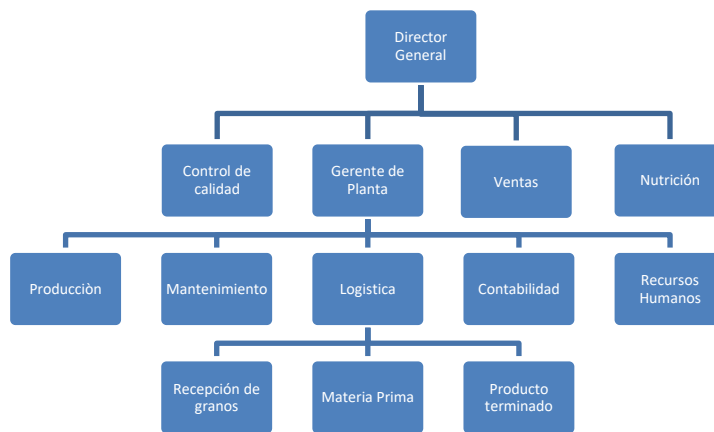
#### 1.2.4.7. Código de accesibilidad

Promovemos una política de puertas abiertas que permite a nuestros colaboradores aportar ideas y compartir a todo nivel<sup>9</sup>.

#### 1.2.5. Estructura organizacional

Areca cuenta con una estructura organizacional de modelo lineo funcional, como se demuestra en la figura 3.

Figura 3. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia.

El director es quien dirige a los todos los departamentos delegando la responsabilidad sobre los expertos en nutrición, ventas, control de calidad y en la planta de producción al gerente de planta quien tiene a su cargo las áreas de:

---

<sup>9</sup> Grupo PAF



- Producción: departamento más grande de la empresa que tiene a su cargo la transformación de las materias primas y transformarlas en alimentos balanceados para animales bajo las especificaciones determinadas para el cliente.
- Mantenimiento: departamento encargado de velar por el funcionamiento adecuado de toda la maquinaria y equipos que intervienen en la transformación de los productos, así como el encargado de velar por la conservación y mejora de las instalaciones y edificios en donde el personal realiza las actividades de labor.
- Logística: departamento que tiene a su cargo la logística del abastecimiento de las materias primas así como la distribución del producto terminado.
- Contabilidad: departamento que gestiona los estados financieros de la corporación, elaborando informes constantes que sirven para formular planes y tomar decisiones en cuanto a los resultados financieros.
- Recursos humanos: departamento encargado de gestionar la selección, contratación, formación, capacitación y de buscar las técnicas necesarias para retener al empleado.

Cada empleado recibe ordenes de un jefe a excepcion del departamento de ventas y control de calidad quien tiene una direccion paralela con el gerente de produccion, ventas y nutricion creando departamentos autonomos ante el director general.

### **1.2.6. Política de calidad de la empresa**

Nuestro compromiso primario es con todos los clientes, a los que debemos proveer productos y servicios de excelente calidad a precios competitivos, utilizando técnicas y tecnología actualizadas en su fabricación y desarrollo de nuestros productos y actividades, con el fin de obtener una mayor diversificación de negocios.

Para atender a nuestros clientes el GRUPO PAF, cuenta con un equipo humano motivado y dedicado a servir en todo momento, esta es la fortaleza más grande de nuestra empresa<sup>10</sup>.

Por lo anterior se debe formar y capacitar un equipo humano donde el individuo y el respeto por sus necesidades materiales y espirituales sean de primordial atención y cuidado fomentando el amor al trabajo, el estudio, la dedicación, la responsabilidad y el reconocimiento a sus méritos. Así como por las óptimas condiciones de trabajo de los mismos desarrollando un sentimiento solidario, seguridad y progreso para todos.

### **1.2.7. Productos de manufactura en la planta de producción**

La planta produce alimentos balanceados para animales, aves, cerdos, perros, camarón, bovinos, tilapias.

Se producen varias presentaciones de alimentos de calidad de acuerdo a la edad del animal, dentro de ellas esta: arecana cachorro, arecana, arecana plus, campeón, entre otras.

---

<sup>10</sup> Grupo PAF

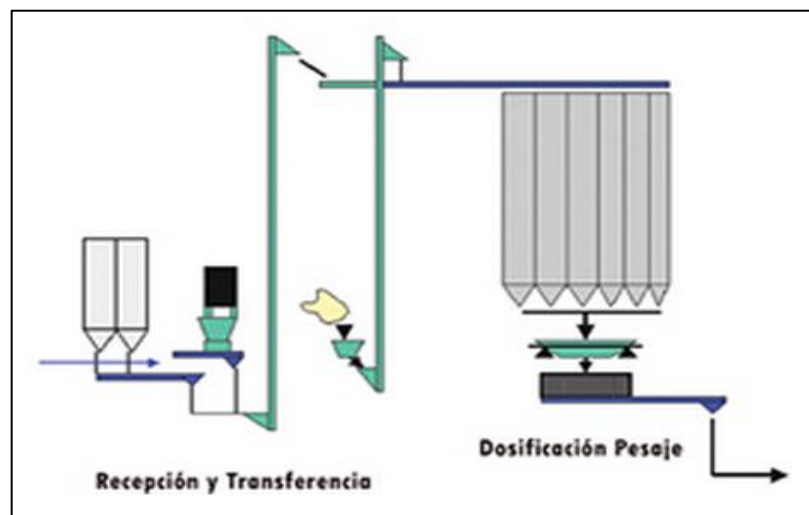
Los alimentos que se producen son formulados por requerimientos nutricionales y algunos con especificaciones del cliente dependiendo la necesidad específica del animal.

Su mercado destino es para consumo propio, venta de terceros locales y exportación, principalmente en Centroamérica, Caribe y Sudamérica.

### 1.2.8. Descripción de los procesos de producción

El proceso comienza al almacenar los granos y harinas en silos y costales que son enviados por unos elevadores de cangilones a unas tolvas de almacenamiento, para después ser dosificados en una báscula de pesaje agregando las harinas necesarias para el alimento.

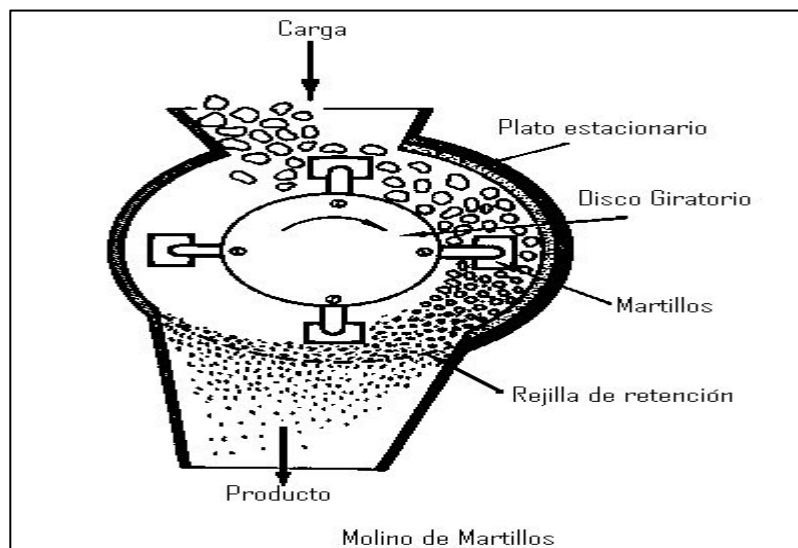
Figura 4. **Diagrama de proceso de recepción y dosificación de producto**



Fuente: *China Suppliers*. <http://www.midiatcavipec.com/alibal/alibal030805.htm>. Consulta: 28 de agosto de 2014.

Posteriormente la mezcla de las harinas son transportadas por un elevador y transportadores es llevado al molino para lograr una granulometría específica,

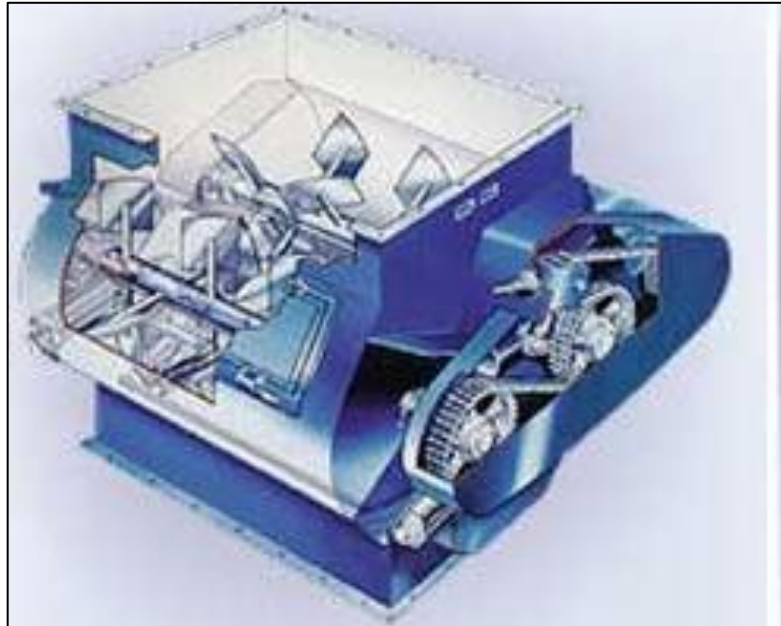
Figura 5. **Molino de martillos**



Fuente: Zeroim. *Molienda propia*. <http://www.zeroim.com/index/info/id/6>. Consulta: 28 de agosto de 2014.

Luego son llevados a un mezclador para agregar los líquidos (melaza, aceites, agua) y micro mezclas (vitaminas, aminoácidos, medicamentos).

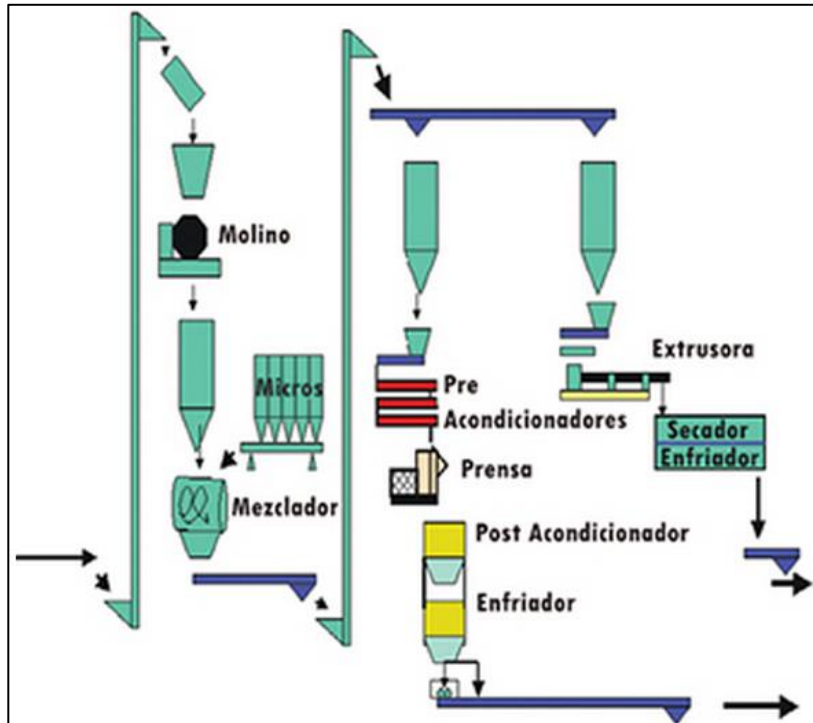
Figura 6. **Mezcladora de paletas doble eje**



Fuente: Alimentos balanceados. <http://www.engormix.com/MA-balanceados/fabricacion/articulos/disenio-plantas-alimentos-balanceados-t1748/801-p0.htm>. Consulta: 28 de agosto de 2014.

Posteriormente se envían tolvas de proceso que van dosificando a las máquina peletizadoras o extrusores.

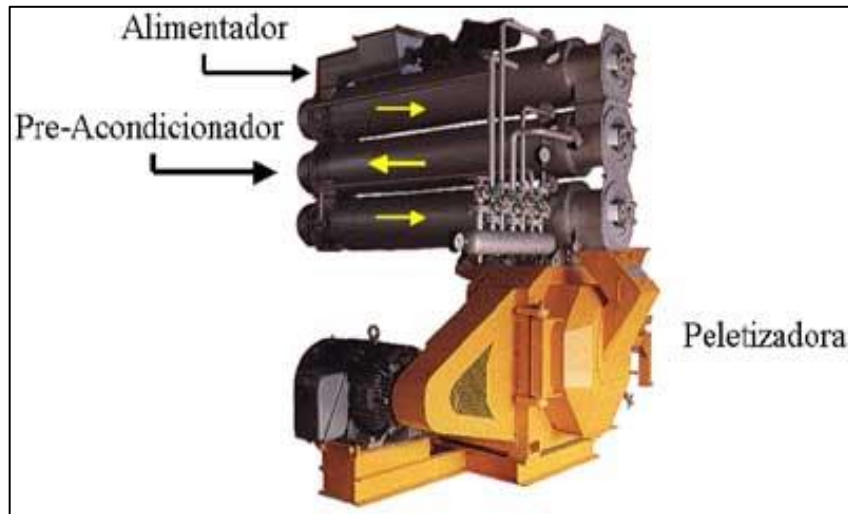
Figura 7. Esquema de proceso de extrusión



Fuente: Alimentos balanceados. <http://www.engormix.com/MA-balanceados/fabricacion/articulos/disenio-plantas-alimentos-balanceados-t1748/801-p0.htm>. Consulta: 28 de agosto de 2014.

El proceso de peletizado es donde se da la transformación del producto, en donde entra la mezcla por medio de un alimentador el cae a un proceso de cocimiento por medio de vapor en un termo acondicionador que una vez el producto alcanzando un nivel de temperatura es llevado por un proceso de compactación y forma que el producto pasa por un agujero que dará forma cilíndrica, en forma de pelet.

Figura 8. **Máquina de peletizado**



Fuente: Alimentos balanceados. <http://www.engormix.com/MA-balanceados/fabricacion/articulos/diseño-plantas-alimentos-balanceados-t1748/801-p0.htm>. Consulta: 28 de agosto de 2014.

El proceso de extrusión es similar a proceso de peletizado ya que cuenta con un alimentador, un termo acondicionador y posteriormente entra en un tornillo sin fin que hace friccionar el producto elevando la temperatura logrando un alimento adecuada, y que por su forma uniforme de dosificar producto se logra dar formas específicas al producto final en forma de huesitos, donas, pellet, entre otros.

Figura 9. **Máquina de extrusión**



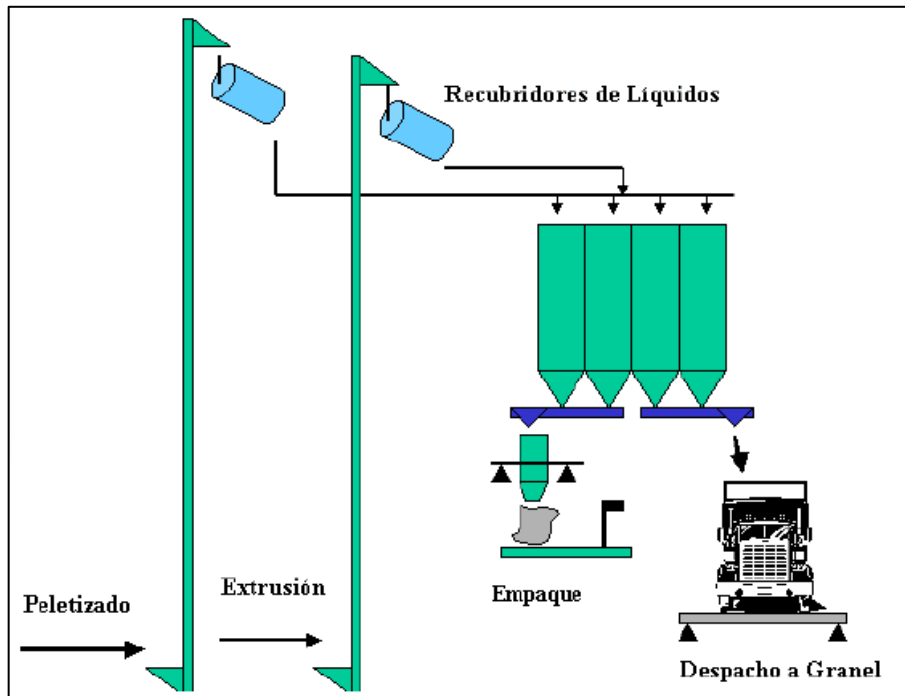
Fuente: Alimentos balanceados. <http://www.engormix.com/MA-balanceados/fabricacion/articulos/disenio-plantas-alimentos-balanceados-t1748/801-p0.htm>. Consulta: 28 de agosto de 2014.

Una vez formado el producto pasa por un proceso de enfriamiento postacondicionador o secado, y posteriormente entra a un proceso de enfriamiento.

Terminado el proceso de enfriamiento pasa a unas tolvas de almacenaje para ser despachado a granel o se desvía para ser almacenado por medio de unas básculas de pesaje que dosifica la cantidad exacta en costales de 45 kg.



Figura 10. **Esquema despacho de producto terminado a granel**



Fuente: Alimentos balanceados. <http://www.engormix.com/MA-balanceados/fabricacion/articulos/diseño-plantas-alimentos-balanceados-t1748/801-p0.htm>. Consulta: 28 de agosto de 2014.

### 1.3. **Certificaciones de calidad en la empresa**

Grupo PAF cuenta con una certificación de SQF 2000 garantizando la gestión de la calidad basado en el código SQF 2000 el cual está alineado con HACCP, el Codex Alimentarius, ISO 9001 y NACMCF (National Advisory Committee on Microbiological Criteria of Foods, por sus siglas en inglés) quien reduce la incidencia que alimentos no inocuos lleguen a los consumidores del mercado y su vez creando confianza a sus clientes.

Figura 11. **Logotipo de sistema de calidad SQF-PAF**



Fuente: Grupo PAF.

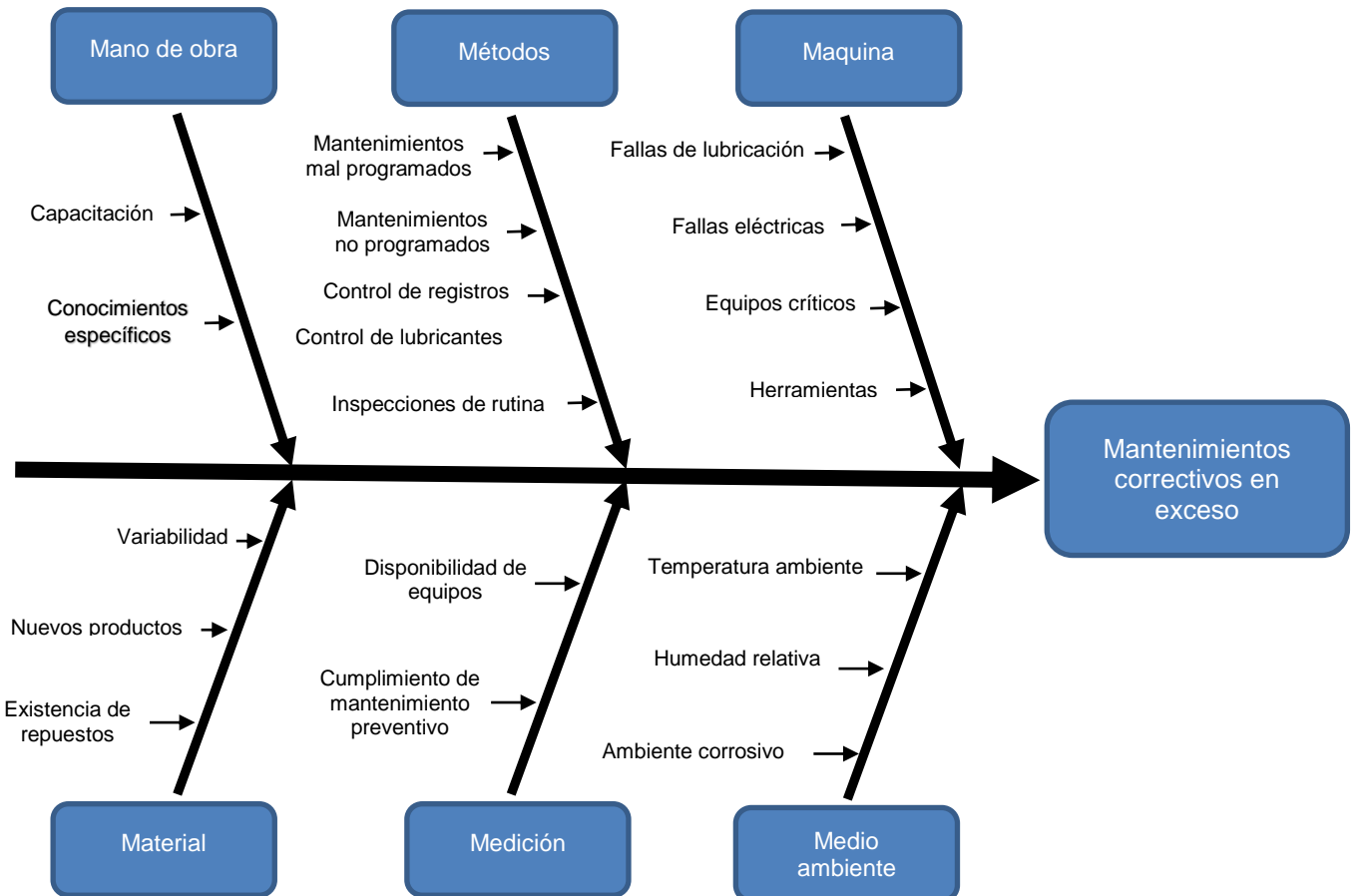
## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. MEJORA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ALIMENTARIA PLANTA ARECA**

### **2.1. Diagnóstico de situación actual a través de la técnica 6M'S**

Planta Areca enfocada a proveer alimentos nutritivos de calidad y con el respaldo de la certificación de SQF 2000, garantiza la inocuidad del producto. El departamento de mantenimiento tiene como objetivo mantener y mejorar la eficiencia de los equipos e instalaciones como lo establece el programa pre requisito en el inciso 6.4 calibración de equipos y 6.6 mantenimiento de la planta y equipo según el código SQF 22000 para minimizare el riesgo de contaminación de producto

Para la elaboración del diagnóstico en la gestión del mantenimiento preventivo y el aseguramiento de la calidad, se utiliza la herramienta de diagnóstico Ishikawa con 6 M'S para identificar las posibles causas que generan el problema en el exceso de mantenimientos preventivos, entender la situación actual y las necesidades del departamento de mantenimiento que ayudarán a la mejora del mantenimiento preventivo para el aseguramiento de la calidad alimentaria.

Figura 12. Diagrama causa y efecto



Fuente: elaboración propia.

En el diagrama se pueden observar las posibles causas asociadas a cada familia de la técnica 6 m's que dan origen al problema de los mantenimientos correctivos en exceso, por lo que hará un análisis de cada causa para determinar la causa raíz donde se concentra y da origen al problema de los mantenimientos correctivos.

### **2.1.1. Máquinas**

La maquinaria utilizada para el proceso elaboración de alimentos balanceados dentro de las instalaciones de areca son;

- Elevadores
- Transportadores
- ductos de transporte
- compuertas mezcladoras
- prensas de peletizado
- extrusores
- zarandas

Las máquinas descritas con anterioridad, por su constante trabajo a la cual se encuentran sometidas a las siguientes fallas: eléctricas, mecánicas por fricción, impactando en tiempos de paro por mantenimiento correctivos, dando como resultado en el departamento de mantenimiento generaciones de órdenes de trabajo por emergencia, y la reparación se realiza sin parar dentro del proceso, estos tipos de fallas son las que se analizan en la página 19.

#### **2.1.1.1. Análisis de máquinas con mayor tiempo requerido en los mantenimientos correctivos**

Basado a la información proporcionados en el departamento de mantenimiento de las solicitudes de trabajo, se elabora la tabla I, que representan las máquinas con mayor número de atención al menor número de atención de mantenimiento correctivo.

Con la ayuda de la tabla I se utiliza la herramienta de diagnóstico, diagrama Pareto para identificar las causas con mayor número de horas de paro y sumando en porcentaje acumulado las horas empleadas para los mantenimientos correctivos, colocando de manera descendente las horas atendidas, datos proporcionados para un mes de mantenimiento correctivo.

Tabla I. **Tiempo empleado en mantenimiento correctivo**

Horas de paro por mantenimientos Correctivos								
Maquinaria y equipos	Horas de paro por área	Causas						
		falla de lubricación	fallas eléctricas	fugas de producto	Fugas de vapor	Piezas quebradas	Tubería Fría	Ajustes y calibraciones
PELETIZADO Y EXTR.	105	48	28	10	4	6	4	5
ZARANDAS	21	4	8	6	0	3	0	0
LIQUIDOS	21	0	6	0	15	0	0	0
OTROS EQUIPOS	14.7	8	4	1.7	0	1	0	0
ELEVADORES	6.3	2	4.3		0	0	0	0
TRANSPORTADORES	6.3	3	2	1.3	0	0	0	0
Total de horas	174.3	65	52.3	19	19	10	4	5

Fuente: elaboración propia.

Basado en la tabla 1 se tabulan los datos para dar origen a la tabla II. Que da origen al diagrama Pareto para identificar las causas más problemáticas.

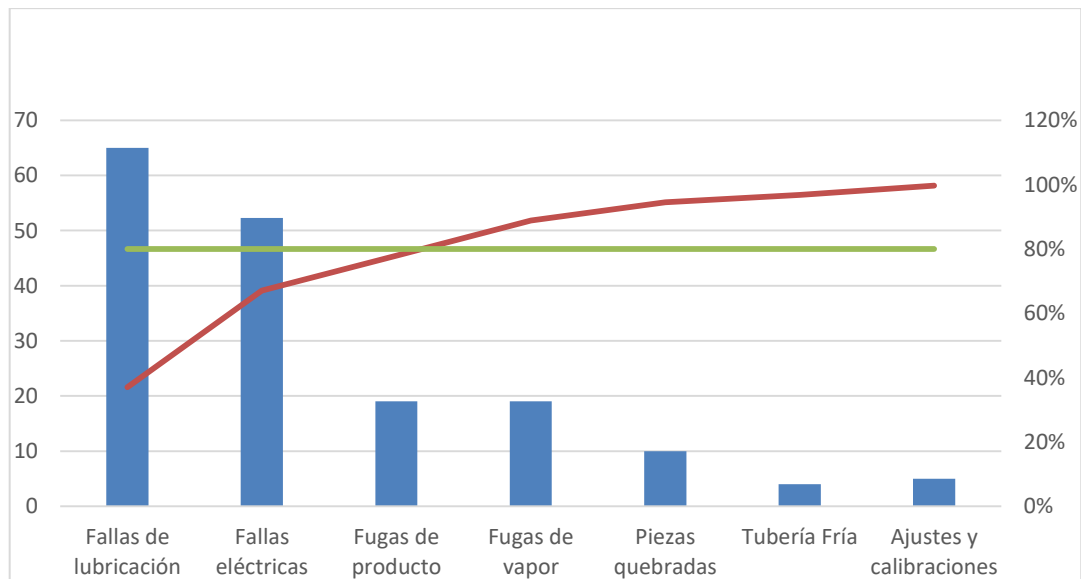
Tabla II. **Tabla Pareto**

Tipo de falla	Horas de paro	% horas de paro	% Acumulado	Comparativo
Fallas de lubricación	65	37%	37%	80%
Fallas eléctricas	52.3	30%	67%	80%
Fugas de producto	19	11%	78%	80%
Fugas de vapor	19	11%	89%	80%
Piezas quebradas	10	6%	95%	80%
Tubería Fría	4	2%	97%	80%
Ajustes y calibraciones	5	3%	100%	80%
	174.3	100%		

Fuente: elaboración propia.

En este análisis que se realiza en la figura 13, basados en la tabla 1, se determina que el 20 % de las fallas se concentran el 80 % de los problemas en los equipos de; peletizado y extruido, área de instalaciones y las zarandas, por lo que habrá que realizar las remodelaciones y reparaciones necesarias en estas áreas, no perdiendo como objetivo el mantenimiento global de los equipos.

Figura 13. **Diagrama de pareto para el tiempo de atención por área**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar el 80 % de los problemas se generan por las fallas de lubricación, eléctricas y las fugas de producto en proceso, concentrando el tiempo de horas de paro por mantenimientos correctivos.

Posiblemente sean las causas que originan los problemas de los mantenimientos correctivos en el mayor tiempo de paro en la maquinaria pero

es necesario continuar con el análisis de las familias de causas y seguir analizando el porqué de los problemas o quien es la causa raíz.

### **2.1.1.2. Tipos de fallas de los equipos**

Los tipos de falla que se analizan son los que más impactan en los paros de la maquinaria, identificando los desgastes por fricción que generan mermas en los productos, fallas por lubricación, eléctricas y otros tipos de fallas.

#### **2.1.1.2.1. Desgaste por fricción que genera merma de producto**

Las materias primas utilizadas en el proceso del producto de alimento balanceado para animales son: el trigo, maíz, calcio, lecitina, harinas de carne, entre otras.

Estos son productos abrasivos que desgastan las paredes internas donde son transportados, generando fricción en el funcionamiento de la maquinaria por la fuga de producto que se escapan en las paredes, depositándose encima de la maquinaria y en el medio que lo rodea. Teniendo como resultados trabajos mayores de mantenimiento correctivo y perdidas de materiales.



Figura 14. **Elevador con fuga de producto en proceso**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 14 se observa como el producto se fuga por un pequeño orificio encerrado en un círculo rojo, el cual es índice de un desgaste en la lámina de la cabeza de un elevador de cangilones.

#### **2.1.1.2.2. Fallas por problemas de lubricación**

Los componentes de la maquinaria que generalmente están en movimiento son: cojinetes, engranajes, rodillos, bujes, cadenas, entre otras. Y estos elementos generan fallas por fricción entre piezas por falta de lubricación.

El problema de falta de lubricación en equipos genera paros no deseados y fallas parciales o totales en los componentes de los equipos que dan como resultado tiempos prolongados de reparación,

Figura 15. **Chumacera con problemas de lubricación**



Fuente: Areca. *Área de producción.*

En la figura 15 se puede apreciar cómo una chumacera falla por problema de lubricación, las causas asociadas podrían ser:

- Falta de lubricante
- Temperatura de trabajo excesiva
- Lubricante inadecuado
- Contaminación de ambiente
- Mala aplicación de diseño.

### **2.1.1.2.3. Fallas eléctricas**

Se observa que existen fallas eléctricas por recalentamiento de líneas, falta de aislamiento.

Figura 16. **Terminales eléctricas sobrecalentadas**



Fuente: Areca, *Producción*.

En la energía eléctrica es complicado controlar las fuentes de falla de los problemas eléctricos ya que en algunos casos son generados por la compañía que la suministra y otras fuentes de falla son generadas por los equipos del consumidor, las fallas eléctricas comunes son por sobrecargas, corto circuito y por falta de aislación, que regularmente repercuten en los equipo de la planta como podemos observar en esta bornera de motor.

#### **2.1.1.2.4. Otros fallas**

En esta sección se mencionan otros tipos de fallas menos comunes que generan paros en el proceso de producción, estos son enfocados en el sistema de servicio como los son:

- Fugas de agua
- Fugas de vapor
- Filtraciones en los techos

- Pisos dañados
- Problemas de aire comprimido
- Compuertas atoradas en los mecanismos de la maquinaria
- Problemas de iluminación
- Reseteo de equipos por variaciones del servicio eléctrico

### 2.1.1.3. Determinación del tipo de falla más común del mantenimiento correctivo

Luego de la descripción de las fallas más comunes de la maquinaria y con base en la información de las órdenes de trabajo, proporcionado por el departamento de mantenimiento se obtiene en la tabla III:

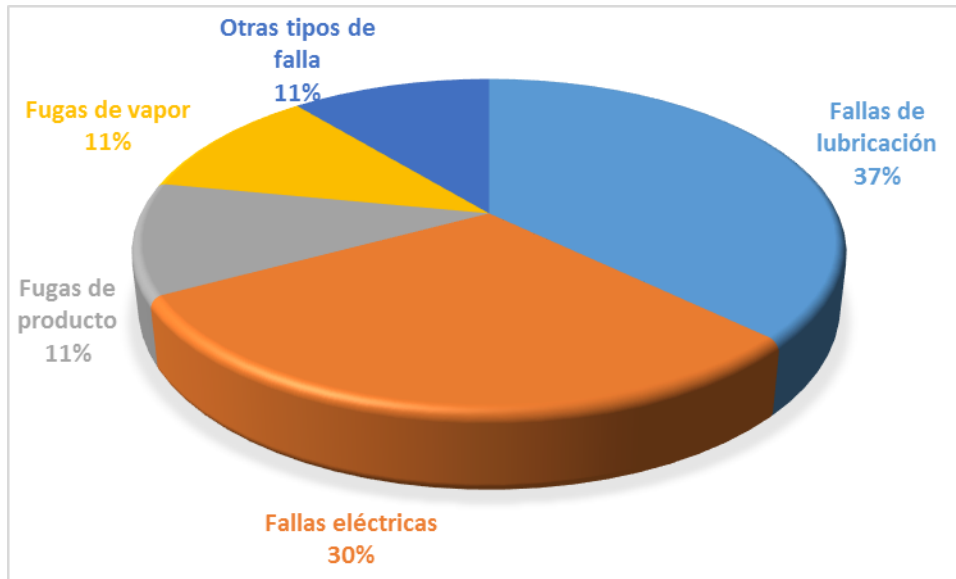
Tabla III. **Fallas más comunes que impactan en la maquinaria**

Tipo de falla	Porcentaje de horas de paro
Fallas de lubricación	37 %
Fallas eléctricas	30 %
Fugas de producto	11 %
Fugas de vapor	11 %
Otros tipos de falla	11 %
Total	100 %

Fuente: elaboración propia.

En la figura 17 se puede visualizar por medio de los datos anteriores la proporción y magnitud de cada una de las fallas.

Figura 17. **Gráfica porcentaje de mantenimientos correctivos**



Fuente. Areca, área de mantenimiento.

La gráfica interpreta que las fallas más recurrentes en los equipos son por fallas de lubricación con un 37 % de probabilidades, un ejemplo de ello es la degradación de la grasa como se muestra en la figura 18.

Figura 18. **Chumacera de banco de un enfriador de producto en proceso**



Fuente: Areca. Producción.

En segundo lugar, la falla más recurrente se encuentra en los motores eléctricos que podrían ser asociados a diversas causas, teniendo como porcentaje de 30 %, un ejemplo es el motor eléctrico que por contaminación de lubricante por fallo de un sello causó un cortocircuito como se muestra en la figura 19.

Figura 19. **Motor de caja reductora cicloidal**



Fuente: Areca. Producción.

### **2.1.2. Método**

Los métodos empleados que se realizan por parte del departamento de mantenimiento son:

- Programa de mantenimiento preventivo
- Disponibilidad del tiempo que se emplea en el mantenimiento preventivo
- Llenado de registros
- Control de documentos de herramienta
- Calibración de equipos
- Control de grasas y aceites
- Inspección de maquinaria en funcionamiento

De los cuales se describirá y se hará un pequeño diagnóstico de los mismos.

#### **2.1.2.1. Programa de mantenimiento preventivo**

El programa de mantenimiento preventivo que se utiliza es el software VAM/SQL operado por el planificador quien establece la secuencia de mantenimientos de las máquinas basándose mediante días de trabajo, indicando el equipo, tipo de mantenimiento, día de trabajo, las tareas que se asignaron a dicho mantenimiento, y el tiempo estimado a emplearse en cada tarea, así como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Sistema VAM/SQL

27/06/11 05:03:39 PM  
Preparado Por: Julio Rojas

Avea Reproductores de Centro America, S.A.  
**Mantenimiento Preventivo Pronosticos** Page 1

Equipo#	Descripción	M	M	T	V	S	S	D	L	M	M	T	V	S	S	D	L	M	M	T	V	S	S	D	L	M	M	
<b>Unidades 7 00000001 INGREDIENTES MAYORES COMINES</b>																												
2A7000005	ZARANDA RECTILAR																											
000000005	ZARANDA CIRCULAR 2.30 FORMULACION C/daño - 7.58-Hrs																											
CAM000002	CAMBIA ACEITE DE REDUCTOR																											
CAM000010	CAMBIA RECTORES DE REDUCTOR																											
RE400001	REAR TORNILLOS CONEXION MOTOR ELECTRICO																											
ME2000003	MEOR ARLAMIENTO MOTOR ELECTRICO																											
ME2000006	MEOR CONTINUIDAD MOTOR ELECTRICO																											
CAM000004	CAMBIA MALLA ZARANDA																											
LM4000004	LIMPIEZA DE ARRANCADOR MAGNETICO (CONTACTOR)																											
RE7000044	REF CONTACTOS ARRANCADOR MAGNETICO																											
RE400000	REAR TORNILLOS DE GEAR MOTOR																											
RE4000002	REAR TORNILLOS DE CONTACTORES																											
RE4000002	REAR TORNILLOS BORNE CONEXION ELECTRICA																											
ME2000002	MEOR OMBOS MOTOR ELECTRICO																											
ME2000001	MEOR CONTINUIDAD EN CARGADO ELECTRICO																											
<b>Unidades MOL000004 PULVERIZADO 3-4</b>																												
VEH000005	VC-30 VENTILADOR																											
000000005	VENTILADOR VC-30 MOLINERA 3-Ciclo - 1.39-Hrs																											
COM000006	COMPROBAR PAGO POR MEDIO DE VENTANA																											
TEH000006	TEGAR FALAS TRAPICIALES DENTADAS																											
LUB000000	LUB. CROMACERA TRASERA																											
LUB000000	LUB. CROMACERA FRONTAL																											
<b>Unidades 2 00000003 LINEA 1 GRANOS</b>																												
VEH000005	VC-30 VENTILADOR																											
000000005	VENTILADOR DE SILOS VC-25 C/LOS GRANILES C/daño - 4.20-Hrs																											
LM4000002	LIMPIEZA DE RODETE DE VENTILADOR																											
COM000002	COMPROBAR LOS PAGO PROTECCION TERMICO																											
ME2000002	MEOR OMBOS MOTOR ELECTRICO																											
ME2000003	MEOR ARLAMIENTO MOTOR ELECTRICO																											
RE4000001	REAR TORNILLOS CONEXION MOTOR ELECTRICO																											

Fuente: Areca. Departamento de mantenimiento.

Por el sistema que opera la planta en las líneas de producción es difícil realizar un programa de mantenimiento secuencial, debido a las temporadas altas de trabajo continuo y porque son líneas en serie y el único tiempo disponible para realizar las actividades programados mantenimiento son únicamente los fines de semana si la producción no es intervenida por algún motivo.




### **2.1.2.2. Disponibilidad de tiempo para mantenimientos preventivos**

El tiempo de los mantenimientos preventivos es limitado por lo que es un poco complicado realizar un mantenimiento en su totalidad en la maquinaria, por lo regular los días asignados a mantenimiento en fines de semana, por lo que se considera que el tiempo disponible para los mantenimientos es a lo más 48 horas o dos días disponibles por lo que es preciso seccionar las máquinas a mantenimiento y establecer las máquinas para hacerles servicio y si no se cumpliera por falta de tiempo o repuesto se realiza una reprogramación para el cumplimiento de los mantenimientos.

### **2.1.2.3. Análisis de llenado de registro de una orden de trabajo y una solicitud de trabajo**

El departamento de mantenimiento tiene dos registros que realizan cuando un equipo o máquina necesita una reparación, la primera fase es la solicitud de trabajo, cuando se necesita una intervención, una modificación o reparación por avería, la solicitud de trabajo es llenada por el departamento de producción para solicitar un trabajo al departamento de mantenimiento como lo muestra en la figura 21. Posteriormente los datos de la solicitud de trabajo se ingresan a una base de datos VAM/SQL mostrados en la figura 22.

Figura 21. Hoja de solicitud de mantenimiento

	ARECA	<b>SOLICITUD DE MANTENIMIENTO</b>		<b>No.</b>	
	MANTENIMIENTO			FECHA: / /	
ÁREA:					
PROCESO/SECCION:					
LINEA:					
EQUIPO O INSTALACION:			REFERENCIA:		
UBICACION:					
SOLICITADO / AUTORIZADO (Nombre y Firma):					
TIPO DE FALLA:			TIPO DE MANTENIMIENTO:	PRIORIDAD: (en tiempo)	
<input type="radio"/> MECANICA	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> SERVICIO	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> SOLDADURA	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> OTRO	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/> CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>
<input type="radio"/> ELECTRICA	<input type="checkbox"/>		<input type="radio"/> MEJORA	<input type="checkbox"/>	1. DE INMEDIATO
<input type="radio"/> MAQUINA HERRAMIENTA	<input type="checkbox"/>		<input type="radio"/> EMERGENCIA	<input type="checkbox"/>	2. LO ANTES POSIBLE
					3. 1 SEMANA
					4. 1 MES
ITEM	DESCRIPCION TRABAJO SOLICITADO				
¿PAROPRODUCCION? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		HORA DE PARO:	HORA DE REINICIO:		
ELABORADO POR:		RECIBIDO POR:	FIRMA DE ACEPTADO:		
HORA:		HORA:	FECHA:		

Fuente: Areca. Departamento de mantenimiento.

Figura 22. Orden Trabajo generado por el programa VAM/SQL

Aves Reproductoras de Centro América, S.A.

**O. de Trabajo**

	<b># O.T.</b>	1000081886
	<b>Preventive #</b>	
	<b>Fecha Inicio</b>	02/07/13
	<b>Fecha Fin</b>	05/07/13

<b>Equipo</b>	BG-01 BOM0000013 (BOMBA LLENADO TANQUE ACEITE)		
<b>WO Type</b>	MAN0000003-MNTTO. CORRECTIVO		
<b>Condición</b>	MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
<b>Item</b>	Cantidad	0.00	
<b>Nombre</b>	Notas de Seguridad:		
<b>Turno</b>			
<b>Placa</b>			<b>Real</b>
<b>Ubicación</b>	LÍQUIDOS EQUIPO DE BOMBEO RECEPCION DESPLAZAMIENTO POSITIVO		

	Código	Descripción	Tiempo / Unidades
<b>Tareas</b>	APE0000001	APERTURA DE ORDEN DE TRABAJO	0.00
	ESP0000001	ESPERA EN BODEGA	0.00
			0.00
		<b>Total Tiempo</b>	<b>0.00</b>

<b>observation</b>	CAMBIO DE FAJAS Y ESTOPA POR DESGASTE/ ERIC MORENO
--------------------	--

Supervisor \_\_\_\_\_  
AUGUSTO CASTRO TUM

Fuente: Areca. Departamento de mantenimiento.

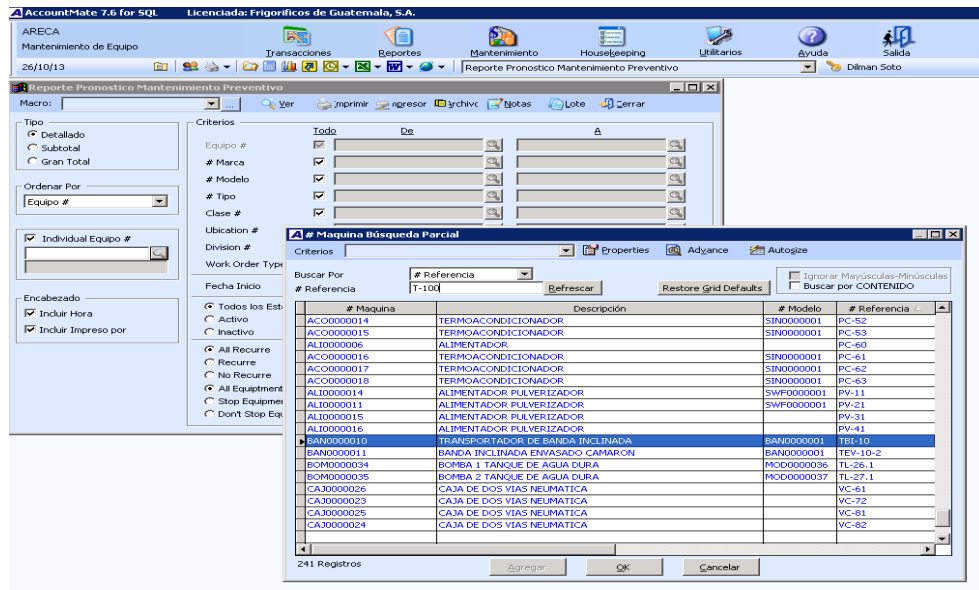
Tabla IV. **Tabla comparativa entre la solicitud vs orden de trabajo**

Items	Solicitud de trabajo	Orden de trabajo
# de solicitud de trabajo	✓	
# de orden de trabajo		✓
Fecha	✓	✓
Proceso	✓	✓
Línea	✓	✓
Equipo o Instalación	✓	✓
Ubicación	✓	✓
Referencia	✓	✓
Solicitado/ Autorizado	✓	
Tipo de Falla	✓	✓
- Mecánica	✓	✓
-Soldadura	✓	✓
-Eléctrica	✓	✓
-Máquina, herramienta	✓	✓
Tipo de mantenimiento		
-Preventivo	✓	✓
-Correctivo	✓	✓
-Mejora	✓	✓
-Emergencia	✓	
Descripción del trabajo	✓	✓
Para producción	✓	
-Sí	✓	
-No	✓	
Hora de paro	✓	
Hora de reinicio	✓	✓
Elaborado por	✓	✓
Recibido por	✓	✓
Aceptado por	✓	

Fuente: elaboración propia.

En el sistema VAM al asignar el número de referencia del equipo automáticamente reconoce sección, ubicación, línea, equipo.

Figura 23. Ventanas de datos del sistema VAM para la ubicación y sección de los equipos

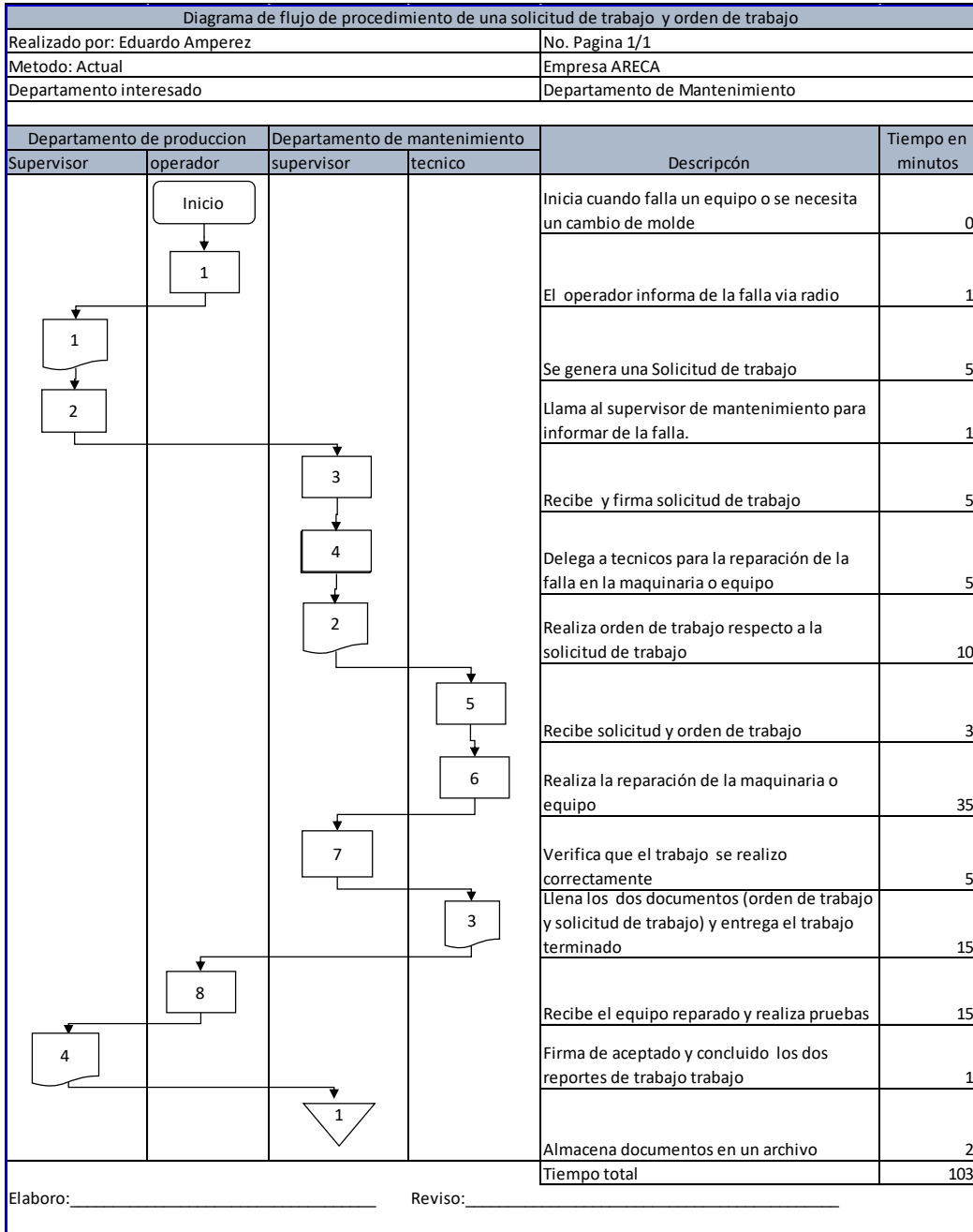


Fuente: Areca. Departamento de mantenimiento.

Para la validación de la orden de trabajo se agrega un sello que agrega la firma de aceptación y la firma de quien entrega el trabajo en la orden de trabajo.

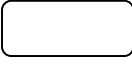



El método actual del llenado de registro de un mantenimiento correctivo se detalla a continuación mediante un diagrama de flujo para ejemplificar el tiempo empleado en la recolecta de documentos.

Figura 24. Diagrama de flujo del procedimiento de una solicitud y orden de trabajo de trabajo



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2015.

Figura 25. **Resultados en minutos por medio del diagrama de flujo de procedimiento de una solicitud y orden de trabajo**

Simbolo	cantidad	tiempo en minutos
	1	0
	3	31
	9	70
	1	2
Totales	14	103

Fuente de elaboración propia, empleando Visio 2015.

En el cuadro resumen se puede ver que el tiempo de llenado de registro aproximadamente requiere 103 minutos para obtener todos los datos de una solicitud de trabajo y una orden de trabajo.

#### **2.1.2.4. Control de documentos de herramienta**

Se tiene una hoja de control de herramienta por técnico que es un listado que cuantifica el total de herramienta con el objetivo de garantizar que la herramienta utilizada durante una reparación en la maquinaria que posteriormente se realiza la recolecta de la herramienta con base en el listado que tiene que cumplir a totalidad y no se quede alguna herramienta en los equipos que podrían ser contaminantes a los productos, posteriormente se

entrega al digitador y se procede a colocarlo en un folder para su almacenamiento.

#### **2.1.2.5. Calibración de equipos**

Existen 35 básculas para verificar y controlar el peso de los productos dosificados y ensacados, las cuales son calibradas con una secuencia de cada 3 meses, posteriormente el ente calibrador envía los certificados y estos son almacenados en un folder, tratando de cumplir con el apartado 6.4 calibración de equipos del código SQF 2000.

Existe problema con el control de los documentos debido a que en ocasiones no se cumple a cabalidad con la calibración de equipos debido alta carga de producción.

#### **2.1.2.6. Control de grasas y aceites**

La mayoría de los equipos que están sometidos a rotación y cargas de trabajo utilizan algún lubricante para disminuir la fricción, a pesar que en el proceso para la elaboración de los alimentos para animales se utilizan grasas de grado alimenticio como lo indica en el código SQF 2000 6.6.4.1, no se cuenta con una tabla de control en donde indique cantidades a utilizar.

Se cuenta con las fichas técnicas y hojas de seguridad pero no todo el personal está informado del contenido de las mismas, se evidencia más en el personal técnico de recién ingreso, asimismo, no se cuenta con un lugar exclusivo para el almacenamiento de los lubricantes.



### **2.1.2.7. Inspecciones a maquinaria durante el trabajo**

Los equipos operan constantemente, los operadores informan sobre los equipos que tienen algún problema y los técnicos verifican para el tipo de intervención.

Los equipos que están fuera de la vista de los operadores son revisados por el personal técnico, la supervisión de mantenimiento y los jefes que realizan rondas de rutina, sin embargo, es numerosa la cantidad de equipos instalados y podría pasar por desapercibido algún equipo o al no haber algún registro de inspección podría pasar en alto alguna observación importante o quedar al olvido por la rutina de trabajo o emergencias del día a día.

### **2.1.3. Mano de obra**

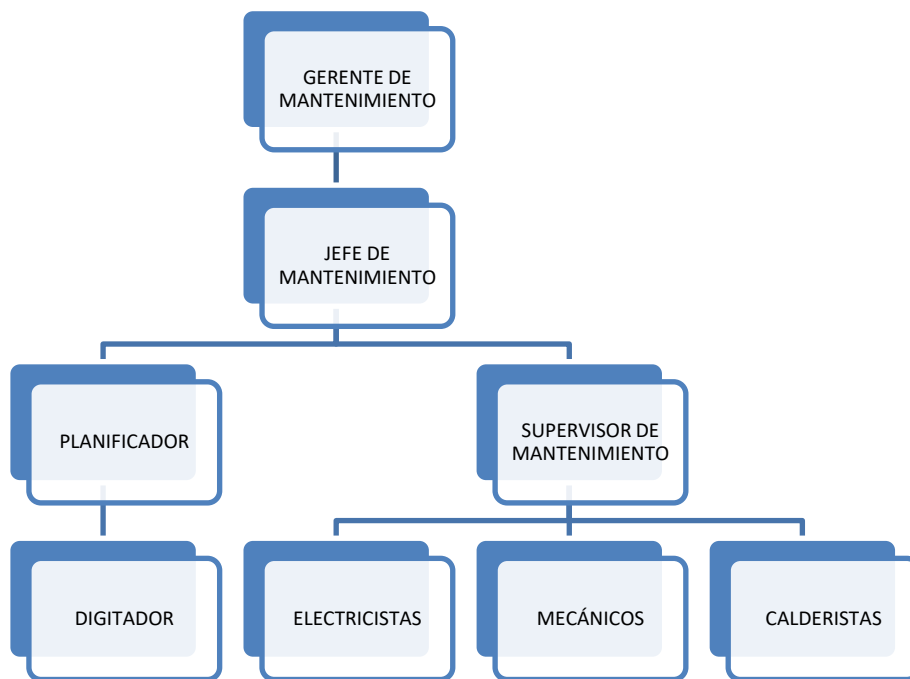
El personal demuestra una buena actitud ante las atribuciones que se ejecuta, sin embargo, las competencias técnicas son limitadas por la especialización de cada individuo por lo que evidencia una carencia de capacitación para desenvolverse en otras áreas que no dominan y por otra parte, cuentan con herramienta limitada y a veces herramienta desgastada logrando una pérdida de tiempo al no tener la herramienta en buen estado y disponible para cualquier eventualidad que el trabajo requiera.

#### **2.1.3.1. Información del departamento de mantenimiento**

El departamento de mantenimiento cuenta con un equipo de 16 técnicos y 7 administrativos para un total de 23 personas, de las cuales son: 1 gerente de

mantenimiento, 1 jefe de mantenimiento, 1 planificador, 3 supervisores, 1 planificador y 16 técnicos con diferente especialidad, que se dedican a tareas de apoyo a producción, mantenimientos correctivos y mantenimientos preventivos, sin embargo, por el gran número de equipos que son se pierde la secuencia de lubricación que establece el fabricante y no existe una de lubricación como tal, por lo que como se puede ver en el organigrama no existe una plaza de lubricador.

Figura 26. **Organigrama de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

### 2.1.3.2. Información del personal técnico

El personal técnico está compuesto de 8 mecánicos, 5 electricistas, y 3 técnicos de calderas, las limitantes de los técnicos son:

- Que por la especialidad de cada técnico es difícil contar con características de técnicos multifuncionales como electromecánicos
- Además se genera limitantes de herramienta que limitan al involucramiento de la diversidad de tareas mecánicas y eléctricas para disminuir tiempos de paro.

#### **2.1.4. Materiales**

Materias primas y tipos de materiales: para la elaboración de los procesos es importante que los materiales cuenten con un control específico, a pesar que existe un departamento de control de calidad existen ocasiones que los materiales se comportan de manera inestable creando desconfianza en los equipos los cuales obligan al departamento de mantenimiento a intervenir en la revisión de los equipos aunque la raíz sea procedencia de un cambio físico en la materia prima o algunos otros materiales.

##### **2.1.4.1. Existencias de repuesto**

A pesar de que Escuintla en los últimos años ha incrementado el número de industrias, existe la complicación de no tener la gama de proveedores de repuestos cerca de las instalaciones de areca, y se considera una desventaja para el departamento de mantenimiento el no tener la disposición de repuestos en un tiempo corto, además el trámite para la adquisición de un repuesto es de un mes aproximadamente, no existe una lista de existencia de repuesto con un comparativo de repuesto mínimo, y un criterio de cantidad máxima de repuestos a pedir, cuando se realiza un nuevo requerimiento se procede a consultar con el encargado de mantenimiento para hacer el listado de pedidos de repuestos, a pesar de que son pocos los repuestos que no se encuentran en

ocasiones, no dejan de ser un atraso en el tiempo de respuesta para la reparación de un equipo, el sistema VAM lista los repuestos que se consumen en promedio de 6 meses y la existencia de cada repuesto, por la gran lista de repuestos es complicado visualizar todos los repuestos que su existencia es 0, dejando, en algún momento sin abastecimiento de repuestos como se muestra en la figura 27.

Figura 27. **Inventario y existencia de repuestos del sistema VAM**

06:39:20 AM		Aves Reproductoras de Centro América, S.A.						Page 1	
Preparado Por: Luis Morales		<b>Items Consume</b>							
# Meses 1									
Item No.	Description	30/06/13	31/07/13	31/08/13	30/09/13	31/10/13	30/11/13	Disponibilidad	Prontito
Ware House	MOLINOSUR <u>Description:</u> ALMACÉN MOLINO SUR								
AR00045	ARANDIA DE INTERCALAR DE 2mm IDEAL No Y221	10.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	26.00	10.00
BAR00084	BARRILS CASOS Y2034BOS FIBAL BENT. E.3K-200	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.00	1.00
BAR00085	BARRILS CASOS SAN COMBO HELIX Y2037	2.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.00	2.00
BAR00086	BARRIL CONTE CONTIEM. 27503 DE ENRUJER E.3K-200	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.00	1.00
BAR00087	BARRIL PREPARADO P/COND. TEMP. Y2034A DE ENI. E.3K-200	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	1.00
BAR00088	BARRIL PREPARADO P/INT. VAPOR Y2034C DE ENI. E.3K-200	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	1.00
BAR00089	BARRIL TERMAL POR MOLINO IDEAL No Y2032	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.00	1.00
BAR00116	BARRILS CASOS CONTIEM. 27503 DE ENRUJER E.3K-200	3.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	3.00

Fuente: Areca. *Departamento de mantenimiento.*

### 2.1.5. Medio ambiente

La corrosión que presentan los equipos que están a la intemperie es a causa del ambiente que contiene cloruro de sodio, que se origina por la cercanía del puerto de San José por su posición geográfica, el agua salada es transportada por el viento a las instalaciones dañando los equipos por corrosión y más en las uniones de tornillos, como lo muestra en la figura 28.

Figura 28. **Corrosión de láminas del cielo de la empresa**



Fuente: Areca. *Instalaciones externas.*

Humedad relativa y temperatura ambiente: la humedad es un problema en tiempo de invierno debido a la fluidez de las harinas, algunos materiales se aglomeran por la humedad y dan problema cuando se pegan en los tubos que son transportados reteniendo en las paredes de las tuberías o tolvas, la temperatura ambiente es otro factor cuando se detectan temperaturas altas de trabajo para la ergonomía del trabajador ya que se registran temperaturas ambientes hasta 36 grados centígrados.

## **2.2. Plan de mejora en la gestión de mantenimiento preventivo**

Consiste en proponer y realizar pequeños cambios en la gestión de mantenimiento que ayuden a mejorar los resultados del departamento, basados en el diagnóstico realizado de la técnica de las 6 m's, para ello se establece una tabla que contiene un plan de mejora para cada punto propuesto.

### 2.2.1. Mejora en máquinas críticas

De acuerdo al análisis de Pareto se determina que la atención de los mantenimientos correctivos concentrados en las máquinas de peletizado y extruido en un 50 % de las veces que se asiste por falla de ajustes, y las causas han sido por fallas de lubricación, para ello se implementa mantenimientos mayores que consiste en recambio completo de repuestos, ejemplo; cojinetes, retenedores, estopas, paletas, tuercas, embobinado de motores, entre otros, esto ayuda a mantener la precisión y confiabilidad durante su funcionamiento sabiendo que todo está ajustado y así establecer el tiempo promedio de vida.

Se elabora la tabla V para dar seguimiento a las causas establecidas en el diagnóstico en la técnica M relacionado a la máquina, estableciendo las acciones de mejora como se indica en la tabla X.

Tabla V. **Mejora 1 en las máquinas con mayor número de atención**

Área de mejora 1: máquina, equipos recurrentes que fallan	
Descripción del problema	Exceso de mantenimientos correctivos
Causas	Mantenimientos prolongados.
Objetivo a conseguir	Disminuir tiempos de paro en los equipos de peletizado, extruido y zarandas
Acciones de mejora	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Realizar mantenimientos mayores que incluyan recambios completos de repuestos, partes desgastadas.</li><li>2. Sincronizar los mantenimientos por líneas de producción</li></ol>
Beneficios esperados	Mejora en la disposición de la maquinaria de peletizado, extruido y zarandas

Fuente: elaboración propia.

Se elabora una reestructuración en el programa de mantenimiento para que los mantenimientos mayores se realicen en temporadas bajas que son en los meses de noviembre, diciembre, enero.

El mantenimiento mayor consiste en un recambio de piezas que normalmente se desgasta durante el funcionamiento de la maquinaria con el objetivo de minimizar una falla durante el funcionamiento continuo en los meses de temporadas de producción alta.

En el mismo programa VAM se establece un programa estratégico agrupando los equipos de una línea de trabajo para maximizar el tiempo de paro por mantenimiento, estableciendo como objetivo cumplir con un buen número de equipos en mantenimiento preventivo en un mismo periodo asignado para mantenimiento preventivo.

#### **2.2.1.1. Disminución de fallas causantes de mantenimientos correctivos**

La concentración de fallas que impactan en los mantenimientos correctivos son por fugas de productos en proceso en los equipos, fallas por lubricación y fallas por motores eléctricos.

A continuación se detalla la tabla V para dar seguimiento de la mejora de la concentración de fallas.

Tabla VI. **Mejoras en la mitigación de la concentración de fallas**

Área de mejora 1: máquina, concentración de fallas	
Descripción del problema	Exceso de mantenimiento correctivo.
Causas	Materias primas abrasivas, falta de lubricación, falta de mantenimientos a motores eléctricos.
Objetivo a conseguir	Disminuir las fugas de producto, disminuir las fallas por lubricación, disminuir las fallas por motores eléctricos.
Acciones de mejora	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantenimiento predictivo en base a monitoreo de espesores de metales para determinar el desgaste en función del tiempo.</li> <li>2. Elaborar una hoja de control de lubricación.</li> <li>3. Verificar el cumplimiento de mantenimiento preventivo de los motores eléctricos</li> </ol>
Beneficios esperados	Disminuir el número de mantenimientos correctivos para incrementar la productividad.

Fuente: elaboración propia.

Cociendo la problemática se proponen las acciones de mejora.

### **2.2.1.2. Mantenimiento predictivo**

Impletar mantenimientos predictivos basados en inspecciones de campo visual, estudios de medición de espesores de metales, termografía, vibraciones, analizar gases de combustión con el objetivo de evitar que una máquina falle o sufra desgastes severos.

Los monitoreos se propone que sea realizado por el personal de supervisión, mediante inspecciones programadas, utilizando herramientas que la tecnología de hoy en día nos proporciona como se describe mas adelante,



una vez obtenida y documentada la información, se traslada al planificador que tendrá por tarea informar a todos los involucrados de la planta sobre los equipos que presenten alguna anomalía, para intervenir en un mantenimiento próximo o una intervención directa según sea el caso. Estableciendo una fecha próxima para solventar la problemática de los equipos.

El mantenimiento predictivo se basa en realizar operaciones de diagnóstico por medio de equipos especiales de medición para determinar los síntomas que los equipos presentan durante la operación y determinar las acciones a tomar antes que un equipo falle.

Se propone comprar equipo de medición para medir espesores de metales y cámara termográfica, cabe mencionar que areca cuenta con un analizador de gases para graduar la eficiencia de las calderas.

Se describe una pequeña descripción sobre el funcionamiento de los equipos propuestos.

#### **2.2.1.2.1. Medidor de espesor de metales**

Aparato por el cual se puede estimar el espesor de un metal mediante un palpador que realiza un ultrasonido solamente con poner sobre la superficie, dando una lectura del espesor no considerando las partes oxidadas.

#### **2.2.1.2.2. Cámara Termográfica**

Instrumento de medición que permite identificar el diferencial de calor de los cuerpos a cierta distancia sin necesidad de estar en contacto con los

materiales por medio de un lente infrarrojo, logrando identificar fallas de fricción entre metales y alteraciones eléctricas en las transferencias energéticas, es una herramienta bastante versátil que ahorra tiempo, ya que rápidamente se puede obtener una imagen almacenarla y crear un archivo para llevar un registro, logrando un control en la función normal y anormal de las máquinas.

Ayuda a disminuir los problemas por conexiones eléctricas mal aseguradas, rodamientos defectuosos, sobre calentamiento de motores eléctricos, fusibles o componentes eléctricos dañados que pueden generar un corto circuito o interrupciones eléctricas, fugas de vapor, aislamientos dañados que pueden generar pérdidas de energía, entre otros.

#### **2.2.1.2.3. Medidor de vibraciones**

Instrumento de medición que ayuda a identificar los tipos de fallas mecánicas por alteración de frecuencias asociadas a desbalances, falta de alineación, rodamientos defectuosos, excentricidades, problemas de engranajes, piezas flojas, fallas de electricidad.

#### **2.2.1.2.4. Analizador de gases de combustión**

Instrumento de medición estequiometría que determina la calidad de la combustión evitando pérdidas de combustible por mala combustión en las calderas, areca cuenta con un dispositivo de este tipo.

### **2.2.1.3. Lubricación de equipos**

La lubricación de los equipos se realiza durante los mantenimientos preventivos el problema surge que los equipos se vuelven a lubricar cuando cierra la vuelta de los mantenimientos preventivos, por lo que se implementó un programa de lubricación destinando a un técnico específicamente para esta tarea en donde se dedique a llevar el control de la lubricación de los equipos con el objetivo de no reforzar los periodos de lubricación que básicamente es uno de los pilares del mantenimiento preventivo, al técnico se le asignaron tareas que conlleva a recambio de herramientas programados y que se vinculan directamente con la lubricación. Se realizó una matriz de lubricación en donde detalla la maquinaria, la cantidad de puntos a lubricar, la cantidad de grasa a aplicar, el tipo de grasa, la fecha y la próxima aplicación de grasa y si existe alguna observación importante que habrá que prestar al equipo para evitar fallas no esperadas o mantenimientos correctivos como se muestra en la tabla X.

**Tabla VII. Tipos de lubricantes de los equipos**

Maquina	tipo de grasa	unidad de medida	Cantidad a dosificare puntos a lubricar	puntos a lubricar	secuencia de lubricación	días	fecha de lubricación				
peletizadora pollo	MF 222	gramo	900	1	100	5					
peletizadora camarón	MF 222	gramo	450	1	100	5					
montacargas	15W-40	litro	5	1	250	20					
paleta secador	AT-68	galón	5.5	1	4500	180					
termo acondicionar	MF 222	gramo	20	2	500	20					
transportadores	MF 222	g	15	2	500	20					
Tecnico	fecha	tecnico	firma	comentarios							

Fuente: elaboración propia.

Se implementó un sistema automático de lubricación para las chumacera externas de los termo acondicionadores, logrando un control permanente sobre las cojinetes y que disminuye el tiempo empleado de quien lubrique, ya que la persona tendrá que velar solamente por el control de recambio de cartuchos de grasa y del consumo constante de grasa que dermina el funcionamiento normal de aplicación

#### **2.2.1.4. Mejora en los mantenimientos de motores eléctricos**

Basados al análisis de la máquina se determina que uno de los problemas frecuentes son los motores eléctricos que fallan periódicamente por lo que se

inicia un mantenimiento preventivo mayor a todos los motores para establecer una recuperación inmediata de los sistemas.

Se recomienda reprogramar los servicios de los motores eléctricos en temporadas bajas de producción para disponer con el tiempo necesario para el mantenimiento.

### **2.2.2. Mejora en métodos**

Basado en el diagnóstico de método se realizan y se plantean mejoras en la programación y disponibilidad de mantenimiento preventivo, mejoras en el control de registros, el control de grasas y aceites, implementación de plan de acciones correctivas.

#### **2.2.2.1. Mantenimientos programados por líneas de producción**

La disposición de los equipos es muy limitada por la forma que operan en línea y los días que están disponibles las máquinas para mantenimiento es fin de semana es muy escaso, siendo importante implementar un mantenimiento preventivo por línea de producción, esto ayudará a tener un mejor control sobre el cumplimiento de la totalidad de los equipos logrando optimizar los mantenimientos cuando existan días disponibles entre semana

Tabla VIII. **Mejora en la administración de mantenimientos preventivos**

Área de mejora 2: método, administración de mantenimientos preventivos.	
Descripción del problema	Exceso de mantenimientos correctivos
Causas que provocan el problema	Método de programación de mantenimientos preventivos.
Objetivo a conseguir	Realizar mantenimientos preventivos a todos los equipos de manera sistemática y controlada.
Acciones de mejora	Realizar un plan de mantenimiento preventivo por líneas de trabajo.
Beneficios esperados	Cumplir a totalidad con los mantenimientos preventivos.

Fuente: elaboración propia.

Se detalla como programar el mantenimiento para la línea de pollo.

Tabla IX. **Cronograma de mantenimiento en la línea de pollo por semana**

Línea de pollo					
		Semana			
Equipo	Días de trabajo	1	2	3	4
Transportador 1	1	■			
Transportador 2	1	■			
Transportador 3	1		■		
Transportador 4	1		■		
Compuerta 1	1	■			
Compuerta 2	1	■			
Compuerta 3	1		■		
Elevador 1	1			■	
Elevador 2	1			■	
Peletizadora	2				■

Fuente: Areca, área de mantenimiento.

En este diagrama se pueden totalizar las 10 máquinas ejecutando los mantenimientos como se muestra en la tabla X y verificar que se puede cumplir el mantenimiento de la línea en término de 4 semanas.

### **2.2.2.2. Mejora en la disponibilidad de tiempo para mantenimientos preventivos**

Para disponer del tiempo adecuado para mantenimientos preventivos se ha trabajado con el planificador para cambiar el método de la programación de los mantenimientos preventivos mayores a temporadas bajas de producción como lo son diciembre, enero, febrero y contar con los equipos durante las temporadas de producción altas de producción y así cumplir con el cumplimiento de las máquinas.

Tabla X. **Disponibilidad de tiempo para mantenimientos preventivos**

Área de mejora 2: método, disponibilidad de tiempo para mantenimientos preventivos.	
Descripción del problema	Exceso de mantenimiento correctivos
Causas	Limitación de tiempos en temporadas altas de producción.
Objetivo a conseguir	Realizar mantenimientos preventivos a todos los equipos de manera sistemática y controlada.
Acciones de mejora	Realizar servicios mayores durante temporadas bajas de producción.
Beneficios esperados	Cumplir a totalidad con los mantenimientos preventivos y mejorar la disponibilidad en temporadas altas de trabajo.

Fuente: elaboración propia.

### **2.2.2.3. Mejora en el llenado de registro**

Los registros son documentos que evidencian las acciones y actividades que se realizan durante las gestiones de mantenimiento y deben de estar

controladas de acuerdo a los requerimientos de la certificación SQF 2000 para ello se implementan mejoras en los registros de mantenimientos preventivos y correctivos en los documentos de calibraciones, se propone llevar un registro de las inspecciones rutinarias y simplificar el llenado de los mismos.

### 2.2.2.3.1. Control de registros

El control de documentos de mantenimientos preventivos y correctivos está basado en el sistema SQF 2000 que especifica mantener los registros actualizados, almacenados bajo seguridad y accesibilidad al personal, tienen que ser legibles, firmados y fechados por el personal encargado de las actividades de mantenimiento quien demuestre los análisis de los registros y otras actividades que se realicen con base en la información que los registros conlleven a la mejora continua.

Tabla XI. Mejoras en el control de registros

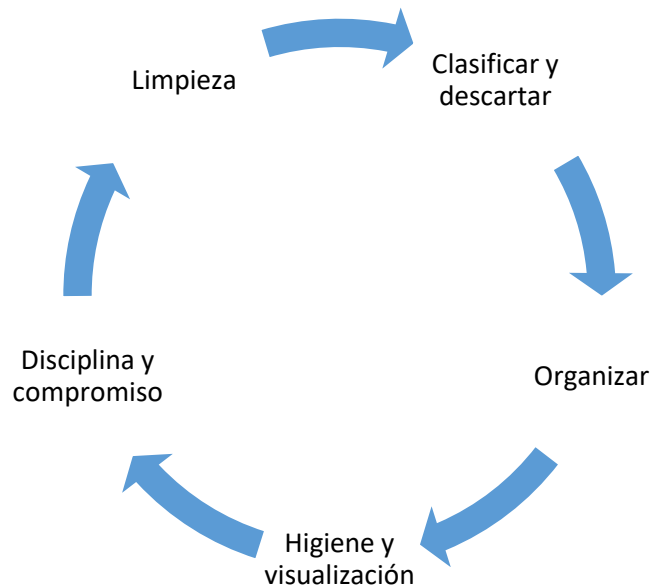
Área de mejora 2: método, control de registros	
Descripción del problema	Exceso de mantenimientos correctivos
Causas	Dualidad de información.
Objetivo a conseguir	Simplificar el tiempo de llenado de registro.
Acciones de mejora	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementar un ciclo Deming en el control de la documentación de los registros de mantenimientos, registros de calibración y registros de control de herramienta.</li> <li>2. Realizar una nueva hoja de solicitud de trabajo y adjuntarle una casilla que incluya una orden de trabajo para referenciar la asignación del sistema VAM.</li> </ol>
Beneficios esperados	Mejora en el control de registros de solicitudes de trabajo.

Fuente: elaboración propia.



Por ello es importante implementar un ciclo Deming para mantener un control físico sobre la documentación de los registros de mantenimiento para ello se aplica la técnica 5´S, como a continuación se indica.

Figura 29. **Ciclo Deming**



Fuente: elaboración propia.

- **Clasificar y descarta:** se clasifica y se validan que todos los documentos estén debidamente llenados y firmados en su totalidad sin dejar espacios en blanco en caso de hacer falta se descarta y se entrega a la persona encargada para que consiga la firma o llene la información adecuada.
- **Organizar:** se asigna un cartapacio colocando en él, nombre del documento y código de registro interno, se colocan las órdenes de trabajo de manera secuencial ascendente con base en número correlativo.

- Higiene y visualización: se asigna un lugar en una repisa para colocar los cartapacios de los mantenimientos logrando mantener una visualización, una ubicación solamente para los registros, asimismo, permitirá una fácil limpieza.
- Disciplina y compromiso: se involucra al personal administrativo este sistema que demuestran el compromiso logrando una disciplina en el control de archivar dicha documentación.
- Limpieza: es importante mantener un lugar y ordenado, esto genera una imagen de confianza sobre el control de los documentos importantes.

#### **2.2.2.3.2. Control de documento de herramientas**

El control de herramienta y equipo se llevaba se definió el orden de la documentación en un cartapacio específico y se asignó un el lugar donde se almacena el registro, aplicando también la técnica de 5´S.

#### **2.2.2.3.3. Control de calibraciones de equipos**

El programa de calibración de equipos se respetara según calendario para el cumplimiento de los intervalos de calibración basado en el procedimiento de calibración por lo que se llevará un control de seguimiento y cumplimiento de calibración por cada equipo y cuando no se logre se informará a todo el personal de cultura de calidad para que gestione las acciones necesarias para dar con el cumplimiento total de las mismas, para ello se elabora un cronograma de cumplimiento y control de las mismas.

#### 2.2.2.3.4. Implementación del ciclo PHVA en equipos de calibración

Los equipos de calibración son primordiales para comprobar la calidad del producto, asimismo, ayuda en la gestión administrativa a tener un control de los insumos y productos.

Para ello es importante establecer el ciclo PHVA en los equipos de calibración para lograr el cumplimiento de un requisito de la Norma SQF 2000.

- Planificar: se establece un programa de calibración de equipos como básculas, rotámetro, termo balanzas, indicadores de temperatura, estableciendo fechas de calibración, secuencia de calibración, equipos a calibrar, ubicación de los mismos, descripción de los equipos.

Tabla XII. **Matriz programa de calibración de equipos**

EQUIPO						MES DE CALIBRACION			
Numero	Marca	Modelo	No. Serie	ubicación	Código Interno	ENERO	ABRIL	JUNIO	SEPTIEMBRE
1	EIB	B-M2D	4.00E+11	3er. Nivel	B-20		X		
2	TOLEDO	IND221	02624186KM	3er. Nivel	B-19		X		
3	EIB	BT-M2D	4.00E+11	1er. Nivel	B-10		X		
4	SALTER BRE	C3255	NO INDICA	1er. Nivel	BM-21		X		
5	TOLEDO	8511	4415089-4UX	zotano	BM-11		X		
6	OHAUS	MB452A0	B030054824	1er. Nivel	BL-36		X		

Fuente: Areca.

- Hacer: en la fase hacer se debe cumplir con las programaciones de calibración, si por algún motivo no se realiza en la fecha estimada se debe reprogramar y avisar a la gerencia para que se establezca la nueva fecha de programación y se cumpla con la calibración en la fecha más próxima,

se debe verificar que los equipos se calibren adecuadamente según Norma OIML R 76, y realizar un listado de chequeo de cada equipo para verificar el cumplimiento de calibración de todos los equipos

- Verificar: se debe verificar que los equipos se calibren adecuadamente según norma OIML R 76, y realizar un listado de chequeo de cada equipo para verificar el cumplimiento de calibración de todos los equipos.

Verificar que los certificados de calibración cumplan con todos los datos de acuerdo con la descripción de los equipos, fechas de ejecución, trazabilidad de las masas utilizadas, nombre de los técnicos que realizaron el trabajo, y el más importante el comportamiento en cuanto a conservar la precisión del mismo.

Tabla XIII. **Guía de verificación de equipos calibrados**

Numero	Marca	Modelo	No. Serie	ubicación	Código Interno	identificada	calibrada	etiquetada	certificado	estado
1	EIB	B-M2D	4.00313E+11	3er. Nivel	B-20					
2	TOLEDO	IND221	02624186KM	3er. Nivel	B-19					
3	EIB	BT-M2D	4.00313E+11	1er. Nivel	B-10					
4	SALTER BRECKNELL	C3255	NO INDICA	1er. Nivel	BM-21					
5	TOLEDO	8511	4415089-4UX	zotano	BM-11					
6	OHAUS	MB452A0	B030054824	1er. Nivel	BL-36					

Fuente: Areca.

- Actuar: En esta etapa consiste en la parte dinámica, si una programación no se dio modificar inmediatamente a modificar el programa, si una balanza se cambia de lugar corregir la ubicación del equipo, si una balanza esta descalibrada gestionar su calibración antes de la programación, si el error permisible de la balanza se acerca a sus límites de control evaluar una reparación o cambio, si los certificados no cumplen


con lo requerido gestionar con el proveedor para que la documentación permanezca en orden.

#### **2.2.2.3.5. Simplificar el llenado de registro de mantenimiento correctivo**

Se propone simplificar el llenado de registro mediante una hoja de solicitud de mantenimiento que contenga una casilla para colocar el número de orden de trabajo con el objetivo de eliminar la dualidad de información.

La hoja de solicitud de trabajo quedará como única constancia del registro de mantenimiento correctivo realizado y los datos serán trasladados al sistema VAM a la cual solamente se le agregará el número de orden de trabajo como se muestra en la figura 30.

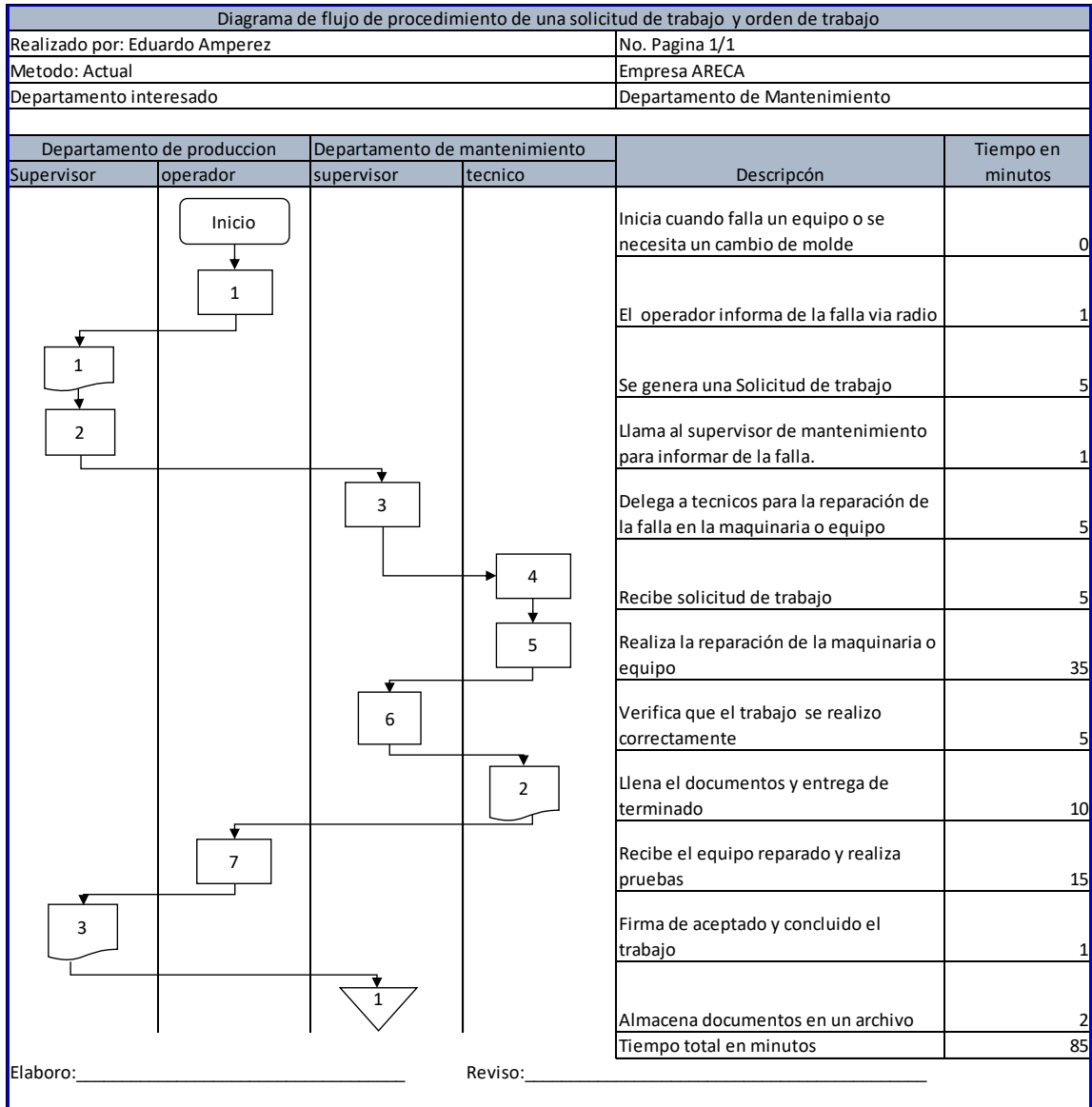
Figura 30. Propuesta de solicitud de mantenimiento y orden de trabajo

		ARECA	SOLICITUD DE MANTENIMIENTO		#OT	FECHA: / /
MANTENIMIENTO						
ÁREA:						
PROCESO/SECCION:						
LINEA:						
EQUIPO O INSTALACION:					REFERENCIA:	
UBICACION:						
SOLICITADO / AUTORIZADO (Nombre y Firma):						
TIPO DE FALLA:		TIPO DE MANTENIMIENTO:		PRIORIDAD: (en tiempo)		
<input type="checkbox"/> MECANICA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> SERVICIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>	1. DE DOMINIATO <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> SOLDADURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> OTRO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>	2. LO ANTES POSIBLE <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> ELECTRICA	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/> MEJORA	<input type="checkbox"/>	3. 1 SEMANA <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> MAQUINA HERRAMIENTA	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/> EMERGENCIA	<input type="checkbox"/>	4. 1 MES <input type="checkbox"/>
ITEM	DESCRIPCION TRABAJO SOLICITADO					
¿PARO PRODUCCION? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		HORA DE PARO:		HORA DE REINICIO:		
ELABORADO POR:		RECIBIDO POR:		FIRMA DE ACEPTADO:		
HORA:		HORA:		FECHA:		

Fuente: elaboración propia.

El objetivo de la modificación de este procedimiento es minimizar el tiempo que emplea el personal de supervisión, debido a que el promedio de órdenes generadas durante el día son de 15 a 20 órdenes.




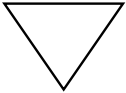
Figura 31. Diagrama de flujo propuesto para el procedimiento de la solicitud de mantenimiento y la orden de trabajo



Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2015.

El ahorro de tiempo promedio por cada orden de trabajo es de 18 minutos y por el número de órdenes de trabajo que se ejecutan en un turno es de 17 órdenes, por lo que se puede alcanzar un ahorro en tiempo de 306 minutos/ día correspondiente a 5,1 horas de trabajo de supervisión y técnicos según el diagrama de flujo propuesto contra el diagrama de flujo actual como lo se puede observar en la figura 25.

Figura 32. **Resultados propuestos en minutos por medio del diagrama de flujo de procedimiento de una solicitud y orden de trabajo**

<i>Símbolo</i>	cantidad	Tiempo en minutos
	1	0
	3	16
	7	67
	1	2
Totales	12	85

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.2.3.6. Mejora en el control de grasas y aceites**

El manejo adecuado de los lubricantes es de suma importancia para el cumplimiento del código SQF 2000 en el apartado 6.6.4.1. Lubricantes, el lugar donde se almacene y ser conocedor sobre las sustancias químicas que



contienen los lubricantes son de mucho beneficio para el control de la inocuidad del producto.

Para mejorar el control de los lubricantes es esencial capacitar al personal, establecer un orden y tener toda la información necesaria sobre los lubricantes a utilizar.

**Tabla XIV. Control de grasas y aceites**

Área de mejora 2: método, control de grasas y aceites	
Descripción del problema	Exceso de mantenimientos correctivos
Causas	Método inadecuado
Objetivo a conseguir	Mejorar el control y conocimiento del manejo de lubricantes.
Acciones de mejora	1. Capacitar al personal sobre lubricación. 2. Capacitar al personal sobre el manejo y almacenaje de los lubricantes
Beneficios esperados	Garantizar la inocuidad del producto y la eficiencia de lubricación.

Fuente: elaboración propia.

El orden de un cartapacio en donde existe la información del producto al alcance del personal en cuanto se refiere a ficha técnica, hoja de seguridad, certificado NSF (Fundación Nacional de Ciencia), la persona encargada de lubricación está capacitada y tiene acceso a los documentos que aumentan el conocimiento sobre el manejo adecuado de los productos de lubricación.

**Tabla XV. Información del producto**

Nombre de lubricante	Ficha técnica	hoja de seguridad	Certificado NSF
ATF DEXRON	OK	OK	
SAE 15W-40	OK	OK	
OMALA 320	OK	OK	
FM 222	OK	OK	136449
MEROPA 320	OK	OK	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XVI. Inspección de la maquinaria durante el trabajo**

Área de mejora 2: método, inspección de la maquinaria durante el trabajo.	
Descripción del problema	Exceso de mantenimientos correctivos
Causas	Falta de seguimiento a las observaciones de los equipos en funcionamiento.
Objetivo a conseguir	Disminuir los tiempos de paro por mantenimientos correctivos.
Acciones de mejora	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementación de mantenimientos predictivos.</li> <li>2. Establecer una hoja de inspección para documentar los equipos que presentan problemas</li> <li>3. Establecer una hoja de plan de acciones correctivas.</li> </ol>
Beneficios esperados	Garantizar la inocuidad del producto y la eficiencia de lubricación.

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.2.3.7. Implementación de registro de inspecciones rutinarias de estados de máquinas**

La inspección es una condición física que determina la condición de la maquinaria, y su operación de manera segura.

El fundamento del mantenimiento predictivo es detectar con base en inspecciones, problemas en la maquinaria con el objetivo de evitar fallos catastróficos. El fundamento del mantenimiento proactivo es detectar mediante inspecciones y documentar parámetros de condiciones que pueden ser causa de falla mediante un análisis de comparación con valores normales.

De tal manera que es vital para tener un control de funcionamiento sobre los mismos, el realizar un recorrido por la planta para escuchar y ver el funcionamiento de los equipos es uno de los diagnósticos más rápidos que determinan si los equipos tienen algún problema, las pautas podrían ser, ruido, temperatura fuera normal, vibraciones, desgastes, desalineaciones, estos son síntomas que se pueden determinar con una inspección en funcionamiento, pero es importante realizar un levantamiento de información cuando se detecta un problema para dar seguimiento, dejando información sobre nombre del equipo, la ubicación, el problema determinado, fecha, nivel de estado si es crítico o no, nombre de quien realiza el informe, y acción que recomienda para un seguimiento confiable, dictaminando si la máquina puede seguir funcionando, si solo si, no afecta la seguridad del personal, si no afecta la calidad del producto, y si no afecta al equipo.

Se ha elaborado una ficha de control simple con la información más relevante para establecer un registro sobre las rutinas de inspección, esto con

el objetivo de documentar los problemas visibles en la maquinaria, que será llenado por el personal de mantenimiento asignado a las rutinas de inspección.

**Figura 33. Propuesta de hoja de inspección de equipos**

Inspección de estado de equipos												
Area: _____							Nombre: _____					
Nivel: _____							Fecha: _____					
							Hora: _____					
No.	Equipo	Identificación interna de equipo	Tipo de problema encontrado							Críticidad de estado		observación
			ruido	vibración	temperatura alta	désgaste	désalineación	fuga de lubricante	falta nivel lubricante	fuga de producto	alta	

Nota marque con un "X" en la casilla que crea

\_\_\_\_\_

Firma de planificador enterado

\_\_\_\_\_

Firma persona que inspecciona

Fuente: Areca.

Una vez entregada la ficha técnica al planificador para que determine la acción correctiva del problema, si la reparación espera para un próximo mantenimiento preventivo o si se genera una orden de trabajo para intervenir el equipo avisando a todo el personal involucrado de la acción que se tomará para disminuir en el daño al equipo o la producción.

#### **2.2.2.3.8. Plan de acciones correctiva**

Es importante establecer un plan de acciones correctivas para tener un control sobre los puntos de mejora estableciendo soluciones concretas y verificar el avance de las actividades a realizarse y posteriormente evaluar las condiciones tomadas. Para ello se elabora una matriz de manera resumida en donde indique el problema, solución, persona responsable, fecha de inicio, fecha estimada de finalización, fecha de cumplimiento y evaluación de acción tomada.

Esto ayudará a tener mejoras concretas en los puntos de mejora.

- Complementar herramienta y establecer un control de la misma con base en una recopilación de inventario y estado de la misma, hacer un recuento de la herramienta dañada y la que ya no existe para completar la nueva herramienta al personal.
- Capacitar al personal técnicamente sobre la información de los equipos que normalmente tiene en planta con el objetivo de enriquecer el conocimiento técnico para mejorar el tiempo de respuesta.
- Especializar a los técnicos en diferentes ramas a la que son asignados en centros de capacitación técnica como INTECAP.
- Asignar a los mecánicos tareas eléctricas y a los eléctricos involucrarlos en tareas mecánicas para volver a los técnicos electro-mecánicos.

- Dar seguimiento al monitoreo de lubricación para determinar el comportamiento de los equipos por lubricación y ver si los sistemas automáticos se pueden implementar en los demás equipos.
- Mantener un buen stock de repuestos en la bodega de repuestos.
- Mantener un control sobre la calibración de equipos.

Con base en lo detallado se genera un plan de trabajo.

- Planificar: se da una matriz de seguimiento de acciones correctivas.

Tabla XVII. programa de acciones correctivas

Plan de acciones correctivas						
problema	solución	Responsable	fecha de inicio	fecha fin estimada	fecha de finalización	evaluación
Falta de personal eléctrico	Beca de estudio mecánica	Jefe de Mantenimiento	ene-14	ene-17		
Falta de personal mecánico	Beca de estudio electricidad	Jefe de Mantenimiento	ene-14	feb-17		
Equipos dañados	inspecciones de rutina	supervisor	ago-13	dic-13		
Falta de repuestos	establecer máximos y mínimos	Jefe de Mantenimiento	dic-13	mar-14		
cortos circuitos y fallas mecánicas	herramienta mantenimiento predictivo	Jefe de Mantenimiento	oct-13	dic-14		
fallas por lubricación	implementación de técnico lubricador	Jefe de Mantenimiento	oct-13	mar-14		
fallas por lubricación	establecer un programa de lubricación	planificador	dic-13	abr-14		
fallas por lubricación	implementar equipos automáticos de lubricación	supervisor	ene-14	abr-14		
calibración de equipo	cambio de método establecer control	supervisor	sep-13	dic-13		
piezas faltantes	capacitación sobre buenas practicas de mantenimiento	supervisor	ago-13	sep-13		

Fuente: Areca.

- Hacer: se asigna una columna de fecha de finalización para llevar un control sobre el cumplimiento de las tareas establecidas.
- Verificar: realizar reuniones periódicas por mes y evaluar los avances obtenidos.
- Actuar: tomar acciones, correcciones y decisiones sobre los avances.

### **2.2.3. Mejora en mano de obra**

La mejora consiste en reforzar y mejorar el conocimiento del personal mediante capacitaciones para aumentar la confianza de las acciones delegadas en el personal.

#### **2.2.3.1. Competencias técnicas del personal de mantenimiento**

El recurso más importante de una compañía es el personal. El dotar de herramientas al personal hace a una persona más eficiente, la llena de ideas para que pueda aportar mejoras a la empresa, y a la cultura empresarial.

Se capacitó al personal en métodos de lubricación para para reforzar la problemática que repercute en los equipos, se propone intercambiar los conocimientos técnicos para que los técnicos tengan competencias básicas de electromecánicos. Se capacitó al personal contratista sobre HACCP para cumplimiento del apartado 6.1 del código SQF 2000.



Tabla XVIII. **Mejora de las competencias del personal**

Área de mejora 3: mano de obra, reforzar competencias técnicas al personal.	
Descripción del problema	Exceso de mantenimientos correctivos
Causas	Falta de capacitación.
Objetivo a conseguir	Aumentar la capacidad de respuesta técnica ante las tareas de mantenimiento en general. Que el personal sea electromecánicos.
Acciones de mejora	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capacitar al personal sobre métodos de lubricación.</li> <li>2. Capacitar al personal mecánico sobre electricidad básica industrial.</li> <li>3. Capacitar al personal electricista sobre principios de mecánica básica.</li> <li>4. Capacitar al personal de mantenimiento y contratista sobre HACCP.</li> </ol>
Beneficios esperados	Tener técnicos más especializados y conocedores de los equipos garantizando la inocuidad de los productos.

Fuente: elaboración propia.

Es importante el involucramiento del personal de mantenimiento que se encargue de mantener bajo control la lubricación de los equipos, basado en un programa eficiente de lubricación, logrando cumplir la secuencia recomendada por el fabricante o acorde a la necesidad de los equipos, y asimismo, vele por el buen funcionamiento, para tener un control de lubricación de los equipos.

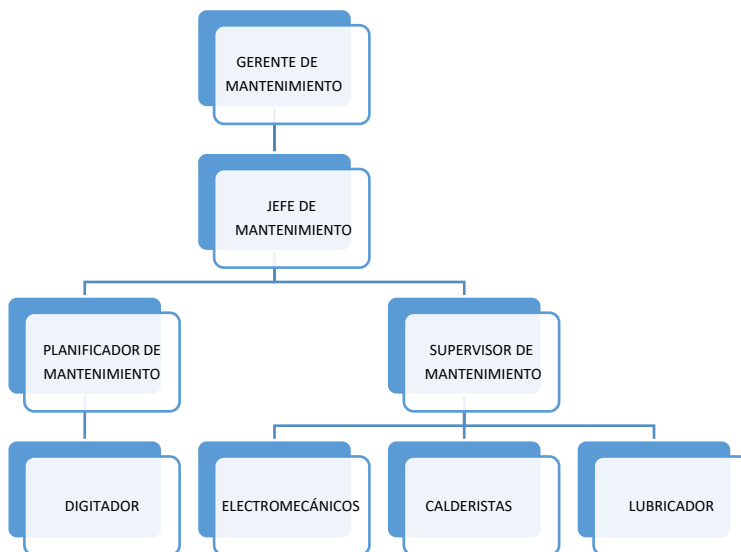
Otro punto importante de la estructura de mantenimiento es cambiar la tendencia a que los mecánicos y eléctricos sean multifuncionales en sus tareas y se logre un cambio de mecánicos y eléctricos a electromecánicos logrando así un compromiso de equipo unilateral, esto no limitaría que una persona sea especialista en algún campo y que sea utilizado en un determinado momento.

Desde otro punto de vista vemos que en el organigrama de la empresa existen 8 mecánicos y 5 electricistas para un total de 13 técnicos que en

ocasiones las emergencias que se suman o cuando hay faltantes en el personal por vacaciones o enfermedades limitan la capacidad de respuesta.

El organigrama del departamento de mantenimiento quedaría modificado para diversificar a los técnicos ya no se tendrían 8 mecánicos y 5 electricistas sino la tendencia sería de tener un total de 13 electromecánicos, 3 operadores de calderas y 1 lubricador, que podrían dar una mejor respuesta para la disponibilidad de los equipos.

Figura 34. **Propuesta de organigrama**



Fuente: elaboración propia.

Esta conversión conllevaría en un determinado tiempo pero no existiría limitante ya que la empresa cuenta con becas de estudio que serían de gran beneficio para la profesionalización de los técnicos y la mejora en la aptitud del personal.

## **2.2.4. Mejora de materiales**

La mejora en materiales consiste en mejorar la disponibilidad de los repuestos e insumos utilizados por el departamento de mantenimiento para garantizar y mejorar la respuesta de las acciones tomadas durante una reparación o restauración de los equipos.

### **2.2.4.1. Establecer máximos y mínimos en el inventario de repuestos**

La materia prima para la elaboración de mantenimiento preventivo son los repuestos de la maquinaria, por eso es importante contar con un inventario adecuado de stock de repuestos que garantice la disposición inmediata para una reparación y al mismo tiempo que no incremente el costo de almacenamiento por repuestos utilizados.

Tabla XIX. **Mejora en los materiales de existencias de repuestos de bodega**

Área de mejora 4: materiales, existencia de repuestos en bodega.	
Descripción del problema	Exceso de mantenimientos correctivos
Causas	Método inadecuado
Objetivo a conseguir	Mantener un stock adecuado sobre los repuestos que garanticen la disponibilidad inmediata en el momento que se requiera evitando excedentes y faltantes de los mismos.

Continuación de la tabla XIX.

Acciones de mejora	1. Establecer un listado de repuestos que dé a conocer la cantidad máxima a pedir y la cantidad mínima de repuestos en inventario.
Beneficios esperados	Garantizar el abastecimiento de repuestos en todo momento.

Fuente: elaboracion propia.

Se recomienda realizar un análisis de requisición de repuestos basado en un modelo de inventario estático que ayude a establecer un criterio de reorden con un número de repuestos mínimos y máximos a reordenar considerando los tiempos que conlleva realizar la requisición, la autorización, la ejecución de la orden de compra, la autorización de la orden de compra, las cotizaciones, el transporte del repuesto, tiempo de importación, trámites aduanales, entre otros.

La cantidad del requerimiento de repuestos dependerá de la demanda de cada artículo en función del tiempo a término de un año, la información se puede extraer del sistema VAM este sistema genera un reporte de analisis de repuestos utilizados en en tiempo considerando el tiempo de entrega dependiendo si es entrega local aproximadamente el tiempo requisición es de 1 mes y si es de importación el tiempo de entrega es de 4 a 6 meses.

Teniendo la información requerida se puede determinar la cantidad a pedir con base en el modelo estático.

Cantidad a pedir

$$Y = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

Para establecer ciclo de pedido se determina por:

$$\text{Ciclo de pedido} \quad t_o. = y / D$$

Donde:

y = cantidad a pedir

D = tasa de demanda

h = costo de almacén

K = costo de preparación

t<sub>o.</sub> = duración del ciclo de pedido

Basados a esta fórmula se determina la cantidad a pedir de los siguientes artículos.

### Ejemplo 1

Se cambian cojinetes 6003 a una tasa de 4 cojinetes mensuales, el costo por realizar una orden es de Q. 14,00, se estima que el costo por almacenamiento mensual es de Q. 0,28,00.

Determinando la cantidad a pedir

$$Y = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

Entonces Y= cantidad a pedir

D= 4 cojinetes

h= Q. 0,28 por almacenamiento

K= Q. 14,00 costo por realizar orden

$$Y = \sqrt{((2 \times 14 \times 4) / 0,28)} = 20$$

Cantidad a pedir = Y = 20 unidades

Ciclo de pedido  $t_0 = y/D$

$$T_0 = 20/4 = 5 \text{ meses}$$

Por lo que se estima pedir cojinetes la cantidad máxima de 20 unidades cada 5 meses con un mínimo de reserva de 4 cojinetes.

### Ejemplo 2

Se cambia acoples Lov Joy a una tasa mensual de 1, el costo por realizar una orden es de Q. 14,00 se estima un costo mensual de almacenaje de Q. 0,77 por lo que se necesita saber la cantidad de reorden y el ciclo de pedido.

Determinando la cantidad a pedir

$$Y = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

Entonces Y= cantidad a pedir

D= 1 acople

h= Q 0,77 por almacenamiento

K= Q14,00 costo por realizar orden

$$Y = \sqrt{((2 \times 14 \times 1) / 0.77)} = 36,36$$

Cantidad a pedir = Y = 6

Ciclo de pedido  $t_0 = y/D$

$$T_0 = 6/1 = 6 \text{ meses}$$

Por lo que se determina que la cantidad a pedir es de 6 acoples con una frecuencia de cada seis meses.

Estableciendo la cantidad a pedir se puede generar una tabla de existencia de repuestos y realizar un comparativo por medio de excel para determinar los repuestos que se tienen que reordenar como a continuación se establece.

Tabla XX. **Cantidades de repuestos a pedir según calculo**

repuesto	cantidad máxima	cantidad mínima	existencia
cojinete 6003	20	4	8
acople L 100	6	2	2
tornillo hexagonal M-10 x 30	60	10	15

Fuente: elaboracion propia.

### 2.2.5. Mejora en medio ambiente

Es importante establecer un plan de mantenimiento de estructuras metalicas por medio de pintura epóxica, debido a que no es tóxico y está diseñada para estar en contacto con alimentos en los equipos a considerar estan: silos, transportadores, elevadores, compuertas, techos, naves.

Tabla XXI. **Mejora a problemas de medio ambiente**

Área de mejora 5: medio ambiente, ambiente corrosivo	
Descripción del problema	Exceso de mantenimientos correctivos
Causas que provocan el problema	Ambiente con cloruro de sodio por cercanía de puerto de san José.
Objetivo a conseguir	Aumentar la vida útil de los equipos.

Continuación de la tabla XXI.

Acciones de mejora	Establecer un programa de restauración de pintura en los equipos.
Beneficios esperados	Disminuir los costos altos por reposición de partes de maquinaria por corrosión.

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.6. Eficiencia de los equipos

Areca mide la eficiencia de los equipos a través de la herramienta OEE (Overall Equipment Effectiveness o eficiencia general de los equipos).

Siendo un indicador fundamental para la producción

El OEE resulta de multiplicar otras tres razones porcentuales: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad.

La eficiencia es el cumplimiento de objetivos al menor costo.

OEE= disponibilidad\* rendimiento\*calidad

**Disponibilidad** = (tiempo de operación / tiempo programado) \*100 %

Donde:

- Tiempo de operación: es el tiempo que la máquina trabaja menos paradas rutinarias, paradas imprevistas o por falla de equipos.
- Tiempo programado: tiempo destinado a producir.



Ejemplo: la máquina operó en el mes de junio del 2014 un total de 429 horas y los paros que existieron fueron 10 horas por paradas rutinarias, 5 por falta de producto y 60 horas por fallos en la maquinaria, habiendo programado para producir 504 horas en el mes de junio.

- Tiempo de operación = (tiempo programado para producir – paradas rutinarias - parada por falta de producto – paradas por fallas en la maquinaria).
- Disponibilidad = tiempo de operación / tiempo disponible
- Disponibilidad =  $429 / 504 = 0,8511$
- Disponibilidad =  $0,85 * 100 \% = 85,11 \%$

Rendimiento = (tiempo de operación neto/ tiempo de operación) \* 100 %

Donde:

- Tiempo de operación neto: tiempo de operación menos pérdidas de tiempo por velocidades menores a la estándar y por pequeñas paradas.
- Tiempo de operación: es el tiempo que la máquina trabaja sin paradas rutinarias, paradas imprevistas o por falla de equipos.

Ejemplo:

El tiempo de operación de la maquinaria durante el mes de junio fue de 429 horas y el tiempo de operación neto por pequeñas paradas marca una reducción de 6 horas en el rendimiento de la maquinaria con base en el tiempo estándar de operación.

Por lo tanto

Tiempo de operación = 429 horas

Tiempo de operación neto = 429-6 horas

Rendimiento= 423 horas/429 horas \*100= 98,60 %

Calidad = (producción aprobada / producción total) \* 100 %

Dónde:

- Producción aprobada: producción que se considera conforme sin mermas ni reproceso.
- Producción total: es la suma de la cantidad de producción normal más reproceso, defectuosa y merma.

Ejemplo:

La producción de camarón fue de 4,800 toneladas durante el mes de junio con un reproceso de 50 toneladas y una merma de 3 toneladas

Por lo tanto

- Producción total = 4 800 toneladas
- Producción aprobada= 4 800 toneladas -50 toneladas reproceso -3 toneladas merma.
- Producción aprobada= 4 747 toneladas
- Calidad= producción aprobada/ producción total
- Calidad= 4 747 toneladas/4 800 toneladas \* 100 % = 98,89 %

Para que el OEE sea aceptable tiene que ser mayor o igual a 85 %

Y el resultado obtenido durante el me de junio es de:

$OEE = \text{DISPONIBILIDAD} * \text{RENDIMIENTO} * \text{CALIDAD}$

$OEE = 85,11 \% * 98,76 \% * 98,89 \% = 83,12$

Por lo que el OEE en el mes de junio se considera no aceptable por disponibilidad de maquinaria.

#### **2.2.6.1. Control de mantenimientos correctivos y preventivos**

En el sistema VAM se puede cuantificar el número de mantenimientos correctivos y mantenimientos preventivos.

En la gestión de mantenimiento es importante establecer índices de mantenimientos, para percibir los resultados de las mejoras realizadas y propuestas, debido a que si no se mide no se controla, por es necesario adoptar un índice de mantenimiento correctivo vs. preventivo, donde se podría visualizar la efectividad de mantenimiento preventivo justificando la importancia y el impacto que tienen los mantenimientos preventivos, esto conllevará a tener un control sobre las acciones que se toman en mantenimiento.

Se tabulan los datos de las horas empleadas de los mantenimientos durante 4 meses.

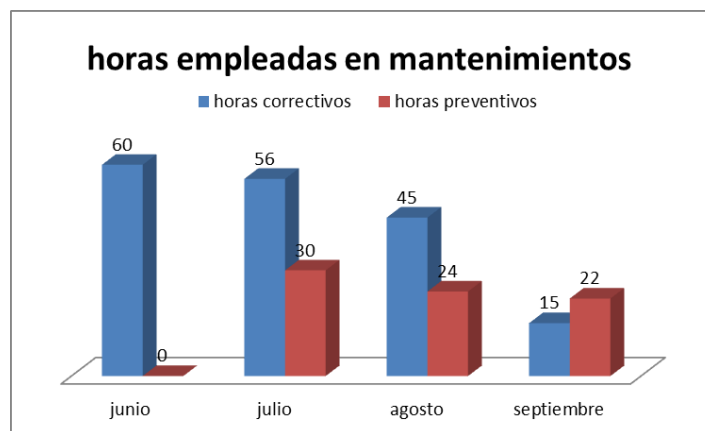
Tabla XXII. **Cantidad de horas de paros vs. horas de preventivos**

Horas empleadas en mantenimientos		
Mes	Horas correctivos	Horas preventivos
Junio	60	0
Julio	56	30
Agosto	45	24
Septiembre	15	22

Fuente: elaboración propia.

En la figura 35 se visualiza el comportamiento de las horas de paro y los efectos de mantenimiento preventivo.

Figura 35. **Gráfica de horas empleadas en mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede visualizar las horas de los mantenimientos correctivos disminuyen a través de las horas que se emplean durante los mantenimientos preventivos.

### 2.2.6.2. Tiempos de paro

Dar a conocer los tiempos de paro es de suma importancia ya que deberían de ser pequeños pero significativos para la disponibilidad de la maquinaria, esto ayudará a concienciar al personal en mejorar el tiempo de respuesta será de suma importancia hacer un análisis en los tiempos de paro más aún si son largos para corregir problemas y evitar que vuelva a suceder, analizar si es necesario realizar una mejora o modificación en la maquinaria para ir eliminando problemas de raíz o ver si es necesario realizar una modificación en la frecuencia de los mantenimientos preventivos. Estos tiempos se pueden extraer del sistema VAM/SQL mediante el tiempo empleado por mantenimientos correctivos.

Figura 36. **Gráfica de tiempos de paros**



Fuente: elaboración propia.

En esta gráfica se puede analizar rápidamente el origen de los problemas para intervenir rápidamente y tomar las acciones necesarias.

### **2.2.6.3. Evaluación del cumplimiento de mantenimientos programados**

La evaluación de cumplimientos se deriva de los mantenimientos preventivos realizados que se programaron durante un mes reflejando los resultados del número de mantenimientos como meta.

- CMP= cumplimiento de mantenimientos preventivos programados
- MEP= mantenimientos ejecutados programados
- MPP= mantenimientos preventivos programados

Fórmula

$$\text{CMP} = \frac{\text{MEP} * 100 \%}{\text{MPP}}$$

Ejemplo 1

En el mes de junio se programaron 20 mantenimientos preventivos para ejecutarse de los cuales no se ejecutó ninguno por los compromisos adquiridos por producción dando un índice de resultado así:

$$\text{MPP} = 20$$

$$\text{MEP} = 0$$

$$\text{CPM} = \frac{\text{MPE} * 100 \%}{\text{MPP}} = \frac{0 * 100 \%}{20} = 0 \%$$

### Ejemplo 2

En el mes de julio se programaron 30 mantenimientos preventivos para ejecutarse de los cuales se ejecutaron 30 mantenimientos preventivos dando un índice de resultado así:

$$\text{MPP} = 30$$

$$\text{MEP} = 30$$

$$\text{CPM} = \frac{\text{MPE} * 100 \%}{\text{MPP}} = \frac{30 * 100 \%}{30} = 100 \%$$

Cumplimiento preventivo programados julio = 100 %

Tabla XXIII. **Cumplimiento de mantenimientos programados**

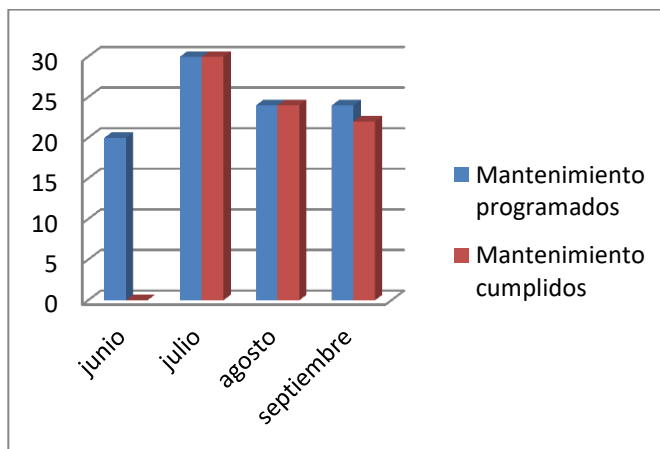
Mes	Mantenimiento programados	Mantenimiento cumplidos	Cumplimiento
Junio	20	0	0 %
Julio	30	30	100 %
Agosto	24	24	100 %
septiembre	24	22	92 %

Fuente: elaboración propia.

En la tabla podemos ver el % de cumplimiento con base en los mantenimientos programados. Gráficamente se puede visualizar de la siguiente forma esto da, como resultado un indicador sobre los mantenimientos

programados y ayuda a la toma de decisiones y los riesgos que se toman al cambiar la prioridad del mantenimiento ante un cambio drástico en la programación de mantenimiento preventivo.

Figura 37. **Índice de cumplimiento**



Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.6.4. **Análisis de índices**

La reducción de mantenimientos correctivos es un reflejo positivo en la disponibilidad de los equipos y que mejora el resultado del OEE, a continuación se elaboró la tabla XXIV que indica el % de disponibilidad de los meses de junio a septiembre para elaborar un gráfico de control que ayudará a medir la eficiencia del departamento de mantenimiento.



Tabla XXIV. Disponibilidad de equipos

Mes	Programado para producir	Parada rutinaria	Parada por falta de producto	Fallos en la maquinaria	Operación	Disponibilidad
Junio	504	10	5	60	429	85,12 %
Julio	502	9	2	56	435	86,65 %
Agosto	508	11	3	45	449	88,39 %
Septiembre	498	8	4	15	471	94,58 %

Fuente: elaboración propia.

Dado los resultados de disponibilidad durante 4 meses se calcula el límite de control inferior.

$$LCL = \mu - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}}$$

Datos

$$\mu = 88,68$$

$$\sigma = 4,15$$

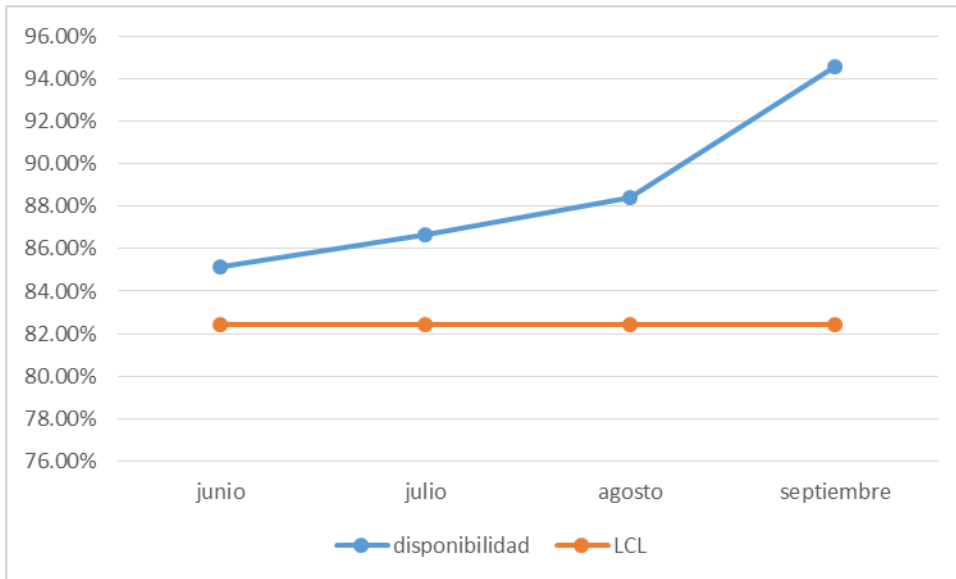
$$n = 4$$

Entonces

$$LCL = 88,68 - \frac{3(4,15)}{\sqrt{4}} = 82,45$$

De acuerdo a los datos obtenidos durante los cuatro meses se establece un límite inferior de 82,45 y una media de 88,68 por lo que se procede a realizar la gráfica, no obstante es importante señalar que el valor deseado de la disponibilidad sea de 100 % y esto se logrará a razón de incrementar los mantenimientos preventivos y el control de los mantenimientos predictivos.

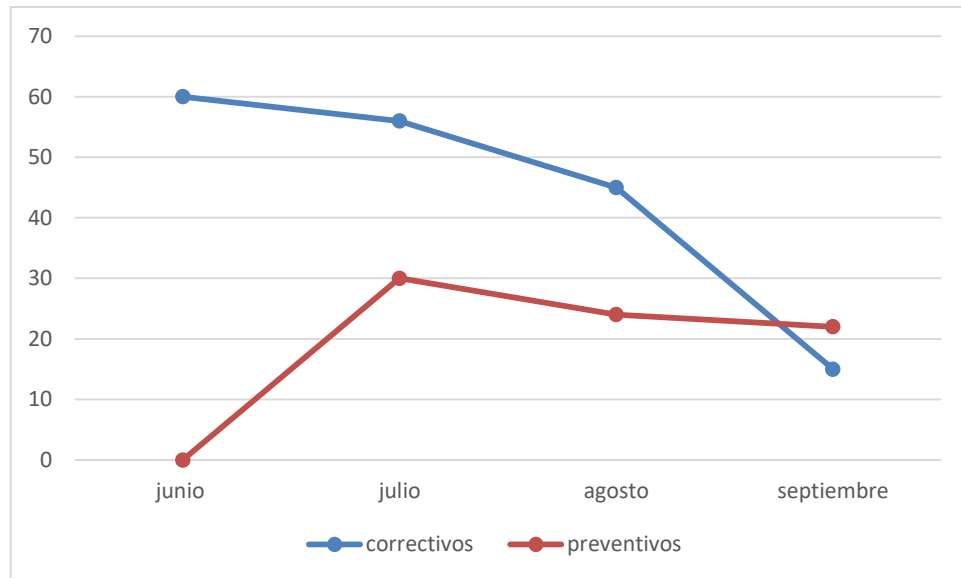
Figura 38. Índice de disponibilidad



Fuente: elaboración propia.

Es importante analizar que la gráfica de disponibilidad es ascendente a razón del incremento de los mantenimientos preventivos que se visualizan en la siguiente gráfica de la figura 39.

Figura 39. **Comportamiento de mantenimientos preventivos vrs. correctivos**



Fuente: elaboración propia.

Es notable que a medida que los mantenimientos preventivos incrementan disminuyen las horas por mantenimientos correctivos y el resultado del departamento de mantenimiento en la disponibilidad de los equipos incrementa, por tal razón es de suma importancia respetar los mantenimientos programados.

### **2.2.7. Acción de correcciones**

Las acciones de corrección son aquellas actividades que se ejecutan con base en un plan o una tarea que ayuda a recaer nuevamente en una falla no deseada y que afecta al desempeño de la maquinaria.

### **2.2.8. Propuestas de mejora para acciones de corrección.**

Las acciones correctivas se tendrán que sacar mediante el análisis de los mantenimientos correctivos con el objetivo de minimizar los tiempos de paro y anular las posibles causas que se hacen demorar la pronta respuesta como lo es la disponibilidad de repuestos en el stock de la bodega de repuestos, los problemas recurrentes por mal diseño, problemas por desgaste de los mismos, problemas por falta de barreras contra metales, las bandas de los transportadores, entre otras. Es importante que dentro de los análisis se considere el problema con las horas para establecer los periodos de cambios en los equipos.

### **2.2.9. Aseguramiento de calidad**

Producir alimentos seguros y de calidad se establece un plan de calidad para el alimento basado en el sistema HACCP y el código SQF 2000 cumpliendo con las reglamentaciones establecidas controlando y asegurando la inocuidad de los alimentos, en el desarrollo de este ejercicio se apoya en los fundamentos de seguridad alimentaria – programas prerrequisitos el apartado 6 del código SQF 2000 quien establece los lineamientos en BPM mediante las prácticas, capacitación del personal, calibración de equipos, mantenimiento de la planta y equipo, control de contaminantes físicos.

Para cada uno de estos puntos se ha establecido un plan de mejora que conlleva al aseguramiento de la calidad alimentaria.

- En la práctica de personal: se establece llevar a todo el personal capacitación sobre buenas prácticas de manufactura para que todas las acciones generadas en la reparación de los equipos garanticen la

inocuidad de los productos conservando la calidad del producto por contaminaciones como manos sucias, contaminaciones cruzadas, materias extrañas, así como lo son colillas de electrodos de soldadura, repuestos cambiados en máquinas y olvidados en el proceso, ropa sucia, entre otras, que lo único que se consigue es afectar a la calidad por contaminantes o malas prácticas del personal.

- Capacitación del personal: la capacitación del personal tanto de mantenimiento como los contratistas tienen que llevarse a cabo para garantizar la calidad e inocuidad del producto en todo momento, la calidad del mantenimiento tiene que estar estandarizado, todo el personal tiene que estar involucrado en la conservación de la calidad del producto.
- Calibración de equipos: consiste en garantizar la calidad del producto mediante a dosificaciones en las materias primas, así como la veracidad del peso esperado por el cliente.
- Mantenimiento de equipos y planta: el mantener integro los equipos no solo reduce los costos de mantenimiento, sino garantiza la confiabilidad de los equipos para producir productos de una manera estándar y así tener control sobre los procesos que se refleja en la calidad del producto.
- Control de contaminantes físicos: el evitar los contaminantes ayuda a incrementar la confiabilidad de los productos, que se reflejan y se percibe al cliente como productos de calidad.



### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN PLAN DE AHORRO ENERGÉTICO**

#### **3.1. Diagnóstico del plan de ahorro energético**

La energía eléctrica es un recurso limitado que produce efectos secundarios como el calentamiento global.

Por eso es importante realizar un diagnóstico de ahorro energético para identificar y entender el escenario de consumo energético en planta areca con el objetivo de establecer un plan de ahorro energético y maximizar los recursos de la empresa mediante un desarrollo sostenible, en otras palabras cuidar el planeta es ahorrar energía para beneficiar a las generaciones actuales y futuras.

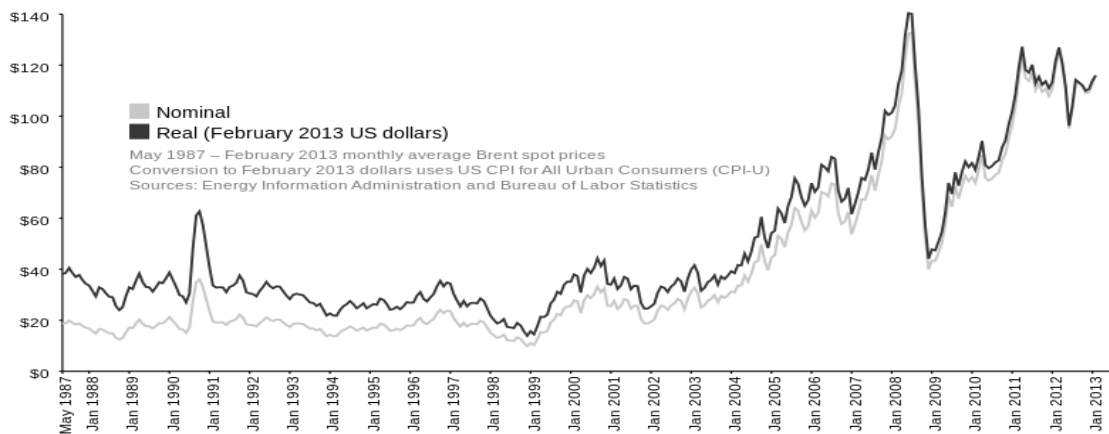
En el desarrollo de este diagnóstico se hace referencia del comportamiento de la tarifa eléctrica, el precio del crudo que repercute en el costo energético, así como el escenario de los equipos instalados en iluminación y aires acondicionados donde existe oportunidad de un ahorro de energía.

En el mercado hoy en día la ingeniería se ha preocupado por diseñar aparatos más eficientes como energía solar, por biomasa, controladores automáticos, diseños más eficientes, componentes químicos con menos impacto al ambiente, entre otros, por ello es importante detenerse y realizar un análisis de lo que se tiene con lo que se dispone hoy en día para analizar si es importante invertir en tecnología para un ahorro energético.

### 3.1.1. Análisis del precio del crudo y tarifa eléctrica en los últimos años

A medida que la demanda del petróleo ha incrementado a través del tiempo el precio del barril en el mercado internacional también ha incrementado hoy en día el precio del barril en el mercado es de \$112,09 se ha demostrado un incremento considerable en los últimos 10 años siendo este un factor importante para establecer los índices económicos.

Figura 40. Precio del crudo en los últimos años



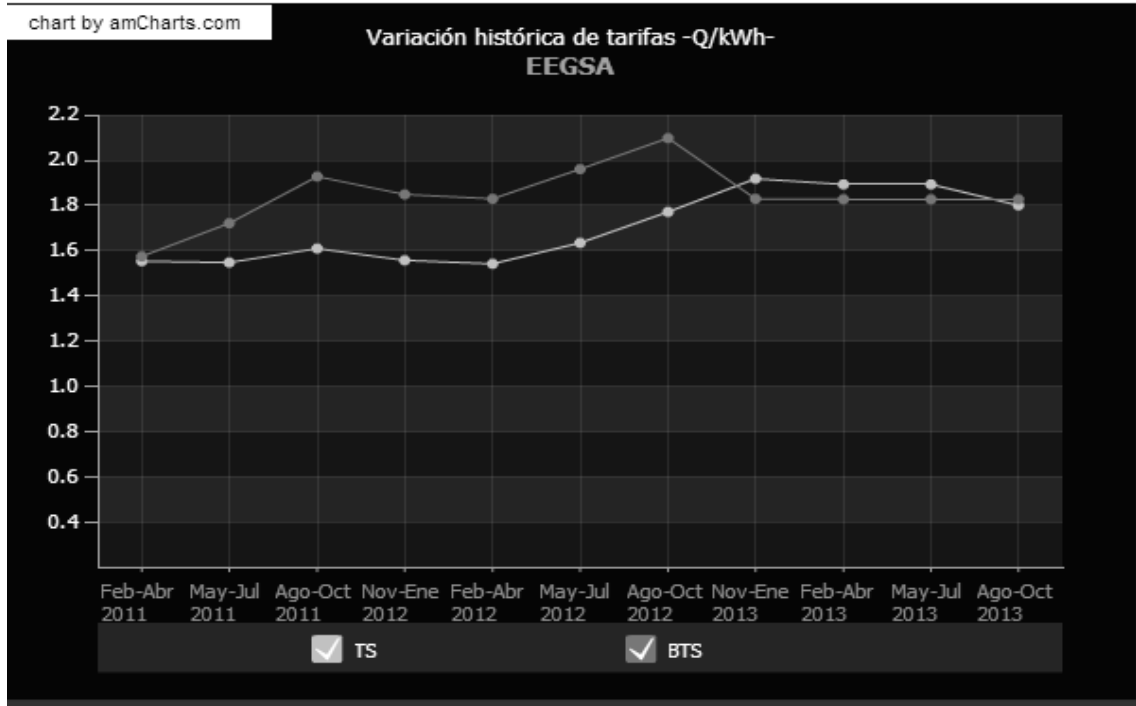
Fuente: Estados Unidos. *Información del departamento de energía.*

El precio de la tarifa eléctrica de la Empresa Eléctrica de Guatemala actualmente oscila entre Q. 1,98/Kwh, sin embargo, en la gráfica se puede expresar el incremento al costo en la tarifa.



Figura 41. Variación de tarifas de EEGSA

\* Los valores no incluyen el IVA, como tampoco la tasa Municipal



Fuente: Empresa Eléctrica de Guatemala.

Debido al incremento en el costo energético del crudo y la venta de energía eléctrica en Guatemala, es importante para la industria Guatemalteca velar por la eficiencia energética mediante acciones que permitan optimizar la relación de la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos a través de implementar medidas e inversiones tecnológicas, y hábitos culturales.

### **3.1.2. Identificación del escenario de consumo energético en ARECA**

Para la elaboración de sus productos planta ARECA utiliza combustibles para su generación energética.

Derivados del petróleo:

- Diésel utilizado para la generación eléctrica por medio de generadores de combustión diésel.
- Gasolina utilizada para el movimiento de vehículos livianos y para bombas fumigadoras de aspersión.
- Bunker utilizado para la combustión de caldera de vapor el cual se produce para el secado y cocimiento de los procesos.

### **3.1.3. Energía eléctrica**

Se utiliza energía eléctrica adquirida por la empresa eléctrica en el mercado mayorista es la más utilizada en planta Areca para iluminación de las instalaciones, la transformación de energía mecánica, la generación de aire comprimido, el suministro de agua potable, y el movimiento de líquidos en toda la planta para la transformación de su producto.

Se cuentan con dos generadores eléctricos diésel utilizados durante el turno nocturno cuando la tarifa eléctrica sube durante las horas pico, por lo que se genera para economizar el gasto en horarios de 18:00 a 22:00 horas, esto mediante análisis de costos que incurren en gastos de generación de la planta

eléctrica incluyendo los gastos de mantenimiento y depreciación de la maquinaria.



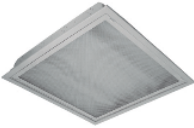


### **3.1.4. Estudio de iluminación**

Se realiza un estudio de iluminación para determinar si cada actividad que se realiza en planta areca se desarrollan bajo los niveles mínimos permitidos de iluminación, para lograr una mejora en la productividad, en confort de los trabajadores, evitar accidentes, para ello se hace referencia de la Norma mexicana NOM-025-STPS-2008, en Argentina por el decreto 351/79 y resolución SRT 84/2012 y el método de cavidad zonal.

#### **3.1.4.1. Reconocimiento de equipos instalados en las áreas de trabajo para la iluminación**

Las luminarias son necesarias en las áreas de procesos, oficinas de mantenimiento, laboratorios, bodegas, garitas, área de silos, laboratorio e iluminación perimetral, se realiza la tabla X que detalla la cantidad de equipos instalados:

Tabla XXV. **Clases de lámparas instaladas actualmente**






	<b>Tipo de lámpara</b>	<b>Cantidad instalada</b>	<b>Área instalada</b>
	Tipo cobra	30	Área perimetral
	Tipo <i>flood</i>	8	Parqueos y Entrada principal
	Fluorescente con difusor acrílico	57	Oficinas, cafetería
	Fluorescente contra polvo y humedad	216	Planta de producción
	<i>High bay o metalark</i>	41	Bodegas

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.4.2. **Potencia y costo de iluminación actual**

Se describe la cantidad de lámparas y la potencia de cada lámpara instalada, así como el costo de iluminación que se utiliza en la planta Areca.

Tabla XXVI. **Consumo en watts en equipos instalados actualmente**

	Tipo de lámpara	Cantidad instalada	Área instalada
	Lámpara tipo cobra	30	Área perimetral
	Lámpara tipo flood	8	Parqueos y Entrada principal
	Lámpara fluorescente con difusor acrílico	57	Oficinas, cafetería.
	Lámpara fluorescente contra polvo y humedad	216	Planta de producción
	Lámpara high bay o metalark	41	Bodegas

Fuente: Areca. Área de Mantenimiento.

Costo de iluminación mensual = kWh/mes X Q(kWh)

kWh/mes = kW x horas de trabajo en el día x 30 días

kW=67 876

Horas de trabajo por día = 11 horas

Días de trabajo por mes = 30 días

Costo por kWh = 1,92

kWh/mes = 67,876X11X30

kWh/mes = 22 399,08

Costo mensual

$Q=22\ 399,08 \times 1,92$

Q= 43 007,63 en un mes

$Q= 43\ 007,63 \times 12$

Q=516 091,62 en un año

- Descripción del área iluminada

Colores que influyen en la reflectancia de la iluminación de planta Areca son:

Paredes – gris plateado

Techos – beige

Pisos – gris oscuro (concreto)

- Descripción de las tareas visuales y del área de trabajo

- Operación de montacargas
- Operación de envasado
- Operación de dosificación de producto
- Estiba de producto

- Puestos que requieren iluminación localizada

Las áreas de envasado requieren de una buena iluminación para garantizar de una mejor manera la manipulación del producto, así evitar la fatiga

de los operadores. La percepción de la iluminación por parte del trabajador dice ser buena el único problema es cuando se presenta la falta de lámpara por falla de funcionamiento y la limpieza en algunas ocasiones.

### 3.1.4.3. Evaluación de los niveles de iluminación

Se realiza una evaluación de los niveles de iluminación en las áreas y puestos de trabajo de planta Areca considerando las siguientes áreas de trabajo:

- Planta de producción
- Bodega de materia prima
- Bodega de producto terminado
- Bodega de soya
- Oficina de mantenimiento
- Oficina de bodega
- Oficina de producción

Para evaluar la cantidad de zonas por área se emplea la fórmula:

$$IC = \frac{(X)(Y)}{h(X+Y)}$$

Donde:

IC = índice de área.

X,Y= dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

Por lo tanto el número mínimo de puntos de medición está dado por:

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (IC+2)^2$$

Ejemplo:

La bodega de producto terminado tiene una altura de 7,5 metros, un ancho de 40 metros y un largo de 45 metros, calculando el número mínimo de puntos de medición.

$$IC = (40 \cdot 45) / (7,5 (40+45))$$

$$IC = 2,82 \cong 3$$

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (IC+2)^2 = (3+2)^2 = 25$$

Basados en esta fórmula se determina los puntos mínimos de las áreas como lo establece en la siguiente tabla:

**Tabla XXVII. Números de puntos de medición**

Área	H	Ancho	Largo	Formula ic= (bxz)/h(b+a)	IC	Números de punto de medición (X+2) <sup>2</sup>
Bodega producto terminado	7.5	40	45	2.823529412	3	25
Materia prima	7.5	40	65	3.301587302	3.00	25
Bodega de soya	7.5	40	60	3.2	3	25
Poducción	5	30	40	3.428571429	3	25
Oficina mantenimiento	2.4	3	6	0.833333333	0	4
Oficina bodega	2.4	2.5	3	0.568181818	0	4
Oficina producción	2.4	3	3	0.625	0	4
Oficina control de calidad	2.4	2.5	3	0.568181818	0	4
Oficina producto terminado	2.4	2.5	3	0.568181818	0	4
Oficina mateia prima	2.4	3	2	0.5	0	4

Fuente: elaboración propia.



Basado en los resultados de los puntos mínimos a medir se realizan las mediciones por el método de cuadrícula se tomas las medidas en la bodega de materia prima como se muestra la tabla XXVIII.

Tabla XXVIII. **Puntos muestreados en área 1 luxes**

BODEGA DE MATERIAS PRIMAS						
115	155	123	144	157	116	40 m
145	146	144	113	125	122	
123	96	98	131	123	121	
155	113	118	152	123	122	
←			45 m	→		

Fuente: elaboración propia.

Con estos datos se llena un protocolo de medición para las áreas anteriormente mencionadas, colocando como ejemplo los resultados obtenidos en la bodega de materia prima como se describe en la tabla siguiente.

Tabla XXIX. Mediciones lux bodega M. P.

<b>EMPRESA:</b>	Aves Reproductoras de Centro America, S. A.						
<b>DIRECCIÓN:</b>	rretera al Puerto Quetzal		<b>DEPARTAMENTO</b>	Escuintla			
<b>HORARIOS HABITUALES DE DE TRABAJO</b>	7:30 a 4:30 de 4:30 a 11:30 y 11:30 a 7:30						
<b>MARCA Y MODELO DEL EQUIPO DE MEDICIÓN</b>	EXTECH INSTRUMENTS						
<b>METODO UTILIZADO EN LA MEDICIÓN</b>	Metodo de la cuadrícula						
<b>Condiciones Atmosfericas</b>							
Temperatura 25°C	humedad relativa		75%				
<b>DATOS DE LA MEDICIÓN</b>							
Hora	Departamento	Area de trabajo	Tipo de iluminación: Natural/ artificial/ Mixta	Tipo de Fuente luminica: incandescente/ Descarga/led	Iluminación: General/ Localizada/ Mixta.	Valor Medido en Lux	Valor requerido
19:30	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	115	100-200 lux
19:42	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	155	100-200 lux
19:55	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	123	100-200 lux
20:10	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	144	100-200 lux
20:22	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	157	100-200 lux
20:33	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	116	100-200 lux
20:41	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	122	100-200 lux
20:53	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	125	100-200 lux
21:03	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	113	100-200 lux
21:11	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	144	100-200 lux
21:19	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	146	100-200 lux
21:25	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	145	100-200 lux
21:32	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	123	100-200 lux
21:40	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	96	100-200 lux
21:47	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	98	100-200 lux
21:56	Bodega M. P.	arinas	Mixta	Alta descarga	General	131	100-200 lux
22:02	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	123	100-200 lux
22:13	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	121	100-200 lux
22:19	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	155	100-200 lux
22:31	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	113	100-200 lux
22:42	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	118	100-200 lux
22:54	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	152	100-200 lux
23:04	Bodega M. P.	sacos	Mixta	Alta descarga	General	123	100-200 lux
23:15	Bodega M. P.	sacos	Mixta	Alta descarga	General	122	100-200 lux

Fuente: Areca.

La determinación del nivel promedio de iluminación ( $E_p$ ) para el método de cuadrícula está dado por la siguiente expresión:

$$E_p = \frac{(\sum i)}{N}$$

Donde:

$E_p$  = nivel promedio en Lux

$E_i$  = nivel de iluminación medido en Lux en cada punto

$N$  = numero de medidas realizadas.

Por ejemplo de las lecturas obtenidas en la bodega de materia prima se determina que el nivel promedio en lux da como resultado:

$$E_p (\text{lux}) = \frac{(115+155+123+144+157+116+122+125+113+144+146+145+123+96+98+131+123+121+155+113+118+152+123+122)}{24}$$

- $E_p = 128$  Lux en la bodega de materia prima

Para determinar los niveles permisibles de luxes se basa en la tabla XX que los valores fueron colocado en el protocolo de medición como comparativo del nivel de luxes deseados vrs los datos obtenidos como se puede ver en la tabla XX.

Tabla XXX. Rangos de iluminación

Actividad	Em (lx)
Depósitos	100 a 200
Almacenes Generales	200 a 300
Bancos. Atención al público (nivel general) (*)	250 a 400
Peluquerías	400 a 600
Carpinterías	200 a 400
Centros comerciales (iluminación general) (*)	400 a 600
Consultorios médicos	300 a 500
Circulaciones, escaleras, palleeos	100 a 200
Fábricas (áreas de producción)	200 a 400
Garajes	100 a 300
Gimnasios	200 a 400
Iglesias	50 a 150
Enfermerías (nivel general) (*)	100 a 200
Inspección de piezas fijas (estáticas)	500 a 1000
Inspección de piezas móviles (**)	900 a 1500
Locales de ventas (nivel general)	200 a 500
Talleres mecánicos y electricidad	200 a 400
Talleres de Pintura	400 a 600
Oficinas	500
Aulas	300 a 450
Tareas de Diseño	700 a 1000
Aserraderos	200 a 300
Imprentas	400 a 600
Cocinas	200 a 300

Fuente: Debele.

### Ejemplo 2

Punto de muestreo planta de producción, en esta área se encuentran las operaciones de envasado, trasegado de producto, estibado de producto, molienda, áreas de paso o caminamiento.

- Largo = 30 metros
- Ancho = 40 metros
- Altura de montaje de las luminarias = 5 metros

Se calcula el número mínimo de puntos de medición a partir del índice del local.

$$IC = \frac{30 \times 40}{5 (30 + 40)} \Rightarrow IC = 3,4$$

Número mínimo de punto de medición en producción =  $(IC+2)^2 \Rightarrow (3+2)^2$   
 = 25

De la cual se obtiene la siguiente cuadrícula de producción.

Figura 42. **Puntos muestreados en área 2 luxes**

PLANTA DE PRODUCCIÓN (LUX)					
300	290	298	302	296	355
318	345	208	295	306	308
375	306	306	285	300	305
315	296	298	306	310	315

Fuente: elaboración propia.

<p>media (lux) =  <math>(300+290+298+302+296+355+08+306+295+208+345+318+375+306+285+300+305+315+310+306+298+296+315)/24</math></p>
--

Ep = media Lux

=> Ep = 306

Tabla XXXI. Mediciones lux planta producción

Hora	Departamento	Area de trabajo	Tipo de iluminación: Natural/ artificial/ Mixta	Tipo de Fuente luminica: incandesente/ Descarga/led	Iluminación: General/ Localizada/ Mixta.	Valor Medido en Lux	Valor requerido
19:02	Planta de produccción	pasillo	artificial	incandesente	general	300	200-400 lux
19:07	Planta de produccción	pasillo	artificial	incandesente	general	290	200-400 lux
19:12	Planta de produccción	pasillo	artificial	incandesente	general	298	200-400 lux
19:17	Planta de produccción	pasillo	artificial	incandesente	general	302	200-400 lux
19:23	Planta de produccción	pasillo	artificial	incandesente	general	296	200-400 lux
19:29	Planta de produccción	pasillo	artificial	incandesente	general	355	200-400 lux
19:33	Planta de produccción	pasillo	artificial	incandesente	general	318	200-400 lux
19:37	Planta de produccción	envasado	artificial	incandesente	localizada	345	200-400 lux
19:40	produccción	envasado	artificial	incandesente	localizada	208	200-400 lux
19:44	Planta de produccción	envasado	artificial	incandesente	localizada	295	200-400 lux
19:46	Planta de produccción	molienda	artificial	incandesente	general	306	200-400 lux
19:51	Planta de produccción	molienda	artificial	incandesente	general	308	200-400 lux
19:55	Planta de produccción	envasado	artificial	incandesente	localizada	305	200-400 lux
19:59	Planta de produccción	envasado	artificial	incandesente	localizada	300	200-400 lux
20:05	Planta de produccción	molienda	artificial	incandesente	general	285	200-400 lux
20:11	Planta de produccción	molienda	artificial	incandesente	general	306	200-400 lux
20:15	Planta de produccción	envasado	artificial	incandesente	localizada	306	200-400 lux
20:21	Planta de produccción	mezclado	artificial	incandesente	localizada	375	200-400 lux
20:25	Planta de produccción	mezclado	artificial	incandesente	localizada	315	200-400 lux
20:31	Planta de produccción	pasillo	artificial	incandesente	general	296	200-400 lux
20:26	Planta de produccción	pasillo	artificial	incandesente	general	298	200-400 lux
20:31	Planta de produccción	pasillo	artificial	incandesente	general	306	200-400 lux
20:36	Planta de produccción	tolvas	artificial	incandesente	general	310	200-400 lux

Fuente: Areca.

Basados a la tabla XXIX se puede determinar que la planta de producción se encuentra dentro de los parámetros permisibles con una media de 306 luxes.

Para los demás cálculos de las otras áreas ver los anexos.

el nivel promedio de iluminación de las distintas áreas muestran en la tabla XXX obtenidos del protocolo de medición realizado en planta areca

Tabla XXXII. **Comparación de lux real vrs permitido**

ÁREA	VALOR PROMEDIO MEDIDO (LUX)	VALOR DE PERMISIBLE (LUX)
Bodega Materia Prima	128	100-200
Bodega de Producto Terminado	176	100-200
Produccción	306	200-400
Cafeteria	200	200-300
Oficina de mantenimiento	483,75	500
Oficina de graneles	513,25	500
Oficina de producción	528,75	500
Oficina control de calidad	517,5	500
Oficina producto terminado	464	500
Oficina materia prima	307,5	500

Fuente: Areca.

Como se observa en la tabla XXXII los valores promedio en luxes de planta areca están dentro de los valores permisibles, sin embargo, es importante dar a conocer que existen varias lámparas quemadas en la bodega de materia prima y producto terminado que hay que reemplazar y otras que por su nivel de intensidad que es demasiado bajo, requiere de reemplazo, durante la medición se considera que las lámparas estaban limpias, por lo que se

estima que la baja intensidad de luz se debe al tiempo de las lámpara y no al polvo.

Como ahorro energético se propone reemplazar las lámparas actuales por unas lámparas tipo led para entrar a detalle se realiza una tabla comparativa que proporciona el fabricante para ver la viabilidad del proyecto, por lo que se da a conocer a detalle las características de las lámparas indicando los beneficios obtenidos.

### 3.1.5. Análisis energético de aire acondiona de cafetería

La cafetería tiene capacidad para 40 personas en un área de 80 metros cuadrados, la cual es climatizada por 2 aires acondicionados con los datos técnicos que se muestra en la tabla XXXIII.

Datos técnicos de aire acondicionado cafetería

Tabla XXXIII. **Especificaciones técnicas de aire acondicionado en la cafetería**

Especificaciones técnicas	
Capacidad BTU	60 000
Rango de corriente	220V/ 1PH/60 hz
Corriente	4.66
Flujo de aire	2 600 m <sup>3</sup>
línea de líquido	3/4"

Fuente: elaboración propia.



### 3.1.5.1. Costo de consumo energético de aire acondicionado

Los aires trabajan 24 horas y se determinó que por cada 10 minutos el compresor descansa 1,5 minutos en el día y durante la noche por cada 10 minutos el aire descansa 5 minutos

Por lo que se puede estimar que de día trabaja un 85 % y de noche trabaja 50 %.

Entonces el tiempo de trabajo es igual:

- 12 horas diurnas x 85 % = 10,20 horas de trabajo
- 12 horas nocturnas x 50 % = 6,00 hora de trabajo
- Total de horas de trabajo = 16,20 horas de trabajo/ día

Horas de trabajo de un aire acondicionado en un mes

- 16,20 horas día x 30 = 486 horas de trabajo durante el mes

Consumo de kWh de un aire acondicionado en un mes

- 486 horas x 4,66 kW = 2266,70 kWh / mes

Tabla XXXIV. **Costo de consumo energético del aire acondicionado en un mes**

Voltaje	Amperaje (I)	Potencia (kW)	Horas trabajadas mes	Kwh /mes	Costo kWh Q	Costo consumo/ mes
220	21,2	4,664	486	2266,704	Q1,98	Q4 488,07

Fuente: elaboración propia.

El costo de consumo energético de un aire acondicionado es de Q 4 488,07.

El costo total de los 2 aires en la cafetería es de Q 4 488,07

### 3.2. Propuesta de mejora para ahorro energético

Se propone implementar mejoras de luminarias ahorrativas tipo led, controladores automáticos de aire acondicionado, sensores de presencia en lugares de pasillo en donde no requiere una iluminación constante, y se refiere a la implementación de una caldera de biomasa que está en proceso de instalación.

#### 3.2.1. Ahorro energético en iluminación

El consumo energético de las luminarias pueden disminuir reemplazando la luminarias existentes por tecnología led, manteniendo y mejorando los niveles permisibles de iluminación, se realiza un estudio de iluminación utilizando el método de cavidad zonal para determinar si el equipo de reemplazo cumplirá con los niveles de luxes adecuados para cada área.

### 3.2.2. Tabla comparativa equipos de iluminación

En los equipos de iluminación se encuentra el comparativo siguiente:

Tabla XXXV. **Características de los equipos a instalar**

					
TIPO LÁMPARA	LÁMPARA TIPO COBRA	LÁMPARA TIPO FLOOD	LÁMPARA FLOURECENTE CON DIFUSOR ACRILICO	LÁMPARA FLOURECENTE CONTRA POLVO Y HUMEDAD	LÁMPARA HIGH BAY O METALARK
CONSUMO WATT	400	400	68	150	400
LUMENES	49000	36000	4600	9000	36000
HORA DE VIDA	10000	10000	12000	12000	10000
					
TIPO LÁMPARA	LED0187	LED0158	LED169	LED184	LED186
CONSUMO WATT	200	200	36	76	200
LUMENES	23400	14000	2300	3600	16000
HORAS DE VIDA	50000	25000	50000	30000	50000

Fuente: Areca.

#### 3.2.2.1. Especificaciones técnicas de luminarias led

Ventajas de las luminarias led:

- Larga duración, vida útil superior a 30 000 horas
- Bajo costo de mantenimiento
- Mayor eficiencia que las lámparas convencionales
- Encendido instantáneo
- Resistente a vibraciones

- Sin mercurio u otros agentes nocivos para la salud y el medio ambiente
- No emiten radiación infrarroja o ultravioleta
- Factor de potencia mayor a 0.95
- Rango de voltaje más amplio disminuye el riesgo de las oscilaciones de voltaje.

### 3.2.2.2. Método punto por punto

Para cuantificar la efectividad de las lámparas led recomendadas se analizará bajo el método de punto por punto para garantizar y mantener una iluminación adecuada de ser posible mejorarla

La fórmula a emplear es la siguiente:

Para el plano horizontal

$$E_H = \frac{I * \cos^3 \alpha}{h^2}$$

Para el plano vertical

$$E_V = \frac{I * \cos^2 \alpha * \sen \alpha}{h^2}$$

Donde:

I = intensidad luminosa en candelas

h= altura de trabajo de la lámpara

$\alpha$ = ángulo formado por el rayo luminoso y la vertical que pasa por la lámpara.

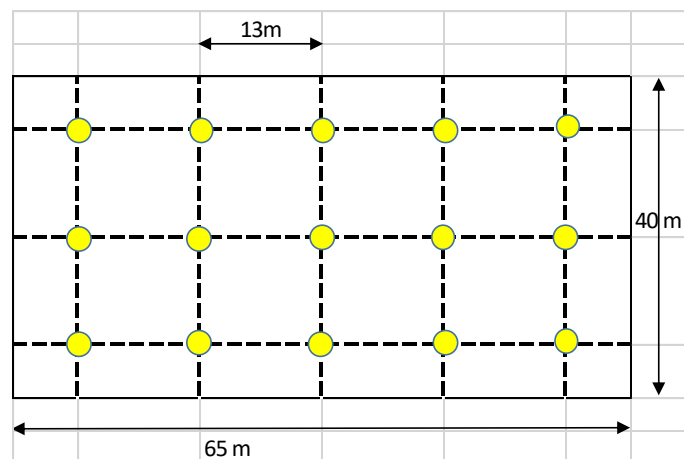
$E_H$  = nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal (en LUX)

$E_V$  = nivel de iluminación en un punto de una superficie vertical (en LUX)

### Ejemplo 1

Considerando que en la bodega de materia prima tiene un área de 40 ancho x 65 largo, las lámparas *metalark* tienen una distancia entre ella de 13 metros como se ilustra en la figura 43.

Figura 43. **Distribución de luminarias led propuesta para la bodega de materia prima**

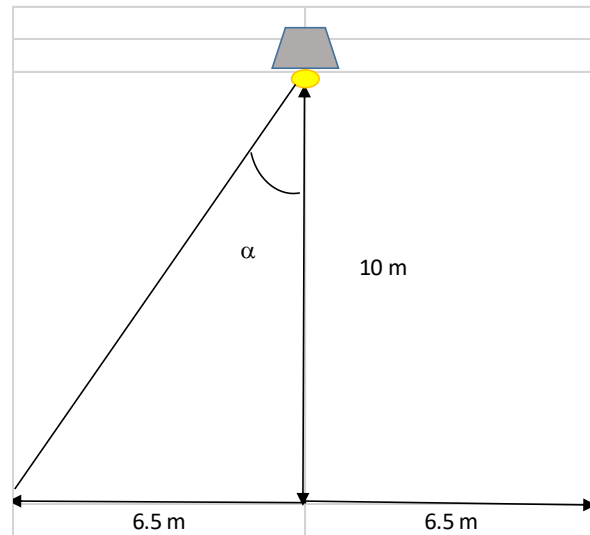


Fuente: elaboración propia, empleando Visio 2015.

- Determinando  $\alpha$

La altura de las lámparas está a una distancia de 10 metros y si la separación entre ellas es de 13 metros por consiguiente se determina el ángulo  $\alpha$ .

Figura 44. **Altura de lámpara de las bodegas**



Fuente: elaboración propia.

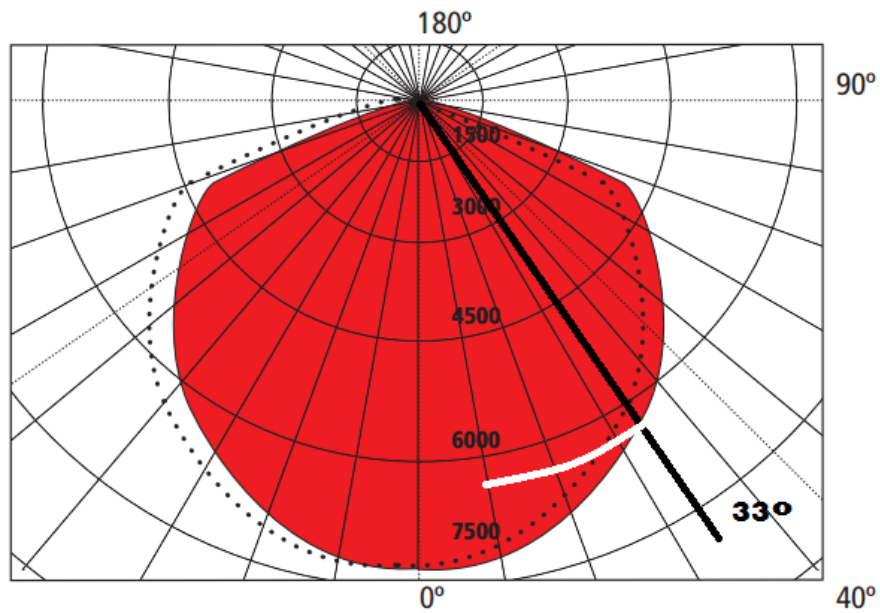
Por lo que:

$$\tan \alpha = op/ad \rightarrow \alpha = (6,5/10)\tan^{-1}$$

$$\alpha = 33$$

- Para determinar la  $I$  (intensidad del flujo luminoso según la dirección de punto de la fuente) de la lámpara led 0186 se consulta los datos del fabricante en página 10 del catálogo led lux-lite catalogo 2013 obteniendo la curva fotométrica quien establece el nivel de candelas sobre kilolúmenes (cd/klm) para ejemplificar el comportamiento de los luxes basado en el método punto por punto.

Figura 45. **Intensidad lumínica lámpara 0186 lux-lite**



Fuente: Catálogo led lux-lite. 2013.

Se sabe que:

- 1 klm = 1 000 lúmenes y que el flujo de la lámpara que se ha elegido es de 16 000 lúmenes.

Con estos datos se calcula el  $I_{real}$

- $I_{real} = I_{gráfico} \times \phi/klm \rightarrow 6\,300(\text{cd/klm}) \times 16\,000\text{lumen}/1\,000\text{lumen} = 100\,800\text{ cd}$

Entonces:

$$E_H = \frac{I * \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$EH = \frac{100\ 800 * \cos^3 (33)}{12} = 412 \text{ lux}$$

Para ejemplificar el comportamiento del nivel de iluminación de la lámpara propuesta para sustituir las lámparas metalark instaladas en la bodega de materia prima se da a conocer la tabla XXXVI demostrando el comportamiento del nivel de iluminación en lux según el ángulo generado de la luminaria basado en el método punto por punto.

**Tabla XXXVI. Nivel de iluminación lámpara propuesta método punto por punto**

Distancia entre lámparas en (m)	Altura en (m)	$\alpha$	Intensidad de flujo luminoso		Nivel de iluminación (LUX) en plano horizontal	Nivel de iluminación (LUX) en plano vertical
13	12	0	100800	1.000	700.00	0.00
13	12	10	100800	0.955	668.58	117.89
13	12	20	100800	0.830	580.84	211.89
13	12	30	100800	0.650	454.66	262.50
13	12	40	100800	0.450	314.67	264.04
13	12	45	100800	0.354	247.49	247.49

Fuente: Areca.

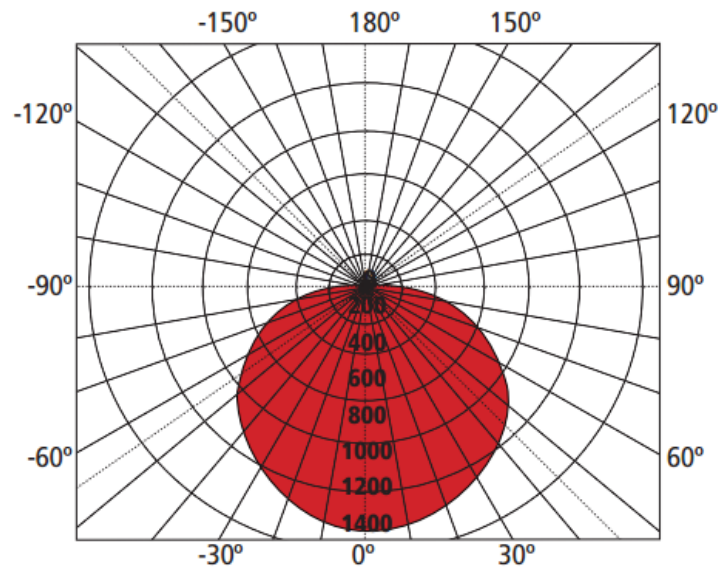
Como se puede observar la luminaria se disminuyendo conforme se va alejando el punto central de iluminación.



## Ejemplo 2

Se propone el cambio de la lámpara led con difusor acrílico por unas lámparas led 169 el cual el fabricante da a conocer la curva fotométrica en cd/klm

Figura 46. **Intensidad lumínica lámpara led 169 lux-lite**



Fuente: catálogo led lux-lite catalogo 2013.

Donde

Altura es de 2,5 metros

El ángulo es de 45 grados

Altura de oficina 3 metros

$I_{\text{real}} = I_{\text{grafico}} \times \phi / \text{klm} \rightarrow 1\,000(\text{cd/klm}) \times 4\,600\text{lumen} / 1\,000\text{lumen} = 4\,600\text{ cd}$

Entonces:

$$E_H = \frac{I * \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$EH = \frac{4\ 600 * \cos^3 (45)}{3} = 542 \text{ luxes lux}$$

Por lo que se determina una buena iluminación para una oficina.

### 3.2.2.3. Costo anual de iluminación propuesta

Tabla XXXVII. Consumo en watts en los equipos propuestos

TIPO DE LÁMPARA	WATT	CANTIDAD	WATT TOTAL
 LED 187	200	30	6000
 LED 158	200	8	1600
 LED 136	36	57	2052
 LED 184	76	216	16416
 LED 186	200	41	8200
	WATT TOTAL		34268

Fuente: Areca.

Costo de iluminación mensual = kWh/mes X Q(kWh)

kWh/mes = kW x horas de trabajo en el día x 30 días

kW=34,268

Horas de trabajo por día = 11 horas

Días de trabajo por mes= 30 días

Costo por kWh= Q1,92

kWh/mes = 34 268 X 11 X 30

kWh/mes = 11 308,44

Costo mensual

Q=11 308,44 x 1,92

Q= 21 712,20 en un mes

Q= 21 712,20 x 12

Q=260 546,46 en un año

Ahorro anual

Costo actual – costo propuesto

516 091,62 – 260 546,46

Ahorro= Q 255 545,16 anual

Ahorro mensual =Q21 295,45

Tabla XXXVIII. **Costo de inversión en equipos propuestos**

TIPO DE LÁMPARA+I1:I1:M7		CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	LED 187	30	Q5 077,60	Q1 52328,00
	LED 158	8	Q5 336,60	Q4 2692,80
	LED 136	57	Q1 744,00	Q9 9408,00
	LED 184	216	Q1 692,80	Q3 65644,80
	LED 186	41	Q5 077,60	Q2 08181,60
COSTO DE INVERSIÓN				Q8 68255,20

Fuente: Areca, Área de Mantenimiento.

Tiempo de retorno de inversión

Tiempo de retorno de inversión= costo de inversión / ahorro anual

Tiempo de retorno de inversión= Q868 255,20 / Q 255 545,16

Tiempo de retorno de inversión=3,39 años.

### 3.2.3. Ahorro energético en aire acondicionado en cafetería

Ahorro energético en 2 aires acondicionados de cafetería

Se recomienda instalar un controlador de aires acondicionados para desactivar los aires durante la noche.

Normalmente no se requiere del aire acondicionado y que se prendan solamente en horas de servicio de cafetería.

Estimando que solamente funcionaria durante el día las horas de trabajo durante un mes son de 306 horas

$$12 \text{ horas diurnas} \times 85 \% = 10,20 \text{ horas de trabajo}$$

Horas de trabajo de un aire acondicionado en un mes

$$10.20 \text{ horas día} \times 30 = 306 \text{ horas de trabajo durante el mes}$$

Consumo de kWh de un aire acondicionado en un mes

$$306 \text{ horas} \times 4,66 \text{ kW} = 1427 \text{ kWh / mes}$$

Tabla XXXIX. **Costo de consumo energético de un aire acondicionado de un mes**

	Voltaje	Amperaje (l)	Potencia (kW)	Horas trabajadas mes	Kwh/mes	Costo kWh Q	Costo consumo/ mes
Consumo actual	220	21,2	4,664	486	2 266,704	Q1,98	Q4 488,07
Consumo mejora	220	21,2	4,664	306	1 427,184	Q1,98	Q2 825,82
					Ahorro/ máquina		Q1 662,25

Fuente: Areca.

El costo de consumo energético de un aire acondicionado es de Q 2 825,25

El costo total de los 2 aires en la cafetería es de Q 5 651,65

Son 2 equipos de aire acondicionado el ahorro mensual es de Q 3 324,65

Y los 2 controladores tienen un costo de Q 4 500,00

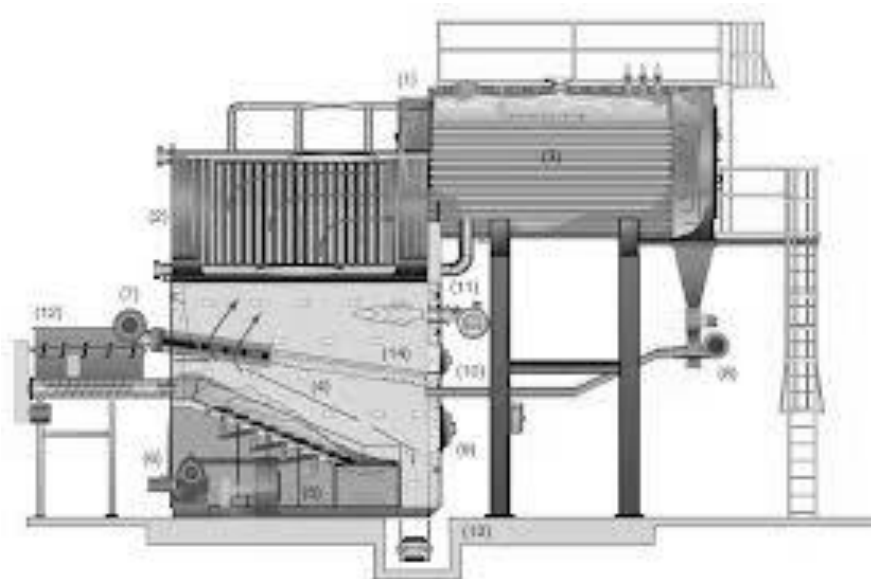
Por lo que se paga en 1 meses y medio, después de ese tiempo se tendrá un ahorro mensual de Q 3 324,65

#### **3.2.4. Caldera de biomasa de 500 BHP**

Está en proceso la instalación de una caldera de biomasa de 500 HP que será alimentada con madera y gallinaza evitando el consumo de bunker.

- Por su sistema de suelo oscilante puede trabajar 24 horas continuas.
- Sistema de filtración de cenizas
- Sistema de combustión puede ser materiales relacionado con la silvicultura como residuos, desechos, astillas, aserrín.

Figura 47. **Caldera de biomasa**



Fuente: fábrica *Hurts*. Fábrica de calderas.

### **3.2.5. Descripción de equipos recomendados a instalar para ahorro energético**

En el mercado se pueden encontrar controladores de encendido y apaga por tiempo programado, sensores de movimiento para prender las luminarias.

#### **3.2.5.1. Controladores de aire acondicionado**

Estos tendrán que ser utilizados para que los aires acondicionados trabajen solamente en horarios de trabajo y que los equipos no trabajen durante la noche especificando que las oficinas trabajan solamente turno diurno.

Figura 48. **Controlador de aire acondicionado**



Fuente: CELASA.

Los controladores de aire acondicionado pueden ser programables hasta 6 bandas horarias con distintos *set- points* por día inclusive sábados y domingos.

- *Pueden detectar filtros sucios.*
- *Detecta humedad del ambiente o del retorno.*
- *Puede controlar la humificación o deshumificación.*

### **3.2.5.2. Sensores de movimiento**

El sensor de movimiento es un dispositivo electrónico que actúa cuando detecta movimiento en un área controlada, estos son utilizados para seguridad o para automatización de iluminación.

### **3.3. Uso adecuado de los equipos**

El uso adecuado de los equipos corresponde a un cambio de cultura empezando en ser consciente de lo que se consume, es importante que todos



en la compañía sean conscientes y responsables de la utilización de energía y cuando un equipo no sea necesario utilizarlo apagarlo.

Cuando se realice un cambio no cambiar por cambiar por mejorar y ahorrar.

Disminución de consumo de los derivados del petróleo mediante un mantenimiento eficiente y programado.

Mantener en perfecto estado el sistema de enfriamiento de las plantas generadoras para reducir costos de combustible.

No cambiar los sistemas de naturales de ventilación e iluminación, mediante una reparación o modificación en infraestructuras.

#### **3.4. Medidas a considerar para el cumplimiento del aseguramiento de la calidad alimentaria en los equipos propuestos**

Los equipos de iluminación que se instalen dentro de las áreas de proceso deberán de ser de vidrio inastillable empotrados en el techo, si son suspendidos deberá de ser con un material que no permita la corrosión y que sea de fácil limpieza.

En las zonas de proceso y de inspección deberán de proveerse iluminación suficiente.

### **3.5. Recomendar cambios de diseño en los equipos instalados para un ahorro energético**

- Colocar doble vidrio en las ventanas que comuniquen con un ambiente de aire acondicionado y el ambiente exterior para formar un material aislante.
- Colocar los controladores automáticos de aire acondicionado se puede hacer en la cafetería, y oficinas administrativas.
- Colocar sensores de movimiento en los baños, parqueos y áreas de paso.
- Sustituir los tubos fluorescentes de las lámparas por tubos led o tubos fluorescentes T5 que son mucho más eficientes.

### **3.6. Impacto ambiental de los equipos**

A medida que el hombre ha evolucionado y la población ha incrementado la demanda de recursos naturales también ha incrementado, el problema es que los recursos naturales no son reversibles y los cambios climáticos han sido significantes para el planeta, y la relación de costo energético que marca el petróleo en el mercado predomina la economía mundial, eso ha obligado al hombre a pensar en mejorar los diseños de los equipos y utilizar recursos naturales como los son el sol que es la energía más grande que se encuentra en el planeta, después está el aire, energía de las olas y corrientes marinas, energía geotérmica, entre otras.

Para la ayuda del planeta es importante adquirir equipos con etiqueta verde o que sean más eficientes que los actuales y que no dañen al planeta, por ejemplo dentro de los equipos propuestos está el cambio de lámparas por

luminarias led, implementar sistemas de apagado y encendido de las lámparas en ciertas áreas, controladores programables de encendido en los aires acondicionados, sabiendo que al no utilizar la misma cantidad de kilovoltios se puede ayudar al país a no utilizar la misma cantidad de recursos utilizados necesarios para generar esa energía.

Planta Areca comprometido con el medio ambiente invierte en la instalación de una caldera de biomasa el cual es combustible que se utilizará es de desechos orgánicos, por lo que tendrá un impacto positivo al no utilizar derivado del petróleo.



## **4. FASE DE DOCENCIA CAPACITACIÓN AL PERSONAL**

### **4.1. Diagnóstico situacional del personal**

Durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado se establecieron las necesidades de capacitación del personal que complementará el desarrollo del trabajo considerando necesario reforzar las siguientes áreas.

Técnicas de lubricación, debido a los problemas encontrados en los equipos como lo detalla en el capítulo 2, otro punto importante es que el personal desconoce sobre la ficha técnica y la hoja de seguridad, que es importante para el cumplimiento de manejo de lubricantes en una planta de alimentos que debe cumplir con los requisitos de SQF 2000.

Análisis de peligros y puntos críticos de control, por sus siglas en inglés (HACCP) se determina la importancia de impartir esta capacitación para el personal de mantenimiento, así como el personal contratista para trabajos de mantenimientos y que tienen que cumplir con el apartado 6.3.4 del código SQF 2000 en donde establece que debe proveerse adiestramiento de HACCP a todo el personal.

Herramientas de equipo y medición se estable un refuerzo sobre equipos de medición solicitado por el departamento de mantenimiento enfocado a la parte mecánica y eléctrica para reforzar el uso de herramientas de una manera más adecuada durante el desarrollo laboral del técnico de mantenimiento.

Desarrollo sostenible se considera que es importante impartir un curso que concientice al personal sobre el uso adecuado de los recursos naturales, con el objetivo de minimizar los costos y desperdicios generados muchas veces por desconocimiento del impacto que causa el no conocer los recursos utilizados en la transformación de un servicio como lo es la energía eléctrica, la transformación de la materia, entre otros, con el objetivo de formar gente consiente y responsable en las acciones que se ejecutan.

#### 4.2. Cronograma de capacitación a personal

Es importante determinar un programa de capacitación al personal sobre temas mencionados en la tabla XL con sus respectivas fechas programadas, para fortalecer los conocimientos del personal que ayudaran a realizar las actividades de mantenimiento más eficientes, relacionados al diagnóstico de la empresa:

Tabla XL. **Cronograma de capacitación a personal**

<b>CURSO</b>	<b>FECHA DE CAPACITACIÓN</b>
Mantenimiento preventivo	14 de mayo del 2013
Técnicas de lubricación	5 de junio del 2013
Normas HACCP y calidad	28 de junio del 2013
Herramientas y equipos de medición	10 de julio 2013
Desarrollo sostenible	7 de Agosto

Fuente: elaboración propia.

Esto hará desarrollar a los técnicos de mantenimiento y comprometerlos con el entorno de la mejora continua.

#### **4.2.1. Capacitación sobre técnicas de lubricación**

La lubricación es un punto primordial en el mantenimiento preventivo por ello es importante que el personal sepa que lubricar un equipo no consiste en aplicar mucha o poca grasa, ya que es una tarea de precisión y de conocimiento, en una lubricación debe de controlarse la cantidad, la calidad y la forma para ser aplicado a un mecanismo, si esto no se controla puede ser más grave que no lubricar para ello se requiere que el técnico tenga conocimiento y destreza, se debe de generar una tabla de lubricación en detalle que contenga lugar donde se utilizará, cuando utilizar el lubricante, que lubricante debe utilizar, si se puede utilizar en área en contacto con el alimento, hoy en día los lubricantes de grado alimenticio deben de estar certificados por la FDA y tener la especificación del grado alimenticio para que sea empleado correctamente, de utilizarse otro lubricante que no sea de grado alimenticio y este en contacto con el alimento puede generar un peligro químico para el producto alimenticio que se esté fabricando.

Es importante que el técnico asignado a la lubricación preste atención a las reacciones secundarias de los equipos, debido a que los lubricantes reacciones en diferente manera dependiendo el tipo de ambiente, la temperatura, la humedad relativa, temperatura de trabajo, por eso el lubricador debe de actualizarse constantemente y ser una persona de mucha destreza.

La lubricación sirve para reducir la fricción y el desgaste, consiste en utilizar una capa fina de lubricante adhiriéndose a las pares rodantes o en movimiento solamente que si la película de lubricante es más viscosa que lo requerido aumentará la fricción, y si es menos viscosa de lo requerido ocurrirá contacto entre las partes y de igual manera ocurrirá fricción.

Es vital conocer que existen varios grados de viscosidad que determina la fluidez del lubricante, la viscosidad esta medida en SUS entre mayor sea el numero SUS mayor es la viscosidad.

La grasa es un aceite con un espesante más aditivos hay que conocer las cualidades de lubricación antes de que se emplee y a que tipo y ambiente de trabajo será sometido es importante no mezclar diferentes tipos de grasa si no son equivalentes entre las marcas, ya que según la base de los jabones espesantes pueden volverlas liquidas por ejemplo.

Las grasas con espesantes a base de calcio al mezclarse con grasas que contengan sodio las vuelven más liquidas que disminuirán su adherencia y propiedades.

Los aditivos se usan en las grasas y aceites para mejorar las cualidades, existen mecanismos como los engranajes que al trabajar generan burbujas por lo que el aditivo que aplican es un antiespumante, porque estas burbujas pueden cavilar las partes de los engranajes, los que están sometidos ambientes húmedos se les añade aditivos anticorrosivos para retardar la combinación química del oxígeno en el aire con los elementos metálicos del mismo lubricante, los aditivos de extrema presión algunos contienen agua, por ello es importante buscar las recomendaciones del fabricante quien le indicará el lubricante más adecuado para los equipos.

Los grandes enemigos de los lubricantes son:

- La temperatura o calor quien hace disminuir la viscosidad, la vida útil del lubricante, recorta la resistencia a la oxidación cuando se junta con las partículas y el agua.



- La humedad porque ingresa agua al lubricante.
- Las partículas extrañas que llegan al lubricante por el proceso del trabajo, por el ambiente que lo rodea, por no tener un control con el lubricante en los dispositivos que se almacenan dejándolos destapados, o por quitar respiraderos en los lubricantes.
- El aire puede generar cavitación en las partes internas y ayudando a generar oxidación por su oxígeno y los metales mismos del lubricante.
- Los químicos también pueden contaminar el producto cuando esto llega al lubricante como el combustible, el glicol o los ácidos.

#### Aspectos importantes que debe cumplir un lubricador

- Seguridad industrial debe contar con el equipo de protección personal como lentes, casco, guantes, protectores auditivos, zapatos industriales, mantener una distancia prudente de las partes en movimiento y evitar trapos o prendas sueltas, y contar con un radio intercomunicador con la sala de control.
- La limpieza es importante contar con trapos limpios, usar recipientes limpios para el almacenaje de lubricantes, limpiar los dispositivos para la aplicación de la grasa como una pistola de engrase, esto ayudará a evitar el paso de contaminantes como el polvo a la grasa.
- Utilizar la cantidad adecuada del lubricante es importante conocer la recomendación del fabricante para establecer la tabla de lubricación, utilizar una grasería adecuada que controle la cantidad aplicada, existen

pistolas aplicadoras de grasa con indicadores de cantidad en peso o volumen de grasa y no cuenta con esto utilice una balanza y pese 15 aplicaciones anote el incremento por disparo para ver la tendencia, al peso total divídalo dentro de 15 y le indicara la el peso por disparo.

- Si no existe un dato para la aplicación existen técnicas para la aplicación de la grasa más su conocimiento.
- Evite el exceso porque puede implicar problemas puede contaminar el producto, incurre en desperdicio, contamina los alrededores, puede llegar a contaminar componentes eléctricos y causar corto circuitos, puede dañar los sellos una vez dañado el sello puede ingresar contaminantes al mecanismo, el exceso puede incrementar la fricción y generar desgastes prematuros por desgastes por fricción o sobrecalentamientos.
- Cuando la lubricación es por aceite busque los indicadores de nivel que puede ser por media de una varilla, quien indica los niveles mínimos o máximos, visores de vidrio o plástico, visores por manguera, o por tornillos de nivel.

Es importante y parte del lubricador inspeccionar y estar atento a rechinamientos, zumbidos, vibraciones y calentamientos que por lo general son problemas de los desperfectos en la maquinaria que podría ser por lubricación, esto ayudará a erradicar problemas en el proceso

#### **4.2.2. Capacitación sobre programa HACCP y relación en calidad**

La combinación de la calidad y de inocuidad es el resultado de un sistema confiable en la cadena alimenticia.

Inocuidad + calidad = confiabilidad del alimento

El comercio internacional de alimento existe desde hace miles de años, pero hasta no hace mucho, los alimentos se producían, se vendían y consumían en el ámbito local. Durante el último siglo la cantidad de alimentos comercializados a nivel internacional ha crecido exponencialmente y, hoy en día una cantidad y variedad de alimentos nunca imaginada circula por todo el planeta

Areca cuenta con el sistema SQF (seguridad en calidad de alimentos) que está basado en los lineamientos HACCP y de CODEX alimentarius ofreciendo al sector alimentos inocuos y de calidad, basado en un programa de certificación para la seguridad alimentaria y el manejo de calidad, permitiendo satisfacer la trazabilidad de un producto, las reglamentaciones, la seguridad alimentaria y los criterios de calidad comercial en una manera estructurada y eficaz en los costos.

El codex alimentarius o código alimentario se ha convertido en un punto de referencia mundial para los consumidores, los productores y los elaboradores de alimentos, los organismos nacionales de control de los alimentos y el comercio alimentario internacional. Su repercusión sobre el modo pensar de quienes intervienen en la producción y elaboración de alimentos y quienes consumen ha sido enorme. Su influencia se extiende a todos los

continentes y su contribución a la protección de la salud de los consumidores y a la garantía de unas prácticas equitativas en el comercio alimentario es incalculable.

El programa de HACCP es un sistema preventivo de control de los alimentos cuyo objetivo es la seguridad o inocuidad alimentaria. Es un enfoque documentado y verificable para la identificación de los peligros, las medidas preventivas y los puntos críticos de control y para la puesta en práctica en práctica de un sistema de monitorización o vigilancia. Se desarrolla por línea de productos, partiendo de un estudio pormenorizado de los procesos, es un instrumento para evaluar los peligros y establecer sistemas de control que se centran en la prevención en lugar de basarse principalmente en ensayo del producto final. Todo sistema de HACCP es susceptible a cambios que pueden derivar de avances en el diseño del equipo, los procedimientos de elaboración o el sector tecnológico.

Las ventajas significativas que puede ofrecer HACCP es facilitar la inspección por parte de las autoridades de reglamentación, promover el comercio internacional así como aumentar la confianza en la inocuidad de los alimentos.

El sistema HACCP se basa en 7 principios los cuales son:

- Principio 1: preparación de un programa de flujo de los pasos del proceso. Análisis de los peligros.
- Principio 2: identificación de los puntos críticos de control del proceso utilizando el árbol de decisión.

- Principio 3: establecimiento de los límites críticos que se deben cumplir para asegurar que cada PCC este bajo control.
- Principio 4: establecimiento de un sistema de monitorización para asegurar el control de los PCC.
- Principio 5: establecimiento de las acciones correctivas a realizar en caso de que un PCC esté fuera de control.
- Principio 6: diseño de la documentación relacionada con los registros y los procedimientos HACCP.
- Principio 7: verificación de que el sistema HACCP está funcionando adecuadamente.

HACCP es una herramienta administrativa usada para proteger el suministro de alimentos contra peligros biológicos químicos y físicos.

En el caso del departamento de mantenimiento es importante conocer que existen tres tipos de peligro y son:

- Biológicos: virus, bacterias, mohos, protozoos.
- Físicos: cualquier materia extraña que no pertenece al alimento como madera, vidrio, plástico, piedras o metal (tornillos, tuercas, caratulas de vidrio, piezas de plástico, entre otras).

- Químicos: incluyen químicos están de forma natural que al no estar controlados pueden ser utilizados de manera inadecuada, por ejemplo el thinner, lubricantes como la grasa y el aceite, pinturas, entre otros.

#### **4.2.3. Capacitación de herramientas y equipo de medición**

- Medición

La medición es un proceso básico de la ciencia que consiste en comparar un patrón seleccionado con el objeto o fenómeno cuya magnitud física se desea medir para ver cuántas veces el patrón está contenido en esa magnitud, en los procesos industriales está en constante relación con los equipos de medición que permiten entender y mejorar las transformaciones de los productos, en cuestión de calidad se dice lo que no se mide no se controla por ello es indispensable conocer los equipos de medición que rodean para garantizar el control de los procesos, existen varios tipos de instrumentos de medición en la industria, como manómetros de presión, indicadores de temperatura, medidores de flujo, metros, vernier, balanzas, medidores de humedad, medidores de espesores, medidores de revolución, entre otros.

La medición es un acto para determinar la magnitud de un objeto en cuanto a cantidad.

Una medición es comparar la cantidad desconocida que queremos determinar y una cantidad conocida de la misma magnitud, que elegimos como unidad.

- Metrología industrial

Se ocupa del aseguramiento metrológico en las empresas con la finalidad de asegurar los datos de los equipos de medida y control, basándose en normas que para tal efecto se desarrollan nacional e internacionalmente.

- Instrumentos de medición

En la ingeniería un instrumento de medición es un aparato que se usa para comparar magnitudes físicas mediante un proceso de medición. La unidad de medida, como unidades de longitud, unidades de capacidad, unidades de masa, entre otras, se han establecido por medio de patrones que no cambian y que sus valores originales permanecen para ello existe la metrología científica quien se ocupa de la investigación científica para la mejora de los procedimientos y patrones de medición, así como de salvaguardar la integridad de sus patrones.

Basados con referencia con un patrón los instrumentos de medición pueden dar medidas confiables de acuerdo a la precisión del cual fueron diseñados.

En la industria los instrumentos de medición más utilizados son:

- El metro
- Vernier
- Micrómetro
- Balanza
- Manómetro
- Cronometro, termómetro

#### 4.2.4. Capacitación desarrollo sostenible

- Desarrollo sostenible

Se llama desarrollo sostenible aquél desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones. Intuitivamente una actividad sostenible es aquélla que se puede mantener. Por ejemplo, cortar árboles de un bosque asegurando la repoblación es una actividad sostenible.

Que no debe haber en una sociedad sostenible.

- Un declive no razonable de cualquier recurso
- Un daño significativo a los sistemas naturales
- Un declive significativo de la estabilidad social

Que debe de hacer una sociedad sostenible

- Los recursos no se deben utilizar a un ritmo superior al de su ritmo de regeneración,
- No se emiten contaminantes a un ritmo superior al que el sistema natural es capaz de absorber o neutralizar.
- Los recursos no renovables se deben utilizar a un ritmo más bajo que el que el capital humano creado pueda reemplazar al capital natural perdido. Concretando esta definición en un caso práctico, el de los combustibles fósiles, significa que se tiene que utilizar una parte de la energía liberada para crear sistemas de ahorro de energía o



sistemas para hacer posible el uso de energías renovables que proporcionen la misma cantidad de energía que el combustible fósil consumido.

### Principales retos que plantea el desarrollo sostenible

La incapacidad de la especie humana para vivir en armonía con el planeta, la gran interacción entre el hombre y el sistema natural, son los grandes problemas medioambientales de hoy. Hasta nuestros días, ninguna especie, excepto el hombre, ha conseguido modificar tan substancialmente, en tan poco tiempo, las características propias del planeta.

Así, se plantean los grandes problemas planetarios siguientes:

- Superpoblación y desigualdades
- El incremento del efecto invernadero
- Destrucción de la capa de ozono
- Humanización del paisaje
- Preservación de la biodiversidad
- La erosión, la desertización y la destrucción de la selva
- Y a escala local:
- El sistema productivo
- El agua
- Los residuos domésticos
- Suministro energético
- El sistema de transporte

Como se puede contribuir como empresa al desarrollo sostenible:

Uso adecuado del papel y toalla de secado por ejemplo en España se normalizó que cada alumno puede utilizar por mes 25 metros de papel higiénico doméstico y 22 de papel higiénico industrial, 11 metros de papel toalla para secarse las manos.

El uso adecuado del vital líquido de agua.

¿Sabías que sólo el 2,8 % del agua de nuestro planeta es dulce y que tan sólo el 0,01 % se encuentra en lagos y ríos ?.

Con pequeñas acciones todos pueden ayudar a ahorrar en el consumo de este vital elemento. Si se siguen estos consejos el aporte será importante:

- Cierre la llave cuando se laves los dientes o al afeitarse.
- Riegue sus plantas al anochecer, así evitará la evaporación.
- Mantenga sus artefactos en buenas condiciones, evite goteras.
- Evite las duchas largas, que no duren más de 5 minutos.
- Instale mecanismos de ahorro en las llaves de la casa.
- Lave sus vegetales y frutas en un solo recipiente. No deje el agua corriendo.

- Use la lavadora a su máximo de capacidad, así lavará menos veces a la semana.
- Deje un recipiente debajo de sus platos recién lavados. Así reutilizará el agua que destila de su vajilla cuando la deja secar.
- Evite las filtraciones de la manguera de el jardín.
- Use baldes y esponja para lavar el auto. También puede comprar toallas especiales que no necesitan agua.

El agua es un bien escaso. ¡NO LA DESEPERDICIES! Si tu ahorras, todos ganamos!

- El Aire

La contaminación del aire es la presencia de compuestos gaseosos o partículas, formas de energía, calor o vibraciones, en cantidades tales que producen efectos nocivos para la salud del hombre, los animales, vegetales, materiales y el clima. El desarrollo industrial y el aumento demográfico han generado la producción de millones de toneladas de sustancias químicas que se liberan a la atmósfera y la contaminan, rompiendo el equilibrio y la capacidad de la naturaleza de absorber los gases emitidos.

Recomendaciones para cuidar el aire:

- Utilice el transporte público, use bicicleta o camine cuando pueda.
- Plante árboles.

- Comparte el vehículo con sus vecinos o familiares. Mantenga su vehículo en buenas condiciones y con el convertidor catalítico en buen estado.
- Si va de paseo, evite hacer fogatas, pues si quedan mal apagadas, se pueden transformar en incendios forestales.
- Infórmese acerca de la contaminación atmosférica y procure que los demás tomen conciencia del problema.
- En casa:
  - Ventile diariamente su hogar, de preferencia al medio día, incluso alfombras, frazadas y ropa, para renovar el aire y evitar la humedad al interior.
  - No fume al interior del hogar, lugar de trabajo o estudio.
  - Realice una revisión anual a los equipos de combustión, como estufas, cocinas, calentadores y mantenga en buen estado el filtro de la aspiradora.
  - No abuse de productos de limpieza o aerosoles al interior del hogar. Evite las velas con fragancias o los desodorizantes para conservar la calidad del aire.
  - Evite la concentración de humedad limpiando superficies en donde mohos u hongos hayan brotado.

- Compre leña seca, porque produce mayor calor y contamina menos el medio ambiente.
- Intente ahorrar energía. Apague las luces y la calefacción cuando no sean necesarias, el proceso de producción de energía a través de combustibles produce contaminación.
- Antes de barrer, moje la vereda.
- No queme hojas ni basura, convierta los desechos orgánicos en compost.
- Utilice sistemas de calefacción limpios (solar, gas, electricidad).

Uso adecuado de los insumos de producción.

- Contribuir con la calidad de los procesos para evitar reproceso que suma:
  - Uso innecesario de combustible
  - Uso innecesario de energía
  - Desgaste de los equipos
  - Pérdida o degradación de la utilidad del producto
  - Mano de obra
  - Todos los recursos adicionales que se usan son no recuperables y que sin duda es una oportunidad menos para las generaciones.

- Uso adecuado de la energía eléctrica

La energía eléctrica es determinante para el desarrollo de las actividades humanas. Hoy en día es un recurso imprescindible para el funcionamiento de los sectores industrial, comercial y residencial, entre otros. La demanda de energía eléctrica ha aumentado en un 100,2 % durante los últimos trece años al pasar de 5,999 GWh (GigaWatt-hora) en 1990 a 12,010 GWh en el 2002, esto ha significado tener aumentos del orden del 6,1 % anual en promedio, debido al aumento de la población y al mejoramiento de su estilo de vida que se ve reflejado en un mayor consumo de energía eléctrica.

Ante este panorama debemos comprender que el 35,46 % (1) de la energía eléctrica que consumimos en Ecuador proviene de la generación térmica, cuya fuente de energía es el petróleo, que es un recurso no renovable, esto es agotable. El 54,02 % (2) restante es generado por medio de plantas hidroeléctricas, cuya fuente de energía es el agua. Si bien es cierto que el agua es un recurso renovable, sin embargo, la deforestación y las actividades humanas están alterando el ciclo hidrológico y la calidad del agua que corre los ríos.

En estas circunstancias, el derroche de la energía eléctrica está asociado a un mayor consumo de petróleo, emisiones de gases de efecto invernadero y asentamiento del calentamiento global, construcción de nuevas plantas hidroeléctricas con sus respectivos impactos sociales y ambientales.

Consecuentemente, es necesario que se revisen los hábitos de uso de la energía eléctrica para mejorar el desempeño ambiental del hogar y pisar suavemente sobre la tierra.

### **4.3. Medición de resultados y beneficios al terminar el curso.**

Al culminar con las actividades de capacitación es importante establecer un criterio de salida evaluando al personal para dimensionar la captación y dimensionar el objetivo de las capacitaciones en cuanto la adquisición de conocimiento.

#### **4.3.1. Examen teórico**

El examen teórico se realizó a los participantes obteniendo un promedio de 85 puntos, de 20 participantes en total se logró un 75 % de la participación del personal involucrado.

#### **4.3.2. Examen práctico**

Se realizó un examen práctico utilizando el equipo de medición con el objetivo de evaluar el uso y la interpretación de lectura, logrando resultados satisfactorios en todos los participantes.

#### **4.3.3. Examen de desempeño y participación**

Se realizó un examen visual para observar al personal sobre la participación y del uso en cuanto al desempeño del equipo y el seguimiento para llenar la documentación establecida para el control de calidad, logrando resultados positivos en término de un mes.





## CONCLUSIONES

1. Se establece índices de mantenimiento para tener un control sobre las gestiones que se ejecutan mediante los mantenimientos preventivos, correctivos y cumplimiento de mantenimientos programados para direccionar acciones que conlleven a una mejor disponibilidad de los equipos.
2. Se establece un plan de mejora sobre el control de documentación de los registros de los mantenimientos, como preventivos, correctivos, control de herramienta, mediante la técnica de las 5'S que ayudará a evidenciar en los registros de las acciones y procedimientos ejecutados durante las acciones realizadas por el departamento de mantenimiento para el cumplimiento de los requisitos del código SQF 2000.
3. Se mejora el control de la gestión de la calibración de equipos mediante el método planificar, hacer, verificar y actuar, evidenciando la confiabilidad de los equipos de medición como las balanzas, logrando garantizar la calidad del producto mediante peso esperado por el consumidor en el producto final, así como la cantidad de producto dosificado que hace estándar la elaboración de los productos alimenticios.
4. Se propone un plan de ahorro energético, mediante el cambio de lámparas instaladas por lámparas tipo led, la instalación de controladores de temperatura en los equipos de aire acondicionado para disminuir la utilización cuando no se requiera, durante la noche o en horarios en

donde la presencia del personal sea nula, estableciendo un análisis de costos de energía eléctrica que podrían reducirse mediante la implementación de dicho plan.

5. Se capacita al personal sobre la importancia de los mantenimientos preventivos, sistema HACCP y buenas prácticas de manufactura, técnicas de lubricación y desarrollo sostenible para mantener y mejorar la cultura, conocimiento y prácticas realizadas por el personal.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar reuniones futuras con el equipo de mantenimiento que permitan identificar las posibles fuentes de problemas y sus mejoras, para plasmar un plan de acción y buscar siempre la mejora continua mediante círculos de calidad.
2. Respetar los mantenimientos preventivos para minimizar los paros inesperados que pongan en riesgo los compromisos acordados de los clientes para no repercutir en costos elevados por reparaciones.
3. Velar por el cumplimiento del programa de calibraciones en los equipos que garantizan la calidad del producto.
4. Dar seguimiento a la inspección de los equipos para anticiparse a los imprevistos en un mantenimiento preventivo.
5. Capacitar al personal de mantenimiento y promover el estudio para ampliar el conocimiento de los técnicos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. CARBAJAL, Brenes. Presentación Curso Datastream, Guatemala: Implementación del Mantenimiento Preventivo Exitoso., Mantenimiento de Clase Mundial, 2008. 10 p.
2. EVANS, James. Administración y control de la calidad. 7a ed. México: Cengage Learning, Inc., 2008. 657 p.
3. HELLRIEGEL, Don, JACKSON, Susan. Administración. 10a ed. México: Thomson, 2005. 356 p.
4. HERNÁNDEZ. Alfonso Seguridad e higiene industrial. 2a ed. México: Limusa, 1999. 51 p.
5. MORTIMORE, Sara. HACCP. 2a ed. España: Acribia, 2001. 289 p.
6. NASSIR SAPAG, Chain. Preparación y evaluación de proyectos. 5a ed. Colombia: Mc. Graw- Hill, 2008. 274 p.



# APÉNDICES

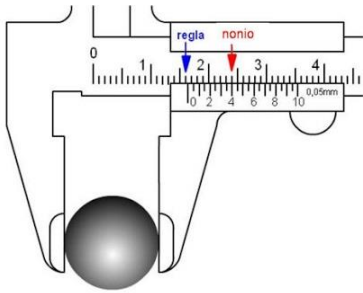
## Apéndice 1. Cuestionario 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Instrucciones: responda a las siguientes preguntas.

1. ¿Qué medida tiene la esfera?



Respuesta: \_\_\_\_\_

2. ¿Cuál es la lectura del manómetro en PSI?



Respuesta: \_\_\_\_\_

Continuación del apéndice 1.

3. ¿Indique cuál es la medida del medidor dial?



Respuesta: \_\_\_\_\_

4. ¿Escriba para que sirve este aparato de medición



Respuesta: \_\_\_\_\_

5. ¿Cómo se llama el aparato que mide temperatura?.

Respuesta: \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.



## Apéndice 2. **Cuestionario 2**

Nombre: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Instrucciones: conteste las siguientes preguntas.

1. ¿Para qué sirve un lubricante?

R// Para disminuir fricción y el desgaste de las piezas en movimiento

2. ¿De qué está compuesta la grasa?

R// De aceite, más espumante, más aditivos.

3. ¿Para qué sirve un aditivo?

R// Para mejorar las cualidades del lubricante.

4. ¿Quién determina el lubricante más adecuado para cada equipo?

R// El fabricante.

5. ¿Cuáles son los grandes enemigos del lubricante?

R// La temperatura, la humedad, las partículas extrañas, el aire, los químicos.

6. ¿Tres cosas importantes que debe cumplir un lubricador?

R// Contar con equipo de seguridad industrial, mantener una distancia prudente de las partes en movimiento, evitar trapos o prendas sueltas, y contar con un radio de comunicación con sala de mandos.

Continuación del apéndice 2.

7. ¿Porqué es malo el exceso de grasa?

R// Puede causar derramamiento en el producto alimenticio en proceso, causar daños eléctricos.

8. ¿Qué tipos de indicadores existen cuando la lubricación es por aceite?

R// Una varilla, visores de vidrio o plástico, por tornillos de nivel.

9. ¿Ayuda a evitar la oxidación por su oxígeno y los metales mismos del lubricante?

R// El aire.

10. ¿Cuándo incrementa hace disminuir su viscosidad?

R// La temperatura

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3.      **Cuestionario 2**

Nombre: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Puesto: \_\_\_\_\_

Instrucciones: subraye la respuesta correcta.

1.     ¿Qué es SQF?
  - a)     Seguridad e higiene personal
  - b)     Seguridad en calidad de alimentos
  - c)     Sistema de gestión de calidad.
  
2.     ¿Es un sistema preventivo de control de los alimentos cuyo objetivo es la seguridad o inocuidad alimentaria?
  - a)     HACCP
  - b)     ISO 9000
  - c)     OSHA
  
3.     ¿Cuáles son los tres tipos de peligros?
  - a)     Físicos, químicos y biológicos
  - b)     Físicos, químicos y fuego
  - c)     Físicos, biológicos y energéticos.
  
4.     ¿Qué es un peligro físico?
  - a)     Líquido ácido.
  - b)     Bacteria
  - c)     Madera

5. ¿Subraye lo que considere como buena práctica de manufactura?
- a) Correr
  - b) lavarse las manos
  - c) jugar.
6. ¿Porqué es importante cortarse y lavarse las uñas?
- a) Para una mejor estética
  - b) para evitar accidentes
  - c) para evitar refugio de bacterias.
7. ¿Después de utilizar la herramienta de trabajo se debe?
- a) Hacer un recuento de herramienta
  - b) limpiar la herramienta.
  - c) a y b son correctas
8. ¿Después de haber terminado el trabajo quien debe de limpiar el área de trabajo?
- a) El departamento de calidad
  - b) departamento de limpieza
  - c) quién realizó el trabajo
9. ¿Qué no es permitido utilizar dentro del área de producción?
- a) Zapatos
  - b) Camisa
  - c) Joyas

Continuación del apéndice 3.

10. ¿Los vidrios son un contaminante?
- a) Físico.
  - b) Químico
  - c) Biológico

Fuente: elaboración propia.



## ANEXO

### Anexo 1. Medición de iluminación

DATOS DE LA MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN							
Hora	Departamento	Area de trabajo	Tipo de iluminación: Natural/ artificial/ Mixta	Tipo de Fuente luminica: incandesente/ Descarga/led	Iluminación: General/ Localizada/ Mixta.	Valor Medido en Lux	Valor requerido
19:30	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	115	100-200 lux
19:42	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	155	100-200 lux
19:55	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	123	100-200 lux
20:10	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	144	100-200 lux
20:22	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	157	100-200 lux
20:33	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	116	100-200 lux
20:41	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	122	100-200 lux
20:53	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	125	100-200 lux
21:03	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	113	100-200 lux
21:11	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	144	100-200 lux
21:19	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	146	100-200 lux
21:25	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	145	100-200 lux
21:32	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	123	100-200 lux
21:40	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	96	100-200 lux
21:47	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	98	100-200 lux
21:56	Bodega M. P.	harinas	Mixta	Alta descarga	General	131	100-200 lux
22:02	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	123	100-200 lux
22:13	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	121	100-200 lux
22:19	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	155	100-200 lux
22:31	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	113	100-200 lux
22:42	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	118	100-200 lux
22:54	Bodega M. P.	micros	Mixta	Alta descarga	General	152	100-200 lux
23:04	Bodega M. P.	sacos	Mixta	Alta descarga	General	123	100-200 lux
23:15	Bodega M. P.	sacos	Mixta	Alta descarga	General	122	100-200 lux
21:30	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	165	100-200 lux
21:36	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	156	100-200 lux
21:40	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	180	100-200 lux
21:44	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	202	100-200 lux
21:49	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	110	100-200 lux
21:52	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	99	100-200 lux
21:57	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	108	100-200 lux
22:05	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	188	100-200 lux
22:12	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	195	100-200 lux
22:17	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	190	100-200 lux
22:21	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	190	100-200 lux
22:25	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	186	100-200 lux
22:29	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	205	100-200 lux
22:32	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	210	100-200 lux
22:35	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	195	100-200 lux
22:38	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	186	100-200 lux
22:41	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	190	100-200 lux
22:44	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	155	100-200 lux
22:48	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	188	100-200 lux
22:51	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	195	100-200 lux
22:56	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	208	100-200 lux
23:00	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	203	100-200 lux
23:10	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	215	100-200 lux
23:15	Bodega de P. T.	General	Mixta	Alta descarga	General	203	100-200 lux
19:02	producción	pasillo	artificial	incandesente	general	300	200-400 lux
19:07	producción	pasillo	artificial	incandesente	general	290	200-400 lux

Continuación del anexo 1.

19:12	producción	pasillo	artificial	incandesente	general	298	200-400 lux
19:17	producción	pasillo	artificial	incandesente	general	302	200-400 lux
19:23	producción	pasillo	artificial	incandesente	general	296	200-400 lux
19:29	producción	pasillo	artificial	incandesente	general	355	200-400 lux
19:33	producción	pasillo	artificial	incandesente	general	318	200-400 lux
19:37	producción	envasado	artificial	incandesente	localizada	345	200-400 lux
19:40	producción	envasado	artificial	incandesente	localizada	208	200-400 lux
19:44	producción	envasado	artificial	incandesente	localizada	295	200-400 lux
19:46	producción	molienda	artificial	incandesente	general	306	200-400 lux
19:51	producción	molienda	artificial	incandesente	general	308	200-400 lux
19:55	producción	envasado	artificial	incandesente	localizada	305	200-400 lux
19:59	producción	envasado	artificial	incandesente	localizada	300	200-400 lux
20:05	producción	molienda	artificial	incandesente	general	285	200-400 lux
20:11	producción	molienda	artificial	incandesente	general	306	200-400 lux
20:15	producción	envasado	artificial	incandesente	localizada	306	200-400 lux
20:21	producción	mezclado	artificial	incandesente	localizada	375	200-400 lux
20:25	producción	mezclado	artificial	incandesente	localizada	315	200-400 lux
20:31	producción	pasillo	artificial	incandesente	general	296	200-400 lux
20:26	producción	pasillo	artificial	incandesente	general	298	200-400 lux
20:31	producción	pasillo	artificial	incandesente	general	306	200-400 lux
20:36	producción	tolvas	artificial	incandesente	general	310	200-400 lux
20:41	producción	tolvas	artificial	incandesente	general	315	200-400 lux
20:55	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	195	200-300
21:02	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	180	200-300
21:07	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	205	200-300
21:12	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	208	200-300
21:16	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	206	200-300
21:21	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	205	200-300
21:25	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	220	200-300
21:29	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	210	200-300
21:33	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	178	200-300
21:36	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	183	200-300
21:41	cafetería	comedor	Mixta	incandesente	general	195	200-300
21:47	cafetería	cocina	Mixta	incandesente	general	198	200-300
21:51	cafetería	cocina	Mixta	incandesente	general	208	200-300
21:57	cafetería	cocina	Mixta	incandesente	general	200	200-300
22:02	cafetería	cocina	Mixta	incandesente	general	207	200-300
18:30	mantenimiento	oficinas	artificial	incandecente	general	450	500
18:33	mantenimiento	oficinas	artificial	incandecente	general	400	500
18:38	mantenimiento	oficinas	artificial	incandecente	general	550	500
18:42	mantenimiento	oficinas	artificial	incandecente	general	535	500
18:47	graneles	oficinas	artificial	incandecente	general	523	500
18:51	graneles	oficinas	artificial	incandecente	general	525	500
18:54	graneles	oficinas	artificial	incandecente	general	546	500
18:59	graneles	oficinas	artificial	incandecente	general	459	500
19:12	producción	oficinas	artificial	incandecente	general	490	500
19:17	producción	oficinas	artificial	incandecente	general	560	500
19:21	producción	oficinas	artificial	incandecente	general	530	500
19:25	producción	oficinas	artificial	incandecente	general	535	500
19:29	control de calidad	oficinas	artificial	incandecente	general	524	500
19:34	control de calidad	oficinas	artificial	incandecente	general	560	500
19:38	control de calidad	oficinas	artificial	incandecente	general	499	500
19:41	control de calidad	oficinas	artificial	incandecente	general	487	500
19:45	producto terminado	oficinas	artificial	incandecente	general	498	500
19:54	producto terminado	oficinas	artificial	incandecente	general	503	500
20:04	producto terminado	oficinas	artificial	incandecente	general	455	500
20:13	producto terminado	oficinas	artificial	incandecente	general	400	500
20:20	materia prima	oficinas	artificial	incandecente	general	305	500
20:25	materia prima	oficinas	artificial	incandecente	general	308	500
20:28	materia prima	oficinas	artificial	incandecente	general	305	500
20:34	materia prima	oficinas	artificial	incandecente	general	312	500

Fuente: grupo PAF.