



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

**CONVERSIÓN DE COMBUSTIBLE BUNKER “C” A GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN
CALDERAS Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS GENERALES EN INDUSTRIAS ALIMENTICIAS KERN’S
Y COMPAÑÍA; SOCIEDAD EN COMANDITA POR ACCIONES**

José Rodrigo Mencos Melgar

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, julio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONVERSIÓN DE COMBUSTIBLE BUNKER "C" A GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN
CALDERAS Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS GENERALES EN INDUSTRIAS ALIMENTICIAS KERN'S
Y COMPAÑÍA; SOCIEDAD EN COMANDITA POR ACCIONES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ RODRIGO MENCOS MELGAR

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JULIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeta
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

CONVERSIÓN DE COMBUSTIBLE BUNKER "C" A GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN CALDERAS Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS GENERALES EN INDUSTRIAS ALIMENTICIAS KERN'S Y COMPAÑÍA; SOCIEDAD EN COMANDITA POR ACCIONES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 10 de octubre de 2017.


José Rodrigo Mencos Melgar



Guatemala, 11 de febrero de 2019.
REF.EPS.DOC.137.02.19.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

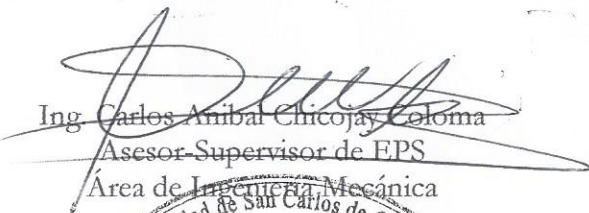
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **José Rodrigo Mencos Melgar** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201313955, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **CONVERSIÓN DE COMBUSTIBLE BUNKER "C" A GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN CALDERAS Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS GENERALES EN INDUSTRIAS ALIMENTICIAS KERN'S Y COMPAÑÍA. SOCIEDAD EN COMANDITA POR ACCIONES.**

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

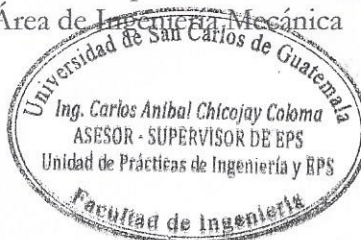
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Anibal Chicojaj Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
CACC/ra





Guatemala, 11 de febrero de 2019
REF.EPS.D.42.02.19

Ing. Roberto Guzmán Ortíz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Guzmán Ortíz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **CONVERSIÓN DE COMBUSTIBLE BUNKER "C" A GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN CALDERAS Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS GENERALES EN INDUSTRIAS ALIMENTICIAS KERN'S Y COMPAÑÍA. SOCIEDAD EN COMANDITA POR ACCIONES**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **José Rodrigo Mencos Melgar** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñada a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS



OAH/ra



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.049.2019

El Revisor de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **CONVERSIÓN DE COMBUSTIBLE BUNKER "C" A GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN CALDERAS Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS GENERALES EN INDUSTRIAS ALIMENTICIAS KERN'S Y COMPAÑÍA. SOCIEDAD EN COMANDITA POR ACCIONES** del estudiante **José Rodrigo Mencos Melgar**, CUI 2537678490101, Reg. Académico No. 201313955 y habiendo realizado la revisión de Escuela, se autoriza para que continúe su trámite en la oficina de Lingüística, Unidad de Planificación.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Revisor
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, febrero de 2019
/aej



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.187.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **CONVERSIÓN DE COMBUSTIBLE BUNKER "C" A GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN CALDERAS Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS GENERALES EN INDUSTRIAS ALIMENTICIAS KERN'S Y COMPAÑÍA. SOCIEDAD EN COMANDITA POR ACCIONES** del estudiante **José Rodrigo Mencos Melgar**, CUI 2537678490101, Reg. Académico No. **201313955** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzman Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica



Guatemala, julio 2019

/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 305.2019

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, al Trabajo de Graduación titulado: **CONVERSIÓN DE COMBUSTIBLE BUNKER "C" A GAS LICUADO DE PETRÓLEO EN CALDERAS Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS GENERALES EN INDUSTRIAS ALIMENTICIAS KERN'S Y COMPAÑÍA; SOCIEDAD EN COMANDITA POR ACCIONES**, presentado por el estudiante universitario: **José Rodrigo Mencos Melgar**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, julio de 2019

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por brindarme la sabiduría y el entendimiento para alcanzar este importante logro.
- Mis padres** Nineth Virginia Melgar Orellana y Edgar Alfredo Mencos Imeri, por su amor, comprensión, apoyo incondicional y por alentarme siempre a seguir adelante.
- Mi hermana** María Reneé Mencos Melgar, por sus consejos, apoyo y ser fuente de motivación en mi vida.
- Mis abuelos** Ruth Eugenia Orellana Paiz, René Melgar Santizo y Elsy Elvira Imeri Guerra, por ser un pilar importante en mi formación como persona, por su cariño y bendiciones a lo largo de mi vida.
- Mis tías** Silvia María y Gabriela Eugenia Melgar Orellana, por todo su apoyo, por ser parte importante de mi éxito y por tener una gran influencia en mi vida.
- Mi familia** Por el apoyo incondicional y el inmenso cariño que me han dado.

Mis amigos

José Castellanos, Gerson Soc, Jorge Delio, Eduardo Jerez, Bryan Conde, Gustavo Alfaro, Javier Gil, Cristian Argueta y José Orellana, por compartir conocimiento, triunfos y hacer de esta etapa de estudios muy amena.

Todas las personas que me han acompañado en las diferentes etapas y momentos importantes

Gracias por estar siempre conmigo, este triunfo también es de todos ustedes.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la casa de estudios que me brindó el conocimiento y las herramientas necesarias para llegar al éxito profesional.
Mi asesor	Ingeniero Carlos Aníbal Chicojay Coloma, por el seguimiento y consejo brindado durante la realización de este proyecto.
Industrias Alimenticias Kern`s y Cia, S.C.A	Por abrir las puertas y permitirme desarrollar mi proyecto de graduación en su organización.
Departamento de Mantenimiento de Industrias Kern`s	Por su acompañamiento, guía y todo el conocimiento brindado, en especial al Ing. Ricardo Yaguax.
Equipo técnico de Servicios Generales de Industrias Kern`s	Juan Toc, Dimas Guerra, Edelman Morataya, Víctor Marroquín y Edison Pacheco, por todo su apoyo y el conocimiento compartido durante la realización de este proyecto.

ÍNICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XIX
OBJETIVOS	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	2
1.3. Formulación y delimitación del problema	2
1.4. Alcances o limites	4
2. FASE DE INVESTIGACIÓN	5
2.1. Generalidades Industrias Alimenticias Kern´s y Cia, S.C.A	5
2.1.1. Descripción	5
2.1.2. Misión	6
2.1.3. Visión	6
2.1.4. Valores	6
2.1.5. Departamento de mantenimiento	6
2.1.5.1. Misión	7
2.1.5.2. Visión	7
2.1.5.3. Objetivos	7
2.1.5.4. Estructura organizacional	8
2.2. Fundamentación teórica	9

2.2.1.	Calderas.....	10
2.2.1.1.	Calderas pirotubulares	10
2.2.1.2.	Componentes generales de una caldera pirotubular.....	14
2.2.2.	Combustibles	19
2.2.2.1.	Bunker “C”	19
2.2.2.2.	Gas licuado de petróleo (GLP).....	19
2.2.3.	Mantenimiento preventivo	20
2.2.3.1.	Programa de mantenimiento preventivo	20
2.2.3.2.	Objetivo del mantenimiento preventivo en sala de calderas	21
2.2.4.	Criticidad de equipos	22
2.3.	Estudio de ahorro energético en consumo eléctrico de equipos utilizando bunker “C” y GLP	23
2.3.1.	Delimitación del estudio.....	24
2.3.2.	Factores para realización de cálculos	24
2.3.3.	Análisis de consumo eléctrico mediante utilización de combustible bunker “C” para producción de vapor	25
2.3.3.1.	Equipo analizado.....	25
2.3.3.2.	Cálculo de costos de producción de vapor utilizando combustible bunker “C”.....	27
2.3.4.	Análisis de consumo eléctrico mediante utilización de GLP como combustible para generación de vapor	29
2.3.4.1.	Equipo analizado.....	29

	2.3.4.2.	Cálculo de costos de producción de vapor utilizando combustible GLP.....	30	
	2.3.5.	Comparación de costos en consumo eléctrico por generación de vapor.....	31	
2.4.		Estudio comparativo de costos de operación y emisiones utilizando bunker “C” y GLP para la producción de vapor.....	32	
	2.4.1.	Costos de operación.....	32	
		2.4.1.1. Delimitación del estudio	32	
		2.4.1.2. Factores para realización de cálculos..	33	
		2.4.1.3. Costos y parámetros de operación bunker “C” y GLP.....	34	
	2.4.2.	Emisiones de gases en la producción de vapor producto de la combustión de combustible bunker C y GLP	36	
		2.4.2.1. Delimitación del estudio	36	
		2.4.2.2. Factores para realización de cálculos..	36	
		2.4.2.3. Emisiones producidas	37	
	2.4.3.	Comparación de resultados obtenidos en costos de operación y emisiones producidas por producción de vapor utilizando bunker “C” y GLP...	37	
2.5.		Determinación de costo del proyecto	38	
3.		FASE TÉCNICO PROFESIONAL.....	41	
	3.1.	Conversión de combustible bunker “C” a gas licuado de petróleo en caldera núm. 2	41	
		3.1.1. Análisis de situación actual.....	41	
			3.1.1.1. Inspección interna	42
			3.1.1.2. Inspección externa	46
		3.1.2. Metodología de registro de información	48	

3.1.2.1.	Registros físicos	48
3.1.2.2.	Registros por medios digitales	50
3.1.3.	Seguimiento semanal del proceso de conversión...	51
3.1.3.1.	Semana 1	52
3.1.3.2.	Semana 2	59
3.1.3.3.	Semana 3	65
3.1.3.4.	Semana 4	70
3.1.3.5.	Semana 5	74
3.1.3.6.	Semana 6	78
3.1.3.7.	Semana 7	84
3.1.3.8.	Semana 8	91
3.1.3.9.	Semana 9	96
3.1.3.10.	Semana 10	104
3.1.3.11.	Semana 11	110
3.1.3.12.	Semana 12	116
3.1.3.13.	Semana 13	122
3.1.3.14.	Semana 18	124
3.1.4.	Comparativo de partes con mayor desgaste.....	126
3.1.5.	Informes de trabajos específicos realizados durante el proceso de conversión	130
3.1.6.	Materiales utilizados	138
3.1.7.	Equipos instalados.....	141
3.1.7.1.	Quemador ProFire LND (Low-NOx)...	141
3.2.	Actualización del plan de mantenimiento preventivo en área de calderas	142
3.2.1.	Metodología implementada para la actualización del plan de mantenimiento preventivo.....	142
3.2.1.1.	Sistema de gestión de mantenimiento preventivo	143

3.2.1.2.	Fases realizadas para la actualización del plan de mantenimiento preventivo	145
3.2.2.	Ejecución de la actualización del plan de mantenimiento preventivo en área de calderas	148
3.2.2.1.	Selección de equipos	149
3.2.2.2.	Archivo técnico	149
3.2.2.3.	Identificación de partes	150
3.2.2.4.	Identificación de subpartes.....	152
3.2.2.5.	Análisis de fallos por nivel de gravedad.....	156
3.2.2.6.	Manual de mantenimiento preventivo	157
3.2.2.7.	Análisis de criticidad de equipos	159
3.3.	Actualización de las rutinas de inspección diaria-semanal del Departamento de Servicios Generales.....	163
3.3.1.	Rutina de inspección sala de máquinas.....	163
3.3.2.	Bitácora de control de GLP.....	167
3.3.3.	Rutinas adicionales.....	170
4.	FASE DE DOCENCIA.....	173
4.1.	Capacitación sobre los nuevos formatos de rutinas de inspección y actualizaciones realizadas al plan de mantenimiento preventivo.....	173
4.1.1.	Guía de capacitación	173
4.2.	Capacitación para el uso correcto y operación de la caldera y del nuevo sistema de combustible instalado	178
4.3.	Capacitación sobre la utilización del sistema de diluvio instalada para el tanque del GLP	179
4.4.	Presentación de resultados	180

CONCLUSIONES..... 181
RECOMENDACIONES 183
BIBLIOGRAFIA..... 185
APÉNDICES 187
ANEXOS..... 201

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura organizacional del departamento de mantenimiento	9
2.	Caldera pirotubular	11
3.	Componentes principales de una caldera pirotubular	14
4.	Quemador de gas LP	15
5.	Placa caldera York Shipley.....	42
6.	Espejo frontal.....	43
7.	Espejo trasero.....	44
8.	Zona de tubos	45
9.	Cordón de soldadura por reparación.....	45
10.	Fisuras en puerta trasera.....	46
11.	Ventanas realizadas para inspección de cilindro de caldera	47
12.	Corrosión y condición general de pintura en caldera	47
13.	Apertura de caldera	52
14.	Desmontaje de recubrimiento (lámina).....	53
15.	Caldera luego del desmontaje de fibra aislante	54
16.	Limpieza de tubo central de caldera.....	55
17.	Limpieza de tubos.....	56
18.	Rompimiento de refractario en puerta trasera.....	57
19.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 1	59
20.	Limpieza de cilindro cepillado con pulidora	60
21.	Desmontaje de motor principal	61
22.	Medición de espesores de cilindro utilizando ultrasonido	62

23.	Aplicación de pintura base	63
24.	Pintura base en espejos	63
25.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 2	65
26.	Eliminación de pintura con base en caldera.....	66
27.	Desmontaje de antiguo refractario final del primer paso.....	67
28.	Eliminación de antiguo refractario cámara de fuego	68
29.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 3	70
30.	Instalación de soportes para fibra y lámina	71
31.	Corte de antiguo soporte de quemador.....	72
32.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 4	74
33.	Instalación de fibra aislante	75
34.	Finalización de proceso de instalación de fibra aislante	76
35.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 5	78
36.	Puerta trasera luego de limpieza y cepillado.....	79
37.	Pines para sujeción de fibra aislante.....	80
38.	Pulido en superficies de puesta trasera	81
39.	Fabricación de bases para pernos en caldera	82
40.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 6	84
41.	Soldadura de bases para pernos a cuerpo de caldera	85
42.	Pines y moldura para fundición de refractario final del primer paso	86
43.	Medición y corte de fibra aislante para puerta trasera	87
44.	Puerta preparada para proceso de fundición	88
45.	Moldura de refractario final del primer paso.....	88
46.	Puerta trasera luego de proceso de fundición de refractario	89

47.	Fundición de refractario final de primer paso	89
48.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 7	91
49.	Instalación de recubrimiento de lámina	92
50.	Instalación de flange para acople de nuevo quemador.....	93
51.	Expansión de tubos de caldera	94
52.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 8	96
53.	Cono refractario prefabricado de cámara de fuego.....	97
54.	Instalación de pernos para acople de quemador	98
55.	Verificación de pernos sobre plantilla. Base para montaje de panel de control	99
56.	Montaje de quemador.....	100
57.	Conexión de componentes en panel de control.....	101
58.	Montaje de refractario en cámara de fuego.....	101
59.	Instalación de fibra aislante en puertas delanteras	102
60.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 9	104
61.	Instalación de ladrillos refractario rompefuego.....	105
62.	Instalación de válvulas de seguridad.....	106
63.	Montaje de puertas traseras	107
64.	Montaje de puertas delanteras	108
65.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 1	110
66.	Soldadura de perfil para ajuste de pernos puerta-caldera	111
67.	Instalación de sistema de recirculación de bunker.....	112
68.	Instalación de base o soporte del cuerpo del quemador	112
69.	Instalación de sistemas de control entrada de GLP.....	113
70.	Conexión de sistemas de control y eléctricos.	114

71.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 11	116
72.	Instalación de tren de gas	117
73.	Condiciones de prueba de alarma y apagado automático de caldera por incremento de presión	118
74.	Limpieza de inyectores de bunker.....	118
75.	Mirilla dañada	119
76.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 12	121
77.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 13	123
78.	Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 18	125
79.	Refractario puerta trasera antes y después de proceso de conversión.....	126
80.	Moldura de mirilla en puerta trasera.....	127
81.	Zona afectada por corrosión acida por acumulación de hollín	128
82.	Estado inicial de pintura en caldera.....	129
83.	Estado pintura luego de proceso de conversión y mantenimiento	129
84.	Localización de puntos de medición lado derecho de caldera	132
85.	Demarcación de puntos de medición lado derecho de caldera	133
86.	Zonas a proteger de corrosión ácida en espejo trasero.....	135
87.	Tubo de mirilla a eliminar	136
88.	Incrustación en difusor de entrada de agua a caldera	137
89.	Quemador ProFire LND.....	141
90.	Fases para le gestión del mantenimiento preventivo en IAK.....	143
91.	Capacitación nuevas metodologías.....	176
92.	Capacitación nuevas metodologías.....	177
93.	Participantes del programa de capacitación	177

TABLAS

I.	Características de una caldera pirotubular.....	13
II.	Factores autorizados para realización de cálculos	24
III.	Especificaciones de equipos utilizados para producción de vapor con combustible bunker “C”.....	26
IV.	Cálculo de costos en consumo eléctrico utilizando bunker “C”	27
V.	Proyección mensual y anual de costo obtenido (bunker “C”)	28
VI.	Especificaciones de equipos utilizados para producción de vapor con combustible GLP.....	29
VII.	Cálculo de costos en consumo eléctrico utilizando GLP	30
VIII.	Proyección mensual y anual del costo obtenido (GLP).....	31
IX.	Factores autorizados para realización de cálculos	34
X.	Costos y parámetros obtenidos para combustible bunker “C”	34
XI.	Costos y parámetros obtenidos para combustible GLP	35
XII.	Comparativo de costos de operación de combustible analizados	35
XIII.	Factores de emisiones para combustibles	37
XIV.	Valores obtenidos de emisiones generadas por producción de vapor utilizando bunker “C” y GLP	37
XV.	Desglose de costos y costo total de conversión de caldera.	39
XVI.	Datos generales del equipo	41
XVII.	Resumen comparativo de actividades semana 1.....	58
XVIII.	Resumen comparativo de actividades semana 2.....	64
XIX.	Resumen comparativo de actividades semana 3.....	69
XX.	Resumen comparativo de actividades semana 4.....	73
XXI.	Resumen comparativo de actividades semana 5.....	77
XXII.	Resumen comparativo de actividades semana 6.....	83
XXIII.	Resumen comparativo de actividades semana 7.....	90
XXIV.	Resumen comparativo de actividades semana 8.....	95

XXV.	Resumen comparativo de actividades semana 9	103
XXVI.	Resumen comparativo de actividades semana 10	109
XXVII.	Resumen comparativo de actividades semana 11	115
XXVIII.	Resumen comparativo de actividades semana 12	120
XXIX.	Resumen comparativo de actividades semana 13	122
XXX.	Resumen comparativo de actividades semana 18	124
XXXI.	Informe visita técnica de inspección en caldera núm. 2.....	130
XXXII.	Localización de puntos de medición para ultrasonido en cilindro	132
XXXIII.	Mediciones de espesores en cilindro	133
XXXIV.	Reporte prueba hidrostática	138
XXXV.	Materiales utilizados en proceso de conversión.....	139
XXXVI.	Identificación de partes caldera núm. 1	150
XXXVII.	Identificación de partes caldera núm. 3.....	151
XXXVIII.	Identificación de partes sistema de combustible bunker “C”	151
XXXIX.	Identificación de partes sistemas complementarios.....	151
XL.	Identificación de subpartes caldera núm. 1	153
XLI.	Identificación de subpartes caldera 3.....	154
XLII.	Identificación de subpartes Sistema de combustible Bunker “C”	155
XLIII.	Identificación de subpartes Sistemas complementarios	155
XLIV.	Niveles de criticidad por parámetros	160
XLV.	Estudio de criticidad calderas.....	161
XLVI.	Estudio de criticidad agua de calderas.....	162
XLVII.	Estudio de criticidad sistema GLP	162
XLVIII.	Resumen de bitácora de control GLP	169
XLIX.	Motor de búsqueda por fecha (bitácora GLP)	169
L.	Programa de capacitación	175
LI.	Agenda de capacitación	176

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
BTU	<i>British Thermal Unit</i> / unidad térmica británica
hp	<i>Horsepower</i> / caballo de potencia
Bhp	Caballo de potencia en calderas
cm	Centímetro
CO₂	Dióxido de carbono
\$	Dólar estadounidense
h	Entalpia
gal	Galón
hr	Hora
kg	Kilogramo
kW	Kilowatt
Lb	Libra
psi	<i>Pund per square inch</i> / Libra por pulgada cuadrada
P	Presión
Q	Quetzales
T	Temperatura
Ton	Tonelada

GLOSARIO

Angular	Pieza de construcción, generalmente de hierro, cuya sección transversal tiene forma de ángulo.
Automatización	Convertir ciertos movimientos en movimientos automáticos.
Cajetín	Sello con que en determinados papeles de las oficinas y en títulos se estampan diversas anotaciones.
Corrosión	Desgaste paulatino de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos, persista o no su forma.
Criticidad	Condición de crítico.
Destilación	Calentar un cuerpo hasta evaporar su sustancia volátil que, enfriada después, recupera su estado líquido.
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado
Fisura	Grieta que se produce en un objeto.
Formato	Conjunto de características técnicas y de presentación de una publicación periódica.

Fraguado	Trabar y endurecerse consistentemente en la obra fabricada.
GLP	Gas licuado de petróleo
Gradiente	Razón entre la variación del valor de una magnitud en dos puntos próximos y la distancia que los separa.
Hidrocarburo	Compuesto resultante de la combinación del carbono con el hidrógeno.
IAK	Industrias Alimenticias Kern´s
Inocuidad	Garantía del alimento que no causará daño al consumidor.
Manómetro	Instrumento que mide presión.
Metrología	Ciencia que tiene por objeto el estudio de los sistemas de pesas y medidas.
Oxicorte	Técnica de cortar metales con soplete oxiacetilénico.
Polispasto	Aparejo de dos grupos de poleas uno fijo y otro móvil.
Refractario	Dicho de un material que resiste la acción del fuego sin alterarse.

Solenoides

Bobina cilíndrica de hilo conductor enrollado de manera que la corriente eléctrica produzca un intenso campo magnético.

RESUMEN

Industrias Alimenticias Kern's y Cia., S.C.A es una empresa que basándose en sus políticas internas busca implementar proyectos que permitan una mejora continua en el ámbito medio ambiental, obteniendo un beneficio no solo para la empresa, sino también para sus clientes y proveedores. Es por esto que se implementa la conversión del combustible bunker "C" a GLP en caldera núm. 2, y la actualización del plan de mantenimiento preventivo en el área de calderas, siendo estos últimos las bases para realización de este Ejercicio Profesional Supervisado o EPS.

La actualización del plan del mantenimiento preventivo se basó en la selección de los equipos, división de partes y subpartes, realización de hojas F.M.E.A. y la generación de las respectivas rutinas de mantenimiento preventivo.

El seguimiento al proceso de conversión se llevó a cabo mediante la utilización de formatos de registro de información, tanto por medios escritos como digitales, incluyendo un archivo general fotográfico capturado a lo largo del proyecto, cronogramas comparativos de cumplimiento de actividades y reportes sobre trabajos específicos realizados. También se incluye un estudio de ahorro de energía eléctrica por costos de producción de vapor por utilización de GLP en relación con el bunker "C".

Entre los resultados del proyecto se encuentra la generación de una base de datos tanto física como digital sobre el proceso de conversión de combustible, las nuevas rutinas de mantenimiento y personal técnico más capacitado; con acceso a todo lo anterior ya mencionado.

OBJETIVOS

General

Implementar la conversión de combustible bunker "C" a GLP en caldera núm.2, como punto pivote para la actualización del plan de mantenimiento preventivo en área de calderas y lograr la reducción en la emisión de gases contaminantes al medio ambiente.

Específicos

1. Realizar un estudio comparativo de consumo en energía eléctrica, costos de operación y emisiones de gases en la utilización de los combustibles bunker "C" y GLP.
2. Estructurar la documentación, brindar seguimiento y planeación, en el proceso de conversión de combustible bunker "C" a GLP en la caldera núm. 2.
3. Actualizar el plan de mantenimiento preventivo para el área de calderas.
4. Capacitar al personal técnico para la correcta operación de la caldera e implementación de los nuevos planes de mantenimiento preventivo, haciendo énfasis en las rutinas de inspección diaria-semanal y equipos críticos.

INTRODUCCIÓN

La ingeniería ha permitido que la industrialización sea un factor necesario en cada una de las empresas cuyo objetivo es liderar los distintos mercados en los cuales se desenvuelven, haciendo que los procesos sean más rápidos, con mejoras en eficiencia energética y presentando una notable reducción de emisiones nocivas al medio ambiente, siendo estos dos últimos, los factores más importantes abordados actualmente, esto sin importar el tipo de industria en el cual se aplique.

La generación y utilización de vapor continúa siendo uno de los pilares para la realización de distintos procesos en la mayoría de las industrias y aún más en una industria de alimentos, por lo tanto, las calderas son de vital importancia, representando el corazón de la planta de producción en Industrias Alimenticias Kern´s y Cia., S.C.A.

En el presente documento se encuentra contenida la información referente a la realización del proyecto, en el cual se basa este Ejercicio Profesional Supervisado, el cual consta de tres etapas.

La primera de estas etapas, denominada fase de investigación presenta un enfoque a la búsqueda de datos, en la cual se da a conocer la información general de la fuente de práctica, la fundamentación teórica, la realización de un estudio comparativo sobre la utilización de GLP en relación al bunker "C".

La siguiente consiste en la fase técnico-profesional la cual abarca el proceso de conversión de combustible bunker "C" a GLP, la actualización de los

formatos de rutina de inspección diaria-semanal y la actualización del plan de mantenimiento preventivo para el área de calderas.

Por último la fase de docencia, que comprende la información referente a las capacitaciones brindadas al personal técnico sobre los distintos formatos y las nuevas modalidades de trabajo para toda la documentación generada y los equipos instalados.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El proyecto surge de la propuesta de generar un cambio en la forma de alimentación de combustible en el área de calderas, como medio de mejora, reduciendo la emisión de desechos por la utilización de combustible bunker.

- Se realizó una intervención mecánica, en la cual se programó una evaluación general y el ajuste de caldera número dos.
- El 29 de julio del 2017 se procede a realizar la instalación del tanque GLP el cual posee una capacidad de 11 037 galones. Con un diámetro de 2,91 m y una longitud de 10,38 m. El objetivo de dicho tanque es el almacenamiento del combustible para suministro de la caldera dos.
- Instalación de dos evaporadores Algas-SDI *direct fired vaporizers*.
- Instalación de un tanque tipo pulmón, con una capacidad de 777 galones, un diámetro de 60,96 cm y una longitud de 183 cm.
- Programa de mantenimiento preventivo para área de calderas con última fecha de revisión en febrero de 2006.
- Rutina de inspección diaria-semanal con última fecha de revisión 18 de febrero de 2015.

1.2. Justificación

La reducción de contaminación al medio ambiente y la eficiencia energética son consideradas actualmente como los pilares para la búsqueda de mejoras en los diversos modelos de mercado. Es por esta razón que Industrias Alimenticias Kern's y Cia., S.C.A, para la reducción de emisiones contaminantes se ha visto en la necesidad de la implementación de un proyecto el cual permita la sustitución del combustible bunker "C", que es actualmente utilizado como medio principal de alimentación para la generación de vapor en el área de calderas, a una opción más limpia al momento de la combustión, como lo es el GLP.

Durante el proceso de conversión se planea instalar nuevos equipos a la caldera, agregar instrumentación y debido a que con el paso del tiempo los programas de mantenimiento de esta área se encuentran sin actualización o no existen, es necesaria la generación, readecuación y el rediseño de los distintos formatos de levantamiento de datos, nuevos listados de equipos, para estandarizar dicho programa a las necesidades actuales del departamento de servicios y de la planta de producción.

1.3. Formulación y delimitación del problema

Debido a la generación y liberación al ambiente de residuos contaminantes (hollín) producto de la combustión de bunker como el actual combustible para las calderas, se ha optado por realizar el cambio de quemador en caldera número dos para la utilización de GLP como fuente principal de combustible, para así eliminar dichos residuos.

A su vez el proyecto se plantea como un punto pivote para la actualización de los programas de mantenimiento preventivo para el área de calderas, y la rutina de inspección diaria-semanal para el departamento de servicios, documentos con última fecha de revisión en febrero del año 2006 y el 18 de febrero del año 2015 respectivamente.

Con esta actualización se pretende incluir los equipos ya existentes y los nuevos a incorporar, el inconveniente con la forma de realización de los mantenimientos es que debido a su falta de actualización hay muchos equipos y parámetros que no son analizados en estos momentos.

La sala de máquinas o área de calderas se encuentra conformada por tres calderas y todos los equipos necesarios para que estas funcionen, las mismas están identificadas en base a la posición en la cual se encuentran instaladas, como caldera número 1, 2 y 3.

Caldera # 1

- Marca: york Shipley.
- Modelo: SPH-600-6 9377
- Tipo: Ingneotubular, 3 pasos, espalda seca.
- Potencia: 600 Bhp
- Año: 1965

Caldera # 2

- Marca: York Shipley
- Modelo: SPH-800_6 131200
- Tipo: Igneotubular, 3 pasos, espalda seca

- Potencia: 800 Bhp
- Presión max. diseño: 150 psi
- Presión de trabajo: 120 psi
- Posición horizontal.
- Año: 1970

El proyecto de cambio de quemador, comprendido en este ejercicio profesional supervisado, se llevará a cabo únicamente en la caldera # 2 de la planta de producción.

Caldera # 3

- Marca: Cleaver Brooks
- Modelo: CB-600-600
- Tipo: Ingneotubular, 4 pasos, espalda seca
- Potencia: 600 Bhp
- Año: 1986

1.4. Alcances o limites

La realización de dicho proyecto se encuentra comprendido en el Departamento de Servicios Generales adjunto al Departamento de Mantenimiento, el cual se llevará a cabo en el área de calderas, implementando la conversión de combustible bunker "C" a GLP en la caldera número dos. Y la implementación de nuevos planes de mantenimiento preventivo para caldera # 1 y caldera # 3, la rutina de inspección diaria-semanal para los equipos pertenecientes al departamento de servicios.

2. FASE DE INVESTIGACIÓN

2.1. Generalidades Industrias Alimenticias Kern´s y Cia, S.C.A

Es una empresa de origen nacional, perteneciente hoy en día a Florida Ice & Farm Co., con renombre a nivel centroamericano, dedicada a la fabricación y distribución de productos alimenticios, siendo una de las industrias que lideran este tipo de mercado en Guatemala.

2.1.1. Descripción

Industrias Alimenticias Kern`s es una empresa dedicada a ofrecer productos naturales de alta calidad, a base de frutas, sin preservantes, ni colorantes artificiales, productos saludables y nutritivos que pueden ofrecerse a toda la familia y que contribuyen a una mejor calidad de vida para los consumidores; como lo son: jugos, salsas y frijol en cada una de sus diferentes presentaciones.

Posee una larga historia desde su fecha de fundación en 1920 y se encuentra ubicada en el kilómetro 6,5 carretera al atlántico en la zona 18 de la ciudad capital. Con un total estimado de ochocientos colaboradores distribuidos en las diferentes áreas que la conforman, como: producción, servicios generales, mantenimiento, entre otros. Se encuentra dentro de la clasificación de una empresa grande.

2.1.2. Misión

Promover el desarrollo integral de quienes aquí laboramos para que a través de un excelente servicio y del trabajo en equipo, logremos la producción y distribución rentable que satisfagan las expectativas del consumidor, siendo vanguardistas y consolidándonos en el mercado centroamericano y norteamericano.

2.1.3. Visión

Con el esfuerzo diario de todos, seremos la empresa líder fabricante y distribuidora de alimentos y productos de alta calidad, comprometida a conquistar permanentemente la satisfacción de consumidores, consolidando nuestras marcas como las mejores del mercado.

2.1.4. Valores

- Pasión por ganar
- Celebración
- Imaginación
- Sostenibilidad

2.1.5. Departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento es el encargado de brindar el soporte técnico electromecánico a todos los equipos instalados en planta, como líneas de producción y equipos complementarios a estas. Así como el departamento de servicios generales que pertenece a este, el cual se encuentra conformado por el área de calderas, tema central de este Ejercicio Profesional Supervisado,

subestación eléctrica, sistemas de suministro de agua y planta de tratamiento de aguas residuales.

2.1.5.1. Misión

Comprometernos con nuestros clientes internos de IAK a conseguir que la empresa sea más rentable, reduciendo costos, generando compromiso y responsabilidad de nuestros colaboradores. Eliminar los costos innecesarios, reducir las averías, aumentar la disponibilidad de la maquinaria y mejorar el proceso productivo potenciando el talento y la innovación.

2.1.5.2. Visión

Ser un equipo confiable que brinde una gestión exitosa para el funcionamiento óptimo de la planta Kern's mediante una planificación y ejecución consolidada y resaltando la labor integral del personal en su compartir diario.

2.1.5.3. Objetivos

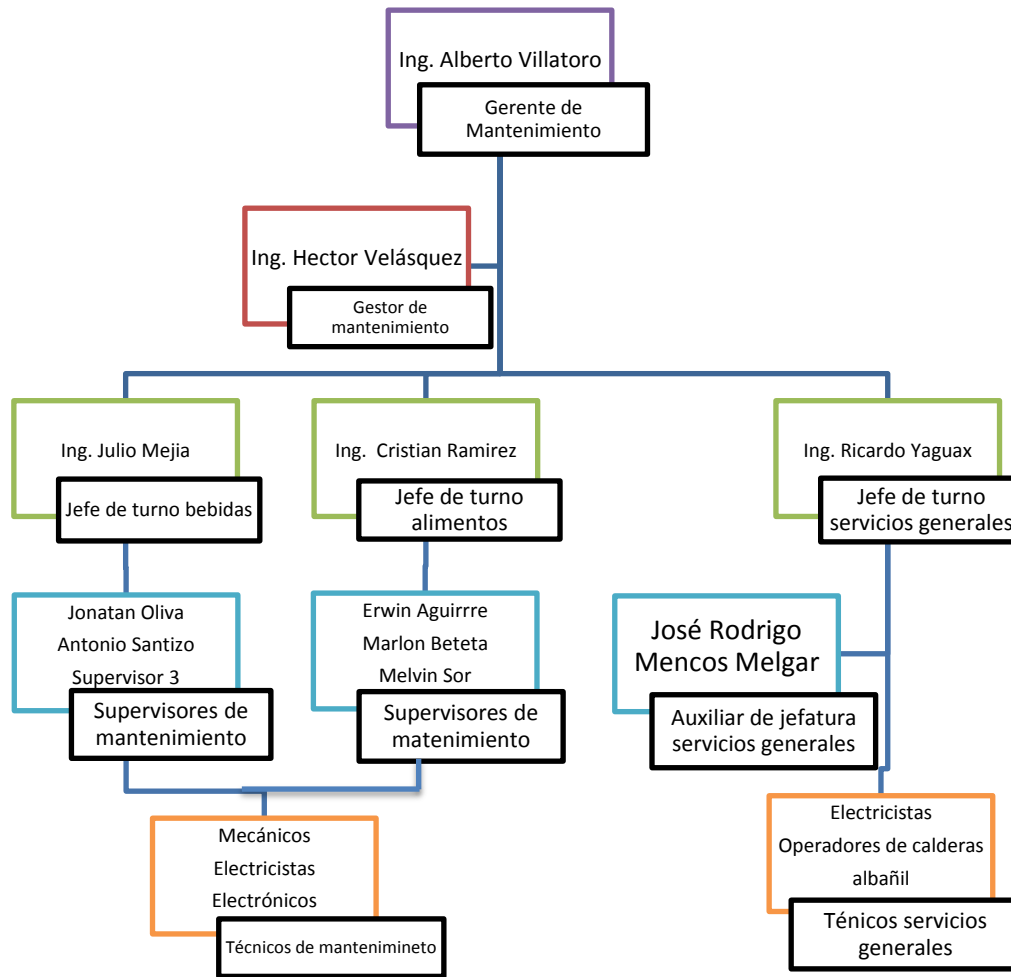
- Cumplir con los programas de mantenimiento preventivo y correctivo que permitan operar la planta de acuerdo con las necesidades de producción.
- Preservar dentro de los límites económicos establecidos, el costo de ciclo de vida de los activos de la empresa.
- Mantener la calidad y cantidad de servicio que entrega un recurso o sistema de recursos, dentro de los parámetros esperados, durante su tiempo programado de funcionamiento.

2.1.5.4. Estructura organizacional

La estructura del departamento se base en un gerente de mantenimiento el cual se encarga de liderar un equipo de tres jefes de turno, de estos últimos uno para cada una de las tres áreas principales del departamento, servicios, bebidas y alimentos respectivamente. Seguido de un gestor de mantenimiento preventivo el cual se responsabiliza de la coordinación con proveedores y personal interno para el cumplimiento de los planes de mantenimiento preventivo en las diferentes frecuencias en las cuales estos deben de realizarse.

El departamento cuenta con seis supervisores, los cuales se dividen en equipos de trabajo específicos, esto con el objetivo de cubrir las dos principales áreas de la empresa las cuales son: las líneas de producción de bebidas y alimentos. A su vez los supervisores son los responsables directos de liderar al equipo técnico de mantenimiento, conformado por mecánicos, electricistas, operadores de tornos y lubricadores.

Figura 1. Estructura organizacional del departamento de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

2.2. Fundamentación teórica

Las calderas se encuentran dentro de los equipos principales en las plantas productivas esto debido a la importancia que tiene el vapor en términos energéticos, es por esto que la búsqueda en la mejora de la eficiencia de un

equipo siempre será un factor principal, así como su mantenimiento para poder restablecer condiciones básicas de operación y así alargar la vida útil de estos equipos.

2.2.1. Calderas

Una caldera consiste esencialmente en un recipiente que contiene agua que se transforma en vapor por la aplicación de calor. Para llevar a la práctica esta función básica, los diseñadores han concebido innumerables configuraciones y variaciones de esencialmente dos tipos generales de caldera:

- Calderas pirotubulares
- Calderas acuotubulares

En cada caso, la función de la caldera es transferir el calor de los gases de combustión al agua alimentada, para llevarla al punto de ebullición a una presión de operación determinada.

2.2.1.1. Calderas pirotubulares

En las calderas pirotubulares, los gases de combustión calientes se hacen pasar a través de una serie de tubos. Los tubos están sumergidos en el agua de la caldera y actúan como el medio de transferencia de calor. Las calderas pirotubulares se clasifican generalmente como calderas de concha, ya que el agua y el vapor están contenidos dentro de una coraza que aloja los elementos que producen el vapor.

Son normalmente de construcción simple y fuerte, y son relativamente baratas. Otra ventaja es su flexibilidad para adaptarse rápidamente a cambios

de carga, aunque son un tanto lentas en alcanzar la presión de operación a partir de un arranque en frío debido a su gran contenido de agua.

Figura 2. **Caldera pirotubular**



Fuente: Cleaver Brooks. *Products & Solutions: large capacity Boilers*. p. 39.

Existen dos configuraciones generales de calderas pirotubulares:

- Caldera tubular de retorno horizontal: consiste en una concha o tambor con tubos de flujo de gas que se extienden a lo largo de ella a través del espacio de agua. El cilindro va suspendido de una armazón de acero dentro de una cámara de ladrillo la cual forma un horno.
- Caldera tipo escocés: es una caldera de horno integrado. Estas calderas son esencialmente completas; el horno que tiene forma cilíndrica está en el centro de la caldera y los tubos de fuego se extienden al lado y encima de él.

Ventajas

- Menos costo inicial debido a la simplicidad de diseño en comparación con las acuotubulares de igual capacidad.
- Mayor flexibilidad de operación, ya que el gran volumen de agua permite absorber fácilmente las fluctuaciones en la demanda de vapor.
- Menores exigencias de pureza en el agua de alimentación, porque las incrustaciones formadas en el exterior de los tubos son más fáciles de atacar y son eliminadas por las purgas.

Desventajas

- Mayor tamaño y peso que las acuotubulares de igual capacidad.
- Mayor tiempo para subir presión y entrar en funcionamiento.
- Gran peligro en caso de explosión o ruptura, debido al gran volumen de agua almacenado.
- No son empleadas para altas presiones.

Tabla I. **Características de una caldera pirotubular**

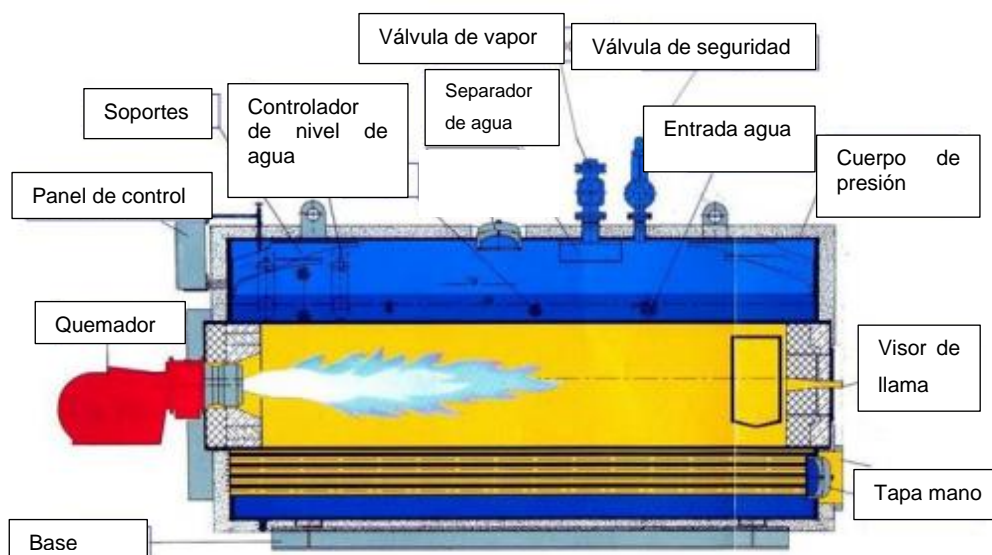
Calidad del agua	Menores exigencias, posible funcionamiento con salinidad del agua.
Mantenimiento	Fácil de limpiar.
Revisiones periódicas	Inspección ordinaria, seguida de una prueba hidrostática, raramente son necesarias otras pruebas de carácter no destructivo, como, por ejemplo: mediciones con ultrasonidos, en caso contrario se efectúan en zonas muy reducidas
Costes para niveles comparables de gasto de fabricación y calidad	Menores.
Rendimiento	Mayor, de fácil mantenimiento.
Características de la carga parcial	Puede aprovecharse el control del quemador; cuando caiga por debajo de la carga mínima, el quemador puede apagarse sin problemas.
Contenido de agua	Mayor, debido a su diseño.
Capacidad de acumulación	Debido al alto volumen de agua, no es susceptible a las fluctuaciones de presión y carga.
Necesidades de espacio	Reducidas.
Tiempo necesario para el montaje y puesta en marcha inicial	Reducido.

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.2. Componentes generales de una caldera pirotubular

A continuación, se observa la figura 3, donde se muestran los componentes principales de una caldera pirotubular.

Figura 3. Componentes principales de una caldera pirotubular



Fuente: CIRE. *Manual de manejo de calderas*. p. 12.

- Cámara de combustión u hogar de combustión

La cámara de combustión, de construcción cilíndrica y disposición horizontal, puede fabricarse en ejecución lisa u ondulada, en función del tamaño de la caldera y de la presión de trabajo de esta. Es la encargada de contener la llama del quemador e iniciar el intercambio de energía por radiación.

- Quemador

Es el equipo que mezcla el combustible (líquido o gaseoso) con el aire, dando la chispa necesaria para que se inicie la combustión e inyectando esa llama generada en el interior de la cámara de combustión. Generalmente instalados en calderas industriales que generan agua caliente, aire caliente o vapor para procesos y áreas de trabajo.

Hoy en día, los quemadores industriales incorporan sistemas digitales de control que informan de las principales variables que condicionan la combustión, y controlan el funcionamiento continuo del proceso a través de la evaluación de los distintos parámetros. También pueden incorporar sistemas de control de velocidad, que controlan la mezcla de combustible-aire para adaptarla a la demanda real.

Figura 4. **Quemador de gas LP**



Fuente: Cleaver Brooks. *Products & Solutions, Industrial Boilers*. p. 43.

- Cámara de inversión de gases (solo en las calderas de tres pasos de gases)

Este elemento es el encargado de reconducir los gases de la combustión hacia el haz tubular o II (2do.) paso de gases, haciendo cambiar de dirección a los mismos.

- Fondo delantero y trasero exterior

De forma circular, van soldados a la virola exterior y, al igual que ésta, evita que los fluidos salgan. En estas piezas van soldados los tubos de humos del II y III paso de gases, así como puertas de registro e inspección y cajones recolectores de gases.

- Fondo delantero y trasero interior (solo en calderas de tres pasos de gases)

De forma circular, van soldados a la virola de la cámara de inversión. Su misión es la de contener los productos de la combustión. En el fondo delantero van soldados los tubos de segundo paso de gases y en el fondo trasero van soldados entre éste y el fondo trasero exterior unos tubos huecos para dar al conjunto robustez y flexibilidad.

- Chimenea

Es el conjunto de salida de los gases y humos de la combustión para la atmosfera. Además, tiene como función producir el tiro necesario para obtener una adecuada combustión.

- Cámara de agua

Es el volumen de la caldera que está ocupada por el agua que contiene y tiene como límite superior un cierto nivel mínimo, que no debe descender nunca el agua durante su funcionamiento.

- Columna de nivel

Es el indicador del nivel o la cantidad de agua que se encuentra dentro de la caldera.

- Cilindro

Este elemento es de forma cilíndrica y es el encargado de contener los fluidos (agua/vapor) y evitar que estos salgan, en la misma van montadas las tubuladuras de control y supervisión, tales como los controles de nivel, los indicadores ópticos de nivel y orificios de inspección del lado de agua, entre otros.

- Accesorios

- Indicadores de nivel de agua

Toda caldera deberá estar provista, de un mínimo de dos indicadores de nivel de agua, independientes entre sí. Siendo uno de ellos de observación directa.

- Indicadores de presión

Toda caldera estará provista de uno o más manómetros que se conectarán a la cámara de vapor de la caldera mediante un tubo que forme un sello de agua.

- Analizadores de gases

Son equipos que sirven para controlar la calidad de la combustión dentro del hogar, a través del análisis de los gases que salen por la chimenea.

- Bombas

Este accesorio al igual que el inyector, permite reponer el agua que se ha vaporizado en el interior de la caldera. Entre éstas se tienen bombas centrifugas y de embolo.

- Llaves de purga

Llaves de extracción de fondo y las de extracción de superficie, permiten drenar los residuos alojados ya sea en la parte superior o inferiores de la caldera dentro de la cámara de agua.

- Alarmas

Toda caldera dispondrá de un sistema de alarma, acústica o visual, que funcione cuando el nivel de agua alcance el mínimo o el máximo, deteniendo a la vez, el funcionamiento del sistema de combustión, cuando se alcance el nivel mínimo de agua.

2.2.2. Combustibles

Es cualquier material capaz de liberar energía en forma de calor cuando reacciona con el oxígeno, habitualmente el contenido en el aire, transformando su estructura química. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable. En general, se trata de sustancias susceptibles a quemarse.

2.2.2.1. Bunker “C”

Es considerado un combustible de residuo, usado en los distintos procesos industriales y de comercialización en la producción de calor. Este combustible requiere de un precalentamiento para su almacenamiento, transporte y combustión, esto debido a su alta densidad. El sulfuro es usualmente encontrado en altas concentraciones en comparación con otros combustibles diesel, al menos que sea extraído deliberadamente. Es el principal combustible para la producción de vapor en barcos y plantas de generación terrestres, el mismo, está compuesto por una mezcla de diesel núm. 1 y 2 y residuos de aceite. Es un residuo de la destilación del petróleo crudo. El bunker “C” tiene rango de hidrocarburo que va de C9 a C36 y posee un punto de ebullición que se encuentra en el rango de los 340 a los 1 050 grados Fahrenheit y poder calorífico de 140 000 Btu/Galón.

2.2.2.2. Gas licuado de petróleo (GLP)

Los gases licuados del petróleo son mezclas comerciales de hidrocarburos en los que el butano o el propano son dominantes. En condiciones normales de presión y temperatura se encuentran en estado gaseoso, pero debido a su elevada temperatura crítica, sometidos a presión en recipientes cerrados y

temperatura ambiente, se licuan y en consecuencia están en fase líquida, ocupando un volumen unas 250 veces menor al que ocuparían en estado gaseoso y tiene un poder calorífico de 92 000 Btu/Galón.

Los GLP se obtienen principalmente en las refinerías de petróleo durante el proceso de destilación del crudo, también se pueden obtener de los procesos de licuación o regasificación del gas natural cuando los GLP se encuentran asociados al gas natural en sus yacimientos.

2.2.3. Mantenimiento preventivo

Consiste en detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno. La detección de fallas se hace a través de inspecciones periódicas que se determinan combinando las instrucciones del fabricante y las experiencias de fallas respectivas.

2.2.3.1. Programa de mantenimiento preventivo

Para lograr desde el punto de vista técnico el objetivo, se estableció el sistema de mantenimiento preventivo, norma llevada a cabo por la industria moderna a fin de: no interrumpir los trabajos, hacer que los edificios, instalaciones y equipos duren mucho más tiempo; y que las reparaciones sean menos costosas.

Combatir el desgaste a través de medidas preventivas, sustituir la pieza antes de que ocurra la falla que inutiliza todo un sistema, es a grandes rasgos, la forma de cuidar las instalaciones y los equipos. Por lo anterior, se requiere un sistema que observa rigurosamente todas aquellas medidas que reducen al mínimo el desgaste y la destrucción. Tal sistema comprende cuatro etapas.

- Hacer una lista de todo el equipo en varias clasificaciones mayores: obra civil, aire acondicionado, casa de máquinas, equipo eléctrico, lavandería y cocinas.
- Elaborar un programa de inspecciones periódicas y de atención para cada equipo o instalación, tomando en cuenta los catálogos de los fabricantes y las experiencias obtenidas.
- Mantener un archivo sencillo, que permita controlar que las inspecciones se realicen de acuerdo con el programa dando informes sobre el estado de instalaciones y equipos, su ubicación y fecha en que han sido revisados, así como la atención que se les ha dado.
- Controlar el avance de inspecciones ejecutadas y por ejecutar a través de un calendario objetivo, que permita a primera vista proporcionar una idea general del avance logrado.

2.2.3.2. Objetivo del mantenimiento preventivo en sala de calderas

La implementación de un mantenimiento preventivo y las operaciones asociadas a él, harán frente a los riesgos que conllevan un mal funcionamiento o una falta de prestación de servicio de las calderas. Por lo tanto, el objetivo principal en la implementación de este medio de prevención, es poner a total disposición de los procesos productivos de la fábrica, una sala de calderas en óptimas condiciones de funcionamiento en base a tratar de conseguir la carencia de errores, fallas y prestaciones por debajo de los valores consignados.

El mantenimiento preventivo es de carácter y actuación continua, y debe estar destinado a:

- Optimizar los procesos productivos y la producción.
- Reducir los costes directos e indirectos ocasionados por fallas o paradas.
- Conseguir la máxima vida útil de la caldera y equipos asociados a ella.

2.2.4. Criticidad de equipos

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones sobre los mismos.

El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales:

- Confiabilidad humana.
- Confiabilidad del proceso.
- Confiabilidad del diseño.
- Confiabilidad del mantenimiento.

Lamentablemente no siempre se dispone de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para mejorar al mismo tiempo estos cuatro aspectos en todas las áreas y equipos de una empresa.

El análisis de criticidades da respuesta y genera a una lista ponderada desde el elemento más crítico, hasta el menos crítico del total del universo

analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, media criticidad y baja criticidad.

Los criterios más relevantes en el análisis de criticidad son los siguientes:

- Frecuencia de falla: son las veces que falla cualquier componente del sistema.
- Impacto operacional: es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla.
- Nivel de producción manejado: es la capacidad que se deja de producir cuando ocurre la falla.
- Tiempo promedio para reparar: es el tiempo para reparar la falla.
- Costo de reparación: costo de la falla
- Impacto en seguridad: posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños a personas.
- Impacto ambiental: posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente.

2.3. Estudio de ahorro energético en consumo eléctrico de equipos utilizando bunker “C” y GLP

El realizar la conversión de bunker “C” a GLP otorga muchos beneficios, como la oportunidad en la disminución del consumo eléctrico por producción de vapor. A continuación, se presenta el estudio realizado en el cual se muestra un estimado del ahorro en costos de consumo de energía eléctrica.

2.3.1. Delimitación del estudio

Realizado en el área de calderas, en el cual se analizaron los principales componentes eléctricos utilizados por las tres calderas para la producción de vapor. El estudio se encuentra dividido en tres partes, la primera es el cálculo total del consumo en kW/hora, costo de operación en quetzales y dólares de los equipos utilizados para la generación de vapor utilizando combustible bunker “C”.

La segunda parte es el cálculo de los dos factores ya mencionados, pero esta vez para la utilización de combustible GLP. Y por último la comparación de los resultados obtenidos.

2.3.2. Factores para realización de cálculos

Se delimitaron tres factores para la realización de este estudio los cuales son: el promedio de horas trabajadas por equipo al día, el precio de un kW/h y el tipo de cambio dólar a quetzal. La delimitación de estos factores fue de vital importancia, ya que para presentar cualquier reporte a gerencia estos deben estar representados por costos en dólares con validación del jefe inmediato, fue por esto que en conjunto con el jefe de servicios generales se establecieron los siguientes valores.

Tabla II. **Factores autorizados para realización de cálculos**

Promedio de horas trabajadas por equipo al día.	10 horas
Precio de kW/hora tarifa social. (EEGSA)	Q 1,139
Tipo de cambio Dólar americano a Quetzales (Banco de Guatemala 17 de octubre de 2017)	Q 7,340

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Análisis de consumo eléctrico mediante utilización de combustible bunker “C” para producción de vapor

Este análisis tiene la finalidad de evidenciar el consumo eléctrico durante el proceso productivo de vapor y los equipos principales que se utilizan en el día a día utilizando bunker “C” los cuales son: 3 motores principales, 1 por cada caldera y el listado de especificaciones como potencia, marca, entre otros.

2.3.3.1. Equipo analizado

Los equipos principales que se utilizan en el día a día para la producción de vapor utilizando bunker C son: 3 motores principales, 1 por cada caldera.

8 bombas las cuales tiene distintas funciones y transportan dos tipos de fluidos, agua o bunker “C” y se encuentran distribuidas de la siguiente manera.

- 3 bombas de envío de agua a calderas.
- 2 bombas de envío de bunker al tanque de diario.
- 3 bombas de recirculación de bunker.

10 resistencias eléctricas:

- 8 resistencias distribuidas en los sistemas de recirculación y precalentamiento de bunker de las 3 calderas.
- 2 ubicadas para precalentamiento de bunker en el tanque de diario.

Tabla III. **Especificaciones de equipos utilizados para producción de vapor con combustible bunker “C”**

Bombas de envío de agua a calderas			
Equipo	Marca	Potencia	Potencia
Bomba 1	Baldor	10 hp	7 457 watts
Bomba 2	Baldor Reliancer	10 hp	7 457 watts
Bomba 3	Baldor Reliancer	10 hp	7 457 watts
Bombas de envío a tanque de diario			
Equipo	Marca	Potencia	Potencia
Bomba 1	Romper Pumps	5 hp	3 720 watts
Bomba 2	Romper Pumps	4 hp	2 980 watts
Caldera # 1			
Equipo	Marca	Potencia	Potencia
Resistencia 1	Sin registro		4 100 watts
Resistencia 2	Sin registro		4 100 watts
Bomba de recirculación	Pacer motor	1,5 hp	1 120 watts
Caldera # 2			
Equipo	Marca	Potencia	Potencia
Resistencia 1	Sin registro		4 100 watts
Resistencia 2	Sin registro		41 01 watts
Resistencia 3	Sin registro		4 102 watts
Bomba de recirculación	Iniclosed motor	2 hp	1 490 watts
Caldera # 3			
Equipo	Marca	Potencia	Potencia
Resistencia 1	Sin registro		4 100 watts
Resistencia 2	Sin registro		4 100 watts
Resistencia 3	Sin registro		4 101 watts
Bomba de recirculación	Iniclosed motor	1,5 hp	1 120 watts
Motor principal			
Equipo	Marca	Potencia	Potencia
Caldera 1	Sin registro	50 hp	37 285 watts
Caldera 2	Sin registro	50 hp	37 285 watts
Caldera 3	Sin registro	50 hp	37 287 watts
Tanque de diario			
Equipo	Marca	Potencia	Potencia
Resistencia 1	Warren Electric corp		2 500 watts
Resistencia 2	Warren Electric corp		2 500 watts

Fuente: elaboración propia.

2.3.3.2. Cálculo de costos de producción de vapor utilizando combustible bunker “C”

Se realizó el cálculo de kW/h por día de cada uno de los equipos listados en la tabla número V y el costo de estos kW/h, para poder determinar el consumo total de energía eléctrica para cada uno de los equipos listados y así conocer el costo que esta energía representa en el proceso producto de vapor con la utilización de bunker “C” como combustible para calderas.

Tabla IV. Cálculo de costos en consumo eléctrico utilizando bunker “C”

Caldera núm. 1		
Equipo	W/hora	kW/Hora
Resistencia 1	4 100	4,1
Resistencia 2	4 100	4,1
Bomba de recirculación	1 120	1,12
Consumo kW/hora por día		93,2
Costo kW/hora por día		Q126,75
Caldera núm. 2		
Equipo	W/hora	kW/Hora
Resistencia 1	4 100	4,1
Resistencia 2	4 100	4,1
Resistencia 3	4 100	4,1
Bomba de recirculación	1 490	1,49
Consumo kW/hora por día		137,9
Costo kW/hora por día		Q 187,54
Tanque de diario		
Equipo	W/hora	kW/Hora
Resistencia 1	2 500	2,5
Resistencia 2	2 500	2,5
Consumo kW/hora por día		50
Costo kW/hora por día		Q 68,00
Motor principal		
Equipo	W/hora	kW/Hora
Caldera 1	37 285	37,285
Caldera 2	37 285	37,285
Caldera 3	37 285	37,285
Consumo kW/hora por día		1 118,55
Costo kW/hora por día		Q 1 521,23

Continuación de la tabla IV.

Bombas de envío de agua		
Equipo	W/hora	kW/Hora
Bomba 1	7 457	7,457
Bomba 2	7 457	7,457
Bomba 3	7 457	7,457
Consumo kW/hora por día		223,71
Costo kW/hora por día		Q 304,25
Caldera núm. 3		
Equipo	W/hora	kW/Hora
Resistencia 1	4 100	4,1
Resistencia 2	4 100	4,1
Resistencia 3	4 100	4,1
Bomba de recirculación	1 120	1,12
Consumo kW/hora por día		134,2
Costo kW/hora por día		Q 182,51
Bombas de envío de bunker a tanque de diario		
Equipo	W/hora	kW/Hora
Bomba 1	3 720	3,72
Bomba 2	2 980	2,98
Consumo kW/hora por día		67
Costo kW/hora por día		Q 91,12

Fuente: elaboración propia.

La sumatoria del costo kW/h por día de todos los equipos analizados se obtiene un valor de Q 2 481,40 un equivalente a \$ 338,07 dólares americanos estadounidenses. Se realizó la proyección mensual y anual como se muestra en la tabla V.

Tabla V. **Proyección mensual y anual de costo obtenido (bunker "C")**

Descripción	Quetzales	Dolares
Costo total en utilización de equipos por kW/hora por día	Q 1 903,52	\$ 259,34
Costo total en utilización de equipos por kW/hora mensual	Q 57 105,72	\$ 7 780,07
Costo total en utilización de equipos por kW/hora anual	Q 685 268,64	\$ 93 360,85

Fuente: elaboración propia.

2.3.4. Análisis de consumo eléctrico mediante utilización de GLP como combustible para generación de vapor

El sistema de GLP presenta grandes cambios, dentro de los más notorios es la disminución de equipos necesarios para la producción de vapor. Los equipos a los cuales se les aplicó el presente estudio son los siguientes.

2.3.4.1. Equipo analizado

Tres evaporadores de GLP ubicados en el sistema de distribución. Tres motores principales, uno por cada caldera y tres bombas de envío de agua a calderas.

Tabla VI. **Especificaciones de equipos utilizados para producción de vapor con combustible GLP**

Evaporadores			
Equipo	Marca	Potencia	Potencia
Evaporador 1	Algas SDI	N/A	N/A
Evaporador 2	Algas SDI	N/A	N/A
Evaporador 3	Algas SDI	N/A	N/A
Motor principal			
Equipo	Marca	Potencia	Potencia
Caldera 1	Sin registro	50 hp	3 7285 watts
Caldera 2	Sin registro	50 hp	3 7286 watts
Caldera 3	Sin registro	50 hp	3 7287 watts
Bombas de envío de agua a calderas			
Equipo	Marca	Potencia	Potencia
Bomba 1	Baldor	10 hp	7 457 watts
Bomba 2	Baldor Reliancer	10 hp	7 458 watts
Bomba 3	Baldor Reliancer	10 hp	7 459 watts

Fuente: elaboración propia.

2.3.4.2. Cálculo de costos de producción de vapor utilizando combustible GLP

Se realizaron los mismos cálculos que en la sección 3.3.3.2 para combustible bunker “C”.

Tabla VII. Cálculo de costos en consumo eléctrico utilizando GLP

Evaporadores Algas SDI		
Equipo	W/hora	kW/Hora
Evaporador 1	N/A	N/A
Evaporador 2	N/A	N/A
Evaporador 3	N/A	N/A
Consumo kW/hora por día		0
Costo kW/hora por día		Q 0,00
Bombas de envío de agua		
Equipo	W/hora	kW/Hora
Bomba 1	7 457	7,457
Bomba 2	7 457	7,457
Bomba 3	7 457	7,457
Consumo kW/hora por día		223,71
Costo kW/hora por día		Q 304,25
Ventilador		
Equipo	W/hora	kW/Hora
Caldera 1	37 285	37,285
Caldera 2	37 285	37,285
Caldera 3	37 285	37,285
Consumo kW/hora por día		1 118,55
Costo kW/hora por día		Q 1 521,23

Fuente: elaboración propia.

Se observa que los evaporadores no representan costo alguno, esto es debido a que no utilizan una fuente de energía eléctrica para funcionar, se incluyen en el cálculo del costo, ya que son equipos de vital importancia para el funcionamiento del sistema de GLP.

Al calcular la sumatoria del costo kW/hora por día de los equipos analizados, se obtuvo un Valor de Q1 825,47 que es equivalente a \$ 248,70 dólares americanos estadounidenses. Al igual que en la sección de cálculo del combustible bunker se realizó la proyección del costo mensual y anual presentados en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Proyección mensual y anual del costo obtenido (GLP)**

Descripción	Quetzales	Dolares
Costo total en utilización de equipos por kW/hora por día	Q 1 825,47	\$248,70
Costo total en utilización de equipos por kW/hora mensual	Q 54 764,21	\$7 461,06
Costo total en utilización de equipos por kW/hora anual	Q 657 170,50	\$89 532,77

Fuente: elaboración propia.

2.3.5. Comparación de costos en consumo eléctrico por generación de vapor

Al realizar la comparación entre los costos anuales de producción de vapor mediante la utilización de combustible bunker y GLP se observa que los valores de proyección de un año son Q 893 304,58 y Q 657 170,50 respectivamente. Dichos valores presentan una diferencia de Q 236 134,08 por lo cual se hace notorio un ahorro económico y por lo tanto energético, este último es de mucha importancia ya que el objetivo de la realización de este proyecto bajo las políticas medioambientales y de sostenibilidad manejadas por IAK, permitirá la disminución de su indicador medioambiental a valores proyectados a futuro en un menor tiempo posible.

2.4. Estudio comparativo de costos de operación y emisiones utilizando bunker “C” y GLP para la producción de vapor

El objetivo de este estudio fue evidenciar, los costos de operación y los principales parámetros que se obtienen cuando se opera con combustible bunker y GLP, para luego realizar una comparación de los valores obtenidos.

2.4.1. Costos de operación

Basándose en los datos brindados por el departamento de producción en conjunto con el departamento de servicios generales, se registra el dato pivote de este estudio el cual es el consumo OB, para el combustible bunker este valor es representado por un dato histórico de 2016, extraído de la plataforma de manejo de información SAP.

El dato de Consumo OB utilizado para el GLP, es la presentación de una proyección para el 2017, proyección la cual es obtenida del análisis de los planes de producción históricos de años anteriores, basándose en la cantidad de hectolitros producidos de producto. Esta proyección se encuentra ligada a una relación interna de 80/20 la cual representa el uso de un 80 % de GLP y 20 % de combustible bunker, para producción de vapor.

2.4.1.1. Delimitación del estudio

Para el siguiente estudio se definieron un total de seis parámetros a calcular los cuales brindan distinto tipo de información. Los parámetros son los siguientes.

- Energía consumida: representa los BTU al año que se extraen de los combustibles analizados.
- Vapor producido: es el vapor, que bajo las condiciones de eficiencia de la caldera pueden ser generados por los combustibles analizados y se encuentra representada por la dimensional tonelada de vapor por año.
- Relación vapor/bunker: expresada en términos de dos dimensionales la primera tonelada/galón y la segunda Lb/galón. Representa la relación entre el vapor producido y los galones utilizados para la generación de este.
- Precio de tonelada de vapor: para fines útiles de IAK, expresado en dólares americanos y quetzales. Se define como el costo de producir una tonelada de vapor.
- Costo de operación: es la relación entre el consumo OB del combustible y el precio del galón de este.

2.4.1.2. Factores para realización de cálculos

Al igual que en el estudio de ahorro de energía eléctrica, en conjunto con el jefe de servicios generales se definieron y aprobaron los parámetros mostrados en la siguiente tabla.

Tabla IX. **Factores autorizados para realización de cálculos**

Factores a utilizar	
Eficiencia de caldera	83 %
ΔH {BTU/Lb}	1081,9
Tipo de cambio dólar Americano a Quetzales.	7,340
Costo actual bunker Chevron (01/06/2017)	Q 9,62
Costo actual gas tropigas (01/07/2017)	Q 14,31

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.3. Costos y parámetros de operación bunker “C” y GLP

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los cálculos realizados en base a los parámetros y factores previamente aprobados, tanto para el combustible bunker “C” como para el GLP.

Tabla X. **Costos y parámetros obtenidos para combustible bunker “C”**

Bunker		
Parámetro	Unidades	Dimensional
Consumo OB 16	751 680,00	Galones / Año
Costo actual bunker Chevron (01/06/2017)	Q 9,62	Quetzales
Poder calorífico bunker	140 000,00	BTU/galón
Energía consumida	105 235 200 000,00	BTU/Año
Vapor producido	36 619,92	Ton vapor/año
Relación vapor/bunker	0,049	Ton/ Galon
Relación vapor/bunker	107,40	Lb/Galón
Precio de tonelada de vapor	Q 197,47	Quetzales
	\$26,89	Dolares
Costo operación bunker (anual)	Q 7,231 161,60	Quetzales
	\$ 984 599,10	Dolares

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Costos y parámetros obtenidos para combustible GLP**

GLP (Mezcla 80/20)		
Parámetro	Unidades	Dimensional
Consumo OB 17	766 215,00	Galones / Año
Costo actual gas tropigas (01/07/2017)	Q 14,31	Quetzales
Poder calorífico GLP	92 000,00	BTU/galón
Energía consumida	70 491 780 000,00	BTU/Año
Vapor producido	24 529,85	Ton vapor/año
Relación vapor/bunker	0,032	Ton/ Galon
Relación vapor/bunker	70,579536	Lb/Galón
Precio de tonelada de vapor	Q 446,99	Quetzales
	\$60,86	Dolares
Costo operación bunker (Anual)	Q 10 964 536,65	Quetzales
	\$ 1 492 937,58	Dolares

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Comparativo de costos de operación de combustible analizados**

Parámetro	Combustible		Unidades
	Bunker	GLP	
Consumo OB	751 680,00	766 215,00	Galones / Año
Costo galon de combustible	9,62	14,31	Quetzales
Poder calorífico	140 000,00	92 000,00	BTU/galón
Energía consumida	105 235 200 000,00	70 491 780 000,00	BTU/Año
Vapor producido	36 619,92	24 529,85	Ton vapor/año
Relación vapor/bunker	0,049	0,032	Tonelada/ Galón
Relación vapor/bunker	107,4	705 795	Lb/Galón
Precio de tonelada de vapor	197,47	446,99	Quetzales
	26,89	60,86	Dolares
Costo operación bunker (Anual)	Q7 231 161,60	Q10 964 536,65	Quetzales
	\$ 984 599,1	\$ 1 492 937,58	Dolares

Fuente: elaboración propia.

2.4.2. Emisiones de gases en la producción de vapor producto de la combustión de combustible bunker “C” y GLP

El conocer las emisiones producidas por cada uno de los dos combustibles analizados es de mucha importancia para este informe, ya que permite validar el hecho de cuál de los dos tiene un impacto menos contaminante hacia el medio ambiente al momento de la producción de vapor.

2.4.2.1. Delimitación del estudio

Se analizaron un total de cinco gases de emisiones para los dos combustibles, estos son:

- Dióxido de carbono (CO₂).
- Monóxido de carbono (CO).
- Óxido nitroso (N₂O).
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Óxidos de azufre.

2.4.2.2. Factores para realización de cálculos

En conjunto con el departamento de gestión ambiental de IAK y el departamento de servicios generales se autorizaron los siguientes factores para la realización de los cálculos de emisiones.

Tabla XIII. **Factores de emisiones para combustibles**

Tipo de combustible	CO2 (kg/GJ)	CO (kg/GJ)	N2O (kg/GJ)	NOx (kg/GJ)	SOx (kg/GJ)
Fuel Oil 6	77,0000	0,0150	0,0465	0,1590	0,4980
GLP	65,0000	0,0115	0,0030	0,0940	0,0022

Fuente: Industrias Alimenticias Kern´s. *Departamento de gestión ambiental.*

2.4.2.3. Emisiones producidas

En la tabla XIV se muestran los valores obtenidos para el cálculo de emisiones en una frecuencia anual para los distintos factores autorizados para bunker "C" y GLP.

Tabla XIV. **Valores obtenidos de emisiones generadas por producción de vapor utilizando bunker "C" y GLP**

Tipo de combustible			
Bunker "C"		GLP	
CO2 (Kg/año)	7 103 989,60	CO2 (Kg/año)	4 542 648,48
CO (Kg/año)	1 383,89	CO (Kg/año)	803,70
N2O (Kg/año)	4 290,07	N2O (Kg/año)	209,66
NOX (Kg/año)	14 669,28	NOX (Kg/año)	6 569,37
SOX (Kg/año)	45 945,28	SOX (Kg/año)	153,75

Fuente: elaboración propia.

2.4.3. Comparación de resultados obtenidos en costos de operación y emisiones producidas por producción de vapor utilizando bunker "C" y GLP

Como se observa en la tabla XII, en el resultado del costo operacional para producción de vapor con bunker "C" se obtuvo un valor de Q 7 231 161,60 y para GLP un valor de Q 10 964 536,65. El costo de producción de vapor con

GLP tiene un incremento de Q 3 733 375,00 en comparación con el bunker, esto es debido al poder calorífico presentes en ambos combustibles, lo cual se evidencia en las toneladas de vapor al año que pueden ser producidas, siendo estas mayores con el combustible bunker "C" que en el GLP. Al analizar los datos obtenidos se hace notable el interpretar que la conversión de combustible bunker "C" a GLP en caldera núm. 2, no resulta en un beneficio económico para IAK.

Al analizar los datos de la tabla XIV, todos los valores de emisiones por combustión obtenidos en el combustible GLP, se encuentran muy por debajo de los obtenidos con bunker C, es por esta razón y continuando con lo mencionado en el estudio de ahorro energético en consumo eléctrico, en la actualidad las políticas medio ambientales de IAK se encuentran en primer plano y buscan una mejora en la reducción de su indicador medioambiental. Comprometidos con esto Industrias Alimenticias kern's se encuentra dispuesta a sobreponer los beneficios de una buena gestión ambiental ante el factor económico.

2.5. Determinación de costo del proyecto

Este costo fue integrado en base a los diferentes trabajos que los proveedores plantearon para la realización del proyecto de conversión de la caldera. Esta integración se ve representada por una lista de las tareas principales realizadas a lo largo del proyecto y los costos unitarios de estas.

Tabla XV. **Desglose de costos y costo total de conversión de caldera**

Ítem	Descripción de materiales y mano de obra	Costo
1	Repuesto para calder York Shipley	Q 13 000,00
2	Servicio de caldera	Q 9 500,00
3	Cambio de forro de caldera y aplicación de pintura	Q 80 000,00
4	Cambio de refractario garganta del horno	Q 60 000,00
5	Cambio de la sección de tejas del horno	Q 50 000,00
6	Cambio de rompiefuegos	Q 55 000,00
7	Cambio sección de refractario marco trasero	Q 65 000,00
8	Cambio refractario puerta trasera	Q 55 000,00
9	Limpieza lavado cámara de fuego	Q 16 000,00
10	Quemador marca Cleaver Brooks modulado para caldera York Shipley de 800 hp	Q 702 000,00
11	Instalación de tren de gas	Q 55 000,00
Costo total del proyecto		Q 1 160 500,00

Fuente: Departamento de Servicios Generales

3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

3.1. Conversión de combustible bunker “C” a gas licuado de petróleo en caldera núm. 2

A continuación, se muestra el análisis de la situación actual.

3.1.1. Análisis de situación actual

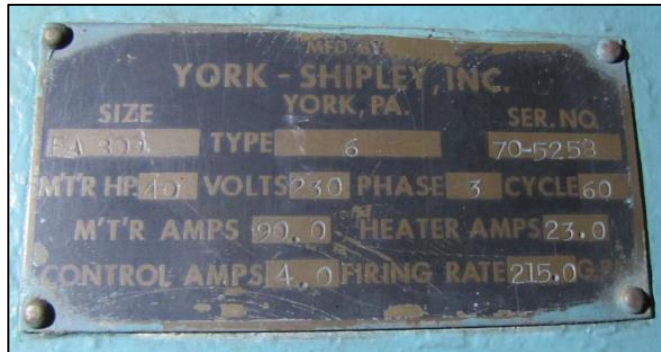
A continuación, se muestran los datos generales del equipo en la tabla XVI.

Tabla XVI. Datos generales del equipo

Marca	York Shipley
Modelo	SPH-800_6 131200
Tipo	Igneotubular, 3 pasos, espalda seca
Número de serie	70-5258
Potencia	800 Bhp
Presión max. diseño	150 psi
Presión de trabajo	120 psi
Posición	Horizontal
Año	1970

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Placa caldera York Shipley**



Fuente: elaboración propia.

3.1.1.1. **Inspección interna**

- Espejo frontal

No se observaron deformaciones o daños permanentes. En la zona inferior del espejo en la sección donde inician los tubos, se apreció una superficie irregular, esto debido a corrosión ácida producto de la acumulación de hollín.

No hay evidencia de fisuras ni fugas aparentes en uniones cuello-espejo, los cuales están expandidos.

Figura 6. **Espejo frontal**

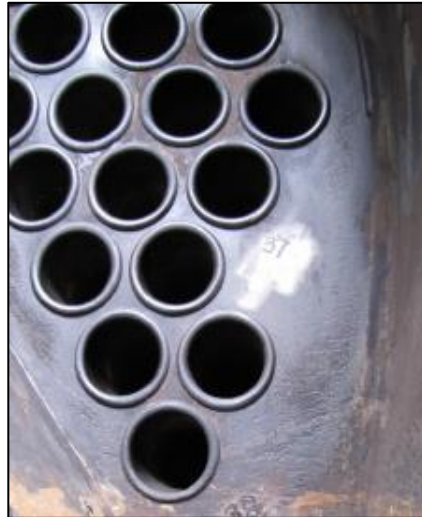


Fuente: elaboración propia.

- **Espejo trasero**

No se evidenció fisuras ni fugas aparentes en las uniones cuello-espejo, así como deformaciones o daños aparentes, todos los cuellos de los tubos se encuentran expandidos, esto debido a trabajos previos realizados. Se registra que en la zona inferior existe pérdida de material del espejo, producto de la corrosión ácida por la acumulación de hollín (misma condición que en el espejo frontal).

Figura 7. **Espejo trasero**



Fuente: elaboración propia.

- Zona de tubos

Al momento de la inspección en la zona de tubos de la caldera, se determina no existe suciedad o depósitos de minerales (incrustaciones) en los tubos ni en el tubo central de la misma en general esta sección se encuentra en buenas condiciones.

Figura 8. **Zona de tubos**



Fuente: elaboración propia.

- Hogar

No existen deformaciones ni fisuras aparentes en la zona de unión-espejo. Se observó un cordón de soldadura en la estructura, la cual corresponde a una reparación antigua, según lo indicado por los operadores se hizo un cambio de sección por una fisura detectada.

Figura 9. **Cordón de soldadura por reparación**



Fuente: elaboración propia.

- Puerta trasera

La puerta trasera está conformada por tres secciones, la zona del sello del primer paso, que se encuentra en contacto con fuego directo, es de cemento refractario y presenta desgaste considerable y pérdida de material, así como fisuras profundas en sentido radial a la mirilla.

Figura 10. **Fisuras en puerta trasera**



Fuente: elaboración propia.

3.1.1.2. Inspección externa

- Cilindro

Se procedió a hacer ventanas de inspección. En estas ventanas, se removió el forro de lámina y la fibra aislante. Se observaron indicios de corrosión en todas las ventanas realizadas, en la parte superior de la caldera existía desprendimiento de material.

Figura 11. **Ventanas realizadas para inspección de cilindro de caldera**



Fuente: elaboración propia.

- **Recubrimiento y pintura**

Se registró corrosión en gran parte de la superficie de la caldera, en puntos cercanos a la chimenea y entradas de agua y válvulas de seguridad, esto debido a la humedad que se genera en estas áreas. Así como un estado muy deteriorado de la pintura con desprendimiento y desgaste.

Figura 12. **Corrosión y condición general de pintura en caldera**



Fuente: elaboración propia.

- Empaques

En la sección de las puertas delanteras existen abolladuras y daños a la zona donde estas se unen con el cilindro por lo tanto los empaques entre puerta-cilindro no funcionan correctamente, permitiendo que exista fuga de hollín y exista una fuerte contaminación dentro del área de calderas, específicamente cerca de la caldera dos, lo cual no permite que una persona pueda estar ubicada a una corta distancia más de 3 min.

3.1.2. Metodología de registro de información

Para llevar el seguimiento del desarrollo del proyecto se implementaron varios tipos de registros como formatos, archivos fotográficos, cronogramas de actividades los cuales fueron de mucha ayuda para la recopilación de información de una forma ordenada, debido a las diferentes plataformas utilizadas estos registros se dividieron en tipos los cuales son:

3.1.2.1. Registros físicos

Conformado por un formato de registro de actividades diarias, el cual era impreso día tras día para monitorear en campo el avance del proyecto, a continuación, se presenta las secciones de las cuales se encuentra compuesto dicho formato.

El seguimiento del proceso de conversión de combustibles en caldera núm. 2 se llevó a cabo mediante la utilización de un formato de registro de actividades diarias (ver figura 94 en la sección de apéndices página 190), en el cual se documentó de la manera más detallada posible las actividades que se realizaron día con día, para así generar un archivo confiable y de respaldo hacia

el departamento de Servicios Generales y las personas involucradas directamente en el proyecto como lo son el jefe de proyecto y supervisores.

- Componentes del formato

- Cajetín

Se encuentran identificados los siguientes elementos.

- Departamento al cual pertenece el proyecto
 - Máquina
 - Nombre del proyecto.

- Datos generales

En esta sección se registraron los datos del día a día.

- Fecha
 - Numeración del día en el cual se encuentra el proyecto en relación con la fecha de inicio.
 - Número de semana en la cual se encuentra el proyecto.
 - Hora de ingreso y egreso del personal técnico que realiza el proyecto.

- Registro de actividades

Esta sección cumplió con el objetivo de describir breve pero detalladamente las actividades que se llevaron a cabo durante cada día de

avance del proyecto. representa la parte más importante del formato ya que esta sección brindó la información documental.

- Observaciones

Sección que sirvió para anotar cualquier inconveniente o falla durante la realización del proyecto, realizando una descripción detallada para generar un soporte escrito, en dado caso que este inconveniente representara un atraso significativo en el avance del proyecto.

3.1.2.2. Registros por medios digitales

- Archivo fotográfico

A lo largo del desarrollo del proyecto, se generó un archivo fotográfico, como medio visual de soporte a las actividades realizadas por la empresa contratista encargada de la realización del proyecto y documentadas en la sección del registro de actividades del formato previamente mencionado.

- Cronograma comparativo de actividades

Tomando como base el diagrama de Gantt proporcionado por la empresa contratista, se generó un cronograma en el cual se ordenaron las actividades que debían completarse por semana de trabajo, asignando un porcentaje proyectado de cumplimiento, para ser comparado con el porcentaje real. Se definió que cada una de las 10 semanas representaría el 10 % del total del proyecto, para que al momento de darlo por finalizado se obtuviera un 100 % de cumplimiento y así poder documentar el tiempo total de duración de este.

El cronograma se encuentra compuesto por:

- Número de actividad.
- Nombre de la actividad.
- Porcentaje proyectado de cumplimiento de actividad.
- Porcentaje real de cumplimiento de actividad.
- Actividad realizada fuera de fecha programa: en esta columna se identificó la semana a la cual pertenecía o en la cual debía realizarse las actividades atrasadas.
- Comentarios: en esta sección se documentaron todas las actividades o acciones que durante el desarrollo del proyecto se perfilaban como un futuro atraso o repercutían directamente al cumplimiento cronológico de estas.

3.1.3. Seguimiento semanal del proceso de conversión

A continuación, se presenta el seguimiento semanal del proceso de conversión de combustible bunker c a GLP en la caldera numero de la planta de producción de IAK, la información se presenta en un orden cronológico en la realización de las actividades, especificando la semana en la cual se encontraba desarrollándose el proyecto y así mismo la fecha exacta y la numeración del día que esta fecha representó en el desarrollo de este.

Al finalizar cada semana se presenta un resumen semanal conformado por una tabla la cual muestra el avance porcentual de actividades, una serie comparativa de gráficas y un comentario de interpretación de los resultados obtenidos durante la semana respectiva.

3.1.3.1. Semana 1

- Lunes 4 de diciembre de 2017 (día 1)

Da inicio el proceso de conversión en caldera núm. 2, las actividades comienzan con la descarga de herramienta a utilizar y la apertura de la caldera, que consistió en el desmontaje de puertas traseras y delanteras, estas últimas presentaron problema con las bisagras, por lo cual fue necesario la instalación de un polipasto para poder suspenderlas y poder aflojar los pernos de sujeción, esta actividad consumió un mínimo de 4 horas. Luego de solucionar el inconveniente de las bisagras se procedió a eliminar el hollín acumulado en la puerta trasera y el hogar de la caldera, para terminar el día se inició con el desmontaje del sistema eléctrico de precalentadores de bunker.

Figura 13. **Apertura de caldera**



Fuente: elaboración propia.

- Martes 5 de diciembre de 2017 (día 2)

Continuación del desmontaje del sistema eléctrico en precalentadores de bunker. Desmontaje completo del antiguo quemador. Eliminación de hollín acumulado en la puerta trasera y hogar, el Ing. Jeffrey Mogollon líder de proyecto de la empresa contratista realizó un proceso de inspección general del equipo, la inspección consistió en la toma de medidas del refractario antiguo para realizar la estimación del material nuevo que fue utilizado en las renovaciones. Desmontaje del panel principal, los sistemas de control y el sistema eléctrico general, se desconectaron todas las tuberías de alimentación de agua y salidas de vapor, para finalizar se inició el proceso de desmontaje de lámina y fibra aislante

Figura 14. **Desmontaje de recubrimiento (lámina)**



Fuente: elaboración propia.

- Miércoles 6 de diciembre de 2017 (día 3)

Finalización del desmontaje de tuberías de alimentación de agua, vapor, lámina y fibra aislante. Desmontaje del panel principal, sistemas de control y sistema eléctrico general, todas estas tareas fueron completadas en el transcurso de medio día de trabajo. Da inicio el servicio general de caldera el cual consistió en la limpieza exterior del cilindro; lavado profundo utilizando cepillos de cerdas metálicas y abundante agua. Seguidamente se realizó una limpieza en el área de trabajo esto debido a que todos los residuos de fibra aislante se encontraban en suspensión en el ambiente, lo cual podría haber resultado muy dañino al ser aspirado en grandes o pequeñas cantidades por el personal técnico, ya que no todos contaban con el equipo de protección adecuado.

Figura 15. **Caldera luego del desmontaje de fibra aislante**



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 7 de diciembre de 2017 (día 4)

Continuación de la limpieza del área de trabajo, delimitándose un área específica para el almacenamiento de desechos, una vez finalizada la limpieza, se procedió al desmontaje del rompefuegos, los precalentadores de bunker y se limpió el cilindro exterior de la caldera, para finalizar las labores del día con la limpieza y lavado del tubo central. Inspección de tubos para determinar si existía incrustación por un mal tratamiento de agua, al finalizar la misma, se determinó que los tubos se encontraban en buen estado.

Figura 16. **Limpieza de tubo central de caldera**



Fuente: elaboración propia.

- Viernes 8 de diciembre de 2017 (día 5)

Limpieza de tubos, empleando agua a presión para eliminar el hollín acumulado. Cepillado de uniones tubos-espejo y limpieza con agua para eliminar todo el material desprendido, esta actividad fue realizada por una persona. Se desmontó el refractario de la puerta trasera utilizando una almágana, esta actividad representó y consumió la mayor parte del día de trabajo.

Figura 17. **Limpieza de tubos**



Fuente: elaboración propia.


Figura 18. **Rompimiento de refractario en puerta trasera**



Fuente: elaboración propia.

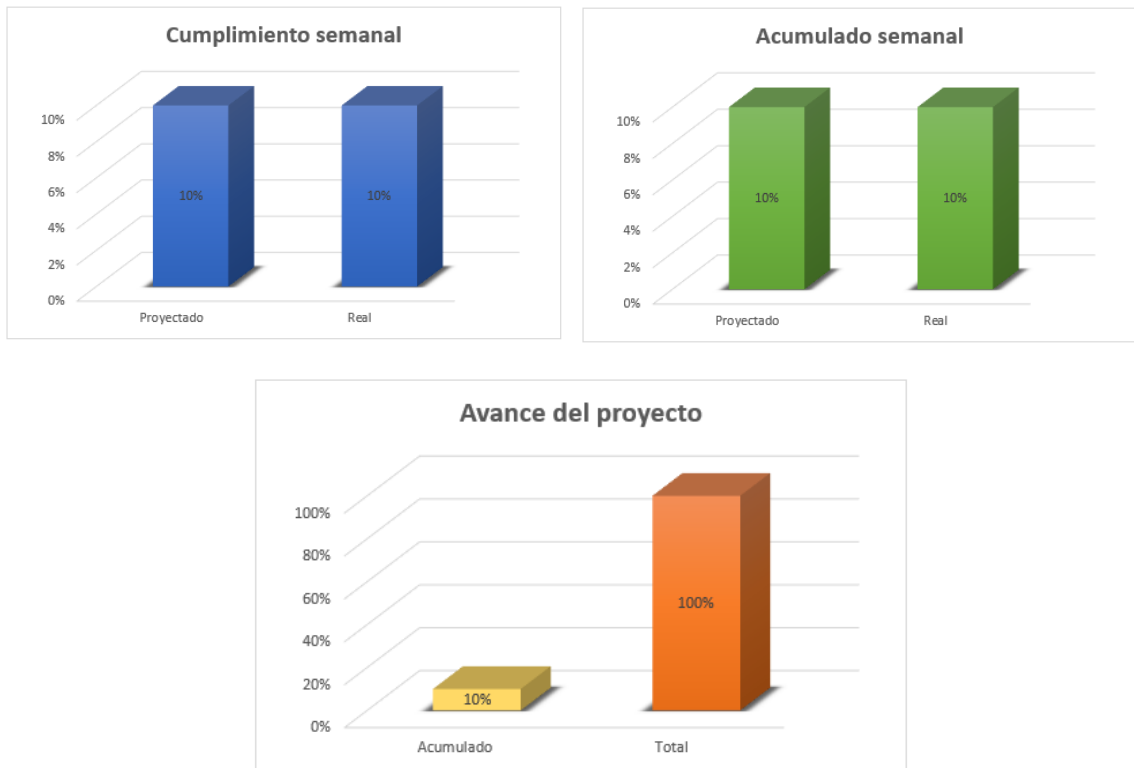
- Resumen semanal

Tabla XVII. Resumen comparativo de actividades semana 1

FIFCO Industrias Alimenticias Kern's 		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
		Semana de trabajo		1	Fecha Inicio: 4 de diciembre de 2017
					Fecha finalización: 8 de diciembre de 2017
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "					
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios
Semana 1					
1	Apertura de caldera	0%	0,33%		
2	Desmontaje de quemador actual	0,33%	0,33%		
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0,33%	0,33%		
4	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	5%	5%		
5	Servicio mayor	5%	4%		
Total Semanal		10%	10%		
Porcentaje acumulado		10%	10%		
Semana 2					
6	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	1%			
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1%			
8	Limpieza de cilindro	8%			
Total Semanal		10%			
Porcentaje acumulado		20%			
Semana 3					
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompe fuegos	6%			
10	Instalación de fibra y laminas	4%			
Total Semanal		10%			
Porcentaje acumulado		30%			
Semana 4					
11	Instalación de fibra y laminas	5%			
12	Instalación de quemador	5%			
Total Semanal		10%			
Porcentaje acumulado		40%			
Semana 5					
13	Instalación de fibra y laminas	1%			
14	Instalación de quemador	7%			
15	Instalación de refractario puerta trasera	2%			
Total Semanal		10%			
Porcentaje acumulado					
Semana 6					
16	Instalación de quemador	2%			
17	Instalación de refractario puerta trasera	2%			
18	Instalación de refractario rompedifuegos	5%			
19	Instalación de refractario horno	1%			
Total Semanal		10%			
Porcentaje acumulado					
Semana 7					
20	Instalación de tren de gas	5%			
21	Instalación de refractario horno	5%			
Total Semanal		10%			
Porcentaje acumulado					
Semana 8					
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10%			
Total Semanal		10%			
Porcentaje acumulado					
Semana 9					
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5%			
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5%			
Total Semanal		10%			
Porcentaje acumulado					
Semana 10					
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10%			
Total Semanal		10%			
Porcentaje acumulado					
Avance Total		100%	10%		

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 1**



Comentario

Cumplimiento total sobre las actividades programadas, el cronograma registra un cumplimiento del 10 % de 10 % de las actividades de la semana. Y un 10 % (acumulado) de 100 % que representa el total del proyecto. No se registraron inconvenientes que pudiesen representar un atraso significativo o que no se pudieron solucionar en los trabajos del día a día.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.2. **Semana 2**

- Lunes 11 de diciembre de 2017 (día 6)

Limpeza del área de trabajo, debido a todos los desechos generados durante el proceso de desmontaje de láminas y componentes antiguos, se realizó el cepillado externo del cilindro, utilizando únicamente una pulidora, mientras que los otros técnicos trabajaban con espátulas.

Figura 20. **Limpeza de cilindro cepillado con pulidora**



Fuente: elaboración propia.

- Martes 12 de diciembre de 2017 (día 7)

Continuación de cepillado del cilindro, luego se procedió a desmontar el motor del ventilador viejo de la caldera, solicitando ayuda del departamento de servicios para poder utilizar un montacarga.

Figura 21. **Desmontaje de motor principal**



Fuente: elaboración propia.

- Miércoles 13 de diciembre de 2017 (día 8)

Continuación del cepillado del cilindro. Visita del Ing. Luis Fernando Chanto de la empresa CIRE, con el objetivo de realizar la medición del espesor del cilindro mediante la utilización del ensayo no destructivo de ultrasonido. El cual consistió en la medición de espesores en seis puntos seleccionados, tres a cada lado de la caldera. El criterio de selección fue observando las áreas más afectadas por la corrosión. Al finalizar con la toma de mediciones se procedió a realizar una inspección general a la caldera, rectificando que el estado de los tubos de la caldera se encontraba bien y haciendo notar que la base de la caldera se encontraba muy deteriorada por la corrosión. Todas la recomendaciones y acciones correctivas se encuentran detalladas en el informe oficial que se adjunta en los anexos de este documento.

Figura 22. **Medición de espesores de cilindro utilizando ultrasonido**



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 14 de diciembre de 2017 (día 9)

Finalización del cepillado del cilindro, posteriormente se realizó la limpieza del cilindro con tiner para eliminar toda la suciedad producto del cepillado y así dejar la superficie lista para la aplicación de la base de pintura. Aplicación de la primera mano de base de pintura utilizando rodillos y brochas.

Figura 23. **Aplicación de pintura base**



Fuente: elaboración propia.

- Viernes 15 de diciembre de 2017 (día 10)

Eliminación de los residuos sobrantes de refractario en la puerta trasera con la utilización de un cincel y martillo. Aplicación de pintura base a los espejos de la caldera y según la recomendación del Ing. Luis Chanto se procedió a eliminar ciertos depósitos de hollín al final del tercer paso, ya que este hollín acumulado provocó la disminución del espesor en puntos específicos del cilindro.

Figura 24. **Pintura base en espejos**



Fuente: elaboración propia.

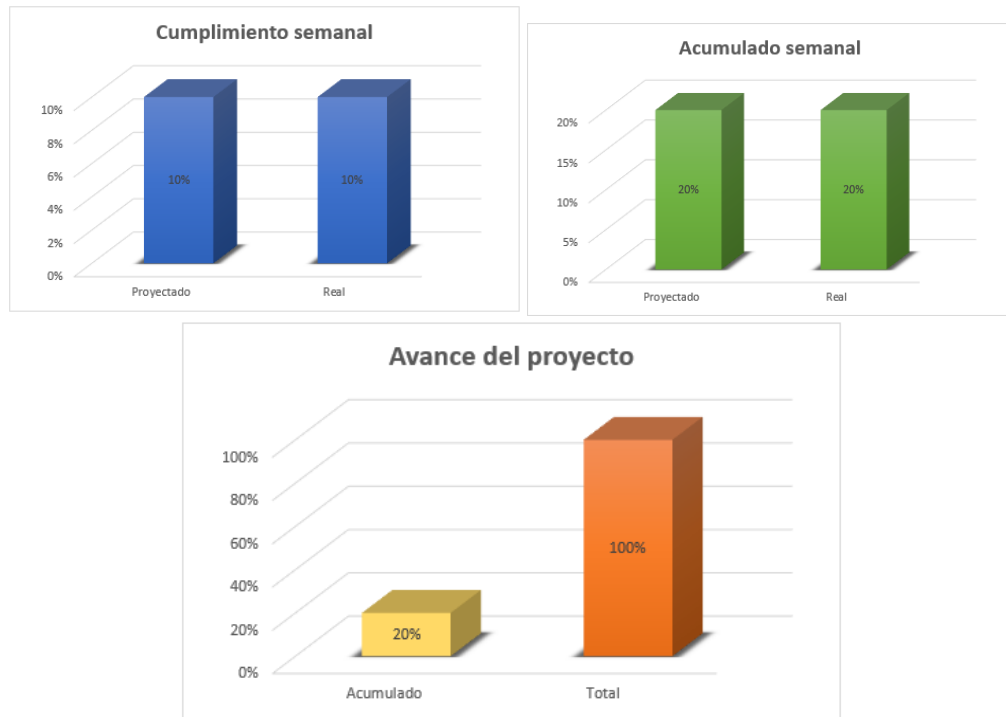
- Resumen semanal

Tabla XVIII. Resumen comparativo de actividades semana 2

FIFCO		Industrias Alimenticias Kern Kern's		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
				Semana de trabajo	2	Fecha Inicio:	11 de diciembre de 2017
						Fecha finalización	15 de diciembre de 2017
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "							
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios		
Semana 1							
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %				
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %				
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %				
4	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	5 %	5 %				
5	Servicio mayor	4 %	4 %				
Total Semanal		10 %	10 %				
Porcentaje acumulado		10 %	10 %				
Semana 2							
6	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	1 %	1 %				
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %				
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %				
Total Semanal		10 %	10 %				
Porcentaje acumulado		20 %	20 %				
Semana 3							
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompedores	6 %					
10	Instalación de fibra y láminas	4 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado		30 %					
Semana 4							
11	Instalación de fibra y láminas	5 %					
12	Instalación de quemador	5 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado		40 %					
Semana 5							
13	Instalación de fibra y láminas	1 %					
14	Instalación de quemador	7 %					
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 6							
16	Instalación de quemador	2 %					
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %					
18	Instalación de refractario rompe fuegos	5 %					
19	Instalación de refractario horno	1 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 7							
20	Instalación de tren de gas	5 %					
21	Instalación de refractario horno	5 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 8							
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 9							
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %					
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 10							
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Avance Total		100 %	20 %				

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 2**



Comentario

Cumplimiento total sobre las actividades programadas, el cronograma registra un cumplimiento del 10 % de 10 % de las actividades de la semana. Y un 20 % (acumulado) de 100 % que representa el total del proyecto. No se registraron inconvenientes que pudiesen representar un atraso significativo para el proyecto o que no se pudieron solucionar en los trabajos del día a día.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.3. **Semana 3**

- Lunes 18 de diciembre de 2017 (día 11)

Continuación de la limpieza de los residuos de refractario en puerta trasera esta vez con la utilización de una pulidora con un disco de cepillado para lograr mejores resultados, logrando desprender todos los residuos de tamaño medio. Eliminación de la pintura antigua en la base de la caldera, esta actividad se realizó con la utilización de un martillo. El día finalizó con el inicio de la limpieza del hogar de la caldera, utilizando pulidora.

Figura 26. **Eliminación de pintura con base en caldera**



Fuente: elaboración propia.

- Martes 19 de diciembre de 2017 (día 12)

Continuación de la limpieza de la base de la caldera mediante la utilización de espátula y martillo como herramientas y limpieza de la cámara de humos con la pulidora y disco de cepillado.

- Miércoles 20 de diciembre de 2017 (día 13)

Inicio del desmontaje de refractario del final del primer paso, este refractario tiene por objeto el generar un sello con el refractario de la puerta

trasera de la caldera. Toma de mediciones para generación de plantillas para modificaciones realizadas para acople de quemador nuevo.

Figura 27. **Desmontaje de antiguo refractario final del primer paso**



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 21 de diciembre de 2017 (día 14)

Finalización del desmontaje del refractario del final del primer paso, esta actividad fue realizada por un técnico. Continuación del trabajo de eliminación de pintura en la base de la caldera y se procedió a la eliminación del refractario de la cámara de fuego, esta actividad fue realizada con una barreta y almágana, verificando que con la utilización de estas herramientas no se realizara ninguna abolladura a la pared del cilindro central. Finalizando el día con una limpieza del área de trabajo.

Figura 28. **Eliminación de antiguo refractario cámara de fuego**




Fuente: elaboración propia.

- Viernes 22 de diciembre de 2017 (día 15)

Se continuó con el proceso de eliminación de pintura en la base de la caldera, se realizó la consulta de por qué no se realizaban avances en otros trabajos, a lo cual se obtuvo la respuesta que se encontraba sin materiales para seguir avanzando.

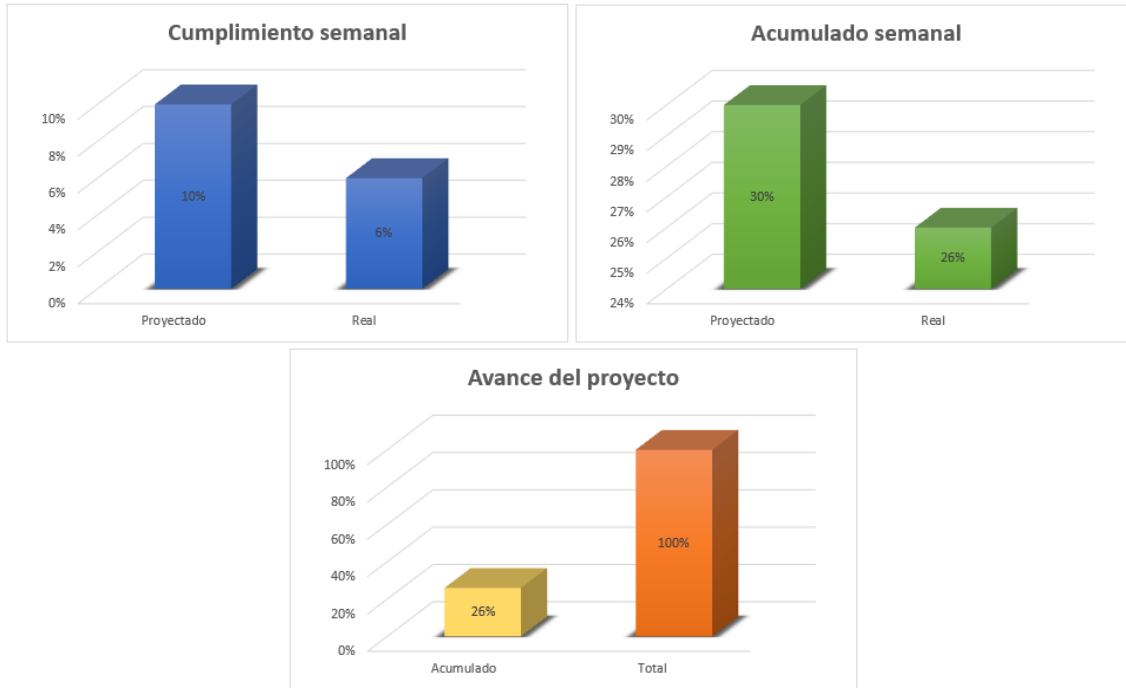
- Resumen semanal

Tabla XIX. Resumen comparativo de actividades semana 3

FIFCO Industrias Alimenticias Kern's 		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
		Semana de trabajo		3	Fecha Inicio: 18 de diciembre de 2017
					Fecha finalización: 22 de diciembre de 2017
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "					
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios
Semana 1					
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %		
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %		
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %		
4	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	5 %	5 %		
5	Servicio mayor	4 %	4 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		10 %	10 %		
Semana 2					
6	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	1 %	1 %		
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %		
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		20 %	20 %		
Semana 3					
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompefuegos	6 %	6 %		
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %		
Total Semanal		10 %	6 %		
Porcentaje acumulado		30 %	26 %		
Semana 4					
11	Instalación de fibra y láminas	5 %			
12	Instalación de quemador	5 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado		40 %			
Semana 5					
13	Instalación de fibra y laminas	1 %			
14	Instalación de quemador	7 %			
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Semana 6					
16	Instalación de quemador	2 %			
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %			
18	Instalación de refractario rompefuegos	5 %			
19	Instalación de refractario horno	1 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Semana 7					
20	Instalación de tren de gas	5 %			
21	Instalación de refractario horno	5 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Semana 8					
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Semana 9					
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %			
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Semana 10					
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Avance Total		100 %	26 %		

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 3**



Comentario

Cumplimiento del 6 % de 10 % de las actividades de la semana y un 26 % (acumulado) de 100 % que representa el total del proyecto, esto debido a que el proceso de instalación de fibra y laminas no se inició como se tenía programado, representando un atraso del 4 %, siendo este último el primer atraso durante la realización del proyecto.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.4. Semana 4

- Martes 26 de diciembre de 2017 (día 16)

Recepción de material para las guías, angulares, soportes de la nueva fibra aislante y las láminas para recubrimiento nuevo. Continuación del proceso de eliminación de pintura en la base de la caldera.

- Miércoles 27 de diciembre de 2017 (día 17)

Instalación de las bases para la fibra aislante y el recubrimiento de lámina, los soportes de las bases fueron realizados mediante el corte en secciones de diez centímetros de una barra angular, los cuales se soldaron al cuerpo de la caldera. Sobre los soportes o bases ya mencionados se soldó una regla metálica de 10 centímetros de ancho, la cual cumplió la tarea de soporte y método de anclaje para la fibra y lámina. También se soldaron los pernos que sujetan las compuertas delantera y trasera.

Figura 30. **Instalación de soportes para fibra y lámina**



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 28 de diciembre de 2017 (día 18)

Finalización de la instalación de los soportes de fibra aislante, realización de una de las modificaciones más grandes efectuadas al cuerpo de la caldera, la cual consistió en la eliminación mediante oxicorte de la antigua base del quemador y de los sistemas de regulación de gas-bunker. Esto debido a que por la forma y tipo del quemador nuevo no era necesarios.

Figura 31. **Corte de antiguo soporte de quemador**



Fuente: elaboración propia.

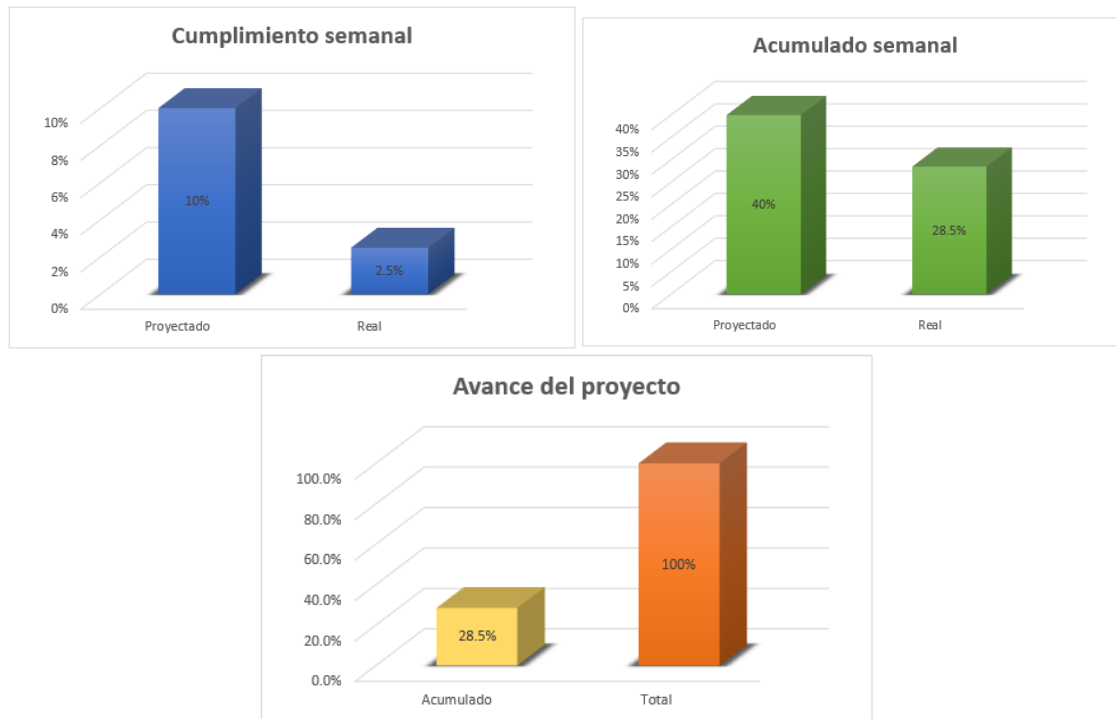
- Resumen semanal

Tabla XX. Resumen comparativo de actividades semana 4

FIFCO Industrias Alimenticias Kern's		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
		Semana de trabajo		4	Fecha Inicio: 25 de diciembre de 2017
					Fecha finalización: 29 de diciembre de 2017
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "					
No.	Actividades	Teórico	Real	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios
Semana 1					
1	Apertura de caldera	0 %	0 %		
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %		
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %		
4	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	5 %	5 %		
5	Servicio mayor	4 %	4 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		10 %	10 %		
Semana 2					
6	Desmontaje de lamina y cableado electrico	1 %	1 %		
7	Desmontaje de cableado electrico actual	1 %	1 %		
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		20 %	20 %		
Semana 3					
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompe fuegos	6 %	6 %		
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %		
Total Semanal		10 %	6 %		
Porcentaje acumulado		30 %	26 %		
Semana 4					
11	Instalación de fibra y laminas	5 %	0 %		
12	Instalación de quemador	5 %	0 %		
10	Instalación de fibra y laminas	4 %	3 %	Actividad realizada en semana 4	Se realizó instalación de sujetadores de fibra.
Total Semanal		10 %	3 %		
Porcentaje acumulado		40 %	29 %		
Semana 5					
13	Instalación de fibra y laminas	1 %			
14	Instalación de quemador	7 %			
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Semana 6					
16	Instalación de quemador	2 %			
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %			
18	Instalación de refractario rompe fuegos	5 %			
19	Instalación de refractario horno	1 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Semana 7					
20	Instalación de tren de gas	5 %			
21	Instalación de refractario horno	5 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Semana 8					
22	Instalación de tablero electrico nuevo	10 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Semana 9					
23	Instalación de tablero electrico nuevo	5 %			
24	Arranque y pruebas de funcinamiento	5 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Semana 10					
25	Arranque y pruebas de funcinamiento	10 %			
Total Semanal		10 %			
Porcentaje acumulado					
Avance Total		100 %	28 %		

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 4**



Comentarios

Cumplimiento del 2,5 % de 10 % de las actividades de la semana y un 28,5 % (acumulado) de 100 % que representa el total del proyecto, generándose un atraso del 11,5 % el cual es el equivalente aproximado a una semana de trabajo. Haciendo notar que el 2,5 % completado pertenece a una actividad atrasada y que no se completó ninguna de las actividades programadas para esta semana.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.5. **Semana 5**

- Martes 2 de enero de 2018 (día 19)

Instalación de angular en la parte inferior de la caldera, como soporte de la fibra aislante.

- Miércoles 3 de enero de 2018 (día 20)

Inicio del montaje de fibra aislante en caldera. Se realizó un proceso de pulido en la superficie de corte donde se eliminó la base del antiguo quemador, esto con el objetivo de iniciar el proceso de medición para la generación del flange que sirvió como acople del nuevo quemador.

Figura 33. Instalación de fibra aislante



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 4 de enero de 2018 (día 21)

Continuación del montaje de fibra aislante, únicamente se realizó esta actividad.

- Viernes 5 de enero de 2018 (día 22)

Finalización del montaje de fibra aislante en el lado izquierdo de la caldera (vista de puerta trasera), actividad que consistió en su totalidad del montaje de esta sobre los soportes previamente instalados. Mediante la utilización de

alambre, solo en ciertos tramos, y lazo en el resto de la caldera, se ajustaron todas las planchas creando una cuadrícula para que quedarán firmes y no se alteraran las posiciones en que fueron instaladas. También se realizó un proceso de cepillado en la puerta trasera.


Figura 34. **Finalización de proceso de instalación de fibra aislante**



Fuente: elaboración propia.

- Resumen semanal

Tabla XXI. Resumen comparativo de actividades semana 5

FIFCO		Industrias Alimenticias Kern's 		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
				Semana de trabajo	5	Fecha Inicio:	2 de enero de 2018
						Fecha finalización:	5 de enero de 2018
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "							
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios		
Semana 1							
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %				
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %				
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %				
4	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	5 %	5 %				
5	Servicio mayor	4 %	4 %				
Total Semanal		10 %	10 %				
Porcentaje acumulado		10 %	10 %				
Semana 2							
6	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	1 %	1 %				
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %				
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %				
Total Semanal		10 %	10 %				
Porcentaje acumulado		20 %	20 %				
Semana 3							
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompiefuegos	6 %	6 %				
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %				
Total Semanal		10 %	6 %				
Porcentaje acumulado		30 %	26 %				
Semana 4							
10	Instalación de fibra y láminas		3 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de sujetadores de fibra. Falta completar 1.5% de actividad 10		
11	Instalación de fibra y láminas	5 %	0 %				
12	Instalación de quemador	5 %	0 %				
Total Semanal		10 %	3 %				
Porcentaje acumulado		40 %	29 %				
Semana 5							
10	Instalación de fibra y láminas		2 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de fibra aislante. Se completa actividad 10.		
11	Instalación de fibra y láminas		1 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realizó instalación de fibra aislante. Falta completar 4% de actividad 11.		
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	0 %				
14	Instalación de quemador	7 %	0 %				
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %				
Total Semanal		10 %	3 %				
Porcentaje acumulado		50 %	31 %				
Semana 6							
16	Instalación de quemador	2 %					
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %					
18	Instalación de refractario rompiefuegos	5 %					
19	Instalación de refractario horno	1 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 7							
20	Instalación de tren de gas	5 %					
21	Instalación de refractario horno	5 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 8							
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 9							
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %					
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 10							
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Avance Total		100 %	31 %				

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 5**



Comentario

Cumplimiento únicamente de un 2,5 % de 10 % sobre las actividades de la semana, siendo este de actividades completadas de semanas anteriores. Resultando un 31 % (acumulado) del 100 % del total del proyecto. Teniendo un atraso del 19 % que es un equivalente aproximado a dos semanas de trabajo. Por lo cual se debe programar una reunión con el ingeniero líder del proyecto de la empresa contratista, para que se realice una justificación sobre el atraso mencionado.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.6. Semana 6

- Lunes 8 de enero de 2018 (día 23)

Continuación con el proceso de cepillado y eliminación de pintura en puerta trasera. Posteriormente se realizó una limpieza del área de trabajo.

Figura 36. **Puerta trasera luego de limpieza y cepillado**



Fuente: elaboración propia.

- **Martes 9 de enero de 2018 (día 24)**

Proceso de pulido en la parte interna de la puerta trasera para eliminar todo el residuo metálico excedente de la eliminación de los pines que servían como agarre al antiguo refractario, eliminación de la mirilla y todas las bases que servían como medio de acople de la puerta con los pernos de la caldera para el cierre de esta, esto último debido a que las bases mencionadas se encontraban en muy mal estado y era necesario sustituirlas. Eliminación de residuos en la base de la caldera. Por último, en ciertos puntos donde no se pudieron colocar soportes para fibra aislante se inició con la instalación de pines de sujeción, donde únicamente se presionó la fibra contra estos para generar el agarre y soporte necesario.

Figura 37. **Pines para sujeción de fibra aislante**



Fuente: elaboración propia.

- Miércoles 10 de enero de 2018 (día 25)

Pulido de todas las superficies donde se realizó el corte para la eliminación de los antiguos acoples de pernos de puerta trasera, estos últimos se almacenaron para que sirvieran como plantillas para que el diseño y fabricación de los nuevos se facilitara, se continuó con la instalación de pines para sujeción de fibra.

- Jueves 11 de enero de 2018 (día 26)

Finalización de la instalación de pines para sujeción de fibra aislante. Desmontaje de puerta trasera y pulido completo de todas las superficies de esta.

Figura 38. **Pulido en superficies de puesta trasera**



Fuente: elaboración propia.

- Viernes 12 de enero de 2018 (día 27)

Inicio del proceso de fabricación y soldadura de bases para pernos en el cuerpo de la caldera, la elaboración consistió en el corte de dos reglas de 1.20 m de largo por 10 cm de ancho en el cual se realizaron perforaciones de una pulgada, espaciadas 20 centímetros cada una.

Figura 39. **Fabricación de bases para pernos en caldera**



Fuente: elaboración propia.

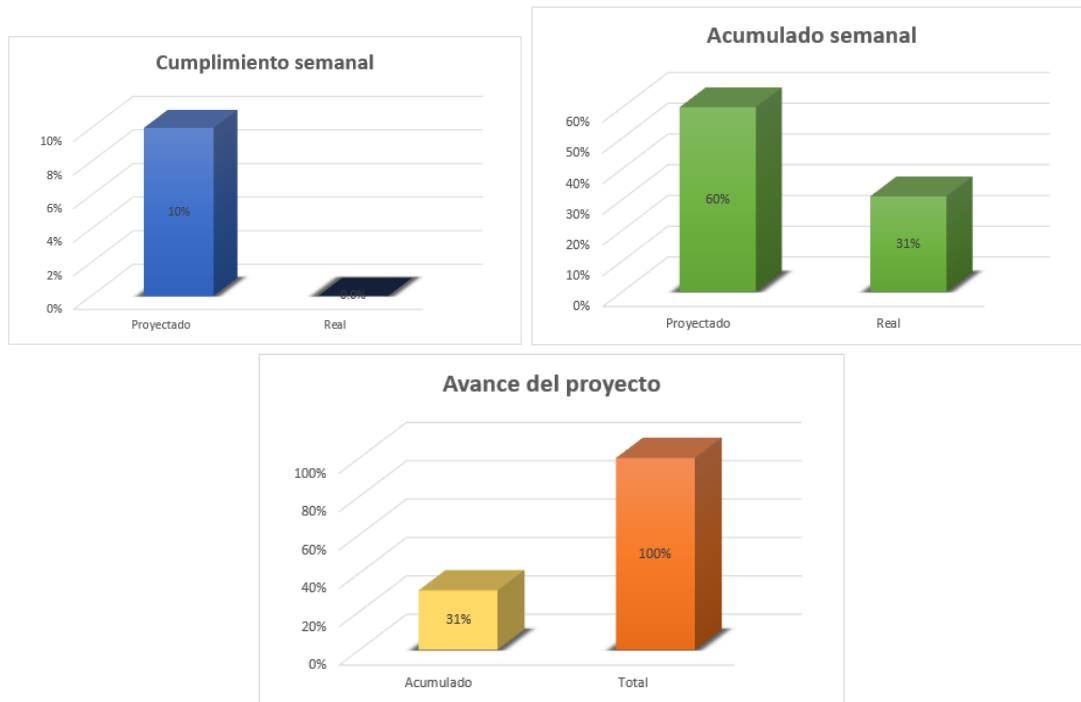
- Resumen semanal

Tabla XXII. Resumen comparativo de actividades semana 6

FIFCO		Industrias Alimenticias Kern's		Kern's		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
						Semana de trabajo	6	Fecha Inicio:	8 de enero de 2018
								Fecha finalización	12 de enero de 2018
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "									
No.	Actividades	Teórico	Real	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios				
Semana 1									
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %						
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %						
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %						
4	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	5 %	5 %						
5	Servicio mayor	4 %	4 %						
Total Semanal		10 %	10 %						
Porcentaje acumulado		10 %	10 %						
Semana 2									
6	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	1 %	1 %						
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %						
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %						
Total Semanal		10 %	10 %						
Porcentaje acumulado		20 %	20 %						
Semana 3									
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompefogos	6 %	6 %						
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %						
Total Semanal		10 %	6 %						
Porcentaje acumulado		30 %	26 %						
Semana 4									
10	Instalación de fibra y láminas		3 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de sujetadores de fibra. Falta completar 1.5% de actividad 10				
11	Instalación de fibra y láminas	5 %	0 %						
12	Instalación de quemador	5 %	0 %						
Total Semanal		10 %	3 %						
Porcentaje acumulado		40 %	29 %						
Semana 5									
10	Instalación de fibra y láminas		2 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de fibra aislante. Se completa el 4% de actividad 10				
11	Instalación de fibra y láminas		1 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realizó instalación de fibra aislante. Falta completar 4% de actividad 11.				
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	0 %						
14	Instalación de quemador	7 %	0 %						
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %						
Total Semanal		10 %	3 %						
Porcentaje acumulado		50 %	31 %						
Semana 6									
16	Instalación de quemador	2 %	0 %						
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %						
18	Instalación de refractario rompefogos	5 %	0 %						
19	Instalación de refractario horno	1 %	0 %						
Total Semanal		10 %	0 %						
Porcentaje acumulado		60 %	31 %						
Semana 7									
20	Instalación de tren de gas	5 %							
21	Instalación de refractario horno	5 %							
Total Semanal		10 %							
Porcentaje acumulado									
Semana 8									
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %							
Total Semanal		10 %							
Porcentaje acumulado									
Semana 9									
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %							
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %							
Total Semanal		10 %							
Porcentaje acumulado									
Semana 10									
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %							
Total Semanal		10 %							
Porcentaje acumulado									
Avance Total		100 %	31 %						

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 6**



Comentario

En esta semana no se registra el cumplimiento de ninguna actividad que permita realizar una actualización al cronograma. Teniendo nuevamente un 31 % (acumulado) del 100 % del total del proyecto. Al realizar la comparación entre el porcentaje proyectado y el realizado, existe una diferencia del 29 %, el cual es equivalente a un atraso que representa tres semanas de trabajo, cuando debería de existir un avance del 60 %, lo cual no se ve reflejado.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.7. Semana 7

- Lunes 15 de enero de 2018 (día 28)

Finalización del proceso de instalación de fibra aislante donde se colocaron los pines de sujeción y se soldaron la base de pernos al cuerpo de la caldera.

Figura 41. **Soldadura de bases para pernos a cuerpo de caldera**



Fuente: elaboración propia.

- Martes 16 de enero de 2018 (día 29)

Se realizó de una limpieza con tiner en la parte interna de la puerta trasera, posterior a esto se aplicaron dos manos de pintura base. Instalación de la moldura para el proceso de fundición del refractario al final de primer paso que tiene como objeto generar un sello con el refractario de la puerta trasera, así como también se soldaron los pines que sirven como soporte y medio de sujeción al refractario mencionado.

Figura 42. **Pines y moldura para fundición de refractario final del primer paso**



Fuente: elaboración propia.

- Miércoles 17 de enero de 2018 (día 30)

Continuación del proceso de instalación de modularas y pines para fundición de refractario del final del primer paso. Medición y corte de fibra aislante para puerta trasera. Se desmontó y se le dio mantenimiento a la bisagra de la puerta trasera, el cual consistió en una limpieza de la grasa acumulada y pulido en la superficie de contacto.

Figura 43. **Medición y corte de fibra aislante para puerta trasera**



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 18 de enero de 2018 (día 31)

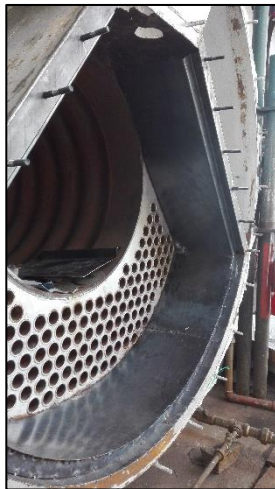
Finalización de la instalación de moldura para fundición de refractario del final del primer paso. Instalación de los pines de soporte para el refractario de la puerta trasera, los pines se encuentran conformados por la soldadura de una barra plana de 25 centímetros de largo por 4 de ancho, los cuales fueron seccionados para ampliar la superficie de agarre. Se inició con el proceso de medición y corte de las nuevas láminas para el recubrimiento de la caldera, utilizando las antiguas como plantillas.

Figura 44. **Puerta preparada para proceso de fundición**



Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Moldura de refractario final del primer paso**



Fuente: elaboración propia.

- Viernes 19 de enero de 2018 (día 32)

Fundición del refractario al final del primer paso, se utilizaron 27 sacos de cemento refractario, este proceso llevo un total de cinco horas de trabajo,

cuando se estaba realizando dicho proceso, debido al peso del refractario sobre las molduras, estas iniciaron a deformarse, para evitar lo anterior se colocaron soportes de madera en los puntos críticos. Una vez solucionado el problema, se procedió a realizar el proceso de fundición del refractario de la puerta trasera para el cual se utilizaron 13 sacos de cemento refractario.

Figura 46. **Puerta trasera luego de proceso de fundición de refractario**



Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Fundición de refractario final de primer paso**



Fuente: elaboración propia.

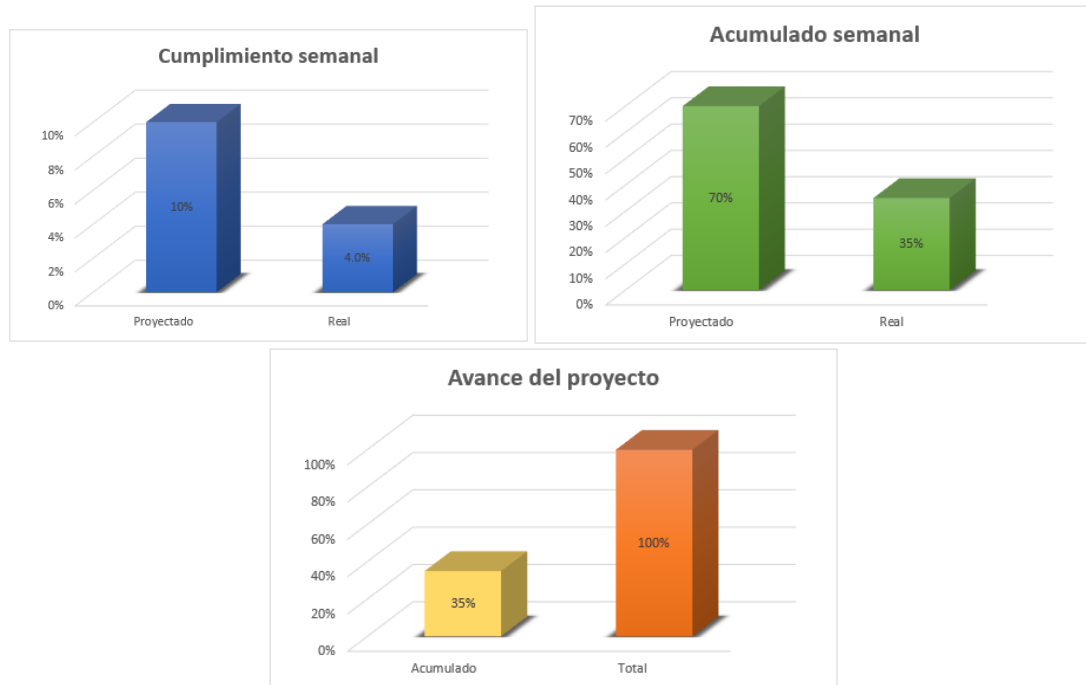
- Resumen semanal

Tabla XXIII. Resumen comparativo de actividades semana 7

FIFCO		Industrias Alimenticias Kern's Kern's		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
				Semana de trabajo	7	Fecha Inicio:	15 de enero de 2018
						Fecha finalización	19 de enero de 2018
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "							
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios		
Semana 1							
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %				
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %				
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %				
4	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	5 %	5 %				
5	Servicio mayor	4 %	4 %				
Total Semanal		10 %	10 %				
Porcentaje acumulado		10 %	10 %				
Semana 2							
6	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	1 %	1 %				
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %				
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %				
Total Semanal		10 %	10 %				
Porcentaje acumulado		20 %	20 %				
Semana 3							
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompiefuegos	6 %	6 %				
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %				
Total Semanal		10 %	6 %				
Porcentaje acumulado		30 %	26 %				
Semana 4							
10	Instalación de fibra y láminas		3 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de sujetadores de fibra. Falta completar 1.5% de actividad 10		
11	Instalación de fibra y láminas	5 %	0 %				
12	Instalación de quemador	5 %	0 %				
Total Semanal		10 %	3 %				
Porcentaje acumulado		40 %	29 %				
Semana 5							
10	Instalación de fibra y láminas		2 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de fibra aislante. Se completa el 4% de actividad 10.		
11	Instalación de fibra y láminas		1 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realizó instalación de fibra aislante. Falta completar 4% de actividad 11.		
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	0 %				
14	Instalación de quemador	7 %	0 %				
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %				
Total Semanal		10 %	3 %				
Porcentaje acumulado		50 %	31 %				
Semana 6							
16	Instalación de quemador	2 %	0 %				
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %				
18	Instalación de refractario rompiefuegos	5 %	0 %				
19	Instalación de refractario horno	1 %	0 %				
Total Semanal		10 %	0 %				
Porcentaje acumulado		60 %	31 %				
Semana 7							
15	Instalación de refractario puerta trasera		2 %	Actividad correspondiente a semana 5	Eliminación de residuos de refractario antiguo, limpieza de puerta e instalación de pines.		
17	Instalación de refractario puerta trasera		2 %	Actividad correspondiente a semana 6	Montaje de fibra aislante y fundición de refractario.		
20	Instalación de tren de gas	5 %	0 %				
21	Instalación de refractario horno	5 %	0 %				
Total Semanal		10 %	4 %				
Porcentaje acumulado		70 %	35 %				
Semana 8							
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 9							
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %					
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Semana 10							
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %					
Total Semanal		10 %					
Porcentaje acumulado							
Avance Total		100 %	35 %				

Fuente: elaboración propia.

Figura 48. Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 7



Comentario

Cumplimiento del 4 % de 10 % sobre las actividades de la semana, siendo este porcentaje de actividades completadas de semanas anteriores. Se registra hasta el momento un 35 % (acumulado) del 100 % del total del proyecto. Al realizar la comparación entre el porcentaje proyectado y el realizado, existe una diferencia del 35 %, el cual es equivalente a un atraso que representa tres semanas y media de trabajo, cuando debería de existir un avance del 70 %, es necesario solicitar una justificación del porqué del atraso mencionado, debido a que cuando se les consulta a los técnicos ellos hacen referencia a que la empresa contratista no les está brindando los materiales necesarios para avanzar con los trabajos.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.8. Semana 8

- Lunes 22 de enero de 2018 (día 33)

Finalización del proceso de corte y medición de láminas para recubrimiento de caldera.

- Martes 23 de enero de 2018 (día 34)

Instalación del recubrimiento de lámina en el cuerpo de la caldera.

Figura 49. **Instalación de recubrimiento de lámina**



Fuente: elaboración propia.

- Miércoles 24 de enero de 2018 (día 35)

Continuación con el montaje de lámina de recubrimiento de la caldera, luego se realizó una limpieza con tiner de toda la superficie. Montaje del flange para acople de quemador nuevo.

Figura 50. **Instalación de flange para acople de nuevo quemador**



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 25 de enero de 2018 (día 36)

Finalización de la instalación de lámina en toda la caldera. Aplicación de soldadura de refuerzo en el flange y al finalizar esta tarea se realizaron las perforaciones respectivas para el acople del quemador nuevo. Se iniciaron los preparativos de la caldera para la realización de la prueba hidrostática para verificar si existía fuga en tubos.

- Viernes 26 de enero de 2018 (día 37)

Realización de prueba hidrostática en caldera, esta prueba se detalla en el reporte entregado al jefe de servicios generales. Inicio del proceso de expansión de tubos de humos, el cual consistió en la expansión de estos, mediante la utilización de un expander y lubricante. Perforación de agujeros en flange, para fijar los pernos de acople para el quemador nuevo. Por último, se procedió a montar nuevamente la puerta trasera en su bisagra respectiva.



Figura 51. **Expansión de tubos de caldera**



Fuente: elaboración propia.

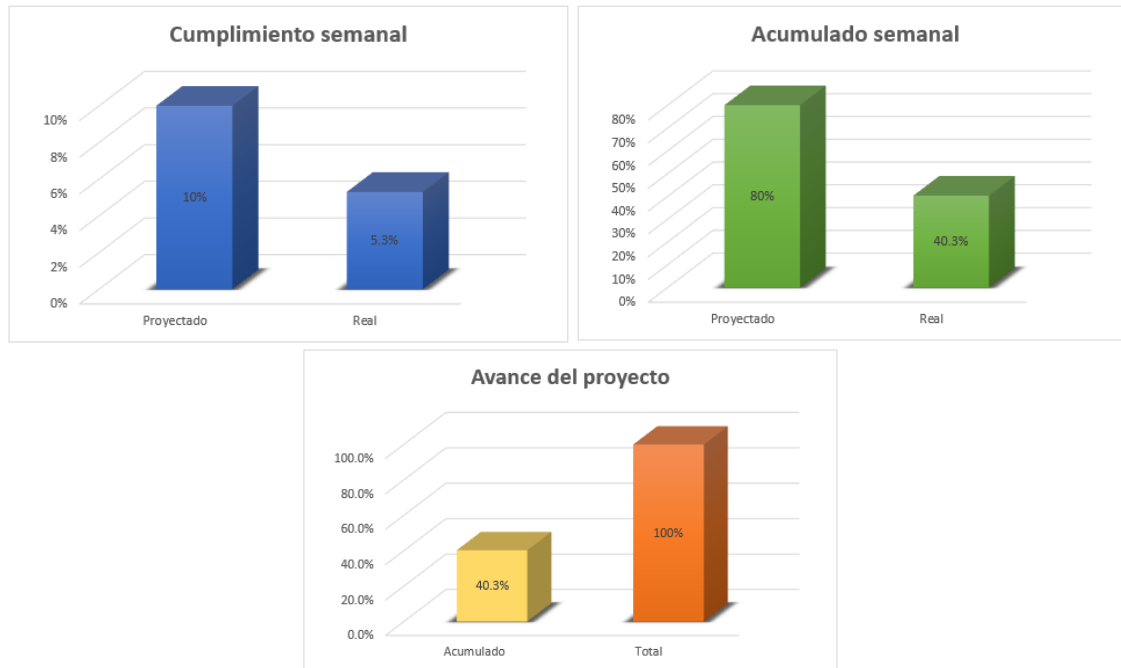
- Resumen semanal

Tabla XXIV. Resumen comparativo de actividades semana 8

 Industrias Alimenticias Kern's 		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
		Semana de trabajo		8	
				Fecha Inicio:	22 de enero de 2018
				Fecha finalización	26 de enero de 2018
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "					
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios
Semana 1					
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %		
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %		
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %		
4	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	5 %	5 %		
5	Servicio mayor	4 %	4 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		10 %	10 %		
Semana 2					
6	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	1 %	1 %		
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %		
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		20 %	20 %		
Semana 3					
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompefuegos	6 %	6 %		
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %		
Total Semanal		10 %	6 %		
Porcentaje acumulado		30 %	26 %		
Semana 4					
11	Instalación de fibra y láminas	5 %	0 %		
12	Instalación de quemador	5 %	0 %		
10	Instalación de fibra y láminas	10 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de sujetadores de fibra. Falta completar 1.5% de actividad 10
Total Semanal		20 %	3 %		
Porcentaje acumulado		40 %	29 %		
Semana 5					
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	0 %		
14	Instalación de quemador	7 %	0 %		
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %		
10	Instalación de fibra y láminas	10 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de fibra aislante. Se completa el 4% de actividad 10.
11	Instalación de fibra y láminas	1 %	1 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realizó instalación de fibra aislante. Falta completar 4% de actividad 11.
Total Semanal		20 %	3 %		
Porcentaje acumulado		50 %	31 %		
Semana 6					
16	Instalación de quemador	2 %	0 %		
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %		
18	Instalación de refractario rompefuegos	5 %	0 %		
19	Instalación de refractario horno	1 %	0 %		
Total Semanal		10 %	0 %		
Porcentaje acumulado		60 %	31 %		
Semana 7					
20	Instalación de tren de gas	5 %	0 %		
21	Instalación de refractario horno	5 %	0 %		
15	Instalación de refractario puerta trasera	10 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 5	Eliminación de residuos de refractario antiguo, limpieza de puerta e instalación de pines.
17	Instalación de refractario puerta trasera	10 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 6	Montaje de fibra aislante en puerta y fundición de refractario.
Total Semanal		30 %	4 %		
Porcentaje acumulado		70 %	35 %		
Semana 8					
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %	0 %		
11	Instalación de fibra y láminas	10 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Medición, corte e instalación de lamina. Falta completar 1.5% de actividad 11
12	Instalación de quemador	10 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación y soldadura de Flange para acople de quemador. Falta completar 2.2% de actividad 12.
Total Semanal		30 %	5 %		
Porcentaje acumulado		80 %	40 %		
Semana 9					
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	5 %		
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %	5 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		90 %	50 %		
Semana 10					
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %	10 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		100 %	60 %		
Avance Total		100 %	40 %		

Fuente: elaboración propia.

Figura 52. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 8**



Comentario

Cumplimiento de un 5,3 % de 10 % de actividades semanales, siendo este porcentaje de actividades pertenecientes a semanas anteriores. Se completa hasta el momento un 40,3 % (acumulado) del 100 % del total del proyecto. Es importante mencionar que para esta semana el proyecto debería encontrarse en sus fases de finalización, únicamente teniendo como actividades importantes la instalación y conexión del sistema eléctrico, el arranque y pruebas de funcionamiento, cuando aún no se tiene instalado el quemador y equipos complementarios como las columnas de agua. Al realizar la comparación entre el porcentaje proyectado y el realizado, existe una diferencia del 39,7 %, el cual es equivalente a un atraso que representa cuatro semanas de trabajo, cuando debería de existir un avance del 80 %.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.9. Semana 9

- Lunes 29 de enero de 2018 (día 38)

Aplicación de pintura en el cuerpo de la caldera, esta actividad se finalizó en un periodo de 4 horas, se aplicó únicamente una capa, se brindaron 2 horas de secado y posteriormente se inició con el proceso de pintura final en todo el cuerpo de la caldera. Montaje del cono refractario prefabricado que incluye el quemador nuevo, esta actividad se realizó con la ayuda de un montacarga y un pedazo de tubería para ingresarlo al interior de la caldera y dejarlo en una posición adecuada, para luego poder únicamente ajustarlo al flange. Finalmente se realizó el proceso de instalación de pernos donde se acopla el quemador.

Figura 53. **Cono refractario prefabricado de cámara de fuego**



Fuente: elaboración propia.

Figura 54. **Instalación de pernos para acople de quemador**



Fuente: elaboración propia.

- **Martes 30 de enero de 2018 (día 39)**

Instalación del panel de control en el lado derecho de la caldera. Continuación de la expansión de tubos en el inicio del segundo paso. Finalización de la instalación de pernos para anclaje del quemador, posteriormente se preparó el flange para instalar el quemador, esta preparación consistió en la colocación de fibra aislante y la verificación de la posición de los pernos con la plantilla generada. Para finalizar se inició con la fabricación de la base para la colocación del compresor.

Figura 55. **Verificación de pernos sobre plantilla. Base para montaje de panel de control**



Fuente: elaboración propia.

- Miércoles 31 de enero de 2018 (día 40)

Continuación de la expansión de tubos en el inicio del segundo paso. Se realizó el montaje del cono prefabricado de refractario sobre el flange, durante la realización de esta actividad se tuvo que pulir el diámetro interno del flange debido a que estos no tenían la misma medida. Posteriormente se realizó el montaje y acople del quemador nuevo, esta actividad llevo un promedio de 6 horas de trabajo, debido a que durante el proceso de montaje, a pesar de que se realizaron las mediciones y comparaciones con las plantillas previamente medidas por el jefe de proyecto de la empresa contratista, se encontraron problemas de ajuste de pernos entre quemador y flange, por lo cual mediante la aplicación de calor en los pernos, se realizó el ajuste de los mismos. Para finalizar se alinearon los pernos del cono refractario con las perforaciones de fabrica del quemador.

Figura 56. **Montaje de quemador**



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 1 de febrero de 2018 (día 41)

Preparación del material aislante que se colocó dentro de la cámara de fuego antes de la aplicación del refractario y se finalizó el proceso de expansión de tubos. Inicio de la instalación del panel eléctrico, esta consistió en la conexión de todos los componentes y para finalizar se realizó el montaje del compresor.

Figura 57. **Conexión de componentes en panel de control**



Fuente: elaboración propia.

- Viernes 2 de febrero de 2018 (día 42)

Medición y corte de fibra aislante para la colocación en puertas delanteras. Se conectó nuevamente la tubería principal de agua y se realizó la instalación eléctrica del compresor al panel eléctrico principal. Para finalizar con la instalación del refractario de la cámara de fuego.

Figura 58. **Montaje de refractario en cámara de fuego**



Fuente: elaboración propia.

Figura 59. **Instalación de fibra aislante en puertas delanteras**



Fuente: elaboración propia.

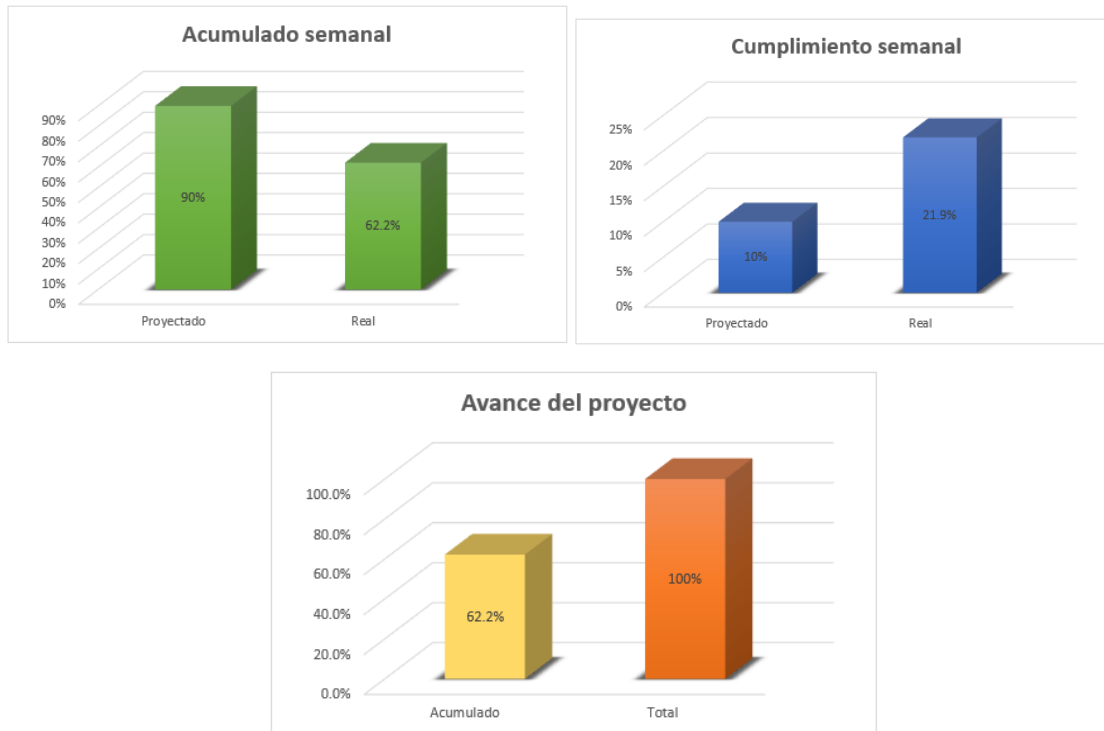
- Resumen semanal

Tabla XXV. Resumen comparativo de actividades semana 9

FIFCO		Industrias Alimenticias Kern's		KERN'S		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
						Semana de trabajo	9	Fecha Inicio:	29 de enero de 2018
								Fecha finalización	2 de febrero de 2018
Crónograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "									
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios				
Semana 1									
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %						
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %						
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %						
4	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	5 %	5 %						
5	Servicio mayor	4 %	4 %						
Total Semanal		10 %	10 %						
Porcentaje acumulado		10 %	10 %						
Semana 2									
6	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	1 %	1 %						
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %						
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %						
Total Semanal		10 %	10 %						
Porcentaje acumulado		20 %	20 %						
Semana 3									
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompefuegos	6 %	6 %						
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %						
Total Semanal		10 %	6 %						
Porcentaje acumulado		30 %	26 %						
Semana 4									
11	Instalación de fibra y láminas	5 %	0 %						
12	Instalación de quemador	5 %	0 %						
10	Instalación de fibra y láminas	10 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de sujetadores de fibra. Falta completar 1.5% de actividad 10				
Total Semanal		10 %	3 %						
Porcentaje acumulado		40 %	29 %						
Semana 5									
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	0 %						
14	Instalación de quemador	7 %	0 %						
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %						
10	Instalación de fibra y láminas	10 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de fibra aislante. Se completa el 4% de actividad 10.				
11	Instalación de fibra y láminas	1 %	1 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realizó instalación de fibra aislante. Falta completar 4% de actividad 11.				
Total Semanal		10 %	3 %						
Porcentaje acumulado		50 %	31 %						
Semana 6									
16	Instalación de quemador	2 %	0 %						
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %						
18	Instalación de refractario rompefuegos	5 %	0 %						
19	Instalación de refractario horno	1 %	0 %						
Total Semanal		10 %	0 %						
Porcentaje acumulado		60 %	31 %						
Semana 7									
20	Instalación de tren de gas	5 %	0 %						
21	Instalación de refractario horno	5 %	0 %						
15	Instalación de refractario puerta trasera	10 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 5	Eliminación de residuos de refractario antiguo, limpieza de puerta e instalación de pines. Montaje de fibra aislante en puerta y fundición de refractario.				
17	Instalación de refractario puerta trasera	10 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 6					
Total Semanal		10 %	4 %						
Porcentaje acumulado		70 %	35 %						
Semana 8									
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %	0 %						
11	Instalación de fibra y láminas	10 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Medición, corte e instalación de lamina. Falta completar 1.5% de actividad 11 Instalación y soldadura de Flange para acople de quemador. Falta completar 2.2% de actividad 12.				
12	Instalación de quemador	10 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 4					
Total Semanal		10 %	5 %						
Porcentaje acumulado		80 %	40 %						
Semana 9									
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	0 %						
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %	0 %						
11	Instalación de fibra y láminas	10 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realiza pintura de lamina. Se completa actividad 11 Se finaliza pintura de lamina.				
13	Instalación de fibra y láminas	10 %	1 %	Actividad correspondiente a semana 5					
12	Instalación de quemador	10 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación y soldadura de pernos de anclaje para quemador y puertas delanteras. Se completa actividad 11 Finalización de instalación de pernos, instalación de cono refractario, Montaje de quemador.				
14	Instalación de quemador	10 %	6 %	Actividad correspondiente a semana 5					
19	Instalación de refractario horno	10 %	1 %	Actividad correspondiente a semana 6	Preparación de molduras para refractario horno. Inicia proceso de montaje refractario Finalización de montaje de refractario horno.				
21	Instalación de refractario horno	10 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 7					
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 8	Montaje de base para panel de control, instalación y preparación de componentes de panel nuevo.				
Total Semanal		10 %	22 %						
Porcentaje acumulado		90 %	62 %						
Semana 10									
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %							
Total Semanal		10 %							
Porcentaje acumulado		100 %	62 %						
Avance Total		100 %	62 %						

Fuente: elaboración propia.

Figura 60. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 9**



Comentario
 Cumplimiento de un 21,9 % sobre las actividades semanales, siendo este porcentaje de actividades pertenecientes a semanas anteriores. Se completa un 62,2 % (acumulado) de un 100 % del total del proyecto. Se registra un atraso del 37,8 %, es importante mencionar que durante esta semana se registra el ingreso de los técnicos a las siete de la mañana y su retiro a las ocho de la noche, es por esto que se hace evidente este avance significativo.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.10. **Semana 10**

- **Lunes 5 de febrero de 2018 (día 43)**

Instalación de la columna auxiliar (Lado izquierdo de caldera). Montaje de los ladrillos refractario que conforman el rompe fuegos, para esta tarea se tuvo

el inconveniente que debido a que no se colocaron ningún tipo de soporte para los ladrillos de la parte superior toda la estructura colapso y se tuvo que realizar de nuevamente, colocando soportes en los puntos necesarios.

Figura 61. **Instalación de ladrillos refractario rompefuego**



Fuente: elaboración propia.

- Martes 6 de febrero de 2018 (día 44)

Instalación de las 3 válvulas de seguridad de la caldera. Instalación del manómetro principal de presión de salida de vapor y los sensores pressuretrol para control del apagado-alarma de la caldera por exceso de presión. Se soldaron las superficies de sello donde se acoplan los pernos del cuerpo de la caldera a la puerta trasera. Finalmente se aplicó cemento refractario al final del

tercer paso, en los puntos donde existía acumulación de hollín, esto se realizó en base a las recomendaciones dadas por el Ing. Luis Chanto en reporte del 13 de diciembre de 2017.

Figura 62. **Instalación de válvulas de seguridad**



Fuente: elaboración propia.

- Miércoles 7 de febrero de 2018 (día 45)

Instalación de empaque o sello en las puertas traseras, este se adhirió con pegamento de alta temperatura a la superficie de la caldera. Aplicación de pintura a la superficie de las puertas traseras auxiliares, para finalmente realizar el montaje. Se realizó la pintura de las tuberías de alimentación de agua, purgas y salida de vapor. Finalización de la preparación de las puertas delanteras para su montaje.

Figura 63. **Montaje de puertas traseras**



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 8 de febrero de 2018 (día 46)

Finalización del montaje de las puertas traseras auxiliares. Inicio del montaje de las puertas delanteras, durante este proceso se tuvo un inconveniente, debido a que el espacio entre los pernos y el tren de gas era muy reducido fue imposible montarlas, se dio la recomendación de desarmar el tren de gas del quemador y se redujo el largo de los pernos $\frac{1}{2}$ pulgada para generar más espacio.

- Viernes 9 de febrero de 2018 (día 47)

Continuación del montaje de las puertas delanteras, se procedió a desmontar el tren de gas y luego se tuvo el inconveniente en la alineación de las puertas con los pernos de sujeción, para lo cual se tuvieron que realizar mediciones y ajustar los pernos y agujeros nuevamente, comprometiendo el estado nuevo de las puertas.

Figura 64. **Montaje de puertas delanteras**



Fuente: elaboración propia.

- Resumen semanal

Tabla XXVI. Resumen comparativo de actividades semana 10

FICO Industrias Alimenticias Kern's		Kern's		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
				Semana de trabajo		10	
				Fecha Inicio:		5 de febrero de 2018	
				Fecha finalización		9 de febrero de 2018	
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "							
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios		
Semana 1							
1	Apertura de Caldera	0%	0%				
2	Desmontaje de quemador actual	0%	0%				
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0%	0%				
4	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	5%	5%				
5	Servicio mayor	4%	4%				
Total Semanal		10%	10%				
Porcentaje acumulado		10%	10%				
Semana 2							
6	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	1%	1%				
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1%	1%				
8	Limpieza de cilindro	8%	8%				
Total Semanal		10%	10%				
Porcentaje acumulado		20%	20%				
Semana 3							
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompefuegos	6%	6%				
10	Instalación de fibra y láminas	4%	0%				
Total Semanal		10%	6%				
Porcentaje acumulado		30%	26%				
Semana 4							
11	Instalación de fibra y láminas	5%	0%				
12	Instalación de quemador	5%	0%				
10	Instalación de fibra y láminas		3%	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de sujetadores de fibra. Falta completar 1.5% de actividad 10		
Total Semanal		10%	3%				
Porcentaje acumulado		40%	29%				
Semana 5							
13	Instalación de fibra y laminas	1%	0%				
14	Instalación de quemador	7%	0%				
15	Instalación de refractario puerta trasera	2%	0%				
10	Instalación de fibra y láminas		2%	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de fibra aislante. Se completa el 4% de actividad 10.		
11	Instalación de fibra y láminas		1%	Actividad correspondiente a semana 4	Se realizó instalación de fibra aislante. Falta completar 4% de actividad 11.		
Total Semanal		10%	3%				
Porcentaje acumulado		50%	31%				
Semana 6							
16	Instalación de quemador	2%	0%				
17	Instalación de refractario puerta trasera	2%	0%				
18	Instalación de refractario rompefuegos	5%	0%				
19	Instalación de refractario horno	1%	0%				
Total Semanal		10%	0%				
Porcentaje acumulado		60%	31%				
Semana 7							
20	Instalación de tren de gas	5%	0%				
21	Instalación de refractario horno	5%	0%				
15	Instalación de refractario puerta trasera		2%	Actividad correspondiente a semana 5	Eliminación de residuos de refractario antiguo, limpieza de puerta e instalación de pines.		
17	Instalación de refractario puerta trasera		2%	Actividad correspondiente a semana 6	Montaje de fibra aislante en puerta y fundición de refractario.		
Total Semanal		10%	4%				
Porcentaje acumulado		70%	35%				
Semana 8							
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10%	0%				
11	Instalación de fibra y láminas		3%	Actividad correspondiente a semana 4	Medición, corte e instalación de lamina. Falta completar 1.5% de actividad 11		
12	Instalación de quemador		3%	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación y soldadura de Flange para acople de quemador. Falta completar 2.2% de actividad 12.		
Total Semanal		10%	5%				
Porcentaje acumulado		80%	40%				
Semana 9							
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5%	0%				
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5%	0%				
11	Instalación de fibra y láminas		2%	Actividad correspondiente a semana 4	Se realiza pintura de lamina. Se completa actividad 11		
13	Instalación de fibra y láminas		1%	Actividad correspondiente a semana 5	Se finaliza pintura de lamina.		
12	Instalación de quemador		2%	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación y soldadura de pernos de anclaje para quemador y puertas delanteras. Se completa actividad 12		
14	Instalación de quemador		6%	Actividad correspondiente a semana 5	Finalización de instalación de pernos, instalación de cono refractario, Montaje de quemador.		
19	Instalación de refractario horno		1%	Actividad correspondiente a semana 6	Preparación de molduras para refractario horno. Inicia proceso de montaje refractario		
21	Instalación de refractario horno		5%	Actividad correspondiente a semana 7	Finalización de montaje de refractario horno.		
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo		5%	Actividad correspondiente a semana 8	Montaje de base para panel de control, Instalación y preparación de componentes de panel nuevo.		
Total Semanal		10%	22%				
Porcentaje acumulado		90%	62%				
Semana 10							
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10%	0%				
18	Instalación refractario rompefuego		5%	Actividad correspondiente a semana 6	Identificación de ladrillos con numeración de posición e instalación de los mismos.		
20	Instalación de tren de gas		3%	Actividad correspondiente a semana 7	Instalación de sujetadores y tubería desde tanque GLP a caldera 2. (Tropigas)		
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo		5%	Actividad correspondiente a semana 9	Se realiza la conexión eléctrica de panel principal a panel de control de caldera.		
Total Semanal		10%	13%				
Porcentaje acumulado		100%	75%				
Avance Total		100%	75%				

Fuente: elaboración propia.

Figura 65. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 1**



Comentario

Cumplimiento de un 12,5 % sobre las actividades semanales, siendo este porcentaje de actividades pertenecientes a semanas anteriores. Se registra un acumulado del 74,7 % del 100 % del total del proyecto. Esta semana representa el final y la entrega proyectada del proyecto por la empresa contratista, del cual como se puede observar aún se posee un atraso del 25,3 %. Quedando por completar la mitad de las actividades de la semana 9, todas las actividades pertenecientes a esta semana y algunas actividades de semanas anteriores.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3.11. Semana 11

- Lunes 12 de febrero de 2014 (día 48)

Finalización de la instalación de puertas delanteras, se solucionaron todos los inconvenientes mencionados. Instalación de la mirilla en la puerta trasera y aplicación de soldadura y ajuste del perfil donde se ajustaron los pernos para el

cierre de la puerta mencionada. Y para finalizar, instalación eléctrica del compresor.

Figura 66. **Soldadura de perfil para ajuste de pernos puerta-caldera**



Fuente: elaboración propia.

- Martes 13 de febrero de 2018 (día 49)

Instalación del sistema de recirculación de bunker, esta actividad consistió únicamente en la reconexión del sistema antiguo debido a que se utilizó el mismo motor y bomba, únicamente instalando una trampa de condensado nueva. Aplicación de una tercera mano de pintura a todas las superficies de la caldera. Recepción de la válvula reguladora que va colocada en la entrada de gas hacia el quemador.

Figura 67. **Instalación de sistema de recirculación de bunker**



Fuente: elaboración propia.

- Miércoles 14 de febrero de 2018 (día 50)

Instalación de base y tubería de entrada de GLP al quemador, conexión de la tubería de bunker.

Figura 68. **Instalación de base o soporte del cuerpo del quemador**



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 15 de febrero de 2018 (día 51)

Instalación de tubería para sistemas de control de GLP, así como la tubería del retorno de bunker.

Figura 69. **Instalación de sistemas de control entrada de GLP**



Fuente: elaboración propia.

- Viernes 16 de febrero de 2015 (día 52)

Acople de válvulas de seguridad en las tuberías o conductos de alivio. Alimentación del panel eléctrico y conexión del motor principal con el panel de control y eléctrico. Finalización de la instalación del tren de gas hacia el quemador de la caldera.



Figura 70. **Conexión de sistemas de control y eléctricos**



Fuente: elaboración propia.

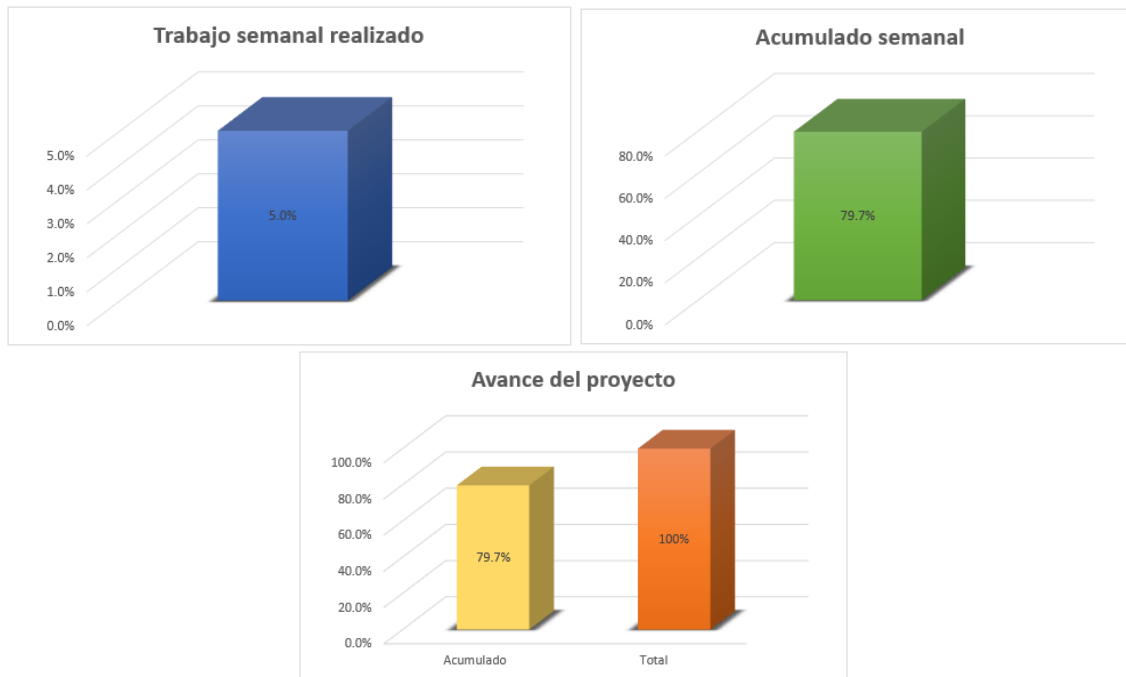
- Resumen semanal

Tabla XXVII. Resumen comparativo de actividades semana 11

 Industrias Alimenticias Kern's 		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
		Semana de trabajo		11	
				Fecha Inicio: 12 de febrero de 2018	
				Fecha Finalización: 16 de febrero de 2018	
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2"					
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios
Semana 1					
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %		
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %		
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %		
4	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	5 %	5 %		
5	Servicio mayor	4 %	4 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		10 %	10 %		
Semana 2					
6	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	1 %	1 %		
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %		
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		20 %	20 %		
Semana 3					
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompefuegos	6 %	6 %		
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %		
Total Semanal		10 %	6 %		
Porcentaje acumulado		30 %	26 %		
Semana 4					
11	Instalación de fibra y láminas	5 %	0 %		
12	Instalación de quemador	5 %	0 %		
10	Instalación de fibra y láminas		3 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de sujetadores de fibra. Falta completar 1.5% de actividad 10
Total Semanal		10 %	3 %		
Porcentaje acumulado		40 %	29 %		
Semana 5					
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	0 %		
14	Instalación de quemador	7 %	0 %		
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %		
10	Instalación de fibra y láminas		2 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de fibra aislante. Se completa el 4% de actividad 10.
11	Instalación de fibra y láminas		1 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realizó instalación de fibra aislante. Falta completar 4% de actividad 11.
Total Semanal		10 %	3 %		
Porcentaje acumulado		50 %	31 %		
Semana 6					
16	Instalación de quemador	2 %	0 %		
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %		
18	Instalación de refractario rompefuegos	5 %	0 %		
19	Instalación de refractario horno	1 %	0 %		
Total Semanal		10 %	0 %		
Porcentaje acumulado		60 %	31 %		
Semana 7					
20	Instalación de tren de gas	5 %	0 %		
21	Instalación de refractario horno	5 %	0 %		
15	Instalación de refractario puerta trasera		2 %	Actividad correspondiente a semana 5	Eliminación de residuos de refractario antiguo, limpieza de puerta e instalación de pines.
17	Instalación de refractario puerta trasera		2 %	Actividad correspondiente a semana 6	Montaje de fibra aislante en puerta y función de refractario.
Total Semanal		10 %	4 %		
Porcentaje acumulado		70 %	35 %		
Semana 8					
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %	0 %		
11	Instalación de fibra y láminas		3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Medición, corte e instalación de lamina. Falta completar 1.5% de actividad 11
12	Instalación de quemador		3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación y soldadura de Flange para acople de quemador. Falta completar 2.2% de actividad 12.
Total Semanal		10 %	5 %		
Porcentaje acumulado		80 %	40 %		
Semana 9					
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	0 %		
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %	0 %		
11	Instalación de fibra y láminas		2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realiza pintura de lamina. Se completa actividad 11
13	Instalación de fibra y láminas		1 %	Actividad correspondiente a semana 5	Se finaliza pintura de lamina.
12	Instalación de quemador		2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación y soldadura de pernos de anclaje para quemador y puertas delanteras. Se completa actividad 12
14	Instalación de quemador		2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Finalización de instalación de pernos, instalación de cono refractario, Montaje de quemador.
19	Instalación de refractario horno		1 %	Actividad correspondiente a semana 6	Preparación de molduras para refractario horno. Inicia proceso de montaje refractario
21	Instalación de refractario horno		5 %	Actividad correspondiente a semana 7	Finalización de montaje de refractario horno.
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo		5 %	Actividad correspondiente a semana 8	Montaje de base para panel de control, Instalación y preparación de componentes de panel nuevo.
Total Semanal		10 %	22 %		
Porcentaje acumulado		90 %	62 %		
Semana 10					
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %	0 %		
18	Instalación refractario rompefuego		5 %	Actividad correspondiente a semana 6	Identificación de ladrillos con numeración de posición e instalación de los mismos.
20	Instalación de tren de gas		3 %	Actividad correspondiente a semana 7	Instalación de sujetadores y tubería desde tanque GLP a caldera 2.
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo		5 %	Actividad correspondiente a semana 9	Se realiza la conexión eléctrica de panel principal a panel de control de caldera.
Total Semanal		10 %	13 %		
Porcentaje acumulado		100 %	75 %		
Semana 11					
Se excede el tiempo de entrega de caldera.					
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	5 %		
Total Semanal		5 %	5 %		
Porcentaje acumulado		100 %	80 %		
Avance Total		100 %	80 %		

Fuente: elaboración propia.

Figura 71. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 11**



Comentario

Avance de un 5 % de actividades semanales, con una acumulado del 79,7 % del 100 % del total del proyecto. Esta semana representa la primera de atraso total del proyecto debido a que se excede el tiempo proyectado de finalización y entrega de este. Se tiene un atraso del 20,3 % que se espera que se finalice en no más de una semana. Teniendo aun actividades importantes por delante como lo es la puesta en marcha de la caldera, las pruebas de funcionamiento y calibración.

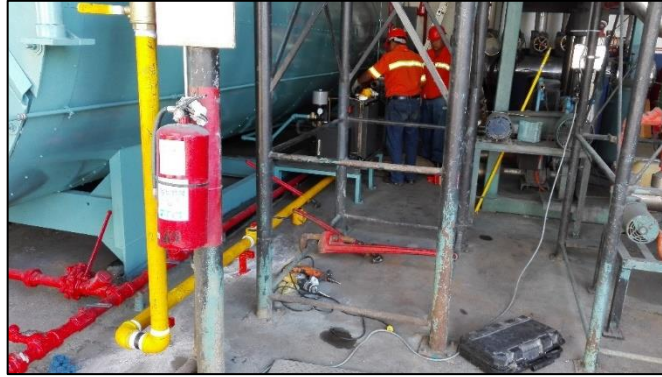
Fuente: elaboración propia.

3.1.3.12. Semana 12

- Lunes 19 de febrero de 2018 (día 53)

Finalización de la instalación de tren de gas para caldera 2.

Figura 72. **Instalación de tren de gas**



Fuente: elaboración propia.

- **Martes 20 de febrero de 2018 (día 54)**

Encendido de caldera. El proceso de calibración se planificó con una curva de 16 puntos los cuales representan el trabajo de la caldera en fuego bajo, medio y alto. Cuando se estaba calibrando el cuarto punto, se apagó de emergencia la caldera debido a que la mirilla del quemador se estaba deshaciendo, por lo cual se suspendió la actividad.

Anterior a lo sucedido, se realizó una prueba a los sensores mecánicos, la cual consistió en colocar un set point de 100 psi de presión máxima, se le permitió a la caldera llegar a 103,1 psi, en este momento el primer pressuretrol entró en funcionamiento y las alarmas se activaron, luego el segundo pressuretrol entró a trabajar y se apagó automáticamente la caldera.

Figura 73. **Condiciones de prueba de alarma y apagado automático de caldera por incremento de presión**



Fuente: elaboración propia.

- Miércoles 21 de febrero de 2018 (día 55)

Cambio de mirilla dañada y limpieza de inyectores de bunker, ya que el primer encendido de la caldera se realizó con combustible bunker.

Figura 74. **Limpieza de inyectores de bunker**



Fuente: elaboración propia.

- Jueves 22 de febrero de 2018 (día 56)

Continuación del proceso de calibración, cuando se llega al octavo punto se comenzó a deshacer la mirilla del quemador. Se suspendió la actividad nuevamente.

Figura 75. **Mirilla dañada**



Fuente: elaboración propia.

- Viernes 23 de febrero de 2018 (día 57)

Continuación del proceso de calibración, se registran nuevamente temperaturas mayores a los 100° Celsius en el área del quemador y aún más deterioro en la mirilla.

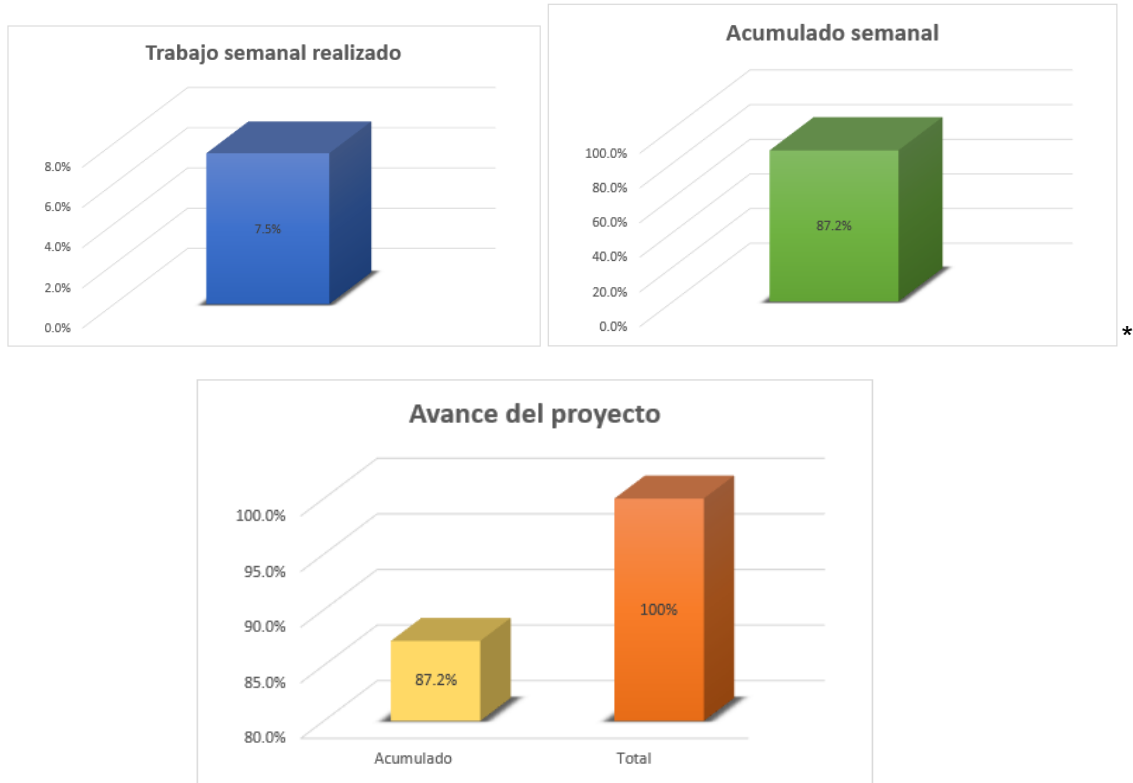
- Resumen semanal

Tabla XXVIII. Resumen comparativo de actividades semana 12

Industrias Alimenticias Kern's Kern's		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
		Semana de trabajo		12	19 de febrero de 2018
				Fecha Inicio:	23 de febrero de 2018
				Fecha Finalización:	
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "					
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios
Semana 1					
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %		
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %		
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %		
4	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	5 %	5 %		
5	Servicio mayor	4 %	4 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		10 %	10 %		
Semana 2					
6	Desmontaje de lámina y cableado eléctrico	1 %	1 %		
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %		
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %		
Total Semanal		10 %	10 %		
Porcentaje acumulado		20 %	20 %		
Semana 3					
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompeduros	6 %	6 %		
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %		
Total Semanal		10 %	6 %		
Porcentaje acumulado		30 %	26 %		
Semana 4					
11	Instalación de fibra y láminas	5 %	0 %		
12	Instalación de quemador	5 %	0 %		
10	Instalación de fibra y láminas		3 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de sujetadores de fibra. Falta completar 1.5% de actividad 10
Total Semanal		10 %	3 %		
Porcentaje acumulado		40 %	29 %		
Semana 5					
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	0 %		
14	Instalación de quemador	7 %	0 %		
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %		
10	Instalación de fibra y láminas		2 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de fibra aislante. Se completa el 4% de actividad 10.
11	Instalación de fibra y láminas		1 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realizó instalación de fibra aislante. Falta completar 4% de actividad 11.
Total Semanal		10 %	3 %		
Porcentaje acumulado		50 %	31 %		
Semana 6					
16	Instalación de quemador	2 %	0 %		
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %		
18	Instalación de refractario rompeduros	5 %	0 %		
19	Instalación de refractario horno	1 %	0 %		
Total Semanal		10 %	0 %		
Porcentaje acumulado		60 %	31 %		
Semana 7					
20	Instalación de tren de gas	5 %	0 %		
21	Instalación de refractario puerta trasera	5 %	0 %		
15	Instalación de refractario puerta trasera		2 %	Actividad correspondiente a semana 5	Eliminación de residuos de refractario antiguo, limpieza de puerta e instalación de pines.
17	Instalación de refractario puerta trasera		2 %	Actividad correspondiente a semana 6	Montaje de fibra aislante en puerta y fundición de refractario.
Total Semanal		10 %	4 %		
Porcentaje acumulado		70 %	35 %		
Semana 8					
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %	0 %		
11	Instalación de fibra y láminas		3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Medición, corte e instalación de lamina. Falta completar 1.5% de actividad 11
12	Instalación de quemador		3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación y soldadura de Flange para acople de quemador. Falta completar 2.2% de actividad 12.
Total Semanal		10 %	5 %		
Porcentaje acumulado		80 %	40 %		
Semana 9					
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	0 %		
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %	0 %		
11	Instalación de fibra y láminas		2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realiza pintura de lamina. Se completa actividad 11
13	Instalación de fibra y láminas		1 %	Actividad correspondiente a semana 5	Se finaliza pintura de lamina.
12	Instalación de quemador		2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación y soldadura de pernos de anclaje para quemador y puertas delanteras. Se completa actividad 12
14	Instalación de quemador		6 %	Actividad correspondiente a semana 5	Finalización de instalación de pernos, instalación de cono refractario, Montaje de quemador.
19	Instalación de refractario horno		1 %	Actividad correspondiente a semana 6	Preparación de molduras para refractario horno. Inicia proceso de montaje refractario
21	Instalación de refractario horno		5 %	Actividad correspondiente a semana 7	Finalización de montaje de refractario horno.
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo		5 %	Actividad correspondiente a semana 8	Montaje de base para panel de control, instalación y preparación de componentes de panel nuevo.
Total Semanal		10 %	22 %		
Porcentaje acumulado		90 %	62 %		
Semana 10					
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %	0 %		
18	Instalación de refractario rompeduro		5 %	Actividad correspondiente a semana 6	Identificación de ladrillos con numeración de posición e instalación de los mismos.
20	Instalación de tren de gas		3 %	Actividad correspondiente a semana 7	Instalación de sujetadores y tubería desde tanque GLP a caldera 2.
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo		5 %	Actividad correspondiente a semana 9	Se realiza la conexión eléctrica de panel principal a panel de control de caldera.
Total Semanal		10 %	13 %		
Porcentaje acumulado		100 %	75 %		
Se excede el tiempo de entrega de caldera.					
Semana 11					
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 9	
Total Semanal		100 %	5 %		
Porcentaje acumulado		100 %	80 %		
Semana 12					
20	Instalación de tren de gas		3 %	Actividad correspondiente a semana 7	Finalización de la instalación de tren de gas para caldera no. 2
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 9	Se delimita la curva de calibración a 16 puntos. Se inicia proceso pero por desperfectos no se continua.
Total Semanal		100 %	8 %		
Porcentaje acumulado		100 %	87 %		
Avance Total		100 %	87 %		

Fuente: elaboración propia.

Figura 76. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 12**



Comentario
Avance de un 7,5 % de actividades semanales, con un acumulado del 87,2 % del 100 % del total del proyecto. Esta representa la segunda semana de atraso total del proyecto. Se realiza el primer encendido de la caldera, pero durante el proceso de calibración se presentan los inconvenientes ya mencionados.

Fuente: elaboración propia.

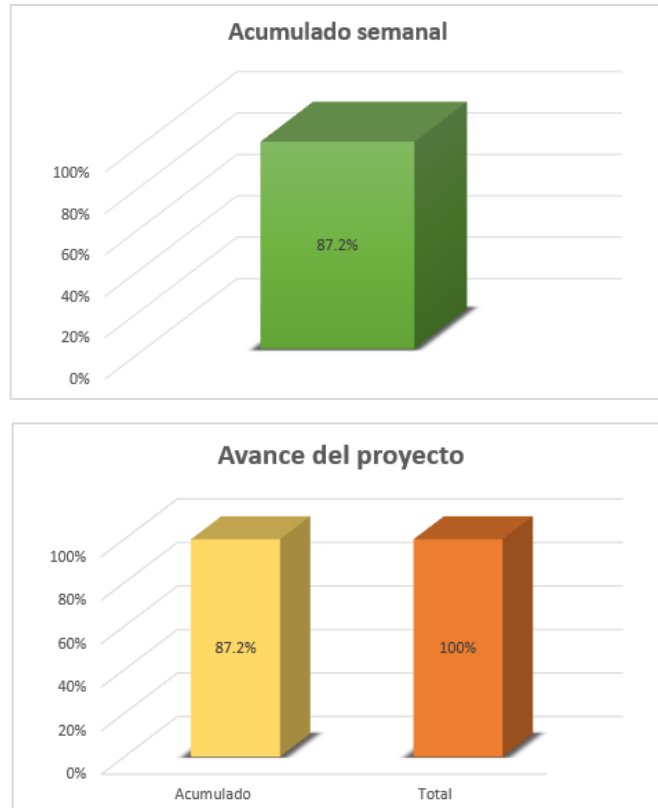
3.1.3.13. Semana 13

Tabla XXIX. Resumen comparativo de actividades semana 13

FIFCO		Industrias Alimenticias Kern's		Kern's		Departamento de Servicios Generales		Reporte semanal	
						Semana de trabajo		13	
								Fecha inicio: 3 de abril de 2018	
								Fecha finalización: 14 de abril de 2018	
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "									
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios				
Semana 1									
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %						
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %						
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %						
4	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	5 %	5 %						
5	Servicio mayor	4 %	4 %						
Total Semanal		10 %	10 %						
Porcentaje acumulado		10 %	10 %						
Semana 2									
6	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	1 %	1 %						
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %						
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %						
Total Semanal		10 %	10 %						
Porcentaje acumulado		20 %	20 %						
Semana 3									
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompeduegos	6 %	6 %						
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %						
Total Semanal		10 %	6 %						
Porcentaje acumulado		30 %	26 %						
Semana 4									
11	Instalación de fibra y láminas	5 %	0 %						
12	Instalación de quemador	5 %	0 %						
10	Instalación de fibra y láminas	3 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de sujetadores de fibra. Falta completar 1.5% de actividad 10				
Total Semanal		10 %	3 %						
Porcentaje acumulado		40 %	29 %						
Semana 5									
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	0 %						
14	Instalación de quemador	7 %	0 %						
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %						
10	Instalación de fibra y láminas	2 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de fibra aislante. Se completa el 4% de actividad 10.				
11	Instalación de fibra y láminas	1 %	1 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realizó instalación de fibra aislante. Falta completar 4% de actividad 11.				
Total Semanal		10 %	3 %						
Porcentaje acumulado		50 %	31 %						
Semana 6									
16	Instalación de quemador	2 %	0 %						
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %						
18	Instalación de refractario rompeduegos	5 %	0 %						
19	Instalación de refractario horno	1 %	0 %						
Total Semanal		10 %	0 %						
Porcentaje acumulado		60 %	31 %						
Semana 7									
20	Instalación de tren de gas	5 %	0 %						
21	Instalación de refractario horno	5 %	0 %						
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 5	Eliminación de residuos de refractario antiguo, limpieza de puerta e instalación de pines.				
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 6	Montaje de fibra aislante en puerta y fundición de refractario.				
Total Semanal		10 %	4 %						
Porcentaje acumulado		70 %	35 %						
Semana 8									
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %	0 %						
11	Instalación de fibra y láminas	3 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Medición, corte e instalación de lamina. Falta completar 1.5% de actividad 11				
12	Instalación de quemador	3 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación y soldadura de Flange para acople de quemador. Falta completar 2.2% de actividad 12.				
Total Semanal		10 %	5 %						
Porcentaje acumulado		80 %	40 %						
Semana 9									
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	0 %						
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %	0 %						
11	Instalación de fibra y láminas	2 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realiza pintura de lamina. Se completa actividad 11				
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	1 %	Actividad correspondiente a semana 5	Se finaliza pintura de lamina.				
12	Instalación de quemador	2 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación de pernos de anclaje para quemador y puertas delanteras. Se completa actividad 12				
14	Instalación de quemador	6 %	6 %	Actividad correspondiente a semana 5	Finalización de instalación de pernos, instalación de cono refractario, Montaje de quemador.				
19	Instalación de refractario horno	1 %	1 %	Actividad correspondiente a semana 6	Preparación de molduras para refractario horno. Inicia proceso de montaje refractario				
21	Instalación de refractario horno	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 7	Finalización de montaje de refractario horno.				
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 8	Montaje de base para panel de control, Instalación y preparación de componentes de panel nuevo.				
Total Semanal		10 %	22 %						
Porcentaje acumulado		90 %	62 %						
Semana 10									
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %	0 %						
18	Instalación refractario rompe fuego	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 6	Identificación de ladrillos con numeración de posición e instalación de los mismos.				
20	Instalación de tren de gas	3 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 7	Instalación de sujetadores y tubería desde tanque GLP a caldera 2.				
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 9	Se realiza la conexión eléctrica de panel principal a panel de control de caldera.				
Total Semanal		10 %	13 %						
Porcentaje acumulado		100 %	75 %						
Se excede el tiempo de entrega de caldera.									
Semana 11									
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 9					
Total Semanal		5 %	5 %						
Porcentaje acumulado		100 %	80 %						
Semana 12									
20	Instalación de tren de gas	3 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 7	Finalización de la instalación de tren de gas para caldera no. 2				
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 9	Curva de calibración a 16 puntos. Se inicia proceso pero por desperfectos no se continúa.				
Total Semanal		8 %	8 %						
Porcentaje acumulado		100 %	87 %						
Semana 13									
No hay registro de actividades		0 %	0 %		Evaluación de sobrecalentamiento				
Total Semanal		0 %	0 %						
Porcentaje acumulado		100 %	87 %						

Fuente: elaboración propia.

Figura 77. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 13**



Comentario

La semana 13 representa la tercera semana de atraso sobre el tiempo proyectado para entrega de la caldera, faltando un 12,8 % para poder completar el 100 % del proyecto, este porcentaje faltante se debe a los inconvenientes mencionados sobre el exceso de temperatura en el área del quemador, lo cual no permite realizar un buen encendido y sus pruebas de funcionamiento. Razón por la cual los técnicos empezaron a hacer revisiones de dichas fallas.

Fuente: elaboración propia.

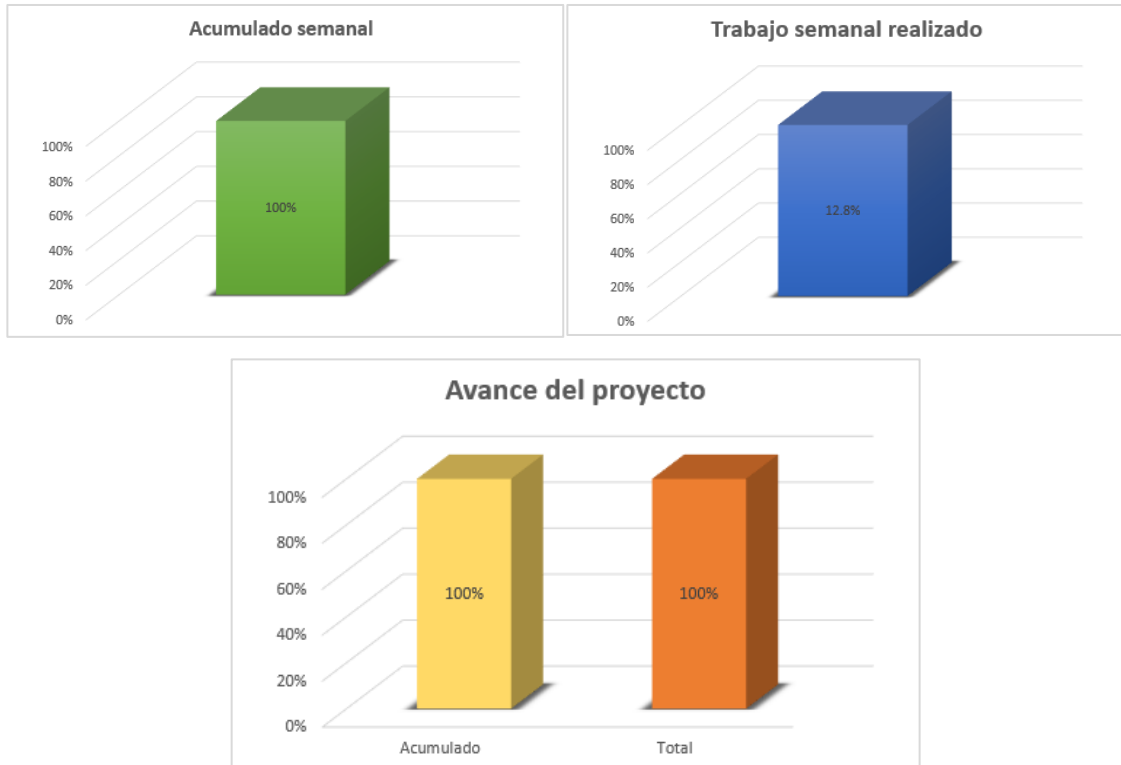
3.1.3.14. Semana 18

Tabla XXX. Resumen comparativo de actividades semana 18

FFCO		Industrias Alimenticias Kern's		Kern's		Departamento de Servicios Generales		Semana de trabajo		18		Reporte semanal	
										Fecha inicio:		9 de abril de 2018	
										Fecha finalización:		14 de abril de 2018	
Cronograma comparativo de actividades Semanales "Conversión de combustible bunker "C" a GLP en CALDERA No. 2 "													
No.	Actividades Descripción	Porcentaje proyectado	Porcentaje realizado	Actividad realizada fuera de fecha programada	Comentarios								
Semana 1													
1	Apertura de Caldera	0 %	0 %										
2	Desmontaje de quemador actual	0 %	0 %										
3	Desmontaje de puertas delanteras y traseras	0 %	0 %										
4	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	5 %	5 %										
5	Servicio mayor	4 %	4 %										
Total Semanal		10 %	10 %										
Porcentaje acumulado		10 %	10 %										
Semana 2													
6	Desmontaje de lamina y cableado eléctrico	1 %	1 %										
7	Desmontaje de cableado eléctrico actual	1 %	1 %										
8	Limpieza de cilindro	8 %	8 %										
Total Semanal		10 %	10 %										
Porcentaje acumulado		20 %	20 %										
Semana 3													
9	Desmontaje de refractario puerta trasera, horno y rompiefuegos	6 %	6 %										
10	Instalación de fibra y láminas	4 %	0 %										
Total Semanal		10 %	6 %										
Porcentaje acumulado		30 %	26 %										
Semana 4													
11	Instalación de fibra y láminas	5 %	0 %										
12	Instalación de quemador	5 %	0 %										
10	Instalación de fibra y láminas	3 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de sujetadores de fibra. Falta completar 1.5% de actividad 10								
Total Semanal		10 %	3 %										
Porcentaje acumulado		40 %	29 %										
Semana 5													
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	0 %										
14	Instalación de quemador	7 %	0 %										
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %										
10	Instalación de fibra y láminas	1 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 3	Se realizó instalación de fibra aislante. Se completa el 4% de actividad 10.								
11	Instalación de fibra y láminas	1 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realizó instalación de fibra aislante. Falta completar 4% de actividad 11.								
Total Semanal		10 %	3 %										
Porcentaje acumulado		50 %	31 %										
Semana 6													
16	Instalación de quemador	2 %	0 %										
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	0 %										
18	Instalación de refractario rompiefuegos	5 %	0 %										
19	Instalación de refractario horno	1 %	0 %										
Total Semanal		10 %	0 %										
Porcentaje acumulado		60 %	31 %										
Semana 7													
20	Instalación de tren de gas	5 %	0 %										
21	Instalación de refractario horno	5 %	0 %										
15	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 5	Eliminación de residuos de refractario antiguo, limpieza de puerta e instalación de pines.								
17	Instalación de refractario puerta trasera	2 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 6	Montaje de fibra aislante en puerta y fundición de refractario.								
Total Semanal		10 %	4 %										
Porcentaje acumulado		70 %	35 %										
Semana 8													
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	10 %	0 %										
11	Instalación de fibra y láminas	3 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Medición, corte e instalación de lamina. Falta completar 1.5% de actividad 11								
12	Instalación de quemador	3 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación y soldadura de Flange para acople de quemador. Falta completar 2.2% de actividad 12.								
Total Semanal		10 %	5 %										
Porcentaje acumulado		80 %	40 %										
Semana 9													
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	0 %										
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %	0 %										
11	Instalación de fibra y láminas	2 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Se realiza pintura de lamina. Se completa actividad 11								
13	Instalación de fibra y láminas	1 %	1 %	Actividad correspondiente a semana 5	Se finaliza pintura de lamina.								
12	Instalación de quemador	2 %	2 %	Actividad correspondiente a semana 4	Instalación de pernos de anclaje para quemador y puertas delanteras. Se completa actividad 12								
14	Instalación de quemador	6 %	6 %	Actividad correspondiente a semana 5	Finalización de instalación de pernos. Instalación de cono refractario. Montaje de quemador.								
19	Instalación de refractario horno	1 %	1 %	Actividad correspondiente a semana 6	Preparación de molduras para refractario horno. Inicia proceso de montaje refractario								
21	Instalación de refractario horno	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 7	Finalización de montaje de refractario horno.								
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 8	Montaje de base para panel de control, Instalación y preparación de componentes de panel nuevo.								
Total Semanal		10 %	22 %										
Porcentaje acumulado		90 %	62 %										
Semana 10													
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %	0 %										
18	Instalación refractario rompe fuego	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 6	Identificación de ladrillos con numeración de posición e instalación de los mismos.								
20	Instalación de tren de gas	3 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 7	Instalación de sujetadores y tubería desde tarque GLP a caldera 2.								
22	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 9	Se realiza la conexión eléctrica de panel principal a panel de control de caldera.								
Total Semanal		10 %	13 %										
Porcentaje acumulado		100 %	75 %										
Semana 11													
Se excede el tiempo de entrega de caldera.													
23	Instalación de tablero eléctrico nuevo	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 9									
Total Semanal		5 %	5 %										
Porcentaje acumulado		100 %	80 %										
Semana 12													
20	Instalación de tren de gas	3 %	3 %	Actividad correspondiente a semana 7	Finalización de la instalación de tren de gas para caldera no. 2								
24	Arranque y pruebas de funcionamiento	5 %	5 %	Actividad correspondiente a semana 9	Curva de calibración a 16 puntos. Se inicia proceso pero por desperfectos no se continua.								
Total Semanal		8 %	8 %										
Porcentaje acumulado		100 %	87 %										
Semana 13													
No hay registro de actividades													
Total Semanal		0 %	0 %		Evaluación de sobrecalentamiento								
Porcentaje acumulado		100 %	87 %										
Semana 18													
25	Arranque y pruebas de funcionamiento	10 %	10 %		Solución de problema de sobrecalentamiento.								
16	Instalación de quemador	3 %	3 %		Entrega de caldera								
Total Semanal		13 %	13 %										
Porcentaje acumulado		100 %	100 %										
Avance Total		100 %	100 %										

Fuente: elaboración propia.

Figura 78. **Resumen comparativo de avance y cumplimiento del proyecto semana 18**



Comentario

La semana 18 representa la octava semana de atraso sobre el tiempo proyectado de finalización del proyecto. En esta semana la caldera es entregada funcionando al 100 %. Solucionando el problema de sobrecalentamiento en el área del quemador, dicha solución consumió un total de 5 semanas como se puede ver reflejado en el cronograma.

Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Comparativo de partes con mayor desgaste

- Refractario puerta trasera

Figura 79. **Refractario puerta trasera antes y después de proceso de conversión**



Fuente: elaboración propia.

Durante la apertura de la caldera se nota que el refractario de la puerta trasera se encontraba en muy malas condiciones, con fracturas y suciedad acumulada producto de la combustión, así como con partes desprendidas por la antigüedad de este. Posterior al proceso de conversión se observa un refractario uniforme, al cual durante el proceso de función se realizaron preparativos específicos a la puerta para garantizar la preservación de este. Dentro de estos preparativos se encuentra la reducción de los pines de sujeción y la sustitución de la moldura de la mirilla por un material no metálico.

- Eliminación de tubo metálico como moldura de mirilla

Figura 80. **Moldura de mirilla en puerta trasera**



Fuente: elaboración propia.

Siguiendo las recomendaciones proporcionadas en el documento informe visita técnica de inspección en caldera núm. 2. Se eliminó la moldura de metálica al momento de la fundición del refractario en puerta trasera, se utilizó un tubo de PVC que fue retirado luego del fraguado del cemento refractario.

- Aplicación de refractario en final del tercer paso

Figura 81. **Zona afectada por corrosión acida por acumulación de hollín**



Fuente: elaboración propia.

Siguiendo con las recomendaciones proporcionadas en el documento informe visita técnica de inspección en caldera núm. 2. Se realizó la aplicación del refractario en los puntos críticos donde se evidenció la acumulación de hollín al final del tercer paso, para evitar la pérdida de espesor en el espejo de la caldera, en la zona mencionada.

- Estado general de pintura y recubrimiento de caldera.

Figura 82. **Estado inicial de pintura en caldera**



Fuente: elaboración propia.

Figura 83. **Estado pintura luego de proceso de conversión y mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

Dentro de las condiciones más notorias al momento en que inició el proyecto de conversión en caldera número dos, era el estado de las láminas de recubrimiento y el estado de la pintura en toda la superficie de esta. Al finalizar se observa que se eliminó la corrosión y se presenta una superficie limpia con un buen acabado de pintura.

3.1.5. Informes de trabajos específicos realizados durante el proceso de conversión

Como medios de recopilación de datos y análisis se realizaron un total de dos pruebas durante el periodo de conversión de la caldera los cuales son la medición de espesores en el cuerpo de la caldera y una prueba hidrostática.

Tabla XXXI. **Informe visita técnica de inspección en caldera núm. 2**



Fuente: elaboración propia.

- Introducción

Visita técnica realizada por el Ing. Luis Chanto representante de la empresa Consultores en Ingeniería de los Recursos Energéticos S.A, planificada para inspección general del cilindro o casco de la caldera núm. 2 y la valoración de los trabajos de conversión, restauración y mantenimiento que se implementaban a este equipo.

Durante el miércoles 13 de diciembre se atendía esta actividad, y a continuación se presentan las observaciones y comentarios sobre lo observado.

- Objetivo

Brindar apoyo y seguimiento al Ing. Luis Chanto durante la visita técnica, para comunicar todas las observaciones y acciones correctivas planteadas.

- Observaciones y acciones correctivas

- Inspección general del cilindro de caldera

Debido al proceso de conversión, restauración y mantenimiento la caldera se encontró totalmente desarmada, es decir sin la capa de fibra aislante y la láminas o carcaza. Se observaron zonas donde la pérdida de material por corrosión era muy evidente y significativo. Se seleccionaron los puntos que a simple vista presentaban mayor pérdida de espesores por oxidación, para aplicar un análisis no destructivo de ultrasonido.

En general no se encontró ninguna zona que se considere crítica, que obligue a tomar acciones correctivas especiales.

- Análisis no destructivo de ultrasonido

Consistió en la selección de tres puntos en la parte trasera de la caldera lado derecho y tres puntos en la parte trasera lado izquierdo. En la cual se aplicó un proceso de pulido para generar una superficie uniforme.

Tabla XXXII. **Localización de puntos de medición para ultrasonido en cilindro**

Parte trasera lado derecho	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Vertical (h) cm	16,0	43,0	47,5
Horizontal (L) cm	25,0	30,0	0,0
Parte trasera lado izquierdo	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Vertical (h) cm	0,0	34,0	40,0
Horizontal (L) cm	45,0	45,5	6,5

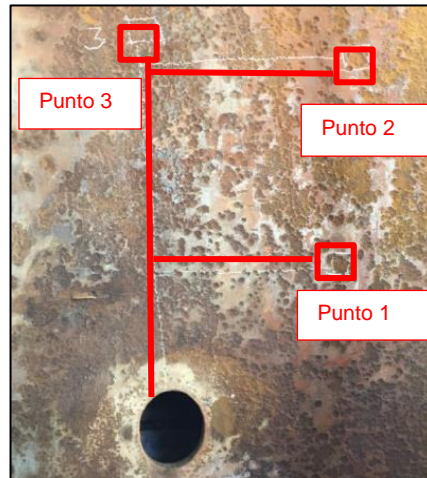
Fuente: elaboración propia.

Figura 84. **Localización de puntos de medición lado derecho de caldera**



Fuente: elaboración propia.

Figura 85. **Demarcación de puntos de medición lado derecho de caldera**



Fuente: elaboración propia.

Para cada punto identificado se realizaron 5 mediciones en una zona de 2 cm², esto con el propósito de tener un valor promedio de cada punto.

Tabla XXXIII. **Mediciones de espesores en cilindro**

Localización de mediciones en lado derecho del cilindro			
Medidas	Punto 1	Punto 2	Punto 3
1	13,84	13,59	13,82
2	14,10	13,65	13,80
3	13,54	13,47	13,88
4	13,82	13,58	13,95
5	14,00	13,49	13,92
Promedio	13,87	13,55	13,87
Mínimo	13,54	13,47	13,80

Continuación de la tabla XXXII.

Localización de mediciones en lado izquierdo del cilindro			
Medidas	Punto 1	Punto 2	Punto 3
1	13,83	13,79	13,76
2	13,70	13,72	13,83
3	13,81	13,78	13,81
4	13,84	13,74	13,86
5	13,77	13,79	13,80
Promedio	13,79	13,76	13,81
Mínimo	13,75	13,74	13,76

Fuente: elaboración propia.

Se realizó una comparación del valor mínimo promedio de 13,54 mm con las mediciones realizadas a esta caldera, incluidas en el reporte de noviembre de 2016, haciendo referencia a este reporte se detectó un valor promedio mínimo de 13,3 4mm medidos en puntos más críticos que los especificados en este informe. Es por esto que según las condiciones de operación citadas en el reporte de noviembre de 2016 las cuales especificaban una presión máxima de trabajo para esta caldera de 130psi (9,14kg/cm²) se siguen manteniendo hasta la fecha.

- Recomendaciones espejo trasero

En la parte inferior al final del tercer paso se determinó que existe acumulación de hollín y azufre, que al liberar humedad genera corrosión acida. Es por esto que se debe realizar un proceso de limpieza para la eliminación del material corrosivo acumulado y recubrir el área especificada en la imagen # 71 con cemento refractario con un gradiente o inclinación hacia la puerta de la caldera, para que exista deslizamiento del material no deseado y así evitar la acumulación de este.

Figura 86. **Zonas a proteger de corrosión ácida en espejo trasero**



Fuente: elaboración propia.

- **Reparación puerta trasera**

Se determinó que la fractura del refractario en la puerta trasera de la caldera núm. 2, es producto de la utilización de un tubo metálico como moldura para el agujero de la mirilla durante el proceso de fundición del cemento refractario, que por el fenómeno de expansión térmica dicho metal generó fracturas en un sentido radial al mismo.

Figura 87. **Tubo de mirilla a eliminar**



Fuente: elaboración propia.

Sustituir la moldura de mirilla por un tubo no metálico que pueda ser removido luego de la fundición de la tapa o que quede en su lugar sin comprometer el nuevo refractario.

Sustituir los anclajes existentes por otros de menor altura, aproximadamente que lleguen a la mitad del espesor del refractario

- Limpieza de difusor en entrada de agua de caldera


Al momento en que se realizó la inspección visual, se encontró incrustación en el difusor de la entrada de agua de la caldera, lo cual impide que el agua se distribuya equitativamente hacia ambos lados, por esto es necesario realizar una limpieza y eliminar el material incrustado en esta zona.

Figura 88. **Incrustación en difusor de entrada de agua a caldera**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Reporte prueba hidrostática**

	Prueba Hidrostática	Fecha 25/01/2018
	Departamento de Servicios Generales	

Equipo	Caldera núm.. 2
Fabricante	York shipley

Datos técnicos			
Presión de trabajo	120 psi	Temperatura en prueba	26°C
Presión de prueba	225 psi	Temperatura de fluido de prueba	24°C
Fluido de prueba	Agua	Duración total de prueba hidrostática	4 horas



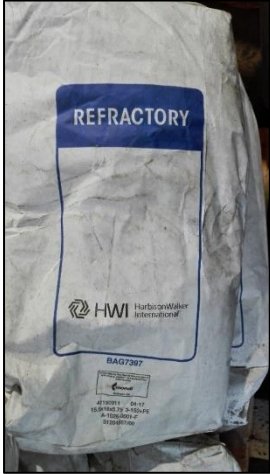
Comentario	
<p>Durante la realización de la prueba a la presión de 60 psi se presentan las primeras fugas tubo-espejo en seis tubos aproximadamente, cuando la presión alcanza los 114 psi, estas fugas se hacen mas notorias. Al alcanzar los 250 psi, se contabilizaron 53 tubos con fuga todos en la sección del inicio del segundo paso (parte trasera de caldera). Se consultó con los técnicos el procedimiento para la solución de este inconveniente a lo cual se tuvo la respuesta que se expandirían todos los tubos de esta sección. se hace constar que se inspeccionaron detenidamente todas las secciones tubos-espejos de la caldera presentándose fugas únicamente en la sección ya mencionada.</p>	

Fuente: elaboración propia.




3.1.6. **Materiales utilizados**

A lo largo del desarrollo del proyecto se utilizaron una gran cantidad de materiales de diferentes tipos y para distintas aplicaciones para poder completar la conversión de la caldera num.2. A continuación, se presenta un listado de los materiales más importantes utilizados durante todo el proceso de conversión de la caldera, así como la cantidad utilizada, una fotografía y una un descripción de estos.

Tabla XXXV. **Materiales utilizados en proceso de conversión**

Descripción	Cantidad	Imagen
Pintura base	2 galones	
Pintura para recubrimiento	2 galones	
Cemento Refractario	40 sacos	

Continuación de la tabla XXXIII.

<p>Ladrillos para fabricación de rompefuegos.</p>	<p>16 unidades</p>										
<p>Ladrillos para cámara de fuego</p>	<p>34 unidades</p>										
<p>Fibra aislante</p>	<p>25 cajas</p>	 <table border="1" data-bbox="873 1560 1094 1654"> <tr> <td>密度 DENSITY</td> <td>128</td> <td>kg/m³</td> </tr> <tr> <td>尺寸 SIZE</td> <td colspan="2">3600 X 610 X 50 mm</td> </tr> <tr> <td>数量 QUANTITY</td> <td colspan="2">1 卷</td> </tr> </table> <p>LOT NO. _____</p> <p>上海圣茂热能技术有限公司 http://www.thermost.com.cn</p>	密度 DENSITY	128	kg/m ³	尺寸 SIZE	3600 X 610 X 50 mm		数量 QUANTITY	1 卷	
密度 DENSITY	128	kg/m ³									
尺寸 SIZE	3600 X 610 X 50 mm										
数量 QUANTITY	1 卷										

Fuente: elaboración propia.

3.1.7. Equipos instalados

Durante el proceso de conversión se instalaron gran cantidad de instrumentación como válvulas, manómetros, entre otros equipos auxiliares pero el más importante de todos es el quemador, el cual representa el punto central del proceso de conversión de la caldera para que esta pudiera operar con GLP

3.1.7.1. Quemador ProFire LND (Low-NOx)

Ofrece las opciones de quemar distintos combustibles como gas natural, propano, GLP y por medio de atomización de aire combustible bunker #6 y #2. Con modulación de llama completa durante proceso de operación se pueden obtener mejores eficiencias durante el proceso de combustión.

- Capacidad 33 600 MBtu operando a 5 000 pies sobre el nivel del mar.
- Control de operación Hawk 1000
- Alimentación eléctrica: 3HP/ 60 Hz/ 220 VAC
- Ventilador con motor de 75 HP
- Motor de Compresor 15HP

Figura 89. **Quemador ProFire LND**



Fuente: Cleaver-Brooks. *Profire D-Series Burners*. p. 5.

3.2. Actualización del plan de mantenimiento preventivo en área de calderas

El mantenimiento preventivo es la principal fuente de oportunidad de mejora en las industrias para la conservación de los equipos que se encuentran instalados. En IAK representa un pilar ligado a la nueva gestión de mantenimiento que se desea implementar, en el cual se pretende brindar a los clientes directos del departamento de mantenimiento y servicios generales, que en este caso son los respectivos departamentos de producción, calidad, salud y seguridad ocupacional, medio ambiente, inocuidad y materia prima, equipos que funcionen de manera óptima con una confiabilidad máxima, una sostenibilidad alcanzable y presupuestos rentables para el mantenimiento de estos.

3.2.1. Metodología implementada para la actualización del plan de mantenimiento preventivo

A continuación, se presenta la metodología implementada para la actualización del plan de mantenimiento preventivo en el área de calderas, de IAK. La cual se encuentra definida por el sistema de gestión de mantenimiento Preventivo, este sistema se encuentra compuesto por el propósito y alcances que desean tener, así como se presentan las 20 fases, con las cuales se desea alcanzar un plan de mantenimiento preventivo óptimo para los equipos que serán objeto de análisis.

Es importante mencionar que este sistema de gestión de mantenimiento Preventivo es un recurso relativamente nuevo en IAK, debido a que según los registros únicamente se encuentra una maquina bajo análisis actualmente,

siendo el área de calderas de IAK el segundo punto de acción a trabajar, en el desarrollo de un mantenimiento preventivo óptimo.

3.2.1.1. Sistema de gestión de mantenimiento preventivo

El sistema de gestión de mantenimiento preventivo en IAK está conformado por una serie de veinte fases, las cuales al momento de ser completados se obtiene un programa de mantenimiento completo, con un sistema de retroalimentación, mejora continua, controlable y auditable.

Figura 90. Fases para le gestión del mantenimiento preventivo en IAK



Fuente: elaboración propia.

En conjunto con la jefe de servicios generales y el gerente de mantenimiento se establecieron cuáles de estas veinte fases serían las prioritarias a realizarse, esto debido al tiempo disponible y compromisos pautados para entrega de avances. Las fases aprobadas para su realización son las siguientes.

- Selección del equipo.
- Archivo técnico.
- Identificación de partes.
- Identificación de subpartes.
- Análisis de fallos por nivel de gravedad.
- Manual de mantenimiento preventivo.

- Propósito
 - Proporcionar una guía para la implementación efectiva del mantenimiento preventivo en los equipos instalados en planta de producción o sistemas complementarios.
 - Definir y desarrollar fases que estructuran la buena gestión de un mantenimiento preventivo.
 - Generar acciones y rutinas de mantenimiento que permitan prolongar la vida útil de los equipos, así como su disponibilidad y confiabilidad.
 - Iniciar con la automatización y programación de las acciones y rutinas de mantenimiento preventivo, mediante la utilización del software SAP.

- Alcances

El sistema de gestión de mantenimiento preventivo es aplicable a todas las tareas de conservación y mantenimiento de los equipos instalados en las

distintas áreas productivas y de servicios de la empresa, incluyendo rutinas del siguiente tipo:

- Inspecciones y verificaciones.
- Mantenimiento planeado.
- Lubricaciones y limpiezas.
- Calibración y metrología.
- Mejoras y actualizaciones (OH).
- Mantenimientos mayores (OHP).

3.2.1.2. Fases realizadas para la actualización del plan de mantenimiento preventivo

- Selección de equipo

Para iniciar se hace necesario el elegir el equipo o sistema productivo de la planta a la cual se le va a implementar las diferentes fases. Esta selección se realiza tomando en cuenta factores como la importancia del equipo dentro del sistema, así como el costo que representa para la empresa si se da una falla y se generan tiempos muertos de producción.

- Archivo técnico

En esta fase es necesario la revisión de la información disponible, recopilando datos sobre mantenimientos anteriores y que sean relevantes, así como récords históricos, eficiencia, rendimiento de los equipos, catálogos de partes, planos, manuales de operación y mantenimiento proporcionados por el fabricante, lista de repuestos y cantidades existentes en bodega. Toda esta información debe ser unificada y almacenada de manera correcta en una

biblioteca o archivo, accesible y de fácil ubicación, para que esta se encuentre disponible al momento de ser requerida en la realización de las siguientes fases.

- Identificación de partes

Una vez seleccionado el equipo, es necesario realizar un desglose de este en sistemas o componentes más detallados, que faciliten la identificación, ubicación y la administración de las rutinas preventivas. Esta división de partes no debe ser tan específica ya que el principal objetivo es la identificación física y el ordenamiento del equipo.

- Identificación de subpartes

Esta etapa consiste en utilizar la información técnica, para dividir el equipo en componentes lo más detallado posible, que faciliten la identificación, ubicación y control de las rutinas preventivas. Este desglose consiste en la división de las partes del equipo previamente definidas en los elementos que las componen, según la función específica que desempeñan y su ubicación dentro de las partes.

- Análisis de fallos por nivel de gravedad

Análisis de fallo por nivel de gravedad FMEA por sus siglas en inglés (*Failure Mode and Effect Analysis*) es el método de documentación de fallas y problemas que afectan a las subpartes del equipo que se encuentra en estudio. Este estudio permite conocer la causa raíz de los inconvenientes en los equipos.

El estudio FMEA se enfoca en definir la función de la sub-parte analizada, para poder determinar la falla, el medio de falla, el efecto que esta tiene y la acción proactiva o preventiva que debe realizarse para que esta no ocurra o se minimice. Para implementar este estudio es necesario integrar un grupo natural de trabajo el cual debe estar conformado por un mínimo de 4 personas o más y puede estar integrado por personal de las distintas áreas de la empresa como: personal operativo, técnicos de mantenimiento, supervisores de mantenimiento, supervisores de calidad u otros que se consideren necesarios según el equipo analizado.

El orden bajo el cual se debe realizar esta fase es la siguiente. Una vez determinadas las partes y las subpartes se hace un análisis FMEA para cada una de las subpartes, definiendo la siguiente información.

- Determinar la función específica de la subparte.
 - Definir las fallas funcionales que impiden que esta sub-parte realice su función.
 - Definir el modo de falla o la causa de las fallas funcionales.
 - Determinar el efecto que estas fallas tienen sobre la sub-parte o el sistema productivo al que pertenece.
 - Plantear e identificar acciones proactivas de mantenimiento para solucionar o prevenir las fallas funcionales. Estas tareas deben ser detalladas y deben incluir la frecuencia con la cual deben ser realizadas.
- Manual de mantenimiento preventivo

El manual de mantenimiento preventivo se compone de todas las tareas proactivas definidas durante el estudio FMEA. Dichas tareas se distribuyen en

el manual clasificadas según la parte y subparte a la cual pertenecen para facilitar el seguimiento y ejecución.

Las tareas se distribuyen en relación con la frecuencia en la cual serán realizadas, con la referencia técnica a la hoja FMEA en la cual se encuentra. Adicionalmente se incorpora una sección de observaciones en la cual es posible especificar la parte y subparte con la cual se tuvo algún inconveniente, adicionando un comentario respectivo, el cual queda sujeto al criterio del técnico o el encargado de supervisar el mantenimiento.

3.2.2. Ejecución de la actualización del plan de mantenimiento preventivo en área de calderas

El área de calderas es una sección de la planta de Industrias Alimenticias Kern's de suma importancia ya que el vapor es utilizado en distintos procesos como:

- Cocción de producto.
- Procesos térmicos.
- Sistemas de limpieza.

Al encontrarse en la parte trasera de la planta de producción, a lo largo de los años ha sido un área de poca incidencia para la realización de proyectos y en la cual no se ha implementado un mantenimiento preventivo controlado, únicamente tareas realizadas por los operadores, las cuales son realizadas óptimamente, pero sin ningún tipo de registro y control. Es por lo que la realización de esta actualización es de vital importancia y plantea el primer pilar para dar inicio a la puesta a punto del área mencionada.

3.2.2.1. Selección de equipos

En conjunto con el Jefe de Servicios Generales se definieron los equipos para la realización de la actualización del plan de mantenimiento preventivo, estos equipos fueron agrupados y designados en las siguientes categorías, las cuales pueden ser observadas de forma más desarrollada y específica en las fases posteriores.

- Caldera núm.1
- Caldera núm. 3
- Equipos pertenecientes al sistema de combustible bunker C.
- Sistemas complementarios.

La selección de estos equipos se encuentra definida por la importancia de las calderas para el proceso productivo, debido a que, en el peor de los casos, el paro total en la producción de vapor y los sistemas dependientes de este puede llegar a representar grandes pérdidas económicas para la empresa.

3.2.2.2. Archivo técnico

Esta fase resulto ser de las más difíciles, debido a que, por la antigüedad de los equipos instalados y falta de control en el archivo de registros en las administraciones anteriores en servicios generales, no se disponía de ningún manual de operación, mantenimiento, ni planos de la distribución de equipos principales. Otro inconveniente es que tampoco se disponía de documentación aprobada o registros sobre las tareas preventivas realizadas.

Debido a todo lo anterior mencionado se definió el uso del documento que lleva por nombre. Cleaver-Brooks Modelo CBL, caldera empacada, manual de

operación servicio y partes. Combustible: aceite ligero, aceite denso, gas o combinación como documento meramente de referencia, para la realización de esta actualización, debido a la configuración base que presenta la caldera y tipo de quemador dual.

3.2.2.3. Identificación de partes

Esta fase se llevó a cabo directamente con la participación de los tres operadores de calderas, debido a que el departamento de Servicio Generales durante las administraciones anteriores no se realizó una gestión efectiva en la administración del mismo, existe un gran falta de información teórica, registros y manuales que pudieron ser de ayuda a la realización de esta actividad.

Se realizó un levantado de información en campo de las partes que componen las categorías mencionadas en la fase de selección de equipos, es importante mencionar que en este caso en particular, debido a la naturaleza de los componentes analizados y a la forma de agrupación, algunas partes de las categorías planteadas pueden llegar a ser equipos en sí mismos. A continuación, se presenta la jerarquía y el ordenamiento de partes para los equipos seleccionados.

Tabla XXXVI. **Identificación de partes caldera núm. 1**

Núm. De parte	Parte
1	Componentes principales
2	Quemador
3	Pre calentadores de bunker C
4	Pre calentadores de vapor
5	Columna principal / Auxiliar
6	Sistema de suministro de agua
7	Sistema de purgas
8	Sistema de recirculación de bunker C

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Identificación de partes caldera núm. 3**

Núm. de parte	Parte
1	Componentes principales
2	Quemador
3	Modulo Mezclador
4	Precalentador de Bunker
5	Precalentador de vapor
6	Sistema de recirculación bunker C
7	Tanque tipo pulmón (GLP)
8	Control de seguridad (sistema GLP)
9	Suministro de sistema GLP
10	Columna principal (Derecha) / Auxiliar (Izquierda)
11	Sistema de suministro de agua.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Identificación de partes sistema de combustible bunker “C”**

Núm. de parte	Parte
1	Almacenamiento de combustible
2	Retorno de vapor
3	Tanque de diario

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Identificación de partes sistemas complementarios**

Núm. de parte	Parte
1	Sistema de agua para calderas
2	Tanque de retorno de condensado

Fuente: elaboración propia.

3.2.2.4. Identificación de subpartes

Luego de ser aprobada la identificación de partes para cada una de las categorías de equipos definidos, se realizó una división aún más específica indicando los componentes de dichas partes. Para la realización de esta fase al igual que en la sección anterior, se realizó un levantado de información en campo, en conjunto con los tres técnicos operadores de calderas, los cuales debido al tiempo que poseen de trabajar en IAK, tienen un conocimiento amplio de los equipos que ellos manejan día con día.

La identificación de subpartes es de vital importancia para el nuevo Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo, ya que cada una de estas representan los puntos sobre los cuales debe mantenerse un control para evitar que un equipo o sistema pueda llegar a fallar o producirse un daño irreversible o un paro que represente una pérdida económica en producción.

Esta división representa un punto pivote en el la creación del manual de mantenimiento preventivo ya que al ser un listado que va enfocado de lo general a lo particular, permite tener un alcance mas amplio en la definición de las acciones correctivas a tomar para los diferentes equipos, permitiendo ser específico y brindar más detalle a los equipos incluidos.

Así como la definición de frecuencias más exactas en la realización de las actividades correctivas

Tabla XL. Identificación de subpartes caldera núm. 1

Núm. De parte	Parte	Núm. De subparte	Subparte
1	Componentes principales	1,1	Visor de llama
		1,2	Manómetro de presión de salida de vapor
		1,3	Válvulas de seguridad
		1,4	Hogar
		1,5	Carcaza
		1,6	Chimenea
		1,7	Haz tubular (2do. y 3er. Paso)
		1,8	Cuerpo de caldera
		1,9	Termómetro de chimenea
		1,10	Panel de control
2	Quemador	2,1	Ventilador o motor principal
		2,2	Inyector de combustible
		2,3	Transformador de chispa
		2,4	Modulador de llama
		2,5	Fotocelda
		2,6	Manómetro entrada línea principal de aire
		2,7	Manómetro presión entrada de aire
		2,8	Válvula solenoide entrada de aire
		2,9	Manómetro presión entrada de bunker
		2,1	Válvula solenoide entrada de bunker
		2,11	Manómetro presión entrada de gas
		2,12	Válvula solenoide entrada de gas
		2,13	Filtro de combustible
3	Precalentadores de bunker C	3,1	Manómetro de presión (Entrada)
		3,2	Resistencia eléctrica (Entrada)
		3,3	Termómetro
		3,4	Manómetro de presión (Retorno)
		3,5	Resistencia eléctrica (Retorno)
		3,6	Termostato (Retorno)
		3,7	Manómetro de presión de salida
4	Precalentador de vapor	4,1	Manómetro de presión de entrada.
		4,2	Trampa de condensado
		4,3	Termostato.
5	Columna principal (derecha) / Auxiliar (izquierda)	5,1	Control de nivel de agua
		5,2	Visor de columna
6	Sistema de suministro de agua	6,1	Válvula principal de entrada de agua
		6,2	Bomba inyectora de químicos
		6,3	Cheques de seguridad
7	Sistema de purgas	7,1	Válvula de purga de fondo (Delantera)
		7,2	Válvula de purga de fondo (Trasera)
		7,3	Válvula de purga de superficie
8	Sistema de recirculación de bunker c	8,1	Motor de bomba
		8,2	Bomba de recirculación

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. Identificación de subpartes caldera 3

Núm. De parte	Parte	Num. De subparte	Subparte
1	Componentes principales	1,1	Medidor de flujo de salida de vapor
		1,2	Visor de llama
		1,3	Manómetro de presión de salida de vapor.
		1,4	Válvulas de seguridad
		1,5	Hogar
		1,6	Carcaza
		1,7	Chimenea
		1,8	Haz tubular (2do, 3er. Y 4to paso)
		1,9	Cuerpo de caldera
		1,10	Termómetro de chimenea
		1,11	Sensor PT 100 Temperatura agua de caldera
		1,12	Sensor PT 100 Temperatura agua de chimenea
2	Quemador	2,1	Ventilador o motor principal
		2,2	Inyector de combustible
		2,3	Transformador de chispa
		2,4	Modulador de llama
		2,5	Fotocelda
		2,6	Manómetro de presión entrada de aire
		2,7	Válvula solenoide entrada de aire
		2,8	Manómetro de presión entrada de bunker
		2,9	Válvula solenoide de entrada de bunker
		2,10	Manómetro de presión entrada de gas
		2,11	Válvula de entrada de gas
		2,12	Válvulas solenoides de gas
		2,13	Filtro de combustible
3	Modulo mezclador	3,1	Válvula de entrada
		3,2	Manómetro de presión de entrada
		3,3	Manómetro de presión de salida
		3,4	Termómetros
		3,5	Válvula de contrapresión
		3,6	Válvula de paso manual
		3,7	Válvula regulador de presión
4	Precalentador de bunker	4,1	Resistencia eléctrica
		4,2	Termóstato de alta presión
		4,3	Termóstato de baja presión
		4,4	Manómetro de presión de bunker
5	Precalentador de vapor	5,1	Válvula principal de entrada
		5,2	Manómetro de presión de entrada
		5,3	Válvula reguladora de flujo
		5,4	Válvula solenoide
		5,5	Trampa de condensado
6	Sistema de recirculación de bunker C	6,1	Motor de bomba de recirculación
		6,2	Bomba de recirculación
		6,3	Presoelector de alta presión
		6,4	Presoelector de baja presión
7	Tanque tipo pulmón (Sistema GLP)	7,1	Válvula de entrada de GLP
		7,2	Manómetro de presión tanque
		7,3	Válvula de salida GLP
8	Control de seguridad (Sistema GLP)	8,1	Válvula de paso de GLP
		8,2	Microcontrolador de baja presión
		8,3	Válvula solenoide de baja presión
		8,4	Válvula solenoide de presión alta
		8,5	Microcontrolador de presión alta
9	Suministro de sistema GLP	9,1	Modulador de llama
		9,2	Manómetro de presión entrada GLP a C.
		9,3	Transformador de chispa
		9,4	Válvula entrada GLP
		9,5	Válvula de diafragma
		9,6	Válvula solenoide
10	Columna Principal (Derecha) / Auxiliar (Izquierda)	10,1	Control de nivel de agua
		10,2	Visor de columna
		10,3	Pressuretrol de control (alta y baja presión)
		10,4	Pressuretrol de seguridad
		10,5	Pressuretrol de seguridad arranque y paro de C
11	Sistema de suministro de agua	11,1	Válvula principal de entrada de agua
		11,2	Bomba inyectora de químicos.
		11,4	Cheques de seguridad(entrada)

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XLII. Identificación de subpartes sistema de combustible bunker
“C”**

Núm. De parte	Parte	Núm. De subparte	Subparte
1	Almacenamiento de combustible	1,1	Tanques de almacenamiento
		1,2	Trampa de condensado
2	Retorno de vapor	2,1	Válvula de entrada de vapor
		2,2	Válvula reguladora de flujo
		2,3	Manómetro de presión
		2,4	Motor de bomba de envío de bunker
		2,5	Bomba de envío de bunker
		2,6	Válvula de envío de bunker
3	Tanque de diario	3,1	Switch de nivel o flote
		3,2	Termostato
		3,3	Resistencias eléctricas
		3,4	Termómetro
		3,5	Llave principal entrada de vapor
		3,6	Válvula reguladora de flujo
		3,7	Manómetro de presión de entrada
		3,8	Válvula solenoide
		3,9	Llave de envío de combustible
		3,10	Válvula de purga

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Identificación de subpartes sistemas complementarios

Núm. de parte	Parte	Núm. de subparte	Subparte
1	Sistema de agua para calderas	1,1	Bombas de envío de agua
		1,2	Motor de bombas de agua
		1,3	Válvula de envío de agua calderas
		1,4	Válvula de bypass
		1,5	Termómetro de tanque deareador
		1,6	Manómetro de presión de salida
		1,7	Termómetro de tanque deareador
		1,8	Visores de nivel
		1,8	Panel de control
2	Tanque de retorno de condensado	2,1	Motores
		2,2	Termómetros
		2,3	Válvulas de entrada
		2,4	Válvula solenoide
		2,5	Manómetro
		2,6	Visor de nivel
		2,7	Sensor de nivel de agua

Fuente: elaboración propia.

3.2.2.5. Análisis de fallos por nivel de gravedad

Para la realización de esta fase y siguiendo con los lineamientos del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo, se definió el grupo natural de trabajo, el cual se encuentra conformado por las siguientes personas:

- Ricardo Yaguax, Jefe Servicios Generales
- Rodrigo Mencos, Auxiliar de Jefatura de Servicios Generales
- Héctor Velásquez, Gestor de Mantenimiento
- Juan Toc, Técnico operador de calderas
- Dimas Guerra, Técnico operador de calderas
- Edelman Morataya, Técnico operador de calderas.

El análisis consistió en la elaboración de una hoja FMEA por cada una de las subpartes listadas, en la cual se definió la función de la subparte, las fallas funcionales, los efectos producidos por estas fallas y las acciones proactivas para prevenirlas. Se realizaron un total de 145 hojas FMEA, las cuales se encuentran distribuidas con el mismo orden mostrado en las tablas de selección de subpartes para cada uno de los equipos o sistemas analizados.

Este análisis requirió de la participación de todas las personas que conformaron el grupo natural de trabajo, ya que la metodología para la elaboración de las hojas FMEA, se basó en la programación de reuniones y una mesa de dialogo, en donde se comparte la información y la experiencia para proponer las acciones proactivas a implementar y la frecuencia con la cual deben realizarse.

Debido a las políticas de privacidad presentes en IAK es imposible mostrar todas y cada una de las hojas FMEA realizadas, ya que al momento de

su finalización éstas se convierten en documentos oficiales del programa de gestión de mantenimiento y del Departamento de Mantenimiento como tal. Es por lo que para fines ilustrativos en relación a este informe y bajo autorización del Gestor de Mantenimiento, en la sección de anexos y apéndices se puede observar el formato para la elaboración de una hoja FMEA y un ejemplo de la aplicación del mismo a una de las subpartes de la caldera núm. 1, respectivamente.

3.2.2.6. Manual de mantenimiento preventivo

Con esta fase se concluye lo solicitado por el departamento de mantenimiento para la actualización del plan preventivo, la metodología para la implementación de esta fase se basó en la realización de un formato el cual se encuentra conformado por las siguientes secciones.

- Encabezado en el cual se registran los siguientes datos:
 - Logo de la empresa
 - Nombre de la empresa
 - Nombre del documento
 - Departamento al que pertenece el manual
 - Equipo analizado
 - Fecha de emisión del manual
 - Frecuencia para realización de tareas preventivas

- Cuerpo del formato, conformado por.
 - Código de referencia FMEA de la tarea preventiva
 - Acciones preventivas

- Recuadro de verificación de actividad realizada
- Clasificación de las tareas preventivas según la identificación de partes y subpartes

Por último, una sección de observación donde se pueden realizar comentarios sobre cualquiera de las tareas preventivas incorporadas en el manual.

Se realizó un manual de mantenimiento preventivo para cada uno de los equipos que fueron seleccionados en la primera fase del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo, cada manual consta de cinco documentos, el motivo por el cual son cinco, es debido a que al momento de realizar el análisis de fallas por nivel de gravedad u hojas FMEA se identificó que todas las tareas preventivas debían realizarse en cualquiera de las siguientes frecuencias:

- Semanal
- Mensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual

Al igual que con las hojas FMEA, al momento de la finalización, estos documentos se convierten en registros oficiales de Departamento de Mantenimiento, y para fines ilustrativos del presente documento y bajo autorización del Gestor de Mantenimiento, en la sección de anexos y apéndices se pueden observar el formato utilizado para la elaboración del manual de mantenimiento preventivo de los distintos equipos y un ejemplo de la aplicación del mismo a una de las sub-partes de la caldera núm. 1, respectivamente.

3.2.2.7. Análisis de criticidad de equipos

El objetivo de un análisis de criticidad es establecer un método que sirva de instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos y equipos de una planta de gran capacidad, permitiendo dividir estos equipos en secciones que puedan ser manejadas de forma más controlada. Los parámetros y el estudio se muestran a continuación.

- Nivel de criticidad
 - Activos tipo A: son los más críticos, generalmente equipos grandes y caros.
 - Activos tipo B: de criticidad media.
 - Activos tipo C: de criticidad baja, generalmente equipos que no afectan directamente a producción en caso de falla.

- Parámetros de evaluación de criticidad
 - Calidad/Inocuidad: debido a que IAK es una planta de producción de alimentos la calidad e inocuidad en la producción es un factor importante para cumplir con los estándares y compromisos con los clientes.

 - Medio ambiente: las políticas medio ambientes de IAK son de mucho valor y de importancia para la empresa, es por lo que cualquier equipo de pueda representar una violación a estas políticas debe ser registrado con un seguimiento más cercano.

- Seguridad Industrial/salud ocupacional: IAK es una empresa que cuenta con una gran número de colaboradores en todas sus líneas productivas, por esta razón se deben tener identificados los equipos que puedan causar daño al personal.
- Mantenimiento: la cantidad de equipos instalados en planta de producción es equivalente a su diversidad, por esta razón es necesario saber que equipos pueden presentar un mantenimiento complejo.

Tabla XLIV. **Niveles de criticidad por parámetros**


Criticidad	Impacto en seguridad y salud ocupacional
C	No requiere tratamiento médico
B	Discapacidad reversible. Lesión con tratamiento médico.
A	Discapacidad irreversible o invalidez severa. 1 fatalidad
Criticidad	Impacto al medio ambiente y comunidad
C	No existe daño al medio ambiente o comunidad cercana
B	Daño limitado a un área mínima o de baja importancia. (Preocupación pública restringida a quejas locales).
A	Efectos moderados al medio ambiente biológico y físico (Atención adversa menor pública o de los medios y quejas locales).
Criticidad	Mantenimiento
C	Mantenimiento por personal interno con equipo convencional, poco tiempo de paro
B	Mantenimiento por personal interno con equipo y repuestos especiales, poco tiempo de paro
A	Mantenimiento por personal interno y externo, necesidades especiales y tiempo de reparación extenso
Criticidad	Calidad e inocuidad
C	No existe alteración en la calidad e inocuidad
B	Afecta la calidad / inocuidad moderadamente de una parte del lote (daño reversible)
A	Pérdida total de producto por incumplimiento en calidad / inocuidad

Fuente: elaboración propia.

El estudio o análisis de criticidad fue implementado en los equipos referentes al área de calderas, este estudio permite visualizar cuál de los sistemas son de importancia en los distintos niveles de los parámetros previamente expuestos.

La metodología para la aplicación de este estudio consistió en la selección de un nivel de criticidad en cada uno de los parámetros mencionados siendo el nivel final el nivel más alto encontrado de los cuatro parámetros, posteriormente en la casilla de descripción se colocó un breve comentario de porque el equipo se encuentra en el nivel obtenido. Al finalizar el formato presenta una tabla resumen donde se muestra la cantidad y el porcentaje de equipo que se encuentran en cada uno de los niveles de criticidad planteados.

Tabla XLV. **Estudio de criticidad calderas**

		Industrias Alimenticias Kern's				Fecha de emisión: Noviembre 2017	
		Matriz de Criticidad de Equipos				Pagina 1 de 2	
Evaluador: José Mencos / Técnico Asignado				Revisor: Gestor de Mantenimiento / Jefe de Turnos Mantenimiento			


Instrucciones: Indique el nivel de criticidad de cada uno de los equipos a evaluar, considerando los parámetros de evaluación de criticidad adjuntos en la página siguiente, incluya la descripción de la clasificación de criticidad para justificar el nivel elegido. El nivel de criticidad esta definido por el valor mas alto dentro de las categorías

Evaluación de equipos/procesos							
Edificio: Planta		Área: Sala de calderas			Línea: Calderas		
No.	Equipo	Categorías de criticidad				Criticidad del equipo	
		C/I	SSO	MTTO	MA	Nivel	Descripción
1	BOMBA BUNKER CALDERA 1	C	C	B	C	B	Falta de suministro de bunker por falla
2	BOMBA BUNKER CALDERA 2	C	C	C	C	C	No tiene efectos negativos considerables
3	BOMBA BUNKER CALDERA 3	C	C	C	C	C	No tiene efectos negativos considerables
4	CALDERA YORK-SHIPLEY No. 1	B	A	A	A	A	Mtto. Extenso y especializado, posibilidad de lesiones al personal, falta de suministro a producción
5	CALDERA YORK-SHIPLEY No. 2	B	A	A	A	A	Mtto. Extenso y especializado, posibilidad de lesiones al personal, falta de suministro a producción
6	CALDERA CLEAVER BROOKS No.3	B	A	A	A	A	Mtto. Extenso y especializado, posibilidad de lesiones al personal, falta de suministro a producción
7	TUBERIA, VALVULA, ACCESORIO CALDERAS	C	C	C	C	C	No tiene efectos negativos considerables
8	TUBERIA, VALVULA, ACCESORIO VAPOR	B	B	C	C	B	Puede causar lesiones al personal
Total de equipos tipo A		3	Porcentaje de equipos A		37.5%		
Total de equipos tipo B		2	Porcentaje de equipos B		25.0%		
Total de equipos tipo C		3	Porcentaje de equipos C		37.5%		
Total de equipos en línea		8	Total de equipos		100%		

Porcentaje de cada tipo = ((Total de cada tipo)/ Total de equipos por línea) * 100

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. Estudio de criticidad agua de calderas


	Industrias Alimenticias Kern's	Fecha de emisión: Noviembre 2017
	Matriz de Criticidad de Equipos	Página 1 de 2
	Evaluador: José Mencos / Técnico asignado	Revisor: Gestor de mantenimiento / Jefe de turno mantenimiento

Instrucciones: indique el nivel de criticidad de cada uno de los equipos a evaluar, considerando los parámetros de evaluación de criticidad adjuntos en la página siguiente, incluya la descripción de la clasificación de criticidad para justificar el nivel elegido. El nivel de criticidad esta definido por el valor mas alto dentro de las categorías

Evaluación de equipos/procesos							
Edificio: Planta		Área: Sala de calderas			Línea: agua calderas		
No.	Equipo	Categorías de criticidad				Criticidad del equipo	
		SSO	MA	MTTO	C/I	Nivel	Descripción
1	BOMBA AGUA ALIMENTACIÓN A CALDERA 1	C	C	A	C	A	Paro de caldera por falla de suministro
2	BOMBA AGUA ALIMENTACIÓN A CALDERA 2	C	C	A	C	A	Paro de caldera por falla de suministro
3	BOMBA AGUA ALIMENTACIÓN A CALDERA 3	C	C	A	C	A	Paro de caldera por falla de suministro
4	BOMBA 1 TANQUE CONDENSADO A DEAREADOR	C	C	C	C	C	No tiene efectos negativos considerables
5	BOMBA 2 TANQUE CONDENSADO A DEAREADOR	C	C	C	C	C	No tiene efectos negativos considerables
6	TANQUE DE CONDENSADOS CALDERA KERNS	C	C	B	C	B	Falta de suministro por fallas
7	TUBERIA, VÁLVULA, ACCESORIO AGUA CALDERA	C	C	C	C	C	No tiene efectos negativos considerables
8	TANQUE DE AGUA DE RELLENO CALDERAS	C	C	B	C	B	Falta de suministro por fallas
Total de equipos tipo A	3	Porcentaje de equipos A		37.5%		Porcentaje de cada tipo = ((Total de cada tipo)/ Total de equipos por línea) * 100	
Total de equipos tipo B	2	Porcentaje de equipos B		25.0%			
Total de equipos tipo C	3	Porcentaje de equipos C		37.5%			
Total de equipos en línea	8	Total de equipos		100%			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. Estudio de criticidad sistema GLP

	Industrias Alimenticias Kern's	Fecha de emisión: Noviembre 2017
	Matriz de Criticidad de Equipos	Página 1 de 2
	Evaluador: José Mencos / Técnico Asignado	Revisor: Gestor de Mantenimiento / Jefe de Turnos Mantenimiento

Instrucciones: indique el nivel de criticidad de cada uno de los equipos a evaluar, considerando los parámetros de evaluación de criticidad adjuntos en la página siguiente, incluya la descripción de la clasificación de criticidad para justificar el nivel elegido. El nivel de criticidad esta definido por el valor mas alto dentro de las categorías

Evaluación de equipos/procesos							
Edificio: Planta		Área: Sala de calderas			Línea: gas licuado de petróleo		
No.	Equipo	Categorías de criticidad				Criticidad del equipo	
		SSO	MA	MTTO	C/I	Nivel	Descripción
1	EVAPORADOR 1 ALGAS SDI	B	C	B	C	B	Mtto. Especializado por personal externo, falla de presión del sistema
2	EVAPORADOR 2 ALGAS SD1	B	C	B	C	B	Mtto. Especializado por personal externo, falla de presión del sistema
3	EVAPORADOR 3 ALGAS SDI	B	C	B	C	B	Mtto. Especializado por personal externo, falla de presión del sistema
4	SISTEMA DE DILUVIO	A	C	B	C	A	Peligro de explosion por falla del sistema
5	TANQUE GLP 11037 GALONES	A	A	A	C	A	Peligro de explosion, Mtto. Especializado externo
6	TANQUE TIPO PULMON 777 GALONES	A	B	A	C	A	Peligro de explosion, Mtto. Especializado externo
7	VÁLVULA REGULADORA FISHER	C	C	A	C	A	Paro de caldera por fallas
8	VÁLVULAS, TUBERIAS, ACCESORIOS GLP	C	C	C	C	C	No tiene efectos negativos considerables
Total de equipos tipo A	4	Porcentaje de equipos A		50.0%		Porcentaje de cada tipo = ((Total de cada tipo)/ Total de equipos por línea) * 100	
Total de equipos tipo B	3	Porcentaje de equipos B		37.5%			
Total de equipos tipo C	1	Porcentaje de equipos C		12.5%			
Total de equipos en línea	8	Total de equipos		100%			

Fuente: elaboración propia.

3.3. Actualización de las rutinas de inspección diaria-semanal del Departamento de Servicios Generales

El departamento de servicios generales posee una cantidad de responsabilidades a su cargo bastante amplia, por lo que la necesidad de mantener un control sobre ciertos equipos o sistemas se hace necesario. Se ejecutaron un total de nueve rutinas de inspección, alguna más extensas que otras, pero todas con el objetivo de mantener un control de parámetros de operación y la generación de un archivo de la documentación generada, para que esta se encuentre disponible para futuras consultas. Los formatos generados son los siguientes:

3.3.1. Rutina de inspección sala de máquinas

A continuación, se presenta una descripción del contenido del formato los responsables involucrados y algunos de los parámetros de toma de datos. Para visualizar el formato completo ver la sección de apéndices.

- Descripción del formato

Está conformado por un total de 6 columnas principales las cuales se encuentran representadas por los siguientes enunciados.

- Sección y descripción del equipo o tarea a inspeccionar
- Rango de operación
- Unidad de medida
- Registro de datos turno 1
- Registro de datos turno 2
- Registro de datos turno 3

Al finalizar cada una de las categorías, se encuentra una sección de observaciones, en donde respectivo al turno en cual se está realizando la rutina, debe anotarse cualquier anomalía

- Responsables
 - Jefe de Servicios Generales
 - Verificación de datos digitados
 - Firma de aprobación
 - Técnico operador de calderas
 - Realizar rutina de recopilación de datos.
 - Reportar fallas o inconvenientes

- Contenido

Esta rutina es la más completa de todas, ya que a pesar de que el nombre de esta especifica que es para sala de máquinas, en ella se encuentran comprendidas cinco categorías, las cuales serán explicadas a continuación.

- Área de pozo

En esta categoría se busca la recopilación de información sobre:

- La limpieza del área circulada
- Estado del pozo (fugas detectadas)
- Nivel de agua cruda

- Nivel de tonel de cloro / dosificador bomba
- Galones registrados en contador de agua cruda

- Área de calderas

En esta categoría se busca la recopilación de parámetros referente a las calderas instaladas y ciertos equipos complementarios a estas como lo son los suavizadores y el tanque de almacenamiento de bunker. Algunos de los parámetros registrados son:

- Presión de suavizadores de agua
- Dureza de tanques suavizadores de calderas
- Presión de trabajo de calderas funcionando
- Presión de entrada de combustible a calderas
- Temperatura de combustión de quemador
- Nivel de tanque de almacenamiento bunker C

- Área de tanque GLP

En esta sección se registran parámetros referentes al nuevo sistema de distribución de combustible GLP, algunos de los parámetros registrados son:

- Volumen tanque GLP
- Presión tanque GLP
- Estado de válvula de presión
- Funcionamiento de evaporadores
- Verificación de olor de GLP en el área.

- Anexo calderas

Se registran los parámetros referentes a los sistemas complementarios para el funcionamiento de las calderas.

- Estado físico de aereador (fugas)
- Fugas en tuberías de vapor
- Estado físico de los manómetros de calderas
- Calderas en uso.
- Stroke de bombas dosificadoras de químicos

Área de planta de purificación de agua

La última sección comprendida en este formato se encarga de registrar el funcionamiento de los equipos de la planta de purificación de agua para formulación de producto, algunos de los parámetros registrados son:

- Funcionamiento de retrolavados
 - Nivel de tanque de agua cruda
 - Funcionamiento de luz ultravioleta
 - Intensidad de luz ultravioleta
 - Funcionamiento de filtros
- Metodología de implementación

El técnico operador de calderas al inicio de cada turno debe realizar la inspección respectiva digitando la información solicitada por el formato en la columna correspondiente al turno en el cual se encuentra y anotar cualquier inconveniente o posible falla en la sección de observaciones, al finalizar el día el

técnico del último turno debe archivar la copia del formato y debe ser entregada al jefe de servicios generales para la validación de datos y la retroalimentación sobre los inconvenientes encontrados si es que estos existen.

- Formato digital

Para esta rutina y formato en específico se realizó un registro digital, que se compone y es una réplica exacta del formato físico, el cual se completa llenando los mismos valores. El objetivo de realizar un registro digital es para iniciar un proceso de ahorro de papel, centralización y mejor manejo de información.

3.3.2. Bitácora de control de GLP

Este documento surge de la necesidad de poder llevar un control sobre el consumo de GLP, debido a las nuevas tecnologías instaladas en el área de calderas y por no contar con un sistema de registro sobre los parámetros necesario en el manejo de este. A continuación, se presenta la descripción y componentes del archivo generado.

- Sección núm. 1 - encabezado

Se muestra la información general.

- Nombre y logo de la empresa.
- Departamento al que pertenece el documento.
- Fecha de emisión.
- Equipo analizado (Tanque 11 000 galones)

- Sección núm. 2 - Registro de información
 - Fecha
 - Lectura de medidor de tanque en galones
 - Despacho # 1 de GLP
 - Número de factura
 - Hora de ingreso y egreso de la pipa de gas
 - Galones entregados
 - Monto de compra
 - Despacho # 2
 - Número de factura
 - Hora de ingreso y egreso de la pipa de gas
 - Galones entregados
 - Monto de compra
 - Galones recibidos en fecha registrada
 - Monto total pagado en fecha registrada
 - Operador de caldera que realizo la recepción de pedido de GLP
 - Operado de Tropigas que realizó entrega de pedido de GLP
 - Consumo diario en galones.
- Sección núm. 3 – Resumen de bitácora

Esta sección muestra los acumulados o sumatorias de los siguientes parámetros.

- Galones recibidos
- Gasto total en combustible GLP (Quetzales)
- Promedio de consumo diario en galones.

Tabla XLVIII. **Resumen de bitácora de control GLP**

Los siguientes datos corresponden a la última fecha de registro	
Total de galones recibidos	0,00
Gasto total en combustible GLP	Q0,00
Promedio de consumo diario	0,00

Fuente: Bitácora de control de GLP.

- Sección núm. 4 – Motor de búsqueda por fecha

Esta sección permite realizar una búsqueda seleccionando únicamente la fecha que se desea consultar mediante la utilización de un calendario desplegable en una casilla específica. Permitiendo conocer los siguientes datos.

- Galones recibidos
- Monto invertido
- Consumo diario
- Operador de caldera que realizó la recepción de pedido de GLP

Tabla XLIX. **Motor de búsqueda por fecha (bitácora GLP)**

Ingrese la fecha que desea consultar				
Fecha	Galones recibidos	Monto invertido	Consumo diario	Operador/Caldera
08/02/2018	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A

Fuente: Bitácora de control GLP.

- Sección núm. 5 - Registro de medidor de tanque GLP (porcentaje)

El tanque de GLP no dispone de un medidor directo en galones, por lo que se agrega esta sección. Permite registrar la lectura realizada al medidor de volumen del tanque de GLP en porcentaje para su posterior conversión a galones.

3.3.3. Rutinas adicionales

Representan un total de seis rutinas de inspección, que al igual que en los casos anteriores surgen de la necesidad de generar un control sobre los equipos y parámetros en el departamento de servicios, las cuales llevan por nombre:

- Rutina de inspección chiller
- Rutina de inspección tanque de agua purificada
- Rutina de inspección bombas de envío y recirculación agua fría
- Rutina de inspección tanque torres de enfriamiento
- Rutina de inspección tanque recirculación cafetería
- Rutina de inspección bomba de agua potable a planta

Para visualizar el formato utilizado para la realización de estas rutinas dirigirse a la sección de apéndices.

A continuación, se muestra la composición general de los formatos, las personas que intervienen en la implementación de estos y la metodología para su aplicación.

- Descripción del formato
 - Encabezado
 - Logo y nombre de la empresa
 - Departamento al cual pertenece el formato
 - Nombre del formato
 - Código de autenticación y validación interna
 - Versión y número de página

- Responsables
 - Jefe de Servicios Generales
 - Verificación de datos digitados
 - Firma de aprobación
 - Archivo de documentos

 - Técnico designado por Departamento de Servicios Generales
 - Realizar rutina de recopilación de datos.
 - Reportar fallas o inconvenientes

- Metodología de implementación

El técnico asignado del Departamento de Servicios Generales, debe realizar el registro de la información solicitada por el formato, para este formato se dispone de una archivo plástico que se encuentra colocado en el área donde deben digitarse los datos, esto último con el objetivo que la información se

encuentre disponible para cualquier persona en planta, luego de digitar la información la copia debe ser regresada al archivo plástico ubicado en el lugar, siendo trasladado al jefe de servicios generales únicamente cuando todos los espacios disponibles para digitar información se encuentren totalmente ocupados, donde se le brindara una copia nueva para continuar con el registro.

4. FASE DE DOCENCIA

El departamento de servicios generales se encuentra en una etapa de actualización y búsqueda de mejoras continuas en distintos aspectos, siendo estas actualizaciones puntos en las cuales se presentan o se hacen notorias las necesidades de capacitación al personal técnico que tendrá a su cargo la implementación de las nuevas tecnologías.

Es debido a esto que se organizó un programa con un total de siete capacitaciones impartidas al personal del departamento de servicios generales, para asegurar el correcto uso de los documentos generados en las fases anteriores en este informe.

4.1. Capacitación sobre los nuevos formatos de rutinas de inspección y actualizaciones realizadas al plan de mantenimiento preventivo.

A continuación, se muestra la guía de capacitación sobre los nuevos formatos de rutinas de inspección y actualización.

4.1.1. Guía de capacitación

- Parte informativa
 - Institución: Industrias Alimenticias Kern's.
 - Municipio: Guatemala
 - Departamento: Guatemala

- Tema: capacitación sobre los nuevos formatos de rutinas de inspección y actualizaciones realizadas al plan de mantenimiento preventivo.
- Responsable: José Rodrigo Mencos Melgar
- Participantes: personal administrativo y técnico de servicios generales
- Lugar de realización: sala Kern's, tercer nivel, edificio de manufactura

- Parte técnica

- Objetivo general

Fortalecer los conocimientos sobre los nuevos formatos a implementar y las actualizaciones al plan de mantenimiento preventivo.

- Objetivos específicos

Conocer el nuevo Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo que implementará IAK en los años futuros.

Conocer la metodología para la clasificación de equipos críticos.

- Desarrollo de capacitación

Las capacitaciones impartidas se llevaron a cabo siguiendo un programa de siete pasos en los cuales se buscó tener un acercamiento con los participantes, tratado de dar a conocer la experiencia de cada uno de ellos y complementando esta experiencia con el material didáctico audiovisual

utilizado. El tiempo otorgado para el desarrollo de esta actividad fue un total de 7 horas debido a que los técnicos y operados de calderas trabajan en turnos rotativos y resulta de mucha dificultad el poder programarlos a todos en un mismo horario. Los pasos del programa se dan a conocer en la siguiente tabla.

Tabla L. **Programa de capacitación**

Lógica de desarrollo	Actividad	Procedimientos
Preparación del ambiente	Organización del espacio físico	Ubicación de sillas
		Preparación de equipo de proyección
Protocolo	Ingreso de participantes	Socialización de los propósitos de la actividad
Introducción	Bienvenida	Socialización de la agenda
Fase de experiencia	Que sabe y hace el personal en relación con los temas a tratar	Exposición de ideas por participantes
Fase de docencia	Exposición	Utilización de medio audiovisuales y físicos
Conceptualización y aplicación	Presentación de documentación impresa	Practica para la utilización de formatos
Cierre	Agradecimiento	Utilización de preguntas, los participantes dieron sus expectativas sobre lo tratado en la capacitación

Fuente: elaboración propia.

Para el uso óptimo del tiempo proporcionado se planteó la siguiente agenda. En ella se puede observar el periodo de tiempo asignado y necesario para impartir cada uno de los cinco temas a desarrollar los cuales llevan por nombre.

- Tema 1. Gestión de Mantenimiento Preventivo
- Tema 2. Criticidad de equipos
- Tema 3. Bitácora de control GLP
- Tema 4. Rutina de Inspección Sala de Máquinas
- Tema 5. Registro digital de rutina de inspección sala de máquinas

Tabla LI. **Agenda de capacitación**

Hora	Actividad
7:00 - 7:30	Presentación de objetivos
7:30 - 9:00	Tema 1: Gestión de Mantenimiento Preventivo
9:00 - 9:30	Tema 2: Criticidad de equipos
9:30 - 10:30	Refrigerio
10:30 - 11:30	Tema 3: Bitácora de Control GLP
11:30 - 12:30	Tema 4: Rutina de inspección sala de máquinas
12:30 - 13:30	Tema 5: Registro digital de rutina de inspección Sala de Máquinas
13:30 - 14:00	Cierre

Fuente: elaboración propia.

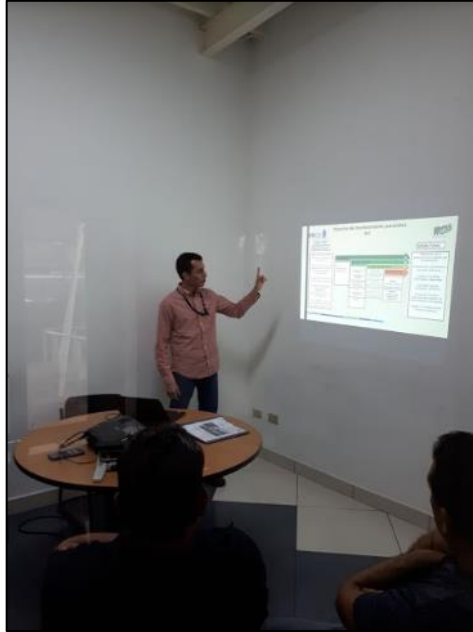
A continuación, se presentan fotografías durante el desarrollo del programa de capacitación.

Figura 91. **Capacitación nuevas metodologías**



Fuente: elaboración propia.

Figura 92. **Capacitación nuevas metodologías**



Fuente: elaboración propia.

Figura 93. **Participantes del programa de capacitación**



Fuente: elaboración propia.

4.2. Capacitación para el uso correcto y operación de la caldera y del nuevo sistema de combustible instalado

El sistema de combustible GLP y su funcionamiento no representó un gran reto para la puesta en marcha de la caldera, debido a la gran experiencia, conocimiento y manejo de componentes referente a estos equipos, de los operadores. La capacitación referente a este tema fue enfocada a la utilización de los manuales nuevos proporcionados al momento de la finalización del proyecto, realizándose un manual de introducción para la correcta operación de la caldera en el cual se identificaron los siguientes elementos.

- Sistema operacional Hawk 1 000 (generalidades)
- Información técnica
- Recomendaciones durante la configuración del sistema.
- Navegación en el panel de control: para este último se realizó una traducción de todas las ventanas a la cuales se puede tener acceso desde el panel de control de la caldera como:
 - Menú principal
 - Vista de la caldera
 - Caldera
 - Control de quemador
 - Información
 - Índice de llama
 - Alarmas - límites
 - Administrador de alarmas

4.3. Capacitación sobre la utilización del sistema de diluvio instalada para el tanque del GLP

Para el desarrollo de este tema debido a la complejidad del sistema se programó una capacitación con la empresa a la cual se le realizó la compra del equipo, esta capacitación fue más de carácter tipo taller ya que se realizaron pruebas de campo del sistema.

- Participantes
 - Jefe de Servicios Generales
 - Jefe de Seguridad Industrial
 - Jefe de Gestión Ambiental
 - Técnicos de Servicios Generales

- Temas tratados
 - Métodos de activación del sistema de diluvio
 - Por sensor de temperatura del tanque
 - Activación manual
 - ✓ Push Button
 - ✓ Válvula de paso

 - Reactivación del sistema
 - Datos técnicos

4.4. Presentación de resultados

Consistió en la entrega oficial de todos los documentos y registros realizados, tanto en forma digital por medio de la utilización de un USB, así como impresa utilizando dos carpetas, en las cuales se separa la información referente al proceso de conversión de combustible bunker C y la información relacionada a los mantenimientos preventivos, los temas principales son los siguientes.

- Carpeta núm. 1
 - Conversión de combustible bunker C a GLP en caldera núm.2
 - Manual de introducción para la correcta operación de la caldera
 - Registro de campo de proceso de conversión.
 - Plano del área de calderas
 - Plano del sistema de GLP

- Carpeta núm. 2
 - Formatos oficiales del departamento de servicios
 - Manuales de mantenimiento Preventivos

Toda esta información fue compartida y entrega a las siguientes personas.

- Gerente de mantenimiento
- Jefe de servicios generales
- Técnicos del departamento de Servicios Generales

CONCLUSIONES

1. La implementación de la conversión de combustible bunker C a GLP en caldera núm. 2 de Industrias Alimenticias Kern's tiene un impacto representativo en la realización de una buena gestión ambiental, con metas alcanzables en términos de sostenibilidad en el proceso productivo y reduciendo la emisión de gases contaminantes.
2. IAK durante el desarrollo de este proyecto, pudo establecer que a pesar de que la implementación del combustible GLP como medio principal del proceso productivo de generación de vapor, no representa un beneficio económico. Ya que los costos de producción de vapor se incrementan, pero debido a que sus políticas medioambientales que se encuentran en un primer plano se llevó a cabo el proyecto.
3. El llevar un proceso de seguimiento bien estructurado, mediante la utilización de formatos y cronogramas, generó un archivo histórico de las actividades realizadas durante toda la conversión de caldera núm. 2. Permitiendo conocer los cumplimientos que se realizaban semanalmente y manteniendo un proceso de planeación continuo para garantizar los cumplimientos
4. Se generó un plan de mantenimiento preventivo en el cual quedaron establecidas las frecuencias de realización de las rutinas preventivas, así como las partes y subpartes a las cuales se le aplicaran estas rutinas.

5. La realización de capacitaciones permitió que el personal técnico conociera la importancia del proceso de conversión y la correcta operación de la caldera núm. 2. Y de cómo el monitoreo de condiciones de los equipos genera rutinas preventivas y de inspección para alargar la vida útil de estos.

6. Se capacitó al personal técnico de servicios generales, en la correcta utilización de los distintos formatos y rutinas generadas en el proceso de mantenimiento, haciendo énfasis en la importancia de la determinación de equipos críticos.

RECOMENDACIONES


1. Al personal administrativo de mantenimiento, planificar reuniones para la capacitación continua del personal técnico, dando a conocer las nuevas estrategias que se implementaran en el departamento para una buena gestión de mantenimiento y hacerles saber la importancia que su trabajo tiene durante la generación, planeación y ejecución de estos procesos.
2. A los supervisores, brindar el seguimiento adecuando a los planes de mantenimiento preventivo y rutinas de inspección generadas, basándose en el nuevo sistema de gestión de mantenimiento preventivo, para la obtención de un mantenimiento sostenible, auditable y con mejoras continuas.
3. Establecer un espacio físico apropiado en el área de servicio generales, para el almacenamiento, consulta y socialización de información técnica de equipos específicamente de esta área.
4. Generar un plan de capacitación, basándose en las necesidades de conocimiento técnico requeridas por el personal de servicios generales.

BIBLIOGRAFIA

1. CALLEJÓN FERRE, Ángel Jesús. *Instalación de gas en el sector industrial*. [En línea]. <https://books.google.com.gt/books?id=4CmZBAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=instalacion+de+gas+en+el+sector+industrial+agropecuaria+y+domestico&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi-vtCX_5XWAhVI94MKHSEQCPwQ6AEIJTAA#v=onepage&q=instalacion%20de%20gas%20en%20el%20sector%20industrial%20agropecuaria%20y%20domestico&f=false>. [Consulta: 29 de noviembre de 2018].
2. Cleaver-Brooks Profire D-Series Burners. *High-efficiency burner technology for the most stringent emissions requirements Profire LND Burner*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2007. 183 p.
3. Instituto Tecnológico de Georgia, Estación Experimental de Ingeniería. *Mejoramiento de la eficiencia de operaciones en calderas de vapor*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1981. 183 p.
4. LEVITT, Joel. *Manual para la generación de un plan de mantenimiento preventivo*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2001. 84 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Formato de rutina de inspección sala de máquinas

		Florida Bebidas S.A Mantenimiento Industrias Alimenticias Kern's y Cia., S.C.A.		CONTROL DE EQUIPOS SALA DE MÁQUINAS				Código: R-MA-0017 Versión: 001 Página: 1/2			
Instrucciones: En los espacios en blanco que corresponde, anote los valores encontrados durante la inspección de las áreas listadas. En el momento de existir algún comentario anote de forma resumida en el espacio de observaciones para su seguimiento.											
Fecha de Inicio: _____						Fecha de Finalización: _____					
ÁREA DE POZO		Rango operación	Unidad Medida	Turno 1		Turno 2		Turno 3			
Área circulada/ Limpieza del área		Cerrado/Abierto o Limpio/sucio	Estado físico								
Estado del pozo/ Fugas detectadas		Activo/Apagado Si / No	Funcionamiento Revisión Física								
Nivel de tanque de agua cruda Núm.1/ Núm. 2 / Núm. 3		0% al 100%	mg/ml CaCo3								
Nivel tonel de cloro / Dosificador Bomba (Stroke)		0% al 100% 0-100	mg/ml CaCo3								
Puerta de tanque de agua cruda Núm. 1/ Núm. 2 / Núm. 3		Cerrado/Abierto o Limpio/sucio	Estado físico								
Contador de agua cruda		60000000 99999999	Galones								
Contador de agua cruda		60000000 100000000	Galones								
Dureza de tanques de torre de enfriamiento		0- trazas-40	PPM								
Nivel de agua en tanque torres de enfriamiento		0%- 100%	Nivel de columna de agua								
Nivel tonel de cloro/ Dosificación bomba (stroke)		0%-100%	% de pulsos de bomba								
Observaciones 1:											
Observaciones 2:											
Observaciones 3:											
ÁREA DE CALDERAS		Rango operación	Unidad Medida	Turno 1		Turno 2		Turno 3			
Presión de suavizadores /Suav. Retortas		40 -75	P.S.I								
Dureza de tanques suavizadores de calderas		0-Trazas-40	mg/ml CaCo								
Dureza de tanques suavizadores de retortas		0-Trazas-41	mg/ml CaCo								
Presión de trabajo de calderas Núm. 1/ Núm. 2 / Núm. 3		90 - 120	P.S.I								
Presión de bunker en la bomba caldera Núm. 1/ Núm. 2 / Núm. 3		60 - 75	P.S.I								
Presión de aire de atomización caldera Núm. 1/ Núm. 2 / Núm. 3		13 - 14	P.S.I								
Presión de entrada de combustible caldera Núm. 1/ Núm. 2 / Núm. 3		43 -46	P.S.I								
Presión de agua de alimentación caldera Núm. 1/ Núm. 2 / Núm. 3		110 - 120	P.S.I								
Temperatura de combustible a quemador C. Núm. 1/ Núm. 2 / Núm. 3		95 -105	Grados Centígrados								
Temperatura de agua de alimentación C. Núm. 1/ Núm. 2 / Núm. 3		60 - 85	Grados Centígrados								
Horómetro de caldera Núm. 1/ Núm. 2 / Núm. 3		570000 en adelante	Hrs.								
Nivel de bunker en tanque de almacenamiento		0 - 6000									
Observaciones turno 1:											
Observaciones turno 2:											
Observaciones turno 3:											
ÁREA TANQUE GLP		Rango operación	Unidad Medida	Turno 1		Turno 2		Turno 3			
Volumen tanque GLP		0%- 100%	N/A								
Presión tanque GLP		0- 300	P.S.I								
Válvula de retorno de Presión		Abierta a 1/4 / Cerrada	Funcionamiento Revisión Física								
Válvulas de paso (reportar si alguna de las válvulas se encuentra fuera de su posición de operación)		Abiertas / Cerradas	Funcionamiento Revisión Física								
Funcionamiento Evaporadores		Encendidos / Apagados	Funcionamiento Revisión Física	1	2	3	4	1	2	3	4
Presión tanque 777 Galones (tipo pulmón)		15- 20	P.S.I								
Presión de operación tanque tipo pulmón (color amarillo)		15 - 20	P.S.I								
Verificación de olor a Gas LP en área.		Leve/ Moderado /Fuerte	Olfato								
Observaciones turno 1:											
Observaciones turno 2:											
Observaciones turno 3:											

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Formato de rutina de inspección sala de máquinas

Código: R-MA-0017 Versión: 001 Página: 2/2						
Instrucciones: En los espacios en blanco que corresponde, anote los valores encontrados durante la inspección de las áreas listadas. En el momento de existir algún comentario anote de forma resumida en el espacio de observaciones para su seguimiento.						
ANEXO CALDERAS	Rango operación	Unidad Medida	Turno 1	Turno 2	Turno 3	
Suavisador de agua consumida en calderas	200 - 500	Metros cubicos				
Stroke de bombas dosificadoras Núm. 1/ Núm. 2/ Núm. 3	0 - 150	Pulsos por minuto				
Nivel de químicos de tratamiento de calderas Núm. 1/ Núm. 2/ Núm. 3	0% - 100%	% de volumen en tonel				
Calderas en uso Núm. / Nivel de agua	01-03 0%-60%	No. De caldera % de altura de agua				
Estado de manómetro de caldera A/B	Ok-Reg-Mal	Lectura apariencia				
Temperatura del deareador	60 c - 85c	Temperatura en tanque				
Presión manométrica dentro del deareador	0 - 8	PSI				
Estado fisico del deareador	Funcionamiento/ manto/ Fallo	verificar funcionamiento				
Fugas en tubería de vapor de caldera A	Funcionamiento/ con fuga	Revisar fugas en toda la caldera				
Fugas en tubería de vapor de caldera B	Funcionamiento/ con fuga	Revisar fugas en toda la caldera				
Total de solidos disueltos purga superficial (en uso)	0 - 2,500	PPM				
Observaciones Turno 1:						
Observaciones Turno 2:						
Observaciones Turno 3:						
ÁREA DE PLANTA DE PURIFICACIÓN DE AGUA	Rango operación	Unidad Medida	Turno 1	Turno 2	Turno 3	
Caudal en tanques de agua cruda Caudal en suavizador de caldera	200 - 400 100- 200	GPM				
Filtros de arena en uso. (marque los que trabajan)	Si / No	Funcionando	1 2 3 A B C	1 2 3 A B C	1 2 3 A B C	
Retrolavado de filtro arena. (marque retrolavado)	Si / No	Retrolavado	1 2 3 A B C	1 2 3 A B C	1 2 3 A B C	
Filtros de carbón en uso. (marque los que trabajan)	Si / No	Funcionando	1 2 3 A B C	1 2 3 A B C	1 2 3 A B C	
Retrolavado de filtro carbón (marque el retrolavado)	Si / No	Retrolavado	1 2 3 A B C	1 2 3 A B C	1 2 3 A B C	
Dureza entrada/Dureza de salida	100-200 / 0-50	PPM				
Nivel de tanque de agua cruda algibe/ Fosa	0%- 100%	Nivel de Agua				
Luz ultravioleta (marcar si funciona LUV)	Si / No	Funcionando	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	
Porcentaje del intensímetro en LUV 1/2	60%- 100%	Intensidad				
Porcentaje del intensímetro en LUV 3/4	60%- 100%	Intensidad				
Bombas de tanque de sumidero a líneas funcionando	Si / No	Funcionando				
Presión de bombas tanque sumidero B1 B2 B3 B4 B5	50 - 130	P.S.I				
Filtro (Entrada/Salida)	50 - 60	P.S.I				
Observaciones Turno 1:						
Observaciones Turno 2:						
Observaciones Turno 3:						
1er. Turno Nombre y Firma	2do. Nombre y Firma		3er. Nombre y Firma			
<div style="border: 1px solid black; width: 200px; margin: 0 auto; padding: 5px;">Nombre y Firma de Surpervisor</div>						

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. Herramienta de capacitación (Tema 1)

FIFCO **Kerns**

Gestión de Mantenimiento y Programa de mantenimiento preventivo Kerns.

FIFCO **Kerns**

Misión

Comprometidos con nuestros clientes internos de I&D a asegurar que la empresa sea más eficiente, reduciendo costos, generando ahorros e incrementando de nuestros estándares. Eliminar las causas raíz de los fallos, aumentar la disponibilidad de máquinas y mejorar el proceso productivo optimizando el tiempo y la inversión.

FIFCO **Kerns**

Visión

Ser un equipo eficiente que brinda una gestión eficiente para el funcionamiento óptimo de la planta Kerns manteniendo un alto estándar y reduciendo costos e incrementando la disponibilidad de planta en su compañía.

FIFCO **Kerns**

Objetivos

- Cumplir con los programas de Mantenimiento Preventivo y Correctivo que permitan operar la planta de manera de las necesidades de producción.
- Prevenir daños de las líneas expuestas a vibraciones, al caer de peso de sus LACS en los trenes de la empresa.
- Mantener la salud y seguridad de los operadores, durante el tiempo programado de funcionamiento.

FIFCO **Kerns**

Mantenimiento Preventivo

FIFCO **Kerns**

Mantenimiento

Conjunto de actividades que se realizan con el objetivo de asegurar la correcta operación y funcionamiento de los equipos y de máquinas presentes en una instalación productiva, así como también garantizar el buen estado de la misma.

¿Que es el mantenimiento preventivo?

Es una metodología que consiste en detectar los fallos en su fase inicial y evitar que estos lleguen a ocurrir. Esto último mediante la realización de inspecciones periódicas que se determinan considerando las instrucciones de fabricante y la experiencia obtenida por fallos ocurridos con similares.

FIFCO **Kerns**

Programa de mantenimiento preventivo

Es una estrategia de acciones que permite mantener las equipos y máquinas en condiciones óptimas, a fin de evitar los costos de reparación ocasionados por averías ocasionadas.

Acción 1

Generación de un listado de todos los equipos en donde existieran estas la dentro de la planta.

FIFCO **Kerns**

Acción 2

Elaborar un programa de inspecciones periódicas, según sea caso a momentos según el tiempo de vida de las máquinas, para pasar una de las equipos a mantenimiento preventivo. Teniendo como prioridad: inspección de los equipos, medición de los vibraciones y los niveles de ruido de acuerdo a normas de mantenimiento.

FIFCO **Kerns**

Acción 3

Mantener un archivo sencillo, que permita controlar que las inspecciones se realicen de acuerdo con el programa desde sistemas sobre el estado de inspecciones y reparar, su ubicación y fecha en que han sido realizadas, así como la cantidad que se ha hecho.

FIFCO **Kerns**

Acción 4

Controlar el avance de las inspecciones periódicas.

FIFCO **Kerns**

Situación del mantenimiento preventivo I&D

FIFCO **Kerns**

Metodología para la gestión del plan de mantenimiento preventivo I&D

FIFCO **Kerns**

1. Tabulación de máquinas importantes con sus fotos.
2. Valorar el grado de detalles de cada máquina para determinar el nivel de las máquinas, considerando de acuerdo con el grado de riesgo.
3. Elaborar listado de las máquinas con sus datos: modelo y número de máquina y año de fabricación de control tipo.
4. Controlar del estado: Verificar el documento de estado: Verificar todo de datos: Verificar, registrar, actualizar y actualizar de operación.
5. Clasificación de máquinas por:
6. Nivel de mantenimiento: Datos de estado de la máquina.
7. Definir los algoritmos específicos del programa.
8. Definir los niveles de riesgo.
9. Definir los niveles de riesgo.
10. Definir los niveles de riesgo.

FIFCO **Kerns**

10. PLAN ANÁLISIS DE FALLOS Y SUS EFECTOS.

FIFCO **Kerns**

Ejemplo:

FIFCO **Kerns**

11. Revisión de los datos de la planta por año.
12. Control de la disponibilidad.
13. Elaboración de fichas de estado.
14. Definición de las inspecciones.
15. Realización de inspecciones de mantenimiento.
16. Control de F&E de hecho para un año de ejecución.
17. Datos de F&E.
18. Evaluación de los datos de un año.
19. Actualización.

FIFCO **Kerns**

Industria Alimenticia Kerns

Módulo Mantenimiento Preventivo

FIFCO **Kerns**

Gracias por su Atención

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. Herramienta de capacitación (Tema 2)

FIFCO **Kernis**

Formato de criticidad de equipos

FIFCO **Kernis**

Concepto de equipos

Definición: equipo es un sistema que ejecuta o procesa tareas empresariales en un término de procesos predefinidos establecidos.

Objetivo de un estudio de criticidad

- Generar un listado que sirva de ayuda para establecer una jerarquía entre las empresas, equipos y equipos de producción, permitiendo así que se establezca un ordenamiento que cubra los mandatos de manera controlada y ordenada.

FIFCO **Kernis**

¿Qué es el formato de criticidad?

Documento que permite establecer los equipos en un área de trabajo o área de producción, según un equipo.

- tipo A = antes
- tipo B = según antes
- tipo C = no antes

Objetivo

- Recopilar la información necesaria para poder analizar los equipos correspondientes a un área de trabajo o área de producción, ordenando a la espera y ordenando por niveles establecidos.

FIFCO **Kernis**

Vista General

Industrias Alimenticias Kernis S.A. - División: Alimentos

Materia de Calidad de Espumas

Indicaciones: []

Responsable: []

Fecha: []

Objetivo: []

Tabla de datos:

Equipo	Descripción	Tipología	Estado
1	Equipo de producción de espuma	A	Activo
2	Equipo de producción de espuma	B	Activo
3	Equipo de producción de espuma	C	Activo

FIFCO **Kernis**

Equipos a evaluar

Tabla de datos:

Equipo	Descripción	Tipología	Estado
1	Equipo de producción de espuma	A	Activo
2	Equipo de producción de espuma	B	Activo
3	Equipo de producción de espuma	C	Activo

FIFCO **Kernis**

Tabla de datos

Tabla de datos:

Equipo	Descripción	Tipología	Estado
1	Equipo de producción de espuma	A	Activo
2	Equipo de producción de espuma	B	Activo
3	Equipo de producción de espuma	C	Activo

FIFCO **Kernis**

Encabezado

Industrias Alimenticias Kernis S.A. - División: Alimentos

Materia de Calidad de Espumas

Indicaciones: []

Responsable: []

Fecha: []

Objetivo: []

FIFCO **Kernis**

Equipos a evaluar

Tabla de datos:

Equipo	Descripción	Tipología	Estado
1	Equipo de producción de espuma	A	Activo
2	Equipo de producción de espuma	B	Activo
3	Equipo de producción de espuma	C	Activo

FIFCO **Kernis**

Tabla de datos

Tabla de datos:

Equipo	Descripción	Tipología	Estado
1	Equipo de producción de espuma	A	Activo
2	Equipo de producción de espuma	B	Activo
3	Equipo de producción de espuma	C	Activo

FIFCO **Kernis**

Equipos a evaluar

Tabla de datos:

Equipo	Descripción	Tipología	Estado
1	Equipo de producción de espuma	A	Activo
2	Equipo de producción de espuma	B	Activo
3	Equipo de producción de espuma	C	Activo

FIFCO **Kernis**

Gracias por su Atención

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. Herramienta de capacitación (Tema 3)

1

2

3

4

5

6

7

8

9

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. Herramienta de capacitación (Tema 4)

1 **FIFCO** **Kerns**

Formato de Inspección de rutinas diarias

2 **FIFCO** **Kerns**

Encabezado

Área de paso

Área de calderas

Área tanque GLP

3 **FIFCO** **Kerns**

Área calderas

Área de planta purificadora de agua

Sección de firmas

4 **FIFCO** **Kerns**

Encabezado

Representa la fecha del día en que se inicia a base al formato (Turno 1)

Representa la fecha del día en que se termina de base al formato (Turno 2)

5 **FIFCO** **Kerns**

Área de paso

6 **FIFCO** **Kerns**

Área de calderas

7 **FIFCO** **Kerns**

Área de tanque de GLP

8 **FIFCO** **Kerns**

Volumen de tanque GLP

9 **FIFCO** **Kerns**

Presión del tanque GLP

10 **FIFCO** **Kerns**

Válvula de retorno de presión

11 **FIFCO** **Kerns**

Funcionamiento evaporadores

12 **FIFCO** **Kerns**

Presión de tanque 777 Galones (tipo pulmón)

13 **FIFCO** **Kerns**

Presión de operación tanque tipo pulmón (entrada GLP a caldera)

14 **FIFCO** **Kerns**

Anexo calderas

15 **FIFCO** **Kerns**

Área de planta purificadora de agua

16 **FIFCO** **Kerns**

Sección de firmas

17 **FIFCO** **Kerns**

Gracias por su Atención

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. Herramienta de capacitación (Tema 5)

Registro digital de rutinas de inspección diaria.

1

Generalidades

Es una representación exacta idéntica en su totalidad al formato físico oficial implementado actualmente.

Objetivo

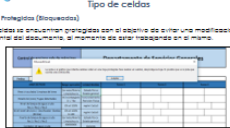
Generar un registro digital como medio de soporte y validación del registro físico utilizado actualmente y generar el manejo de la información en sus digitos y electros.

2

Tipo de celdas

Celdas Protegidas (Bloqueadas)


En las celdas se encuentran protegidas con el objetivo de evitar una modificación accidental del documento, al momento de estar trabajando en el mismo.



Son todas las celdas del formato que poseen color.

3


El campo que se muestra en la imagen es una celda protegida y muestra de color amarillo que se encuentra en la imagen, de tal modo que el usuario no podrá ingresar datos directamente en el documento, así mismo si que a través de una celda protegida se puede hacer que la celda se comporte de manera normal.



4

Celdas con campos predefinidos

Se las celdas que al momento de dar un clic sobre ellas en el lado derecho de la misma aparece una pestaña de selección de opciones.

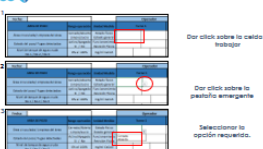


5

Dar clic sobre la celda a trabajar

Dar clic sobre la pestaña emergente

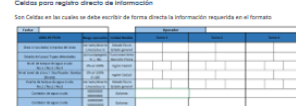
Seleccionar la opción requerida.



6

Celdas para registro directo de información

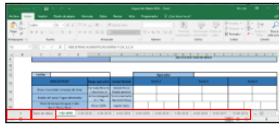
Se las celdas en las cuales se debe escribir de forma directa la información requerida en el formato.




Únicamente se debe dar doble clic para poder realizar el registro de información.

7

Visualización del área de trabajo



8



9

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Formato hoja FMEA

Máquina	Código	Realizado	Coordinado	
Parte	Código	Facilitador		
Sub-parte	Código			
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto	Acción proactiva

Fuente: IAK. Departamento de Mantenimiento.

Anexo 2. Ejemplo de utilización hoja FMEA

Empresa	IAK	Hoja FMEA			Página	Fecha	
Ubic.	Área de calderas	Máquina	Código	Realizado	Coordinado	Facilitador	
		Caldera 1					
		Quemador	2				
		Manómetro ASHCROFT 60 psi	2.9				
Función	Falla funcional	Modo de falla	Efecto	Acción proactiva			
1 Instrumento que permite conocer la presión con la cual ingresa el bunker para el proceso de combustión.	1 Imposibilidad en el registro de la presión requerida.	1	Falta de limpieza del cristal	1	Suciedad del cristal	1	Realizar una limpieza externa del cristal para la eliminación de partículas o suciedad que impida realizar una lectura correcta. Mensual
		2	Sobrepresión	1	Daño del mecanismo interno / Daño total	1	Verificar que el manómetro instalado posea un rango superior a la presión de trabajo.
		3	Golpe externo			1	Verificar que no existan objetos que puedan dañar el manómetro. Mensual
		4	Corrosión			1	Realizar un proceso de lubricación al mecanismo interno del manómetro. Anual
		5	Falta de limpieza de tubería o conducto	1	Obstrucción del sífon o del conducto que transporta el fluido.	1	Limpiar la tubería que compone el sífon y verificar que no existan partículas o material. Anual
		6	Mal ajuste de instrumento	1	Fuga de fluido	1	Aplicar teflón en el acople del instrumento. Semestralmente.
	2 Incerteza en la medición registrada	1	Falta de calibración del instrumento	1	Registro de presión errónea	1	Proceso de calibración del instrumento. Anual
		2	Falta de limpieza en la escala de medición	1	Daño total de escala.	1	Limpieza de la escala del manómetro. Anual

Fuente: IAK. Departamento de Mantenimiento.

Anexo 3. **Formato manual de mantenimiento preventivo**

	Industrias Alimenticias Kern's	
	Manual de Mantenimiento Preventivo	
Equipo	Departamento de Servicios Generales y Mantenimiento	Fecha de emisión Enero de 2018

Codigo FMEA	Acción proactiva	Realizada	
		Si	No
Parte.			
Subparte			
Ref. FMEA	Acción proactiva		
Subparte			
Observaciones			
Parte	Subparte	Comentario	

Fuente: IAK. *Departamento de Mantenimiento.*

Anexo 4. Ejemplo de formato manual de mantenimiento preventivo

	Industrias Alimenticias Kern's	
	Manual de Mantenimiento Preventivo	
Caldera No. 1	Departamento de Servicios Generales y Mantenimiento	Fecha de emisión
		Enero de 2018

Codigo FMEA	Acción proactiva	Realizada	
		Si	No
Parte 1. Componentes principales			
1.3 Manómetro de presión de salida de vapor			
1.1.2.1.1	Verificar que el manómetro instalado posea un rango superior a la presión de trabajo.		
1.1.4.1.1	Realizar un proceso de lubricación al mecanismo interno del manómetro.		
1.1.5.1.1	Limpiar la tubería que compone el sifón y verificar que no existan partículas o material.		
1.2.1.1.1	Proceso de calibración del instrumento.		
1.2.2.1.1	Limpieza de la escala del manómetro.		
1.4 Valvulas de seguridad			
1.1.2.1.1	Realizar un prueba de buen funcionamiento de las valvulas.		
1.3.2.1.1	Verificar que el diferencial de presiones sea del 10% o mayor.		
1.5 Hogar			
1.1.1.1.1	Eliminar el hollin que se genera internamente debido al proceso de combustión. Realizando un cepillado a las paredes del hogar.		
1.1.1.2.1	Revisar la superficie interna de la caldera lado del fuego (deformaciones, desgastes, fisuras, etc)		
Observaciones			
Parte	Subparte	Comentario	

Fuente: IAK. Departamento de Mantenimiento.

