

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD O
RCM, PARA LA UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES DEL CAMPO LA
PUNTA

OMER MANCILLA FERREIRA
JORGE EDUARDO SUÁREZ RUIZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD O
RCM, PARA LA UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES DEL CAMPO LA
PUNTA

OMER MANCILLA FERREIRA
JORGE EDUARDO SUÁREZ RUIZ

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director
EDWIN ALBERTO GARAVITO HERNÁNDEZ
M. Sc. Ingeniería Industrial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1.1 Formulación del problema.....	20
1.2 JUSTIFICACIÓN	20
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 Objetivo General	21
1.3.2 Objetivos Específicos:.....	21
2. MARCO CONTEXTUAL	22
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE GAS CAMPO LA PUNTA.....	22
2.1.1 Antecedentes	22
2.1.2 Gas Natural como Materia Prima.....	23
2.1.3 Producción de Gasolina Natural o Nafta	25
2.1.4 Producción de GLP	26
2.1.5 Unidad Recuperadora de Vapores.....	27
2.1.5.1 URV por sistema de absorción	27
2.1.5.2 URV por condensación	29
2.1.5.3 URV por simple enfriamiento	30
2.2 MARCO TEÓRICO	33
2.2.1 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).....	33
2.2.2 Desarrollo de Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en RCM	35
2.2.2.1 Funciones y sus Estándares de Funcionamiento.....	36
2.2.2.2 Fallas Funcionales	37

2.2.2.3 Modos de Falla (Causas de Falla)	38
2.2.2.4 Efectos de las Fallas	40
2.2.2.5 Consecuencias de las Fallas	41
2.2.2.6 Tareas de Mantenimiento	43
2.2.3 El Personal Implicado	49
2.2.3.1 Los Facilitadores	51
2.2.3.2 Los Auditores	51
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	52
4. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM PARA LA UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES DE LA PLANTA DE GAS CAMPO LA PUNTA	53
4.1 PARTES BÁSICAS DE LA UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES.....	53
4.1.1 Sistema de Almacenaje de líquido con vapores	54
4.1.2 Sistema de Compresión.....	56
4.1.3 Sistema de Separación de líquidos condensados y gases	56
4.1.4 Sistema de Expansión y Refrigeración	58
4.2 FASE I - PLANEAR.....	60
4.2.1 Presentación del programa a grupos de interés de la estación del campo La punta.....	60
4.2.1.1 Objetivos del plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Planta de Gas Campo La punta.....	60
4.2.1.2 Alcance	60
4.2.1.3 Cronograma	61
4.2.1.4 Conformación del Equipo RCM.....	62
4.2.1.5 Definición de Políticas y Metodología para la implementación del RCM....	63
4.2.1.6 Sensibilización para la implementación del RCM	63
4.3 FASE II - HACER.....	64
4.3.1 Búsqueda y organización de la información relacionada con la URV	64

4.3.1.1 Funcionalidad de la unidad	64
4.3.1.2 Fallas de la Unidad Recuperadora de Vapores URV	66
4.3.1.3 Rutinas de Mantenimiento a la Unidad Recuperadora de Vapores	67
4.4 FASE III - VERIFICAR	74
4.4.1 Comportamiento de la Unidad Recuperadora de Vapores URV	74
4.4.2 Seguimiento a parámetros de Operación de la Unidad Recuperadora de Vapores URV	76
4.4.3 Análisis de Indicadores	83
4.5 FASE IV - ACTUAR	84
5. CONCLUSIONES	85
6. RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	92

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Tipo de URV más común en bombas de auto servicio (Sistema de absorción).....	28
Figura 2. Sistema URV por condensación.	30
Figura 3. URV por simple enfriamiento.	31
Figura 4. Unidad Recuperadora de Vapores.	33
Figura 5. Diagrama de Flujo del RCM.....	34
Figura 6. Concepto de Función. Equipos iguales con funciones diferentes.	36
Figura 7. Baja y deterioro de la capacidad inicial.....	38
Figura 8. Modelos de falla.....	39
Figura 9. Diagrama de Decisión del Proceso de RCM.....	46
Figura 10. Típico grupo de RCM.....	50
Figura 11. Fases de Implementación RCM.....	52
Figura 12. Tanques de Almacenamiento Campo La Punta.	54
Figura 13. Sistema de recepción de gases.....	55
Figura 14. Sistema de compresión.	56
Figura 15. Separador Trifásico.....	57
Figura 16. Banco de bombas y condensado de agua.....	57
Figura 17. Aero-enfriador de tiro forzado.	58
Figura 18. Unidad básica recuperadora de vapores.	59
Figura 19. Estructura del Equipo RCM Propuesta.	62
Figura 20. Diagrama de bloque del sistema de recuperación de Gas.	65
Figura 21. Reparaciones al compresor.	67
Figura 22. Hoja de Vida del Compresor.....	73
Figura 23. Gráfico de Funcionamiento de la Unidad Recuperadora de Vapores. ...	76
Figura 24. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de agosto. .	77

Figura 25. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de septiembre.....	77
Figura 26. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de octubre.	78
Figura 27. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de noviembre.....	79
Figura 28. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de diciembre.	80
Figura 29. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de enero....	80
Figura 30. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de febrero.	81
Figura 31. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de marzo...81	
Figura 32. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de abril.	82
Figura 33. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de mayo. ...	83

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Propiedades del Gas Natural a Procesar.....	24
Tabla 2. Composición del Gas Natural a Procesar.	25
Tabla 3. Las siete preguntas del RCM y su finalidad.	35
Tabla 4. Elementos de control e instrumentación de la Unidad Recuperadora.	53
Tabla 5. Plan de implementación RCM Unidad Recuperadora de Vapores Campo La punta.....	61
Tabla 6. Datos de parámetros de operación de la URV del mes de agosto de 2014.	74
Tabla 7. Tipos de falla Unidad Recuperadora.....	75

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Curva característica de funcionamiento del Compresor RO-FLO 17L. ..	92
Anexo B. Panel del Variador de Frecuencia.	93
Anexo C. Unidad Recuperadora de Vapores URV	94
Anexo D. Rompimiento de aspas del compresor.	95
Anexo E. Falla de aspas del compresor.	95
Anexo F. Daño del rodamiento delantero.	96
Anexo G. Daño de la base del rodamiento.	96
Anexo H. Aplicación de oxicorte para retiro de base de rodamiento del compresor.	97
Anexo I. Toma termográfica del compresor funcionando.....	97
Anexo J. Toma termográfica del motor impulsor.....	98
Anexo K. Toma termo grafica de la bomba del sistema de enfriamiento del compresor.....	98
Anexo L. Toma termográfica de la bomba del sistema de lubricación.....	99
Anexo M. Toma termográfica de la caja reductora impulsor- compresor.....	100
Anexo N. Reportes de Mantenimiento.	101
Anexo O. Solicitud y/o Orden de Servicio.	102

GLOSARIO

AMEF (Análisis de Modos y Efectos de Falla): es una técnica de prevención, utilizada para detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer los controles adecuados que eviten la ocurrencia de defectos.

CONFIABILIDAD (Reliability): probabilidad que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado.

DISPONIBILIDAD (Availability): función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

FALLA: incapacidad de una parte o de un sistema completo, para realizar la función para la que fue diseñado, dejando de ser útil técnica o económicamente.

FRICCIÓN: resistencia al movimiento cuando dos cuerpos en contacto son forzados a un movimiento relativo entre sí. Está asociada al mecanismo de desgaste y con generación de calor.

GESTIÓN DEL RIESGO: actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en relación al riesgo. Esto incluye análisis, evaluación, mitigación, aceptación y comunicación del riesgo

INSPECCIÓN: proceso que verifica la conformidad con un requerimiento escrito y puede ser realizado a diferentes niveles. La Inspección involucra la planificación, implementación y evaluación de exámenes para determinar la condición física y metalúrgica de equipos y estructuras en términos de aptitud para el servicio.

LUBRICACIÓN: uso intencional de una sustancia para reducir la fricción y minimizar el desgaste.

RCM (Reliability Centred Maintenance o Mantenimiento Centrado en Fiabilidad): técnica empleada para elaborar un plan de mantenimiento orientado a la confiabilidad y disponibilidad operativa y funcional de una instalación industrial.

RIESGO: probabilidad de que algunos eventos ocurran, durante un periodo de tiempo, y la consecuencia (generalmente negativa) asociada con el evento.

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD O RCM, PARA LA UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES DEL CAMPO LA PUNTA.¹

AUTORES: OMER MANCILLA FERREIRA y JORGE EDUARDO SUÁREZ RUIZ.²

PALABRAS CLAVES: UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES, RCM, GAS DE BAJA PRESIÓN, MANTENIMIENTO, CONFIABILIDAD, PLANTA DE GAS, SUCCIÓN, DESCARGA.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

Este proyecto presenta el diseño de un plan de mantenimiento para la unidad recuperadora de vapores de la planta de gas en el campo La Punta. Este diseño se soporta en la metodología del mantenimiento basado en confiabilidad RCM (Reliability Centered Maintenance).

Se parte de realizar un análisis del funcionamiento de la unidad recuperadora de vapores, así como del estudio de los diferentes sistemas y elementos que componen la unidad; posterior a ello, se desarrolla un análisis cualitativo y cuantitativo de la información reportada por el área de mantenimiento a partir del análisis de los equipos que hacen parte de la unidad y de la información estadística para los últimos dos años con el fin de identificar las fallas en el equipo, identificar los repuestos críticos, los de mayor rotación, el tiempo promedio entre fallas y el tiempo promedio de operación continua; todo lo anterior, orientado al cumplimiento del ciclo de mejora continua o PHVA.

Se plantea una serie de recomendaciones y acciones con el fin de mejorar el desempeño de los equipos que conforman la unidad, mejorar el desempeño del personal que hace parte de la misma y sistematizar de una mejor manera el registro de información de tal manera que facilite la formulación y ajuste de planes de mantenimiento futuro.

¹ Monografía.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Edwin Alberto Garavito Hernández, M. Sc. Ingeniería Industrial.

SUMMARY

TITLE: DESIGN OF A RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE PLAN OR RCM, FOR THE VAPORS RECOVERY UNIT OF THE LA PUNTA FIELD.³

AUTHOR: OMER MANCILLA FERREIRA and JORGE EDUARDO SUÁREZ RUIZ.⁴

KEYWORDS: VAPOR RECOVERY UNIT, RCM, LOW PRESSURE GAS, MAINTENANCE, RELIABILITY, GAS PLANT, SUCTION, DISCHARGE.

DESCRIPTION OR CONTENTS:

This Project presents the design of a maintenance plan for the vapor recovery unit gas plant at La Punta field. This design methodology supports the reliability based maintenance RCM (Reliability Centered Maintenance).

It starts with an analysis of the operation of the vapor recovery unit, as well as the study of the different systems and elements that make up the unit; After that, a qualitative and quantitative analysis of the information reported by the maintenance area is developed from the analysis of the equipment that is part of the unit and the statistical information for the last two years in order to identify the faults in the equipment, identify the critical parts, those with the highest rotation, the average time between failures and the average time of continuous operation; all of the above, aimed at the fulfillment of the continuous improvement cycle or PHVA cycle.

A series of recommendations and actions It is proposed in order to improve the performance of the teams that make up the unit, improve staff performance that is part of it and systematize in a better way recording information in such a way that facilitates formulation and adjust future maintenance plans.

³ Monograph.

⁴ Faculty of Engineering Physics and Mechanics. Mechanical Engineering School. Specialization in Maintenance Management. Director: Edwin Alberto Garavito Hernández, M. Sc. Industrial Engineering.

INTRODUCCIÓN

Diversos desarrollos en la gestión del mantenimiento han tenido sus inicios en industrias totalmente diferentes a las que en este momento se vienen implementando lo cual ha permitido determinar las tareas críticas de esta importante área traducido en la mejora de indicadores, en especial en lo que tiene que ver con activos físicos.

El sector de hidrocarburos es uno de los sectores que más estricto cumplimiento quiere dar a sus operaciones dado el gran impacto que estas tienen en el uso de los recursos físicos, la integridad de su personal y el cuidado al medio ambiente; por tal razón se hace necesario un conocimiento específico tanto de la operación de los pozos como de las unidades y los equipos que hacen parte de este, dejando de lado acciones correctivas de mantenimiento que solo generan sobrecostos y que no resultan del todo confiables en el momento de implementarlas.

La evolución en el concepto de Mantenimiento Productivo Total debe ser concebida como aquella en la cual cada instalación de acuerdo a su realidad pueda determinar las acciones concretas a realizar y las razones por las cuales debe gestionar su mantenimiento evitando que sea la misma locación, unidad o equipo la que obligue al personal a realizar intervenciones que normalmente no son programadas y que a la final se ven reflejadas en altos costos, baja confiabilidad y acciones de trabajo seguro poco estructuradas.

El presente proyecto presenta el diseño de un plan de mantenimiento soportado en la Metodología RCM (Reliability-centred Maintenance) donde se busca dar respuesta a cuáles son las funciones deseadas para el equipo o unidad objeto de análisis, identificando los estados de falla asociados con las funciones y cuáles

son las posibles causas de cada una de estas fallas encontradas de tal manera que se prevean las consecuencias y así poder establecer acciones concretas de prevención.

Con la implementación de estas acciones y tareas diseñadas se espera generar políticas y objetivos puntuales en el campo la Punta que dejen ver que se tiene el control sobre la unidad analizada y que esta se ajusta a las políticas de calidad, seguridad y medio ambiente orientadas por la empresa.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta de refrigeración de gas La punta hace parte integral de las facilidades de producción de la estación que lleva el mismo nombre. Esta se encuentra localizada en el municipio de Maní departamento de Casanare a noventa kilómetros del sur oriente de Yopal, la estación cuenta con tres pozos productores que están en una locación y se trae por una línea a una distancia de siete kilómetros aproximadamente (Santo Domingo Centro, Santo Domingo Norte y Juape), además, hay dos pozos en la locación (La punta 2 y La Punta 3).

El gas asociado es utilizado para generación eléctrica, obtención y comercialización de productos blancos (GLP y Gasolina Natural o Nafta). La planta está compuesta por un módulo de Fraccionamiento que cuenta con un sistema de compresión a alta presión y sistemas de destilación y un módulo de Servicios Auxiliares conformado por Sistemas de Unidad Recuperadora de Vapores. Durante el almacenamiento, se produce evaporación de los hidrocarburos livianos disueltos en el petróleo, entre ellos metano y otros compuestos orgánicos volátiles, el gas natural licuado, contaminantes del aire peligrosos y algunos gases inertes.

Por lo tanto, dada la criticidad frente a los procesos y la integridad de todo el personal que hace parte de la facilidad de producción se debe propender por evitar al mínimo las emisiones de estos gases y obtener un ahorro económico significativo, a través del diseño e implementación de programas de mantenimiento adecuados y acordes con la realidad y a la disponibilidad de las diferentes partes que componen la gestión del mantenimiento y que cuenten con indicadores efectivos de seguimiento y control.

1.1.1 Formulación del problema. ¿Permite el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la Unidad Recuperadora de vapores de la planta de gas en el campo la punta identificar los estados de falla, sus causas y cumplir con los estándares de disponibilidad, fiabilidad para la organización?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Áreas como la de mantenimiento deben propender por un alto grado de seguridad para el personal que opera en la estación, así como mitigar los impactos que las actividades propias de su misión se derivan en el ambiente, garantizando la confiabilidad operacional de sus equipos, menos tiempos muertos y sus respectivas consecuencias lo cual redundará en reducción de costos y optimización de frecuencias de mantenimiento tanto preventivo y predictivo basados en modelos matemáticos según sus datos históricos y totalmente ajustados a su realidad.

Al implementar un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para la unidad recuperadora de vapores de la planta de gas en el campo La Punta se logra un plan de mantenimiento óptimo y bien documentado cuyo producto tangible es el de un menor número de tareas y actividades de mantenimiento correctivo de emergencia que resultan en una mejor efectividad financiera de los recursos invertidos en el área de mantenimiento que determinan las mejores estrategias para administrar las funciones de los activos físicos de la estación y la gestión en la consecuencia de las fallas encontradas

Finalmente, al eliminar tareas de mantenimiento que no causan impacto en la productividad y adicionar aquellas que si aportan se podrá dar solución a los problemas de la operación de la estación y la unidad recuperadora de vapores.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General. Diseñar un plan de mantenimiento basado en el modelo RCM (Reliability Centred Maintenance) para la unidad recuperadora de vapores de la planta de gas campo La Punta.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Identificar las fallas más críticas de la Unidad Recuperadora de Vapores (URV) de la planta de gas.
- Determinar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos que hacen parte de la Unidad Recuperadora de Vapores (URV).
- Crear un cronograma de mantenimiento proactivo de los equipos que integran la Unidad Recuperadora de Vapores (URV).

2. MARCO CONTEXTUAL

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE GAS CAMPO LA PUNTA

2.1.1 Antecedentes. El pozo La Punta fue perforado en 1985, produciendo alrededor de 940 barriles con flujo natural y también fue cerrado ese mismo año por no ser rentable económicamente.

En 2004 el pozo fue reabierto por la Unión Temporal Omega, con una producción diaria de 900 barriles con flujo natural; ésta producción fue posteriormente mejorada con la instalación de una bomba electro-sumergible, éste incremento en la producción llevó a un máximo de 2100 barriles por día; en noviembre de 2006, la producción de este pozo fue decreciendo con respecto al Crudo y aumentó la producción de agua, y el gas se mantuvo en promedio de 400 MFCD; ésta producción se redujo hasta alcanzar un promedio diario de 150 barriles de crudo y 6200 barriles de agua.

En la actualidad este pozo fue cerrado por daños en la línea de cementación, se realizaron pruebas para operarlo como Pozo Inyector, pero fue cerrado por Ecopetrol. Sin embargo, se perforaron dos pozos, Punta 2 y Punta 3; El Pozo punta 2, fue perforado a inicios del 2008, con una producción promedio inicial de 3000 Barriles diarios y el Pozo Punta 3 a inicios del 2009, con una producción de 2500 Barriles diarios, y la producción de gas hacia la planta se mantuvo en 800 MFCD en promedio. Ambos pozos cuentan con sistemas de levantamiento mecánicos, los cuales son por medio de Bomba Electro-sumergible que se encuentra a una profundidad de 4500 pies, funciona con una frecuencia de 51 Hz, con choque abierto la presión de cabeza es de 34 psig, la producción de gas se da por el anular y es aproximadamente 730.000 pies cúbicos diarios.

Las condiciones de producción en separador son de 28 psig, 199 °F, BSW de 69%, gravedad API 34°, antes de éste se cuenta con sistemas de inyección de rompedor, clarificante y dispersante, los dos primeros con el fin de lograr un máximo de separación entre crudo y agua, y el último con el objetivo de evitar la acumulación parafínica en líneas y equipos debido a la naturaleza del crudo.

Para mediados del 2006 se inició con la idea de aprovechamiento del gas del pozo La Punta 1, debido a su riqueza en compuestos condensables, se hizo tan atractiva que se decidió montar una planta de refrigeración para la producción de GLP y Nafta; para ello Pacific Oil & Gas S.A. y La Unión Temporal Omega firmaron un acuerdo contractual que incluye diseño, montaje y operación de la misma.

La planta de Refrigeración, fue suministrada por la compañía Pacific Process Systems Inc, localizada en Breakersfield C.A. Esta planta se construyó en el año de 1981, y luego de ser adecuada para las condiciones del momento en el Campo la Punta se importó hasta Colombia, para el funcionamiento en ese proyecto.

2.1.2 Gas Natural como Materia Prima. Con fines de buscar opciones de combustible limpio se han venido introduciendo nuevos tipos de combustibles como son los gaseosos. Dentro de estos el más destacado en Colombia es el Gas Natural Vehicular o GNV, el cual puede ser extraído conjuntamente con el petróleo o puede extraerse de yacimientos de GNV.

El gas natural es la mezcla de hidrocarburos gaseosos en la que predomina fundamentalmente el metano (en proporción superior al 80%), que se encuentra en la naturaleza en yacimientos subterráneos, bien sea solo o compartido con petróleo.

El gas asociado es la materia prima del proceso, de este se obtendrán los productos blancos a comercializar, este procede del separador de producción general. Su composición, que varía en función de la procedencia del yacimiento, nunca es constante. Así pues, los valores de la composición y las propiedades del mismo, serán una media de los gases naturales escogidos. El gas natural de carga presenta las características mostradas en la tabla 1, en donde se puede observar las propiedades del gas a procesar.

Tabla 1. Propiedades del Gas Natural a Procesar.

Propiedad	Unidades	Gas de Producción
Flujo	MMscfd	1.114
	Bpd	721
	lb/hr	5759
	lbmol/hr	122.3481
Presión	Psig	25
Temperatura	°F	130
Peso molecular		54.39
Gravedad específica		1.878
Contenido de hidrocarburos licuables GPM C3+	%	26.879

La composición del Gas a procesar se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Composición del Gas Natural a Procesar.

% Molar / Compuesto	Gas de Producción
Nitrógeno	0.50
Dióxido de Carbono.	0.95
Metano	4.79
Etano	10.29
Propano	26.32
Iso-Butano	12.32
Normal-Butano	19.51
Iso-Pentano	9.13
Normal-Pentano	7.18
Hexanos	5.77
Heptanos	2.31
Octanos	0.74
Nonanos	0.13
Decanos	0.05
Undecanos	0.01
Dodecanos +	Trazas

2.1.3 Producción de Gasolina Natural o Nafta. La gasolina es una mezcla manufacturada que no ocurre naturalmente en el medio ambiente. Es producida a partir del petróleo en el proceso de refinación. Es un líquido incoloro, pardo pálido o rosado, y es sumamente inflamable.

Está compuesta por una mezcla de hidrocarburos isoparafínicos, parafínicos, olefínicos, nafténicos y aromáticos. Su fórmula química está compuesta por una cadena de siete carbonos, aunque puede variar en función de su procedencia. La composición química media que se utiliza en este estudio es $C_{7,18}H_{13,1}O_{0,1}$ considerada como la más habitual, siendo sus componentes básicos el hidrógeno y el carbono. La producción de la Gasolina natural o Nafta proveniente del tanque TK-1 es bombeada para su transporte o venta.

2.1.4 Producción de GLP. Los GLP son subproductos o derivados del petróleo que se almacenan y transportan en forma líquida (de ahí el nombre) aunque van siempre acompañados de una bolsa o cámara de fase gaseosa.

Los gases licuados del petróleo pertenecen a la llamada tercera familia de gases la cual se define como: la formada por el butano y el propano, como productos derivados de la destilación del petróleo y que se conservan en forma líquida en depósitos (aparte de una pequeña fracción en forma gaseosa) y de lo cual se deducen las siglas que los identifican GLP (Gases Licuados del Petróleo).

Es un combustible que tiene una composición química donde predominan los hidrocarburos butano y propano o sus mezclas, la cual contiene impurezas principales, como son el propileno o butileno o una mezcla de estos.

Los gases butano y propano, en estado puro, son hidrocarburos del tipo C_nH_{2n+2} :

Butano: C_4H_{10}

Propano: C_3H_8

La composición más habitual de los GLP, es un 40% de butano y un 60% de propano, aunque en este estudio también se analizarán las propiedades de cada compuesto por separado.

2.1.5 Unidad Recuperadora de Vapores. La unidad recuperadora de vapor (URV), es un sistema recolector de las instalaciones de producción de petróleo y gas asociado, el cual toma los gases provenientes de la evaporación en la estabilización del producto líquido de recipientes de separación o tanques (tanque estabilizador de crudo (Gun-Barrel) y tanque de almacenajes) y los comprime de nuevo inyectándolo a la línea de succión de una planta de licuefacción.

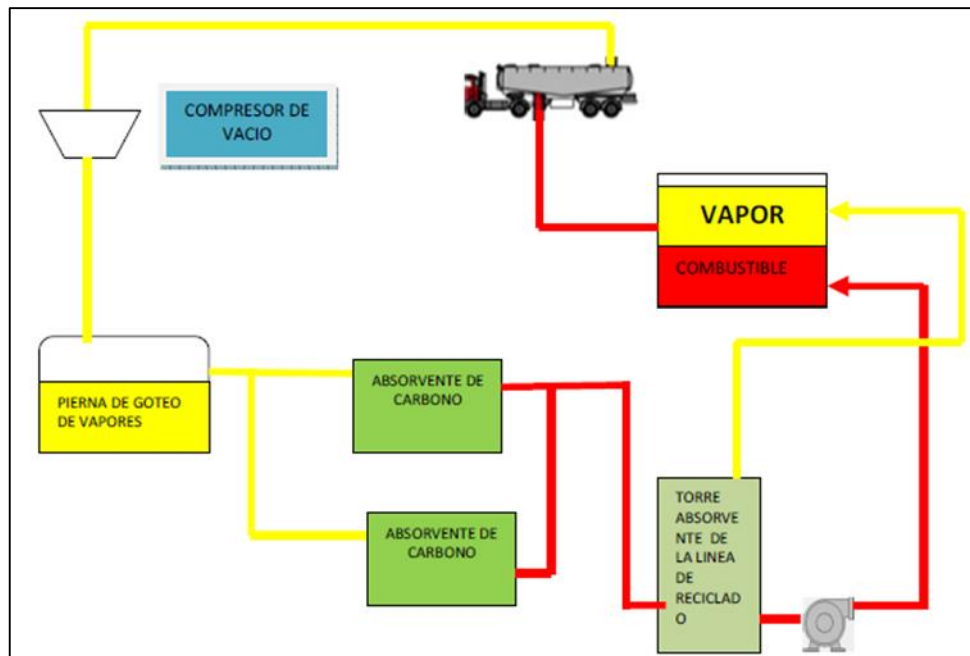
Los métodos para recuperar vapores incluyen absorción, condensación y simple enfriamiento, siendo este último método el más usado por costos de implementación y costos de montaje, aunque en la industria del petróleo se usa mucho el sistema de adsorción por medio de un Compresor, esto aprovechando las características de los gases que se desprenden durante la estabilización de Crudos livianos

La clasificación de unidades recuperadoras puede ser agrupada de formas diferentes dependiendo de su capacidad, tipo de producto a recuperar, tipo de operación, tipo de industria y muchos otros conceptos más, pero dentro del gremio de hidrocarburos se clasifica en tres grandes grupos de la siguiente manera.

2.1.5.1 URV por sistema de absorción. El sistema de absorción es tal vez el más complejo, costoso y difícil de implementar de todos los sistemas de recuperación, pero el mejor recuperador de vapores (98%) del mercado hasta el momento.

Para la recuperación de gases de bombas de combustible o líquidos ya en proceso de venta es el sistema más recomendado por los especialistas en este tema, por su alto % de recuperación hace estas pérdidas casi insignificantes a la hora de liquidar el producto.

Figura 1. Tipo de URV más común en bombas de auto servicio (Sistema de absorción).



La unidad básica del sistema de recuperación de vapor se compone de un proceso de absorción de presión activado con dos lechos de contenedores activados con carbono, alternando en ciclos de entre 15 a 30 minutos cada uno. La regeneración de los reactores de carbono se logra principalmente por la evacuación de los contenedores con una bomba de vacío a un nivel de presión determinado y secundariamente, con un expulsador de aire ambiental hacia la cama de contenedores en una manera controlada durante el último 25% del ciclo de regeneración

Los componentes orgánicos volátiles exhalados por el carbono durante la regeneración del reactor son recuperados efectivamente en un proceso simple de un solo paso, a saber, la absorción en una torre empacada contra la corriente y usando un absorbente. El absorbente del tanque de suministro es bombeado en la

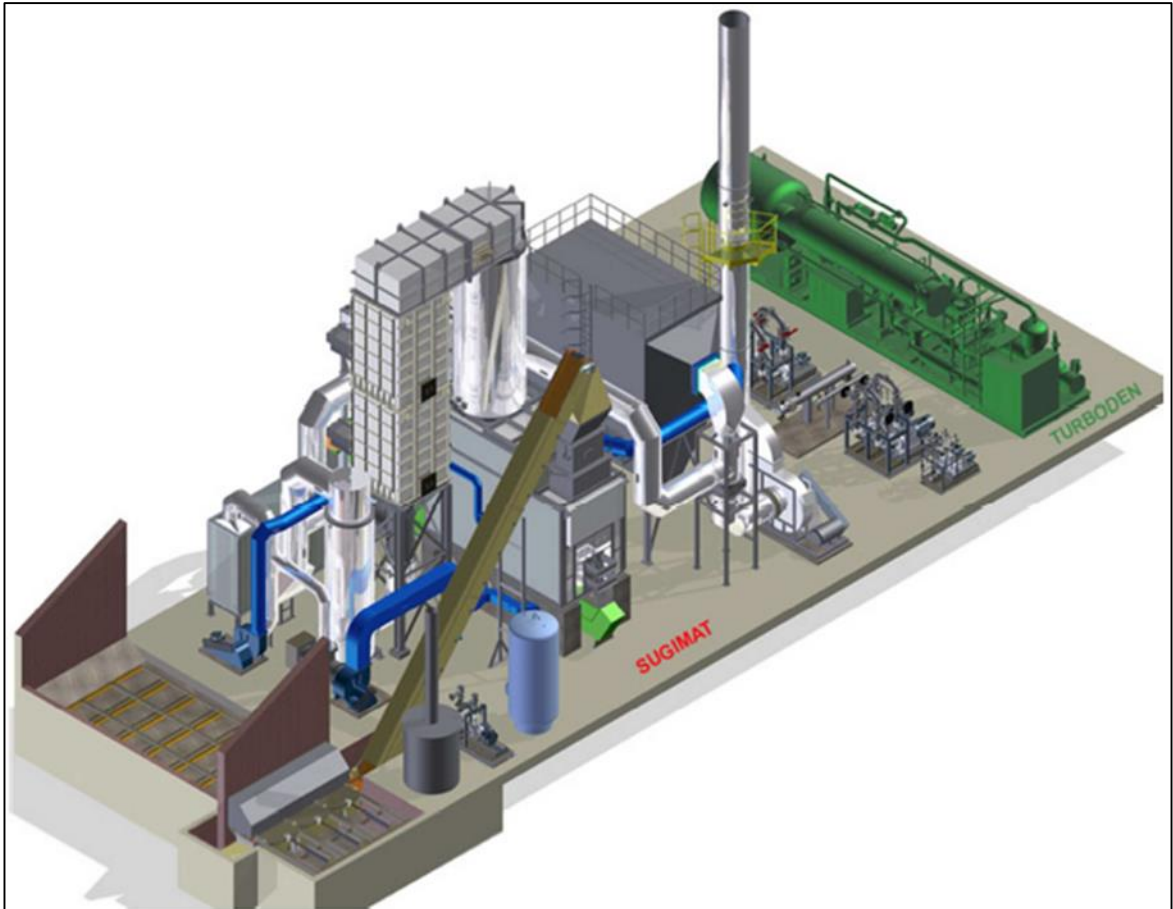
plataforma para ser usado como aceite limpio en el absorbente y como líquido intercambiador de calor para la bomba de absorción.

Todo el producto recuperado por el sistema es bombeado de regreso al tanque de suministro de absorbente antes mencionado. Aquí se le permite al producto líquido recuperado y enriquecido, que se disperse por todo el ambiente del tanque de suministro.

2.1.5.2 URV por condensación. Este sistema es uno de los más usados por la industria petrolera debido a su alta versatilidad y tipo de equipos que son económicos y a su vez pueden manejar todo tipo de gases provenientes de los tanques, sin tener taponamiento prematuro como en el sistema de absorción que se utiliza solo en la recuperación de vapores limpios como gasolinas o ACPM.

Dentro del sistema de unidad recuperadora de vapores hay un parámetro primordial que hace el sistema más o menos eficiente y es el delta de temperatura de enfriamiento a desalojar para producir la condensación de los vapores, por lo cual hay como ya lo mencionábamos diversos equipos de condensación como son torres de enfriamiento, intercambiadores de calor, refrigeración por ciclo cerrado y otros de los cuales el más utilizado son las torres de enfriamiento e intercambiadores por costo y mercado

Figura 2. Sistema URV por condensación.



Fuente: SUGIMAT. Productos, energía eléctrica: ORC (Organic Rankine Cycle) [En línea]. Valencia, España: La compañía. [Consultado el: 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.sugimat.com/productos/cogeneracion-orc>

2.1.5.3 URV por simple enfriamiento. Este sistema al igual que el de condensación es tal vez el más usado en la industria petrolera por su bajo-bajo costo comparándolo con los dos sistemas anteriores, pero con la gran desventaja de ser el menos eficiente de los tres.

Consta al igual que los demás de un sistema de recepción de vapores (scrubber), un sistema de compresión, un sistema de separación y un sistema de enfriamiento

con aero-enfriadores que hacen el intercambio de calor muy dependiente del medio ambiente, es decir que el fluido de refrigeración es aire a temperatura ambiente lo cual lo hace menos eficiente que el sistema de absorción y el sistema de condensación.

Figura 3. URV por simple enfriamiento.



Fuente: PETECO. Vapor Recovery. [En línea]. Hanoi, Vietnam: La Compañía. [Consultado el: 15 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://peteco.com.vn/en/vapor-recovery-317.htm>

En este sistema de recuperación por simple enfriamiento en la etapa de expansión, se hará un pare mayor por ser la más usada en el mercado de hidrocarburos y donde tendremos ejemplos reales, la cual cumplirá uno de nuestros objetivos que es despertar la inquietud en los lectores sobre el ahorro por la recuperación de vapores y disminución de quema de gases ricos en nuestro país, aportando un granito de arena para nuestras siguientes generaciones.

En conclusión una unidad recuperadora de vapores (URV), la cual vamos a referir con estas siglas durante toda la monografía solo es dentro del lenguaje de empresarios, inversionistas y gerentes petroleros, una unidad de proceso económico y simple que proporciona una recuperación de producto perdidos y mejora las operaciones económicas capturando hasta el 98% de las emisiones fugitivas, sin desmeritar la disminución de combustión de gas rico disminuyendo el efecto invernadero y calentamiento global, el cual es punto importante en el desarrollo de nuevas tecnologías ya que es uno de los objetivo principales del sector industrial a nivel mundial.

La Unidad Recuperadora de Vapores del Campo La Punta está constituida por un compresor centrifugo de paletas marca ROFLO referencia 17L, un motor eléctrico Siemens de 150 HP, una caja reductora FLENDER de 2 a 1, un aero-enfriador de tipo Gas-aire, un ventilador con un motor de 7 hp, una bomba de lubricación para sistema de presión marca Proflo, una bomba de agua de 1,5 HP, un Variador de Frecuencia marca WEF 2 Scrubber, líneas de proceso, sistema de protecciones y un tablero de Mando.

Figura 4. Unidad Recuperadora de Vapores.

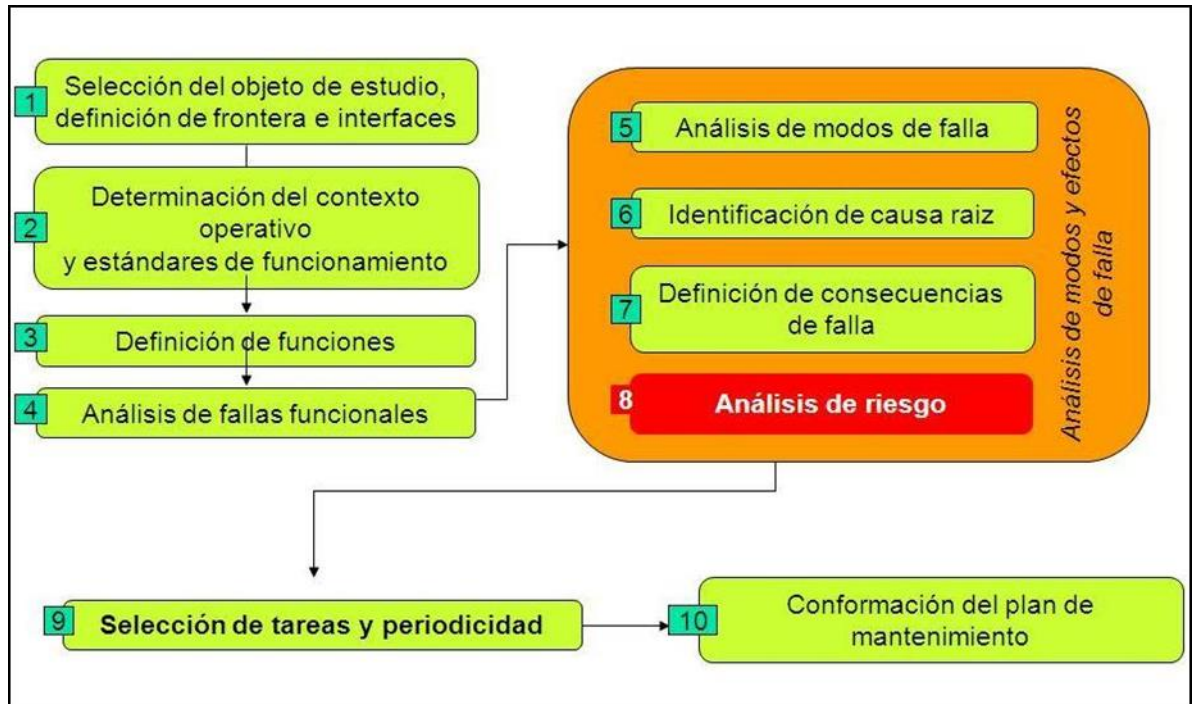


2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). El mantenimiento centrado en confiabilidad RCM es una metodología desarrollada durante los años 1960 y 1970, con un origen en la industria aeronáutica utilizada para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional.

Es un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúa desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente.

Figura 5. Diagrama de Flujo del RCM.



Fuente: ORTÍZ PLATA, Daniel. Memorias de clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. 2016.

El mantenimiento centrado en confiabilidad, es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Tuvo su origen en la Industria Aeronáutica. De estos procesos, el RCM es uno de los más efectivos frente a los siguientes aspectos:

- Integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta a la hora de tomar decisiones en materia de mantenimiento.
- Atención específica en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar.

2.2.2 Desarrollo de Plan de Mantenimiento Preventivo Basado en RCM. El principal objetivo de un RCM es determinar las tareas o acciones a realizar en el plan de mantenimiento preventivo, buscando atender todas las fallas que provocan pérdida funcional del equipo, para esto, la metodología utiliza un método particular en el cual se van identificando las necesidades del plan de mantenimiento a través de preguntas, las cuales se conocen como las siete preguntas del RCM.

Tabla 3. Las siete preguntas del RCM y su finalidad.

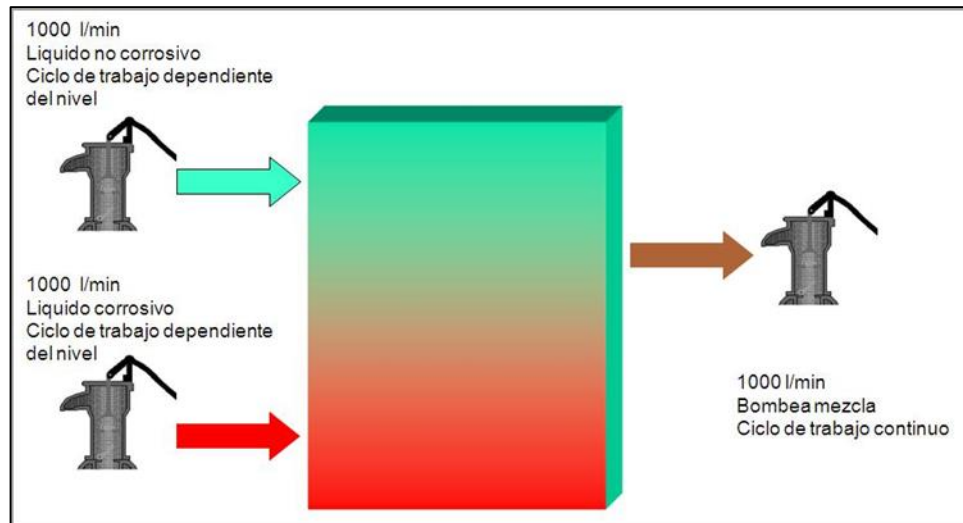
Pregunta	Finalidad
¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?	Identificar las funciones del equipo
¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?	Establecer las fallas funcionales
¿Cuál es la causa de cada falla funcional?	Identificar los modos de fallas presentes
¿Qué sucede cuando ocurre una falla funcional?	Registrar los efectos de la falla
¿En qué sentido es importante cada falla?	Determinar consecuencia de la falla
¿Qué puede hacerse para prevenir o	Establecer las tareas necesarias

predecir cada falla?	para evitar fallas funcionales
¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?	Decidir entre rediseño, cambiar o llevar a falla si las condiciones lo ameritan.

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Leicester: Aladon Ltd, 2004. pp. 2-3. ISBN 09539603-2-3.

2.2.2.1 Funciones y sus Estándares de Funcionamiento. Cada elemento de los equipos objeto de estudio, debe tener una función específica y el proceso RCM inicia por definir las funciones y estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.

Figura 6. Concepto de Función. Equipos iguales con funciones diferentes.



Fuente: ORTÍZ PLATA, Daniel. Memorias de clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. 2016.

Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad.

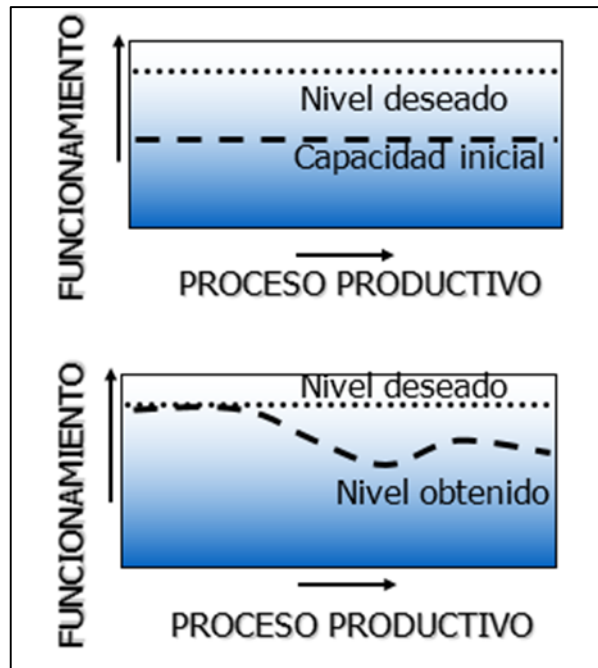
Existen además funciones que son la razón de ser del equipo, es el motivo de su adquisición, por lo general se identifican fácilmente con el nombre de este, las cuales se denominan funciones primarias.

Adicionalmente, también se tienen funciones menos obvias, pero su falla puede tener consecuencias graves. Ayudan a cumplir la función principal, auxiliares, soportes esenciales, permiten aislamiento o contención, protección, integridad ambiental, higiene, seguridad/Integridad estructural, control, información, monitoreo de condición, calibración, alarmas, aspecto, economía y eficiencia, etc. A este tipo se le denominan funciones secundarias.

2.2.2.2 Fallas Funcionales. Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones.

Esto lleva al concepto de una falla funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

Figura 7. Baja y deterioro de la capacidad inicial.



Fuente: ORTÍZ PLATA, Daniel. Memorias de clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. 2016.

2.2.2.3 Modos de Falla (Causas de Falla). El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir.

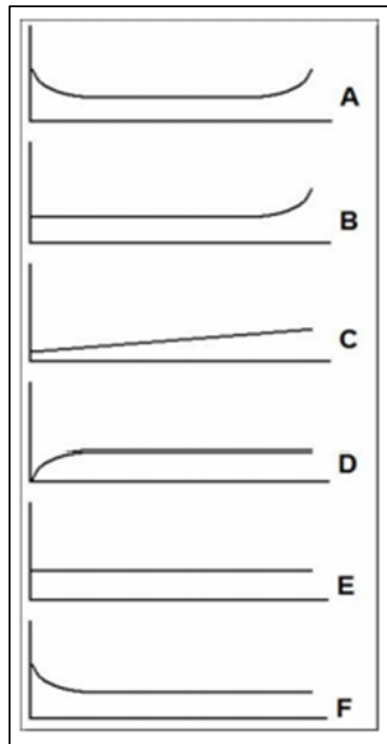
Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar optimización de tiempos y el análisis de falla en sí mismo.

Las causas de falla son las razones por las cuales ocurren las fallas, pueden ser:

- Falla por diseño.
- Defecto en los materiales.
- Error de proceso.
- Ensamble o defecto en la instalación.
- Deficiencia en el mantenimiento.
- Operaciones inapropiadas.

Los modelos de falla se muestran a continuación en la figura 8.

Figura 8. Modelos de falla.



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Leicester: Aladon Ltd, 2004. pp. 2-3. ISBN 09539603-2-3.

Modelo A: es conocido como curva de la bañera, comienza con mortalidad infantil, seguida de una frecuencia de falla que aumenta gradualmente o es constante para terminar con una zona de desgaste.

Modelo B: muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente y termina con una zona de desgaste.

Modelo C: comienza con una probabilidad de falla ligeramente ascendente y termina con una zona de desgaste identificable.

Modelo D: muestra una probabilidad de falla baja cuando el equipo es nuevo y termina con un desgaste rápido.

Modelo E: muestra una probabilidad aleatoria a lo largo de su vida útil.

Modelo F: comienza con una mortalidad infantil alta, pero desciende y tiene un comportamiento aleatorio de falla.

Por lo general los patrones de falla dependen de la complejidad de los elementos, entre más complejos tienden a presentar un modelo de falla como los modelos E y F.

2.2.2.4 Efectos de las Fallas. Cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse. Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.

El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el

funcionamiento y la seguridad, y también de eliminar errores. También mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos.

2.2.2.5 Consecuencias de las Fallas. Una vez que se hayan determinado las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del RCM es preguntar cómo y (cuánto) importa cada falla.

La razón de esto es porque las consecuencias de cada falla dicen si se necesita tratar de prevenirlos. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo se debe tratar de encontrar las fallas. RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:

- **Consecuencias de las fallas no evidentes:** las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar, otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.
- **Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente:** una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

- **Consecuencias Operacionales:** una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.
- **Consecuencias que no son operacionales:** las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

2.2.2.6 Tareas de Mantenimiento. Normalmente se cree que el modo de optimizar al máximo la disponibilidad de la planta es hacer algún tipo de mantenimiento de forma rutinaria. El pensamiento de la Segunda Generación sugiere que esta acción preventiva debe consistir en una reparación del equipo o cambio de componentes a intervalos fijos.

Supone que la mayoría de los elementos funcionan con precisión para un período y luego se deterioran rápidamente. El pensamiento tradicional sugiere que un histórico extenso acerca de las fallas anteriores permitirá determinar la duración de los elementos, de forma que se podrían hacer planes para llevar a cabo una acción preventiva un poco antes de que fueran a fallar.

Esto es verdad todavía para cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de falla dominantes. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto.

El reconocimiento de estos hechos ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento sistemático. De hecho, esto puede ser lo mejor que hacer para fallas que tengan consecuencias sin importancia. Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe de hacer algo para prevenir las fallas, o por lo menos reducir las consecuencias.

RCM reconoce cada una de las tres categorías más importantes de tareas preventivas, como siguen:

1. Tareas “A Condición”: la necesidad continua de prevenir ciertos tipos de falla, y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallas. La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de

que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como fallas potenciales, y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional o que está en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuando ocurren las fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderas fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque los elementos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado. Muchas fallas serán detectables antes de que ellas alcancen un punto donde la falla funcional donde se puede considerar que ocurre la falla funcional.

2. Tareas de Re acondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica: los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento. Si la falla no es detectable con tiempo suficiente para evitar la falla funcional entonces la lógica pregunta si es posible reparar el modo de falla del ítem para reducir la frecuencia (índice) de la falla.

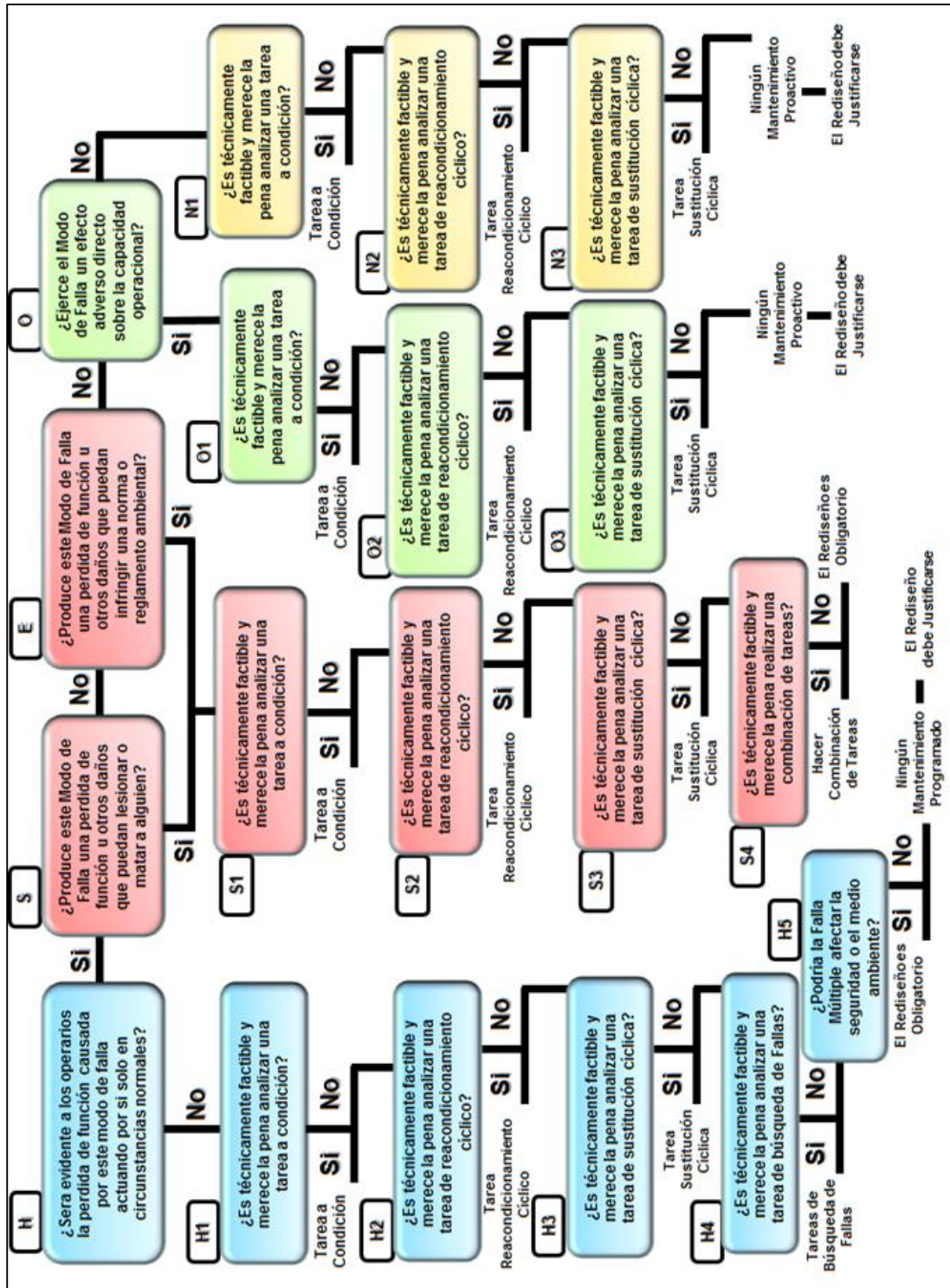
Algunas fallas son muy predecibles aún si no pueden ser detectadas con suficiente tiempo. Estas fallas pueden ser difíciles de detectar a través del monitoreo por condición a tiempo para evitar la falla funcional, o ellas pueden ser tan predecibles que el monitoreo para lo evidente no es una garantizado. Si no es práctico reemplazar componentes o restaurar de manera que queden en condición "como nuevos" a través de algún tipo de uso o acción basada en el tiempo entonces puede ser posible reemplazar el equipo en su totalidad.

Con frecuencia es difícil de determinar la frecuencia de las labores. Es suficiente con reconocer que la historia de la falla es un determinante principal. Usted debe reconocer que las fallas no sucederán exactamente cuándo se fueron predichas,

de manera que usted debe permitir algún margen de tiempo. Reconozca también que la información que usted está usando para basar su decisión puede ser errónea o incompleta. Para simplificar el próximo paso, el cual supone el agrupado de tareas similares, ello tiene sentido para predeterminar un número de frecuencias aceptables tales como diarias, semanales, unidades producidas, distancias recorridas o número de ciclos operativos, etc. Seleccionar aquellos que están más cerca de las frecuencias que su mantenimiento y su historia operativa le ordena tiene sentido en realidad.

Una gran ventaja del RCM es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) qué tarea sistemática es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia en que se hace y quien debe de hacerlo. Estos criterios forman la mayor parte de los programas de entrenamiento del RCM. El RCM también ordena las tareas en un orden descendiente de prioridad. Si las tareas no son técnicamente factibles, entonces se debe tomar una acción apropiada, como se describe a continuación.

Figura 9. Diagrama de Decisión del Proceso de RCM.



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Leicester: Aladon Ltd, 2004. pp. 2-3. ISBN 09539603-2-3.

3. Acciones a “falta de”: además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir. Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

Una acción que signifique prevenir la falla de una función no evidente sólo valdrá la pena hacerla si reduce el riesgo de una falla múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción sistemática apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de fallas.

En el caso de modos de falla ocultos que son comunes en materia de seguridad o sistemas protectores no puede ser posible monitorear en busca de deterioro porque el sistema está normalmente inactivo. Si el modo de falla es fortuito puede no tener sentido el reemplazo de componentes con base en el tiempo porque se podría estar reemplazando con otro componente similar que falla inmediatamente después de ser instalado.

En estos casos la lógica RCM pide explorar con pruebas para hallar la falla funcional. Estas son pruebas que pueden causar que el dispositivo se active, demostrando la presencia o ausencia de una funcionalidad correcta. Si tal prueba no es posible se debe re-diseñar el componente o sistema para eliminar la falla oculta. Las tareas de búsqueda de fallas consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

Si la falla tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo período de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión “a falta de” secundaria sería rediseñar de nuevo).

En otras palabras, en el caso de fallas que no están ocultas y en las que no se puede predecir con suficiente tiempo para evitar la falla funcional y no se puede prevenir la falla a través del uso o realizar reemplazos con base en el tiempo es posible puede o re – diseñar o aceptar la falla y sus consecuencias. Si no hay consecuencias que afecten la operación, pero hay costos de mantenimiento, se puede optar por una elección similar. En estos casos la decisión está basada en las economías – es decir, el costo de re – diseñar contra el costo de aceptar las consecuencias de la falla (tal como la producción perdida, costos de reparación, horas extras, etc.).

De forma similar, si una falla no tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar la tarea sistemática si el costo de la misma durante un período de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo período. Si no son justificables, la decisión inicial “a falta de” sería de nuevo el no mantenimiento sistemático, y si el costo de reparación es demasiado alto, la decisión “a falta de” secundaria sería volver a diseñar de nuevo.

Este enfoque gradual de “arriba-abajo” significa que las tareas sistemáticas sólo se especifican para elementos que las necesitan realmente. Esta característica del RCM normalmente lleva a una reducción significativa en los trabajos rutinarios. También quiere decir que las tareas restantes son más probables que se hagan bien. Esto combinado con unas tareas útiles equilibradas llevará a un

mantenimiento más efectivo. Si esto compara el enfoque gradual tradicional de abajo a arriba.

Tradicionalmente, los requerimientos del mantenimiento se evaluaban en términos de sus características técnicas reales o supuestas, sin considerar de nuevo que en diferentes condiciones se aplican consecuencias diferentes. Esto resulta en un gran número de planes que no sirven para nada, no porque sean “equivocados”, sino porque no consiguen nada.

El proceso del RCM considera los requisitos del mantenimiento de cada elemento antes de preguntarse si es necesario volver a considerar el diseño. Esto es porque el ingeniero de mantenimiento que está de servicio hoy tiene que mantener los equipos como está funcionando hoy, y no como debería de estar o puede que esté en el futuro.

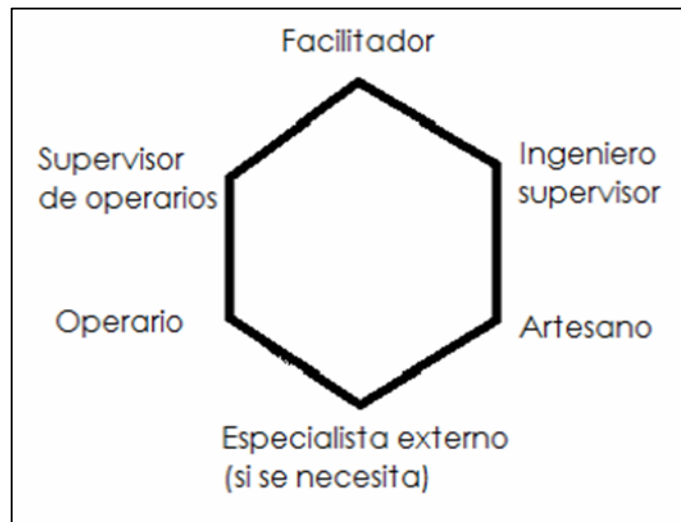
Después analizar los modos de falla a través de la lógica mencionada anteriormente, los expertos deben luego consolidar las labores en un plan de mantenimiento para el sistema. Este es el "producto final" del RCM. Cuando esto ha sido producido, el encargado del mantenimiento y el operador deben continuamente esforzarse por optimizar el producto.

2.2.3 El Personal Implicado. El proceso del RCM incorpora siete preguntas básicas. En la práctica el personal de mantenimiento no puede contestar a todas estas preguntas por sí mismos. Esto es porque muchas (si no la mayoría) de las respuestas sólo pueden proporcionarlas el personal operativo o el de producción. Esto se aplica especialmente a las preguntas que conciernen al funcionamiento deseado, los efectos de las fallas y las consecuencias de los mismos.

Por esta razón, una revisión de los requerimientos del mantenimiento de cualquier equipo debería de hacerse por equipos de trabajo reducidos que incluyan por lo menos una persona de la función del mantenimiento y otra de la función de producción. La antigüedad de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de que deben de tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando.

El uso de estos grupos no sólo permite que los directivos obtengan acceso de forma sistemática al conocimiento y experiencia de cada miembro del grupo, sino que además reparte de forma extraordinaria los problemas del mantenimiento y sus soluciones.

Figura 10. Típico grupo de RCM.



Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Leicester: Aladon Ltd, 2004. pp. 2-3. ISBN 09539603-2-3.

2.2.3.1 Los Facilitadores. Los grupos de revisión del RCM trabajan bajo la asesoría de un especialista bien entrenado que se conoce como facilitador. Los facilitadores son el personal más importante en el proceso de revisión del RCM. Su papel es asegurar que:

- Se aplique el RCM correctamente (que se hagan las preguntas correctamente y en el orden previsto, y que todos los miembros del grupo las comprendan.).
- Que el personal del grupo (especialmente el de producción y mantenimiento) consiga un grado razonable de consenso general acerca de cuáles son las respuestas a las preguntas formuladas.
- Que no se ignore cualquier componente o equipo.
- Que las reuniones progresen de forma razonable.
- Que todos los documentos del RCM se llenen debidamente.

2.2.3.2 Los Auditores. Luego de terminada la revisión de cada elemento de los equipos importantes, el personal gerente que tenga la responsabilidad total de la planta necesitará comprobar que ha sido hecha correctamente y que está de acuerdo con la evaluación de las consecuencias de las fallas y la selección de las tareas.

Este personal no tiene que efectuar la intervención personalmente, sino que pueden delegarla en otros que en su opinión estén capacitados para realizarla.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM fue desarrollado siguiendo una metodología de investigación mixta (Cualitativa y Cuantitativa), multidisciplinar al abordar variables y atributos que se estructuran en el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), tal como se muestra en la figura 11.

Figura 11. Fases de Implementación RCM.



4. DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM PARA LA UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES DE LA PLANTA DE GAS CAMPO LA PUNTA

Antes de dar desarrollo a cada fase es necesario realizar una descripción detallada de la Unidad Recuperadora de Vapores en la planta de gas del campo La Punta.

4.1 PARTES BÁSICAS DE LA UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES

En la tabla 4 se presenta los elementos de control e instrumentación de la unidad recuperadora de vapores, debidamente codificada.

Tabla 4. Elementos de control e instrumentación de la Unidad Recuperadora.

Referencia	Elemento	Descripción
URV-01	LG 310	Visor local del nivel de Líquidos en V-C1-2
	TI 305	Indicador local de temperatura en V-C1-2
	LC 305	Controlador de nivel, actúa sobre la válvula de control en la línea de descarga de condensados.
	LSDH 302	Dispositivo de Interrupción del compresor por alto nivel de Condensados en el V-C1-2.
	LSH 302	Interruptor por alto nivel en V-C1-2, activa el LSDH.

Dentro de las partes básicas de una URV se encuentran cuatro sistemas o procesos: almacenaje de líquido con vapores, compresión, separación de líquidos condensados y gases y finalmente el sistema de expansión y refrigeración. El compresor corresponde a uno marca RO-FLO 17L que succiona gas de baja

presión y lo descarga a una presión que permite obtener un producto con especificaciones de comercialización o de aprovechamiento interno.

4.1.1 Sistema de Almacenaje de líquido con vapores. Corresponde al inicio del proceso para recuperar vapores, corresponde a las adecuaciones que van ligadas a la unidad recuperadora de vapores URV, en este sistema se encuentra la adecuación del subsistema Scrubber de recepción de gases condensables, ductos de conducción y control de parámetros de operación confiable.

En la figura 12 se visualizan los tanques de almacenamiento de Petróleo del Capo a Punta, se evidencia la conexión superior que direcciona los gases de evaporación hacia la línea de Gas de baja.

Figura 12. Tanques de Almacenamiento Campo La Punta.



El principal alimentador de la Unidad Recuperadora, es el tanque donde se inicia el proceso de recuperación, este es llamado en la Industria petrolera como Gum Barrel o tanque de lavado, este se encuentra en las instalaciones del campo la

Punta, que se encarga de dar la estabilización final al Petróleo, donde se desprenden vapores ricos en hidrocarburos por la parte superior y en su parte inferior agua.

Otro sistema importante donde también se obtienen gases de hidrocarburos ricos en metano, hasta propano, el cual se identifican como separadores (ver figura 13), en el caso de las facilidades existente en el campo la punta, la conexión hacia la línea de succión de la Unidad Recuperadora de vapores (URV), se hace a través de las líneas de descarga de las Válvulas de seguridad de presión (PSV) del sistema, de esta manera se aprovecha cualquier producto que pueda servir de insumo en otro proceso en este caso la licuefacción de gas

Figura 13. Sistema de recepción de gases.



4.1.2 Sistema de Compresión. Este sistema es uno de las más importantes y versátiles por sus variados diseños y estilos, que hacen específico y selectivo el tipo de equipo a comprar. El equipo corresponde a un compresor (ROFLO REF; 17L) de paleta, el cual esta acoplado a una caja reductora e impulsado por un motor eléctrico, con una capacidad de mover 250 MSFC de gas.

Figura 14. Sistema de compresión.



4.1.3 Sistema de Separación de líquidos condensados y gases. Este sistema cuenta con subsistemas que varían dependiendo de la configuración que se tenga contemplada en el diseño, pero lo más básico sería los subsistemas de separador trifásico (Figura 15), banco de bombas de condensado (Figura 15), banco de bombas de agua y sistema de protecciones de operación confiable.

Figura 15. Separador Trifásico.



Figura 16. Banco de bombas y condensado de agua.



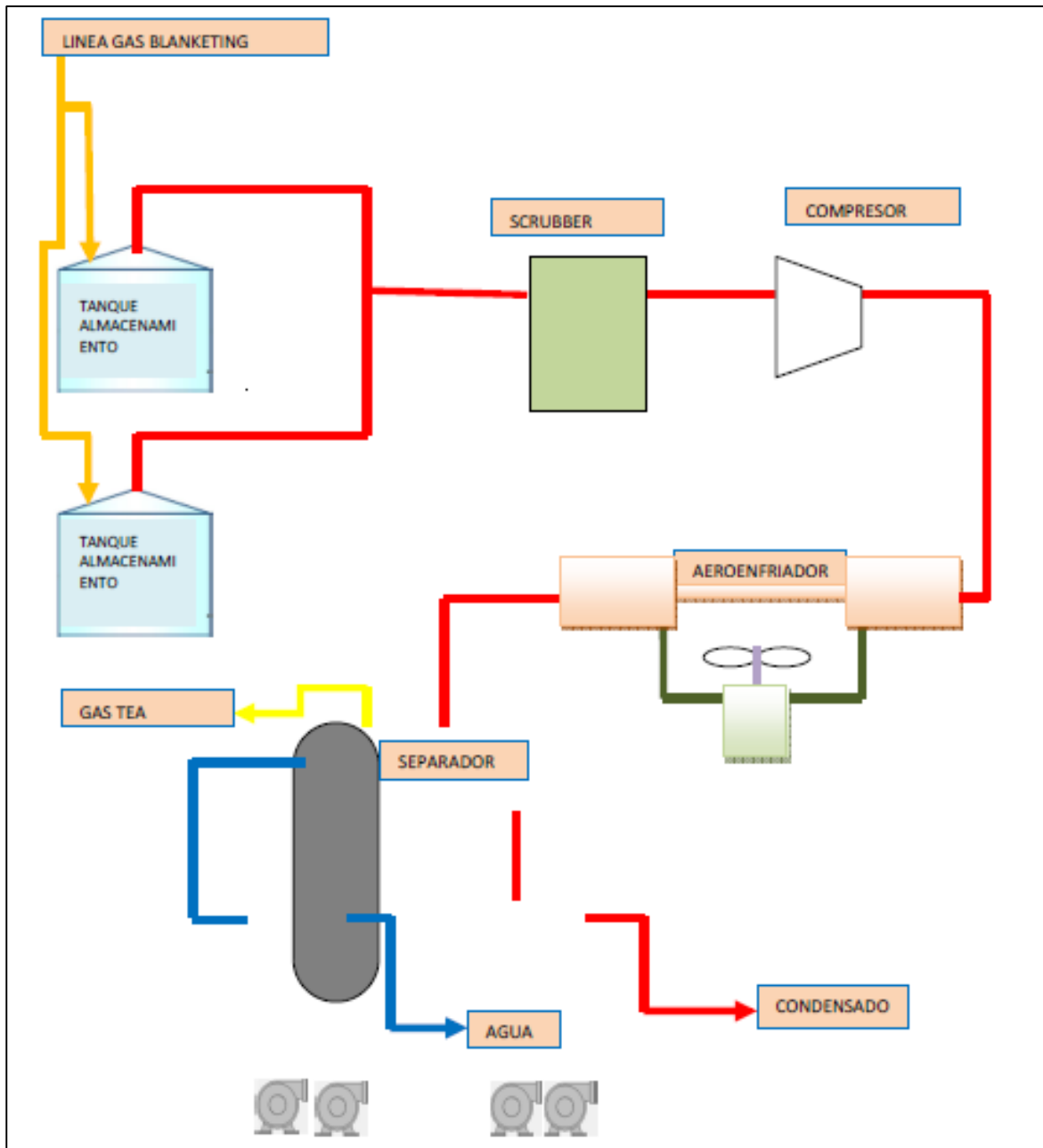
4.1.4 Sistema de Expansión y Refrigeración. Este sistema es el más importante de todos y del cual depende su porcentaje de recuperación de condensados de hidrocarburos. La recuperación de condensados depende del tipo de gases que se deseen condensar y de su delta de enfriamiento, que no es más que la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida de los gases comprimidos, en este caso sería el de aero-enfriadores que se limitarían a disminuir los gases comprimidos hasta un máximo de temperatura ambiente. En la Figura 17 se muestra un aero-enfriador de tiro forzado utilizado en una URV ya instalada y en funcionamiento.

Figura 17. Aero-enfriador de tiro forzado.



La figura 18 representa la construcción y montaje de un sistema de recuperación de vapores básico, el diseño de cada equipo depende de la capacidad de proceso, es decir la cantidad de flujo másico y el tipo de gas recuperable enmarcado en la relación capacidad/costo.

Figura 18. Unidad básica recuperadora de vapores.



4.2 FASE I - PLANEAR

4.2.1 Presentación del programa a grupos de interés de la estación del campo La punta. En este aspecto se han definido los objetivos, alcance, cronograma y aspectos a tener en cuenta, estos se detallan a continuación.

4.2.1.1 Objetivos del plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad Planta de Gas Campo La punta.

- Establecer frecuencias adecuadas para asegurar el buen funcionamiento de la unidad.
- Extender tiempo entre paradas.
- Garantizar los repuestos requeridos en el tiempo oportuno.
- Disminuir el número de paradas.
- Identificar acciones que eviten el mantenimiento reactivo.
- Desarrollar políticas motivacionales al interior del personal del área de mantenimiento y operación.

4.2.1.2 Alcance. Se realizará el pilotaje para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para la unidad recuperadora de vapores URV de la planta de gas campo la punta dado la criticidad del equipo en el desarrollo de la operación y a que en estos momentos en su mayoría se realizan actividades de mantenimiento correctivo. Este diseño no implica la implementación hasta que no cuente con la aprobación de la alta gerencia.

Como factores clave de éxito para la funcionalidad del plan de mantenimiento se requiere el apoyo de las directivas que operan la unidad recuperadora de vapores

del campo la punta para la disposición de los recursos físicos y humanos requeridos.

4.2.1.3 Cronograma.

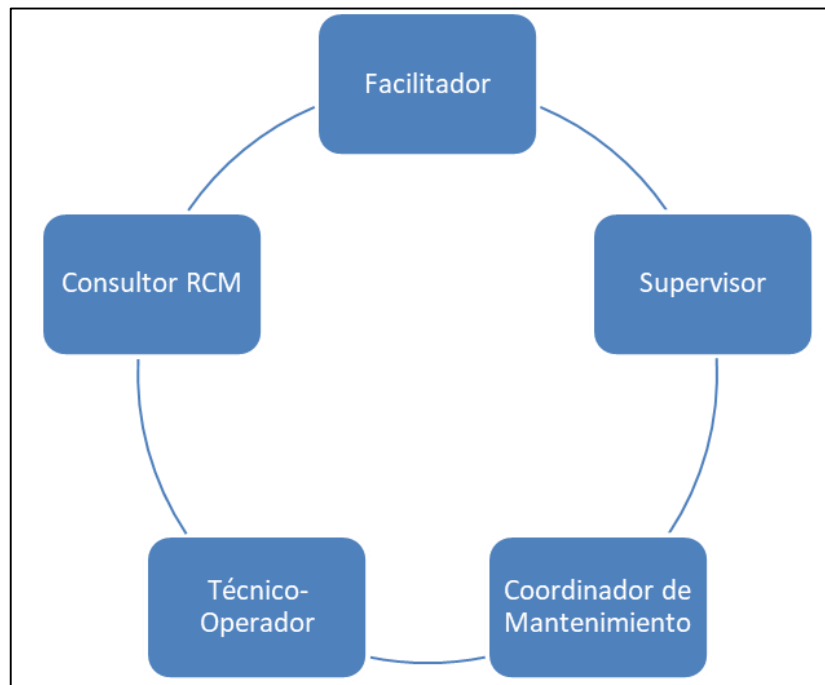
Tabla 5. Plan de implementación RCM Unidad Recuperadora de Vapores Campo La punta.

Tareas	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7
Fase I							
Presentación del programa							
Formación del Equipo RCM							
Sensibilización del Personal							
Fase II							
Aplicación del RCM a la Unidad Recuperadora de Vapores URV							
Sistema de Almacenamiento de líquido con vapores							
Sistema de Compresión							
Sistema de Separación de líquidos condensados y gases							
Sistema de Expansión y refrigeración							
Fase III							
Reunión de avance							
Seguimiento de indicadores							
Fase IV							
Modificaciones y ajustes del plan de mantenimiento							

4.2.1.4 Conformación del Equipo RCM. Se debe propender porque el equipo que lleve a cabo la implementación del RCM cuente con un conocimiento a profundidad sobre el funcionamiento de los equipos objeto de estudio y sus modos de falla. La ventaja competitiva que se deriva es que los trabajadores desarrollarán sus tareas y actividades con una mayor conciencia y mejor rendimiento.

Las siete preguntas que sustentan la implementación del RCM no pueden ser resueltas por el personal de mantenimiento exclusivamente, debe ser un grupo interdisciplinario que involucre toda la información de la operación en el campo la punta. Se propone la estructura mostrada en la figura 19.

Figura 19. Estructura del Equipo RCM Propuesta.



La función principal del consultor RCM será la de capacitar al personal de la empresa involucrado en el proceso. Será el encargado de socializar y sensibilizar

a todo el personal del campo en la implementación, avances y feedback del plan de mantenimiento basado en confiabilidad

Se debe garantizar que cada paso del RCM sea implementado en todas las áreas de interés mediante las reuniones ejecutivas y sistémicas.

4.2.1.5 Definición de Políticas y Metodología para la implementación del RCM. Cada una de las áreas del campo que hacen parte del proceso de implementación desde las directivas en adelante realizarán el seguimiento mensual y verificación de resultados para cada fase del proyecto. Las temáticas a abordar serán tareas ejecutadas, aspectos no cumplidos, seguimiento a cronograma y al plan en sí mismo.

Se publicará un boletín de avance dirigido a todos los grupos de interés socializando los cambios, avances y logros del plan de mantenimiento.

Es imprescindible buscar la comunicación asertiva para un adecuado trabajo en equipo durante el desarrollo de las reuniones establecidas por el grupo RCM

Se propone una reunión semanal con el equipo RCM según disponibilidad del personal, se llevará registro de los temas tratados a través de acta en medio magnético según formatos del sistema de gestión calidad

4.2.1.6 Sensibilización para la implementación del RCM. Se propone capacitación por parte del consultor 8 horas mensuales con los grupos de operaciones y mantenimiento con la finalidad de capacitar al personal en el manejo de conceptos y metodología RCM.

4.3 FASE II - HACER

4.3.1 Búsqueda y organización de la información relacionada con la URV.

Para poder realizar el diseño del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM es importante contar con toda la información base de la Unidad Recuperadora de Vapores de la planta de gas en el campo La punta.

4.3.1.1 Funcionalidad de la unidad. La función principal del paquete Unidad Recuperadora de Vapores es Tomar gas de la línea del Gum-Barrel a baja presión (0 a 4 PSI) un volumen aproximado de 200 mil pies cúbicos al día e inyectarlo a la línea de entrada a la Planta de gas a una presión más o menos de 30 PSI en todo momento.

Otras funciones de la Unidad Recuperadora de vapores:

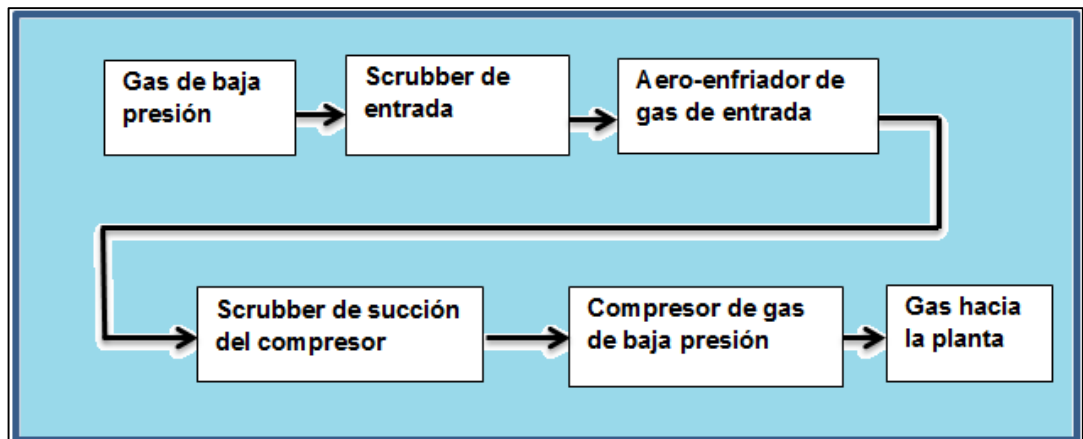
- Almacenar gas durante la compresión.
- Bombear agua a través del Compresor para mantenerlo a baja temperatura.
- Refrigerar el Compresor a una temperatura menor de 220° F.
- Lubricar los rodamientos y partes de contacto metal-metal del Compresor.
- Bombear aceite a los puntos de lubricación del Compresor.
- Bajar la temperatura del agua de sale de la carcasa del compresor.
- Almacenar agua refrigerante.
- Bajar el torque en el Motor de la carga del compresor.
- Que el motor gire a 1200 revoluciones por minutos con un consumo de corriente de 120 amperios.
- Reducir el giro, de 1200 revoluciones a 600 revoluciones con un torque de 600 Nt-mt.

Las variables principales de la Unidad están conformadas por presiones, que son la presión del gas de entrada al compresor y la presión de descarga del mismo, Se tiene en cuenta la temperatura del Gas de entrada, la temperatura del gas en la salida del compresor y la temperatura del sistema de refrigeración del compresor.

Existen sensores para nivel de líquidos, de los cuales, tres se encuentran en el Scrubber de entrada a la Unidad, dos funcionan como control de arranque de la bomba de desalojo de líquidos y un tercer sensor que apaga la unidad como protección para evitar que líquidos le entren al compresor lo que ocasionaría ruptura de sus aspas. Estas señales llegan a un tablero de control del equipo donde llega también la señal de presión de aceite del equipo, como protección del sistema de lubricación del compresor.

La figura 20 muestra el diagrama de bloques del sistema del proceso, el cual consta de una línea de seis pulgadas que alimenta una vasija o Scrubber de entrada de gas que a su vez pasa por un Aero-enfriador, y luego entra al compresor que toma este gas a presión 0 PSI y lo comprime de 25 a 35 PSI que es la línea de gas que entra a la planta que viene del compresor de alta de separación del proceso de depuración del crudo del campo.

Figura 20. Diagrama de bloque del sistema de recuperación de Gas.



4.3.1.2 Fallas de la Unidad Recuperadora de Vapores URV. La principal falla de la Unidad recuperadora de vapores se relaciona con la función de compresión, es decir, que no comprima gas a la presión de la línea de entrada de la planta de gas.

Las siguientes son fallas adicionales encontradas en la recolección de la información para Unidad recuperadora de vapores de la planta de gas:

- No almacena Gas, existe fuga de gas en las vasijas de la Unidad, la cual puede ser en el compresor, o en el Scrubber del sistema de retención de líquidos de la Unidad.
- No hay bombeo de agua-refrigerante a través del Compresor.
- No hay refrigeración en el compresor, la temperatura sube por encima de los 230° F.
- Falta de lubricación de los rodamientos, de los anillos y del Cilindro.
- No bombear aceite a los puntos de lubricación del compresor.
- No hay recirculación del refrigerante para bajar la temperatura de los componentes del compresor.
- Se perdió la relación de fuerza de la caja reductora.
- El motor no alcanza a girar a 1200 revoluciones por minuto.
- El compresor no alcanza a girar a 600 revoluciones o más.

Durante el funcionamiento de la Unidad Recuperadora de Vapores se han presentado: paradas programadas, paradas no programadas y mantenimientos preventivos, entre los cuales se han encontrado los siguientes fallos:

- Ruptura de los rodamientos delantero y trasero (normalmente se realizan cada tres meses) estas intervenciones son consideradas críticas dado que para retirar un rodamiento es necesaria la utilización de un equipo de

oxicorte, esto genera un riesgo potencial de explosión, además, de las perdidas por producción.

- Daño del retenedor delantero.
- Desgaste de paletas del compresor.
- Desgaste del acople Compresor-caja reductora.
- Falla de lubricación por bajo nivel de aceite.
- Baja calidad del aceite.
- Taponamiento de la línea de succión de la Bomba de lubricación.

Las siguientes figuras evidencian los trabajos de reparación y mantenimiento de la unidad recuperadora de vapores que en un 90% corresponde a Mantenimiento correctivo.

Figura 21. Reparaciones al compresor.



4.3.1.3 Rutinas de Mantenimiento a la Unidad Recuperadora de Vapores. Las actividades de mantenimiento realizadas a la URV corresponden a las de tipo preventivo, estas dan respuesta frente a mantener la disponibilidad del equipo sin ayuda de equipos adicionales de monitoreo normalmente recomendadas para el compresor.

Según el manual de RO-FLO Compressors, LLC Ver Anexo XX, se describe un programa de mantenimiento que se debe presentar para inspección periódica de la máquina y sus componentes. La composición y la temperatura del gas manejado, así como la severidad de las condiciones de funcionamiento, determinarán el grado de mantenimiento preventivo que es necesario para el buen funcionamiento y cuidado de la Unidad.

La siguiente rutina muestra la frecuencia típica de mantenimiento que debe ser ajustada para satisfacer la operación normal del equipo.

Cada 24 Horas:

- Verificar la ausencia de líquidos condensados en los sistemas de la unidad del compresor (en el Scrubber de la entrada del compresor, en las líneas que alimenta de gas la entrada del equipo y cualquier seno que presente la tubería).
- Comprobar que el tanque de suministro de lubricación se encuentre por encima del nivel mínimo, aplicar si es necesario hasta llenar el tanque de reserva de suministro de aceite y verificación en el indicar de flujo que el aceite está fluyendo a todos los puntos.
- Inspeccionar la aguja indicadora del ciclo del bloque lubricador. Este debe ser ajustada inicialmente para un consumo según el manual de Ro-Flo COMPRESSORS LC.
- Registrar la temperatura de la brida de descarga y verificar que se encuentra dentro de las condiciones de temperatura de operación del equipo según la relación de compresión de funcionamiento y de entrada de gas según el manual, Inspeccionar los tubos de venteo primario y secundario de la empaquetadura.
- Si hay escape determinar la causa, y si es necesario, cambiar las piezas internas de la empaquetadura.

- Inspeccionar por pérdidas de del refrigerante y corregir.
- Inspeccionar por pérdidas de aceite y corregir.
- Verificar la presión y temperatura de funcionamiento. Si no es normal, determinar la causa. Se recomienda tener un registro diario de las temperaturas y presión de funcionamiento para referencia.
- Revisar el sistema de monitoreo de revoluciones, presión de descarga, presión de succión y cualquier otra condición exterior de la Unidad.
- Identificar la temperatura de descarga del sistema de refrigeración del equipo.
- Verificar que la presión alta-baja calibradas tan cerca como sea posible de las condiciones de normal operación del equipo, al igual que las temperaturas.
- Revisar el nivel de aceite de la caja Reductora del sistema de giro del compresor.
- Inspeccionar si hay ruidos o vibraciones fuera de lo normal.

Cada 300 horas:

- Inspeccionar y limpiar el filtro de entrada después de las primeras 300 horas y tan frecuentemente como sea necesario a partir de entonces.
- Inspeccionar y confirmar las funciones de parada por seguridad.
- Busque pintura descolorida, lo que puede indicar un calor excesivo.

Cada 2000 horas (incluyendo requerimientos diarios y de las 300 horas):

- Destapar el Compresor y verificar que las aspas se encuentren para determinar la tasa de desgaste y el estado general utilizando las medidas

según el manual de Ro-Flo COMPRESSRS LC. Inicialmente, una inspección de las Aspas se puede hacer mediante el drenaje de líquido refrigerante de la zona de la chaqueta y el desalojo de la presión de gas. Es necesario el cambio del empaque al realizar el desmonte de las tapas del compresor. Se debe hacer una inspección simultánea del diámetro interior del cilindro, rodamiento exterior, anillos de estanqueidad y el rotor. El desgaste excesivo o irregular de la perforación y / o desgaste y los depósitos en las ranuras del rotor son signos de filtración de aire insuficiente y / o lubricación inadecuada. En la inspección de los rodamientos se debe tomar las muestras de las partículas de los depósitos de aceites para descartar desgaste de los mismos.

- Verifique el estado de alineación de las correas, ajustar y tensionar si es necesario.
- Cambiar el aceite de la caja Reductora. Podría ser necesario un intervalo de cambio de aceite más frecuente en el caso de funcionamiento en un ambiente muy sucio o si el proveedor de aceite lo recomienda o si el análisis del aceite así lo indica. Podría requerirse un intervalo menos frecuente si se llena de aceite regularmente debido al uso del lubricador a presión.
- Verificar el estado de los acoples del Motor – Caja reductora y de la Caja Reductora al Compresor.
- Aplica grasa a las partes de los rodamientos del Motor impulsor, del motor de la bomba de agua, la bomba de aceite de lubricación y del ventilador del sistema de enfriamiento del agua.

4000 horas semi-anual (además de las anteriores):

- Verificar el estado de las Aspas como en la inspección de 2000 horas junto con el estado del Rotor.

- Inspeccionar el filtro de entrada y, verificar el estado de las correas del ventilador y estado de ajuste de las Chumaceras, limpiar el radiador por la acumulación de suciedad.
- Inspeccionar los interruptores de temperatura para verificar que accionan a las temperaturas establecidas.

Anual u 8.000 horas (además de los ya relacionados):

- Desmontar la unida compresora, para inspeccionar estado interno.
- Verificar el estado de funcionamiento del sello mecánico, se presenta fuga o agrietamiento en el carbón, cambiarlo.
- Inspeccionar que los rodamientos no presentan picaduras o grietas, cambiarlas si están son visibles, al retirar el rodamiento se debe cambiar la pista interior.
- Inspeccione el diámetro interior del cilindro para descartar cualquier patrón de desgaste inusual que pueden haber producido ranuras horizontales o circunferenciales de 0.010 pulg., O superior, a través de un círculo.
- Cambiar las juntas de Culatas.
- Inspeccione la tornillería y aplique torque según el grado del tornillo.
- Revisar el eje del Compresor y del Motor que no presente desviación y revise el estado de ajuste de las poleas.
- Si es necesario, realinear para mantener la alineación del acoplador dentro de una lectura total del indicador según el manual.
- Verificar y volver a calibrar todos los indicadores de temperatura y presión.
- Realizar el cambio del producto refrigerante y lavar el sistema de expansión y del cooler.
- Limpiar la línea del sistema de respiradero del tanque acumulador de aceite y refrigerante.

- Ajustar las bombas de agua y lubricación.

Cada 2 años o 16,000 horas (además de los requerimientos escritos anteriormente):

- Ajustar el sistema de conexión del sistema de alimentación del impulsor.
- Lavado general de los reservorios de aceite y de la caja reductora.
- Reemplazar los bloques de distribución del lubricador.
- Reemplazar el indicador digital de no flujo de aceite (DNFT).

Cada equipo tiene su hoja de vida donde se registran las intervenciones de mantenimiento ejecutadas para llevar un control y seguimiento del mantenimiento. La figura 22 es un ejemplo de lo mencionado hasta este apartado.

Figura 22. Hoja de Vida del Compresor.

PEGASUS BLENDING INTERNATIONAL S.A.S.		FICHA TECNICA				
Nombre:		COMPRESOR URV.		MODELO:	17L	
FABRICANTE:		RO-FLO	PAIS DE FABRICACION:		USA	
UBICACIÓN		UNIDAD RECUPERADORA DE VAPORES				
DESCRIPCION BASICA DEL EQUIPO						
N° DE CILINDROS	N/A	RPM:	900 RPM	N° DE MOTOR	CAP. DE ALMACENAJE:	NO APLICA
SERIAL:		FASES:	N/A	OBSERVACIONES PARA EL MANTENIMIENTO:		
TEMPERATURA:	130°F	CAP ACEITE:	3 NG/24 H			
AMPERAJE:	N/A	VOLTAJE:	N/A			
CONDICIONES DE TRABAJO OPTIMAS SEGÚN FABRICANTE:						
CONDICIONES ELECTRICAS		CONDICIONES HIDRAULICAS, NEUMATICAS		CONDICIONES MECANICAS		
MOTOR ELECTRICO IEC, # 1106, 1.5 KW, MOD. B90S4FC, CAT N. AISL. F, HP 2,		N.A.		RODAMIENTO 6205 ZZ, RODAMIENTO LOAD 6205 ZZ		
TIPO DE ACEITE		NA	PESO DEL EQUIPO:			
TIPO DE REFRIGERANTE:		NA	MEDIDAS(Alto, Largo y Ancho)			
TIPO DE COMBUSTIBLE:		NA	FRECUENCIA MTO PREVENTIVO			
MODELO DE FILTRO DE AIRE:		NA	QTY DE REF:	NA		
MODELO FILTRO DE ACEITE		NA	QTY DE ACIETE:	NA		
MOD: FILTRO DE COMBUSTIBLE:		NA	QTY DE HIDRAULICO:	NA		
TIPO DE CORREAS:		CANTIDAD:	PROVEEDOR IDONEO			
NA		0	OTROS:			
			OTROS:			
			CONTACTO:			
			DIR, TELEFONO:			
			DIR, TELEFONO:			
TIPO DE CONEXIÓN DE SALIDA:			MATERIAL DE CONEXIÓN			
TIPO PINTURA, CLASE						
LISTADO DE PARTES QUE MAS SE DEBEN TENER EN CUENTA EN BODEGA DE PLANTA:						
N° DE PARTES	REFERENCIA:	ENTRADA	SALIDA	TOTAL	PROVEEDOR EN COLOMBIA	
				0		
				0		
				0		
ACTUALIZACION DE MANTENIMIENTOS						
FECHA	TIPO DE MANTENIMIENTO	EJECUTANTES:	TAREAS EJECUTADAS. (DETALLAR PASO A PASO).	OBSERVACIONES. ENCONTRADAS Y A TENER EN CUENTA PARA EL PROXIMO MTO	PROXIMO MTO	
	PREVENTIVO	OMER MANCILLA JORGE SUAREZ	LIMPIEZA GENERAL, ENGRACE DE RODILLOS Y PINTADA DEL MOTOR	OPERANDO NORMALMENTE	23/10/2011	
10/11/2011	PREVENTIVO	JORGE SUAREZ	LIMPIEZA GENERAL Y DRENAJE	OPERANDO NORMALMENTE	08/12/2011	
08/12/2011	PREVENTIVO	JORGE SUAREZ	LIMPIEZA GENERAL	OPERANDO NORMALMENTE	08/01/2012	
10/01/2012	PREVENTIVO	JORGE SUAREZ	LIMPIEZA GENERAL	OPERANDO NORMALMENTE	10/02/2012	
12/05/2012	CORRECTIVO	OMER MANCILLA CARLOS BUSTAMANTE JORGE SUAREZ	LIMPIEZA INTERNA Y LIJADO DE LOS VANNE	OPERANDO NORMALMENTE	14/03/2012	
19/07/2012	PREVENTIVO	JUAN SEBASTIAN LEAL CARLOS BUSTAMANTE OMER MANCILLA	Se reviso sistema de lubricacion. Equipo presentaba una vibracion alta. Se ajustaron tornillos de anclaje. Se detecto desnivelacion en bases.	OPERANDO NORMALMENTE Y ALTA VIBRACION	16/04/2012	

4.4 FASE III - VERIFICAR

4.4.1 Comportamiento de la Unidad Recuperadora de Vapores URV. Para monitorear la disponibilidad en operación de los equipos se lleva el control de los parámetros según la tabla 6 en donde se evidencia los valores de tiempo de operación durante el mes, consumo de corriente del Motor tomada en el variador de frecuencia del equipo, presión de salida del compresor y la temperatura del sistema de refrigeración del compresor; la cual es una tarea que se hace para realizar un reporte de parámetros de funcionamiento de los equipos de la Planta de gas, perteneciente a Pegasus Blending INT SAS ESP.

Tabla 6. Datos de parámetros de operación de la URV del mes de agosto de 2014.

AGOSTO	TIEMPO DE OPERACIÓN	AMPERAJE	FRECUENCIA	PRESIÓN DE SALIDA	TEMP DEL AGUA
01/08/2014	24.00	99.1	61.2	30	105
02/08/2014	24.00	99.2	61.2	25	105
03/08/2014	24.00	98.9	61.2	26	105
04/08/2014	23.45	100.3	61.2	30	105
05/08/2014	24.00	99.5	61.2	27	105
06/08/2014	24.00	99.2	61.2	26	105
07/08/2014	24.00	99.5	61.2	30	105
08/08/2014	24.00	99.2	61.2	27	108
09/08/2014	24.00	100.5	61.2	28	108
10/08/2014	24.00	98.6	61.2	28	118
11/08/2014	24.00	99.2	61.2	29	115
12/08/2014	24.00	100.7	61.2	30	115
13/08/2014	24.00	102.5	61.2	30	116
14/08/2014	24.00	100.2	61.2	25	118
15/08/2014	24.00	99.2	61.2	26	118
16/08/2014	24.00	101.2	61.2	27	117
17/08/2014	24.00	99.1	61.2	27	115
18/08/2014	24.00	99.7	61.2	26	115

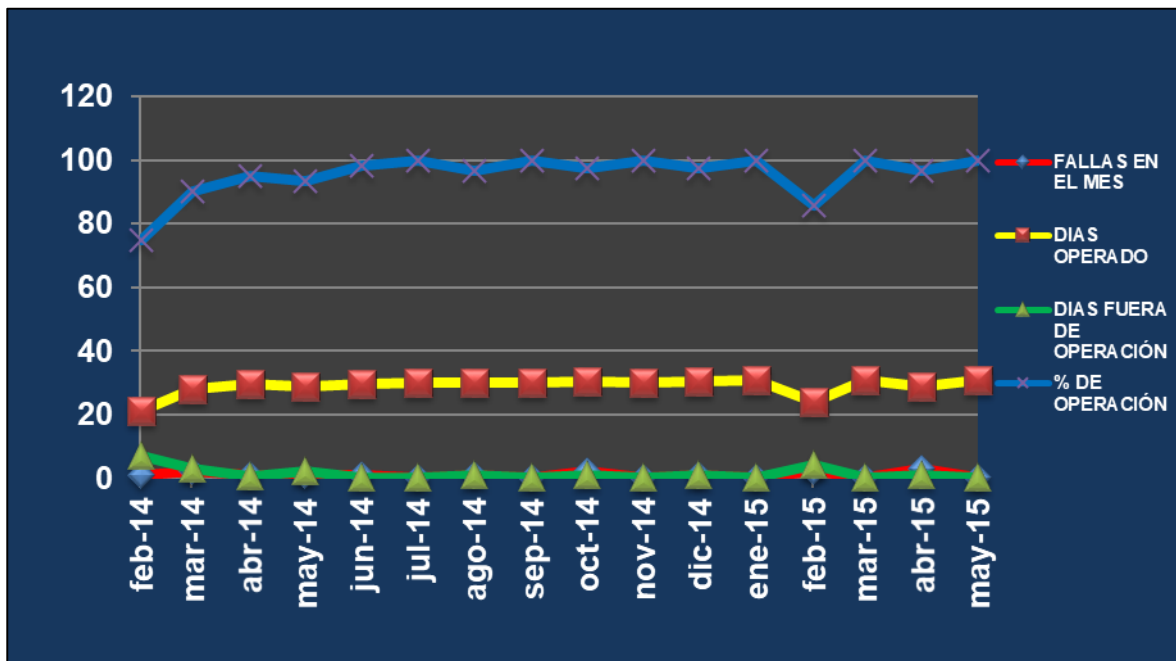
19/08/2014	24.00	104.4	61.2	23	115
20/08/2014	24.00	100.7	61.2	22	117
21/08/2014	24.00	99.7	61.2	28	118
22/08/2014	24.00	99.4	61.2	24	118
23/08/2014	24.00	101.7	61.2	27	116
24/08/2014	17.00	99.6	61.2	25	110
25/08/2014	24.00	94.7	61.2	26	114
26/08/2014	24.00	105.3	61.2	27	115
27/08/2014	24.00	103.5	61.2	27	116
28/08/2014	24.00	98.6	61.2	26	117
29/08/2014	24.00	97.8	61.2	23	118
30/08/2014	24.00	97.1	61.2	22	120
31/08/2014	24.00	98.5	61.2	28	118
01/09/2014	24.00	98.7	61.2	24	118

Tabla 7. Tipos de falla Unidad Recuperadora.

FALLAS EN EL MES	DIAS OPERADO	DIAS FUERA DE OPERACIÓN	% DE OPERACIÓN	TIPO DE INTERVENCIÓN	TIPO DE FALLA	CONDICIÓN
1	21	7	75	CORRECTIVO	Daño de Rodamiento trasero del compresor	No se contaba con el repuesto, y sin referencia.
2	28	3	90,32	PREVENTIVO Y CORRECTIVO	Daño de Aspas del Compresor	Falla de Inventario y repuesto del equipo.
1	29,5	0,5	95,16	PREVENTIVO	Inspeccion de estado de Rodamientos.	Verificar estado de integridad del equipo.
1	29	2	93,54	CORRECTIVO - AJUSTE.	Falla bomba de agua y ajuste de Control	bomba fuera de aoperacion por aireacion bajo nivel de agua
1	29,75	0,25	98,33	PREVENTIVO	Inspeccion del sistema de lubricacion	Operación Normal
0	30	0	100	NO APLICA	NO APLICA	Normal operación.
1	30	1	96,77	CORRECTIVO	Daño de los Rodamientos del eje del Ventilador.	Falla de lubricacion y fatiga del material del eje del Ventilador del Cooler.
0	30	0	100	NO APLICA	NO APLICA	Normal operación.
2	30,25	0,75	97,58	CORRECTIVO - AJUSTE.	Falla sistema de lubricacion e inspeccion de Rodamiento.	Fallo el sistema de lubricacion por bajo nivel de aceite en la alimentacion de la Bomba.
0	30	0	100	NO APLICA	NO APLICA	Operación Normal
1	30,25	0,75	97,58	PREVENTIVO	NO APLICA	Se hace cambio de aceite de la Caja reductora Motor-Compresor y revision de acoples
0	31	0	100	NO APLICA	NO APLICA	Operación Normal
2	24	4	85,71	CORRECTIVO - CORRECTIVO	Daño rodamiento trasero. Daño del Rodamiento trasero por falla de lubricacion.	Se cambio en un mismo mes dos veces rodamientos por falla en la lubricacion y falla de tolerancia del nuevo Rodamiento.
0	31	0	100	NO APLICA	NO APLICA	Operación Normal
3	29	1	96,66	CORRECTIVO - PREVENTIVO - AJUSTE	Daño del acople Caja-Compresor. Calibracion de Válvula de seguridad y ajuste de controles.	Equipo sale de linea por falla en el acople de la caja reductora-compresor. Verificacion y Calibracion de PSV y controles
0	31	0	100	NO APLICA	NO APLICA	Operación Normal

Durante el tiempo objeto de estudio se evidencia un porcentaje de operación promedio del 95%, el cual oscila en un rango mínimo y máximo de 75 y 100%; para el caso de la Unidad Recuperadora de Vapores el promedio de fallas por mes es de 1 en un rango que oscila entre 0 y 3. Este equipo resulta crítico dado que no puede tener más de tres fallas en el trimestre dadas las características anteriormente explicadas

Figura 23. Gráfico de Funcionamiento de la Unidad Recuperadora de Vapores.



4.4.2 Seguimiento a parámetros de Operación de la Unidad Recuperadora de Vapores URV. Las siguientes graficas corresponden a los últimos seis 6 meses en donde se visualizan las paradas que ha tenido la Unidad Recuperadora de Vapores URV.

Figura 24. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de agosto.

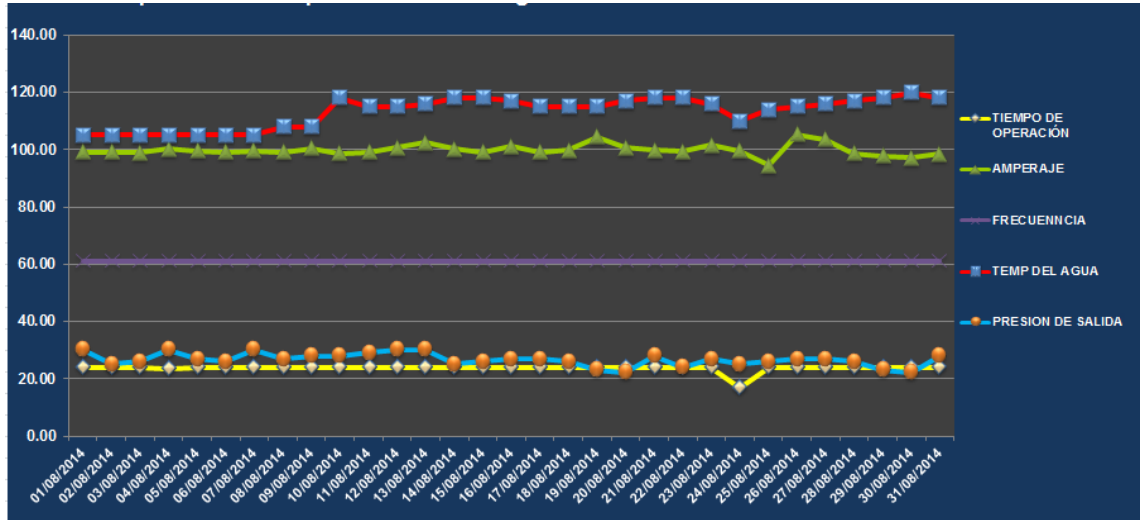


Figura 25. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de septiembre.

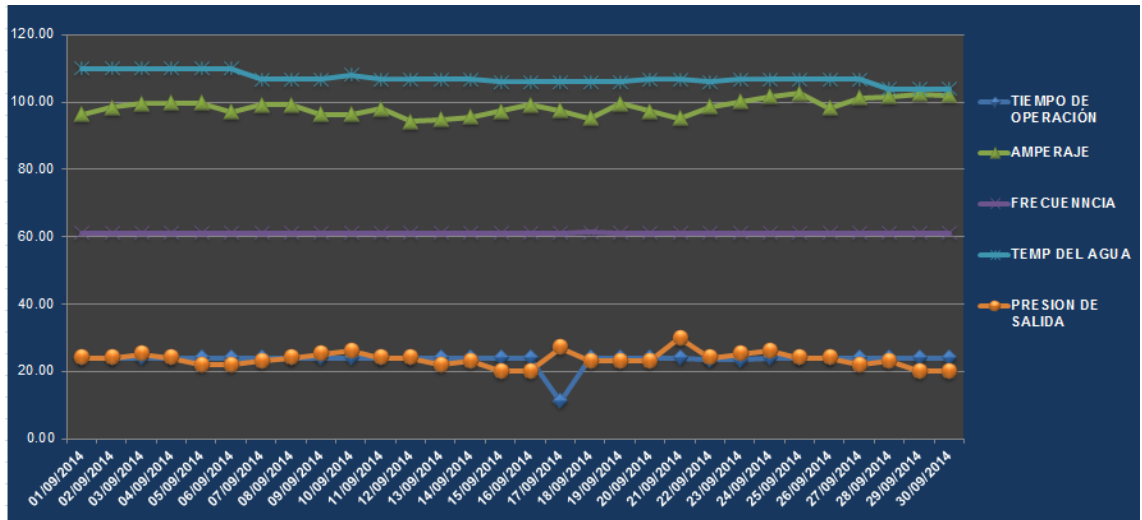
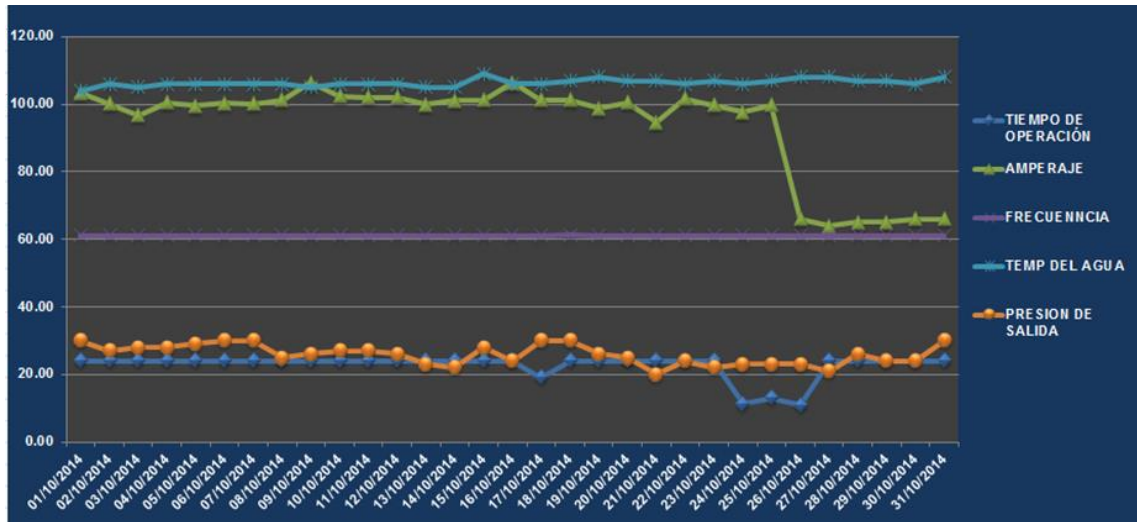
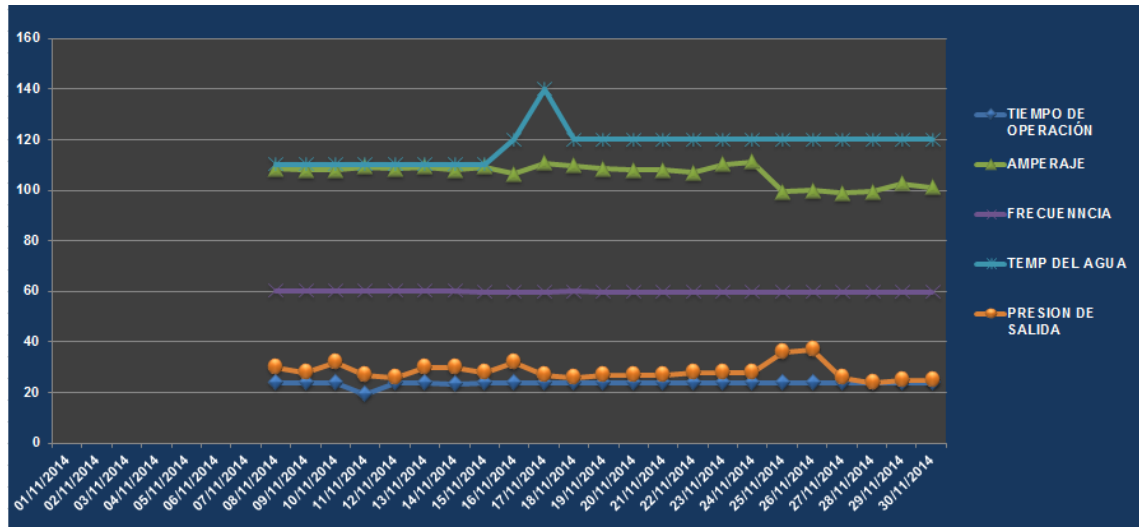


Figura 26. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de octubre.



En la figura 25 se identifica el comportamiento del equipo durante el mes de octubre, también se muestran los cuatros parámetros de estado de operación de la Unidad, en ella se puede visualizar que se presentó una caída del consumo de corriente del equipo, aunque la presión no varía, esto muestra una toma de datos con errores, dado que el consumo del Motor depende de la presión de salida, esta es directamente proporcional.

Figura 27. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de noviembre.



La figura 27 muestra un error del sistema de seguimiento y toma de parámetros de operación del equipo, los datos se muestran a partir del 8 de noviembre, además presenta unas pequeñas salidas el día 11 y 14, también muestra una variación muy representativa el día 17 de la temperatura del agua, lo cual está fuera de parámetros, este valor pudo ser causa de daño de la Bomba de recirculación.

Se puede observar en la figura 28 que durante el mes de diciembre se presentaron siete paradas de la Unidad, mostrando hasta el momento como el mes con mayor número de paradas. También se puede observar una variación en el consumo de corriente, aunque todos estos parámetros se muestran muy variantes, los cuales están fuera de un comportamiento de un equipo que siempre trabaja bajo unas mismas condiciones.

Figura 28. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de diciembre.

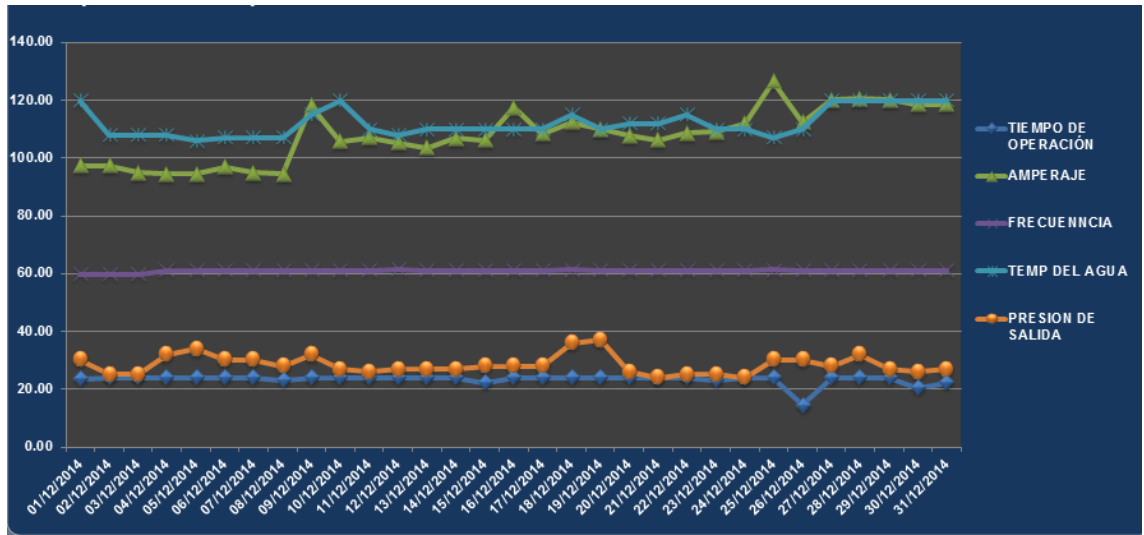
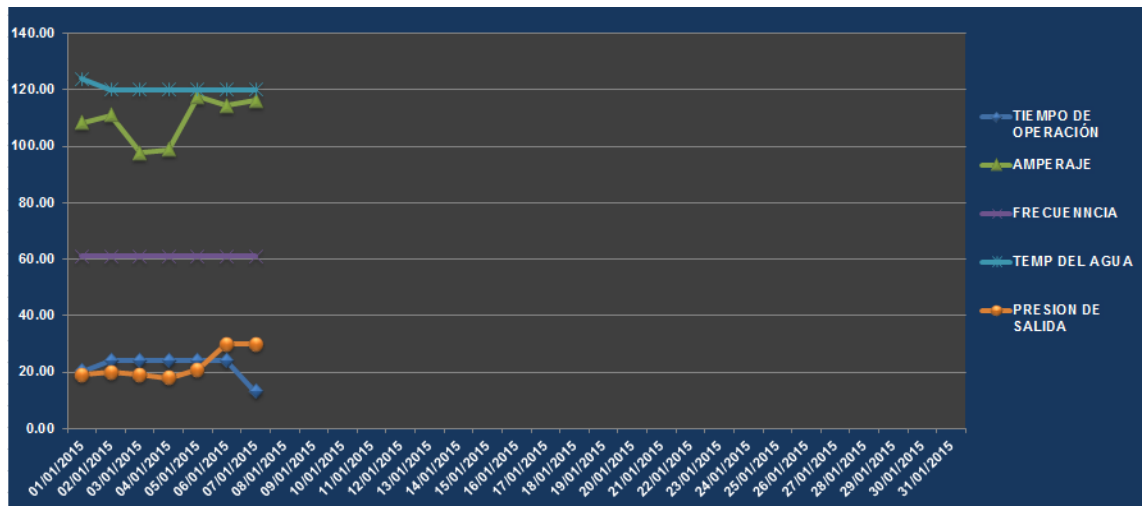
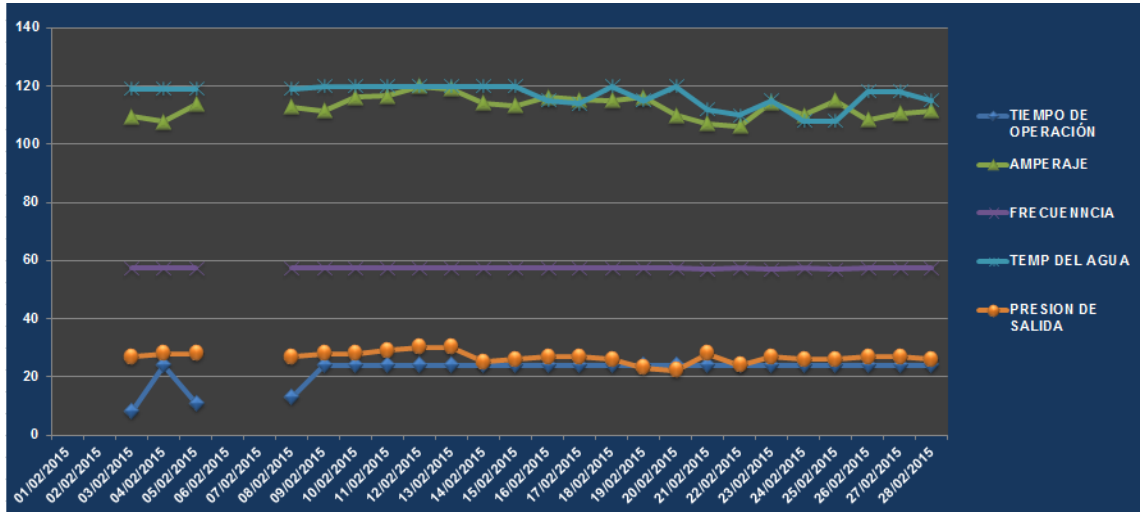


Figura 29. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de enero.



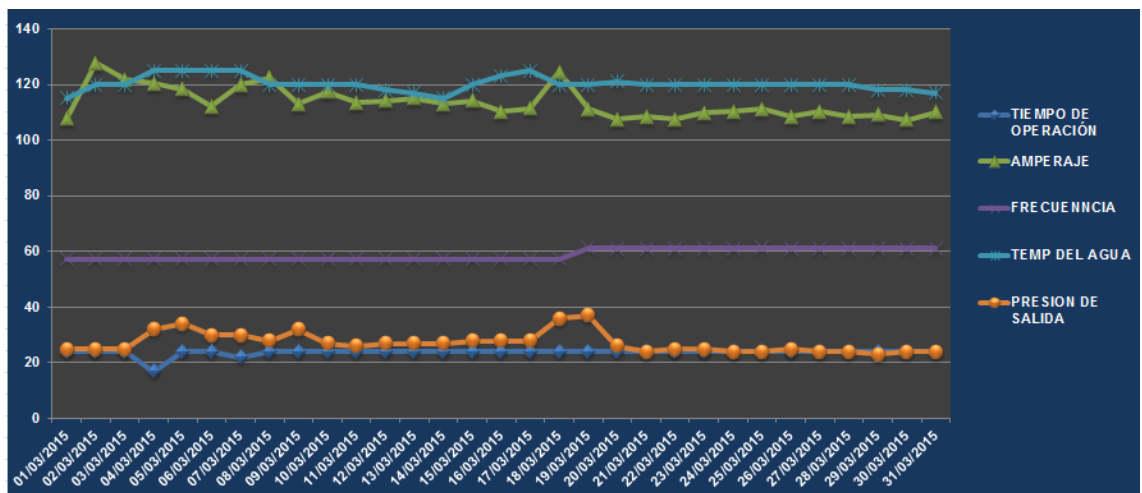
En la anterior figura se muestra incompleta, la cual inicia desde el primero de enero con una parada y finaliza el día 7, incluso no completando la jornada de las 24 horas, a partir de ahí se deduce que la Unidad estuvo parada hasta el 31 de enero.

Figura 30. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de febrero.



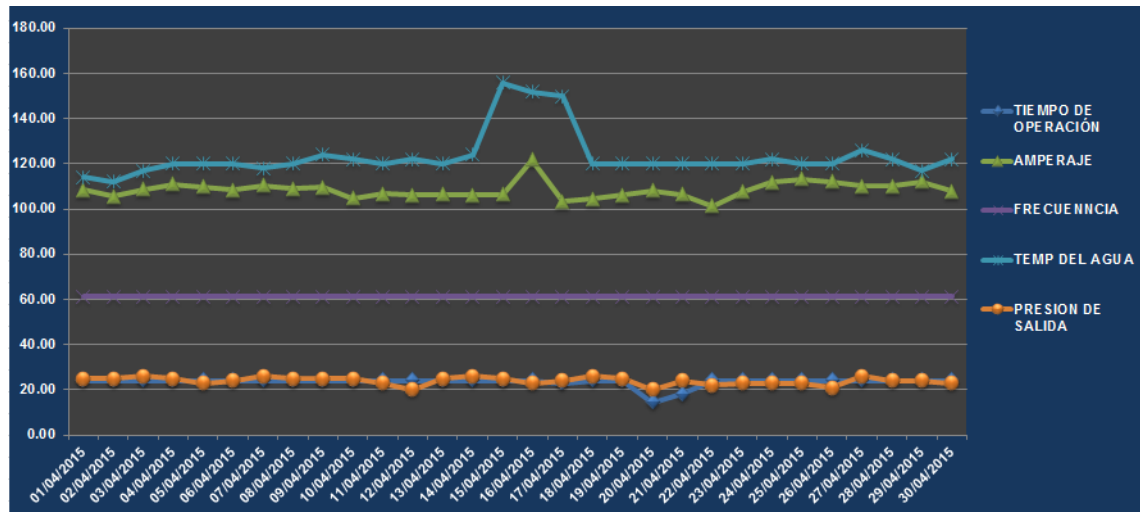
La figura 29 muestra que la Unidad continuó parada después de enero hasta el 03 de febrero con 8 horas para este día, arrancando el equipo a las 4 de la tarde, después se percibe una nueva parada de 72 horas aproximadamente, la cual fue una parada por daño del Rodamiento delantero.

Figura 31. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de marzo.



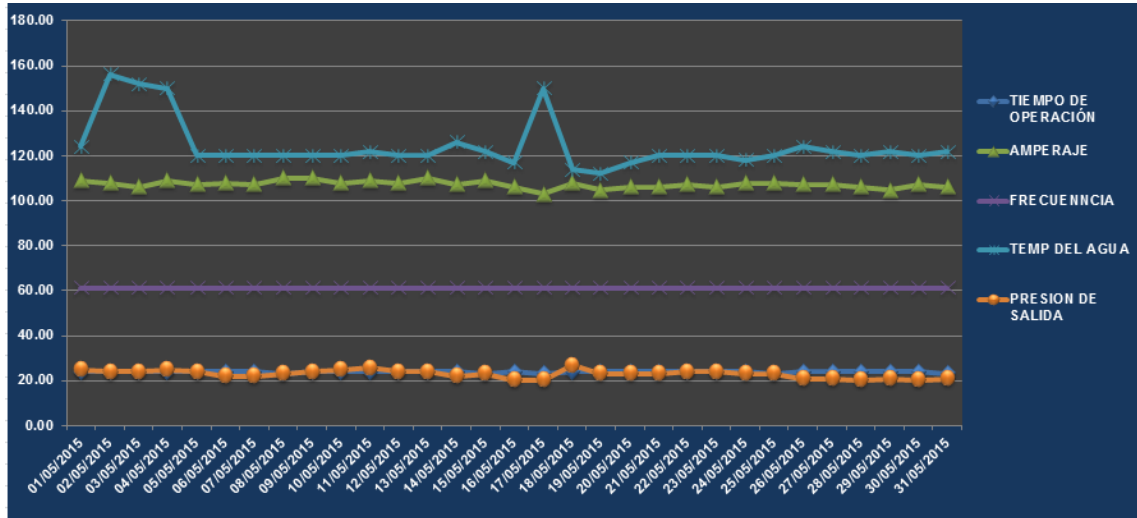
Se realizaron dos paradas del equipo, las cuales suman 9 horas durante las 744 horas del mes de marzo, esta parada ocurre el día 04 por salida de la planta de gas, la cual está anclada a una de las señales de control de parada del equipo, dado que si la planta de gas sale de operación esta cierra la válvula de control de paso, permitiendo direccionar todo el gas hacia la Tea, la segunda salida se debe a una señal de protección del sistema de lubricación, el cual fallo y por protección se apaga el equipo, al parecer según el reporte del mecánico se tapó el filtro de la línea de succión de la Bomba de lubricación

Figura 32. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de abril.



En la anterior figura muestra un comportamiento abrupto con respecto a la temperatura del agua y al consumo de corriente del equipo y la temperatura del sistema de refrigerante, esta variación del comportamiento de estos dos parámetros en su momento no se trató como una falla del equipo o posible aparición de falla del equipo a causa de una condición fuera de operación.

Figura 33. Gráfica representativa de parámetros de la URV, del mes de mayo.



En la figura 32 se observa condiciones normales del amperaje, la frecuencia, la presión de salida y el tiempo de operación, lo que si muestra variación es la temperatura del agua la cual se visualiza con tres datos que pasan sobre las condiciones de operación del equipo, y con respecto a la operación de este, se obtuvo 4 paradas de 1 hora cada una, estas paradas no son por falla del equipo, dado que en una hora no es un tiempo estimado para que un equipo falle y se solucione de inmediato.

4.4.3 Análisis de Indicadores. Es importante establecer indicadores para entregar a todos los grupos de interés que harán parte del plan de mantenimiento en el campo la punta. El objetivo es verificar los resultados de implementación del RCM en la Unidad Recuperadora de Vapores URV.

Se proponen los siguientes indicadores con su respectivo tiempo de seguimiento:

- Cumplimiento a fases del cronograma (mensual)

- Modificaciones Ejecutadas (mensual)
- Relación beneficio costo de su implementación (mensual)

4.5 FASE IV - ACTUAR

En esta fase se proponen y ajustan las actividades luego de las reuniones mensuales producto del análisis realizado por el equipo RCM.

5. CONCLUSIONES

Aunque las metodologías y diferentes modelos de Mantenimiento hayan sido desarrollados para cierto tipo de sector desde que se adapte a la realidad de un sistema operativo diferente puede llegar a cumplir el objetivo principal de toda actividad industrial, para el caso particular del RCM ser direccionado a preservar las funciones de seguridad y producción.

Para poder implementar cualquier modelo de gestión de mantenimiento se hace fundamental contar con el total compromiso y apoyo de la alta gerencia, no solo del área responsable de las actividades correctivas o preventivas, de ésta manera los ajustes y verificación de indicadores puede ser un trabajo integral e interdependiente dado que involucra todo el campo de operación.

El diseño de este plan de mantenimiento se desarrolló con base en información histórica del campo La punta, involucró cada grupo de interés y establece acciones alcanzables en un tiempo razonable que debe ser monitoreada de forma permanente para poder llegar al resultado esperado: identificar la estrategia más adecuada para eliminar las fallas.

La unidad Recuperadora de Vapores URV de la planta de gas en el campo La punta juega un papel fundamental en las operaciones de ésta dado que es un sistema recolector de las instalaciones de producción de petróleo y gas asociado, el cual toma los gases provenientes de la evaporación en la estabilización del producto liquido de recipientes de separación o tanques (tanque estabilizador de

crudo (Gun-Barrel) y tanque de almacenajes) y los comprime de nuevo inyectándolo a la línea de succión de una Planta de licuefacción.

De ser aprobado el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM para la planta de gas en el campo La punta la alta gerencia debe disponer de los recursos tanto humanos como físicos con el fin de realizar el seguimiento respectivo en un tiempo no menor a un año de tal manera que el análisis de la relación beneficio-costeo sea evidente.

6. RECOMENDACIONES

El equipo encargado de llevar a la implementación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para la unidad recuperadora de vapores URV de la planta de gas en el campo la punta, debe ser un equipo multifuncional que estén relacionados permanente con esta unidad. Así mismo se orienta a que sean personas con un amplio tiempo de experiencia y que más conocen el proceso del campo

Aunque la estación cuenta con datos históricos y formatos que documentan las diferentes tareas de mantenimiento preventivo y correctivo se debe procurar la documentación de las preguntas que sustentan la metodología RCM: Funciones y estándares de desempeño relacionados con la unidad, fallas funcionales, causas de las fallas, cuáles son sus principales efectos, principales consecuencias, seguimiento al plan de mantenimiento establecido y finalmente la identificación de la estrategia proactiva de la administración de falla

Para lograr los resultados esperados en la implementación del plan de mantenimiento propuesto en la planta de gas, se recomienda una específica y adecuada socialización de la metodología, responsabilidad de todos los grupos de interés, pero sobre todo identificar las ventajas en el corto mediano y largo plazo de ser puesta en practica

En el momento la planta de gas, cumple con las actividades de mantenimiento preventivas y correctivas, sin embargo, se orienta la implementación del presente plan con el fin de disminuir las tareas correctivas dado que no se cuenta con

facilidad en algunas ocasiones con los repuestos requeridos por cuestión de tiempo y en algunas ocasiones de acceso a las locaciones.

Actualmente se ejecutan todos los planes de mantenimiento con frecuencia anual, pero ciertos procesos y legislaciones permiten trabajar con frecuencias bianuales o menores. Al recomendar un ajuste en la frecuencia se puede pensar en una optimización de resultados que resultarían en aumento de la productividad por la minimización en costos de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

ARATA, Adolfo y ARATA, Alessio. Ingeniería de la confiabilidad: teoría y aplicación en proyectos de capital y en la operación de instalaciones industriales a través del enfoque R-MES. Santiago de Chile: RIL Editores, 2013. 360 p. ISBN: 978-956-284-967-8.

CUATRECASAS ARBÓS, Lluís. Gestión del mantenimiento de los equipos productivos. Madrid: Díaz de Santos, 2012. 712 p. ISBN: 978-849-969-356-9.

GIRALDO, Sebastián. Memorias de clase de Mantenimiento Productivo Total TPM. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. 2015.

GONZÁLES, Isnardo. Memorias de clase de Seminario I: profundización bibliográfica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. 2014.

HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. Cuarta Edición. México D.F.: McGraw Hill Editores, 2006. 850 p. ISBN: 978-970-105-753-7.

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Edición en español. Leicester: Aladon Ltd, 2004. pp. 2-3. ISBN 09539603-2-3.

ORTÍZ PLATA, Daniel. Memorias de clase de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. 2016.

PETECO. Vapor Recovery. [En línea]. Hanoi, Vietnam: La Compañía. [Consultado el: 15 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://peteco.com.vn/en/vapor-recovery-317.htm>

STORCH DE GRACIA, José. Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras. Fundamentos, Evaluación de Riesgos y Diseño. Madrid: McGraw Hill Editores, 1998. 625 p. ISBN: 978-844-811-432-9.

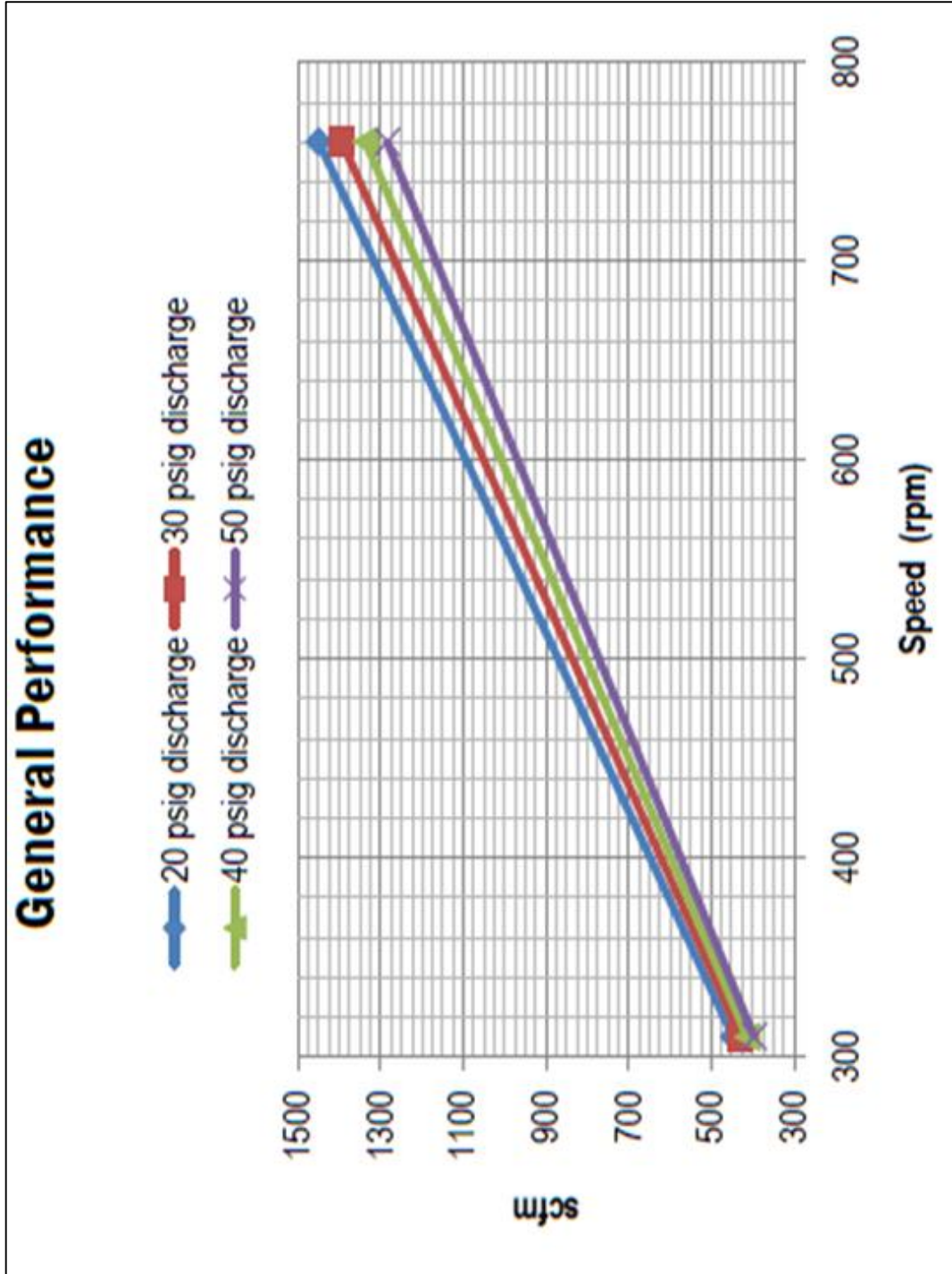
SUGIMAT. Productos, energía eléctrica: ORC (Organic Rankine Cycle) [En línea]. Valencia, España: La compañía. [Consultado el: 13 de marzo de 2018]. Disponible en: <http://www.sugimat.com/productos/cogeneracion-orc>

VARGAS, Patricia. Propuesta de programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el sistema de almacenamiento y bombeo de una planta de bebidas y productos lácteos con aloe vera. [En línea]. Tesis de Maestría en Ingeniería Mecánica, Mención Mantenimiento. Punto Fijo, Estado Falcón, Venezuela: Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda”, 2010. 59

p. [Consultado el: 12 de marzo de 2018]. Disponible en:
<http://tesis.cujae.edu.cu/bitstream/handle/123456789/182/Maestria1233.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo A. Curva característica de funcionamiento del Compresor RO-FLO 17L.



Anexo B. Panel del Variador de Frecuencia.



Anexo C. Unidad Recuperadora de Vapores URV



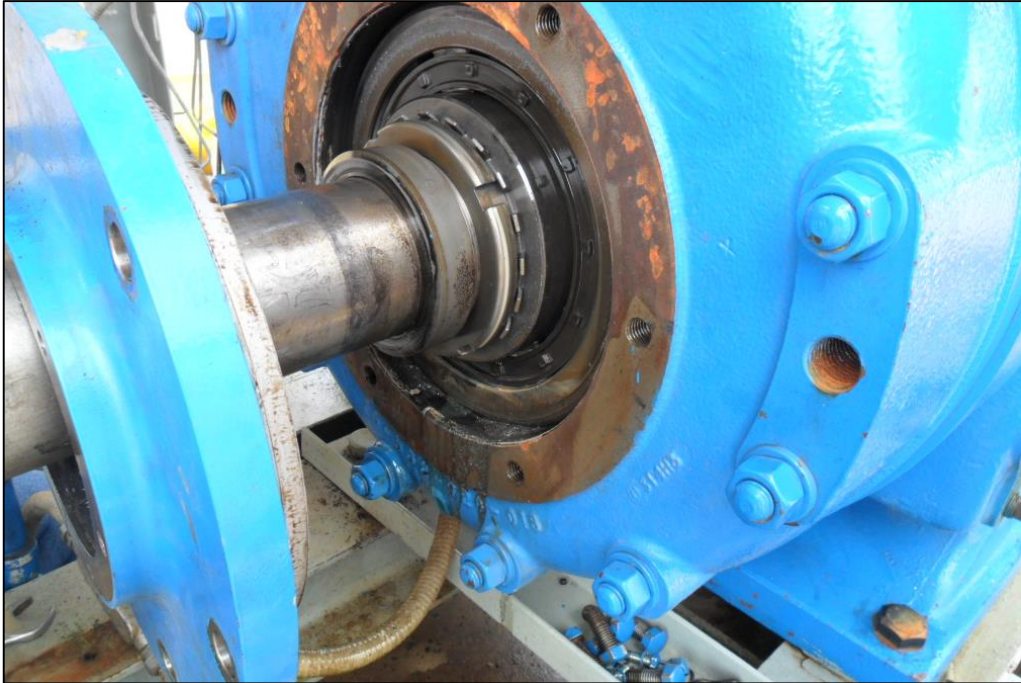
Anexo D. Rompimiento de aspas del compresor.



Anexo E. Falla de aspas del compresor.



Anexo F. Daño del rodamiento delantero.



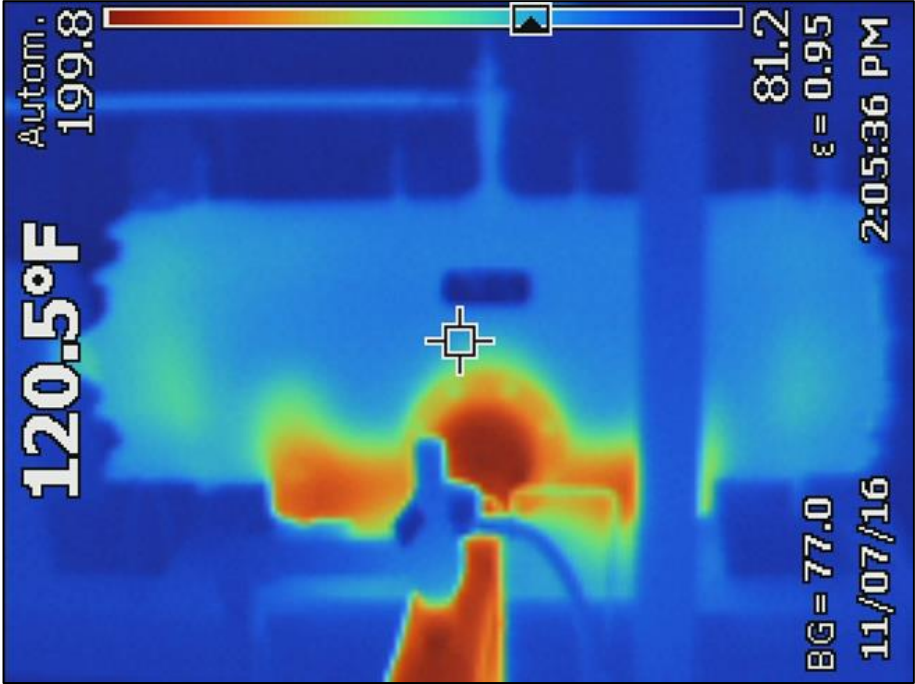
Anexo G. Daño de la base del rodamiento.



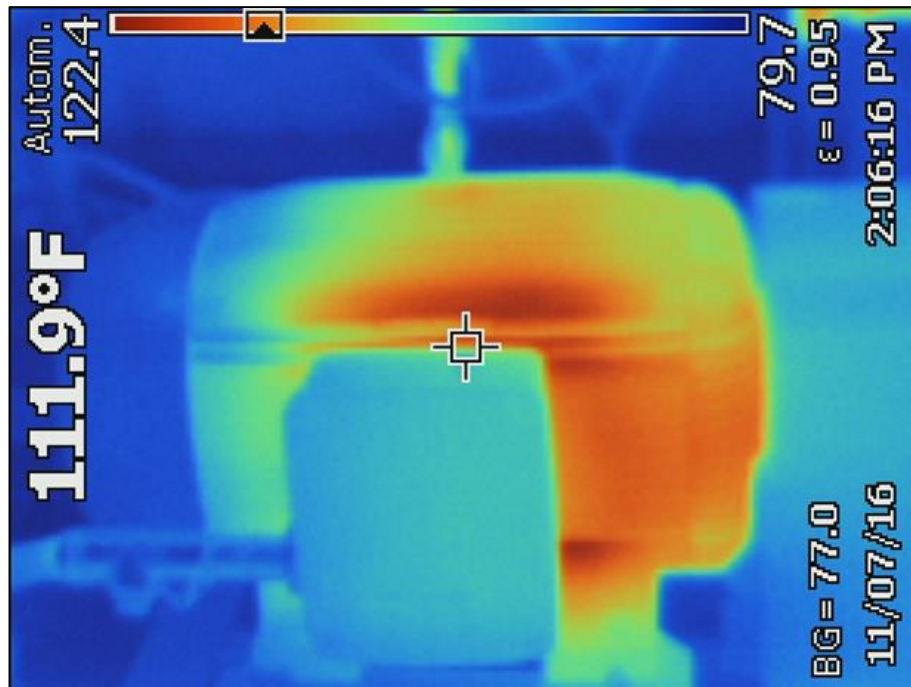
Anexo H. Aplicación de oxicorte para retiro de base de rodamiento del compresor.



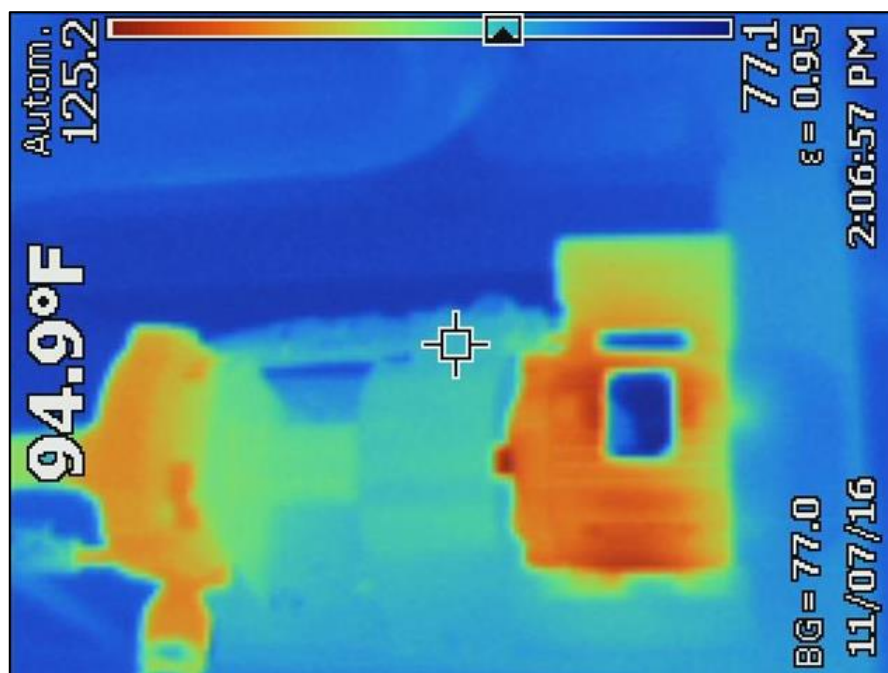
Anexo I. Toma termográfica del compresor funcionando.



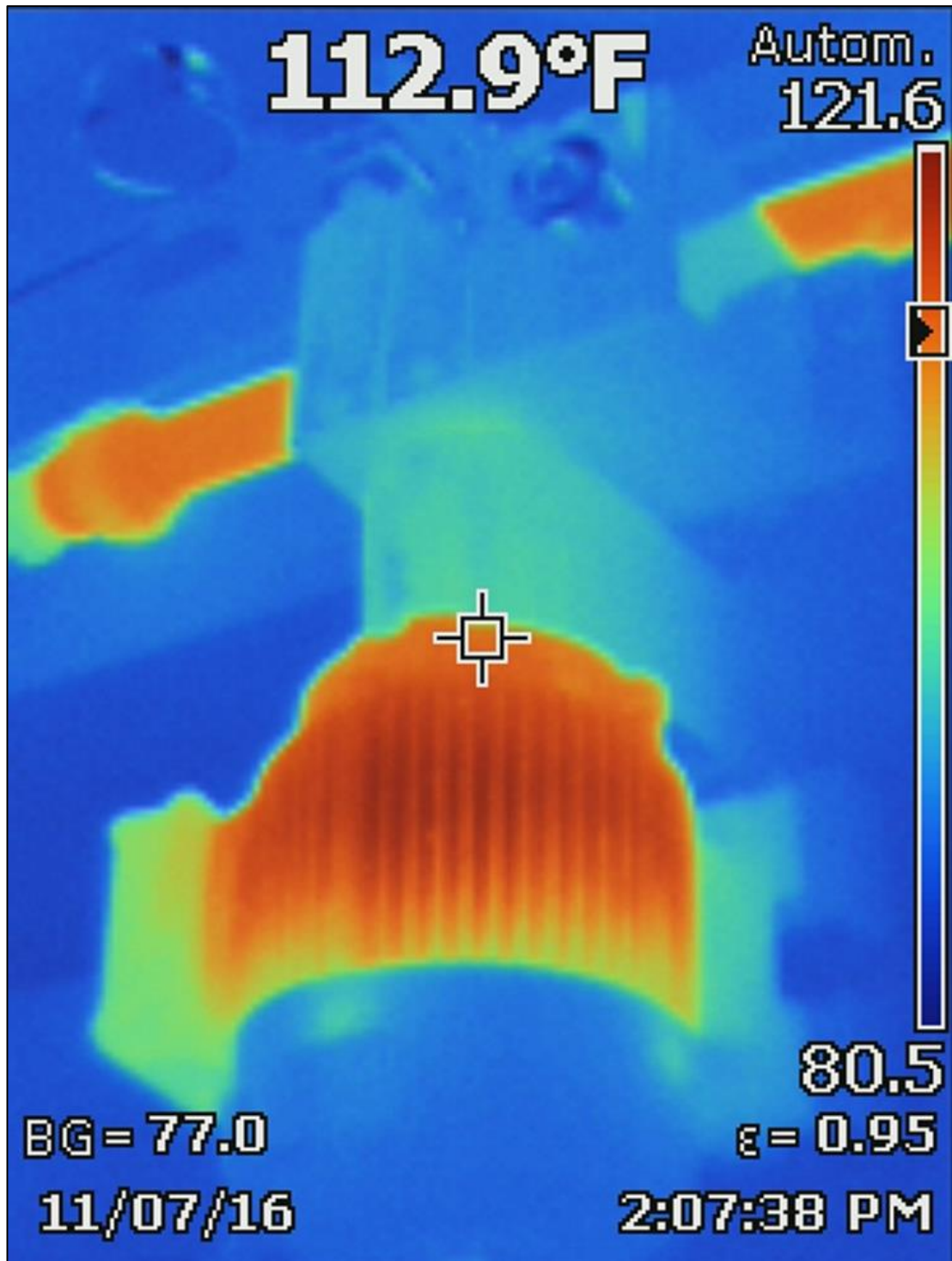
Anexo J. Toma termográfica del motor impulsor.



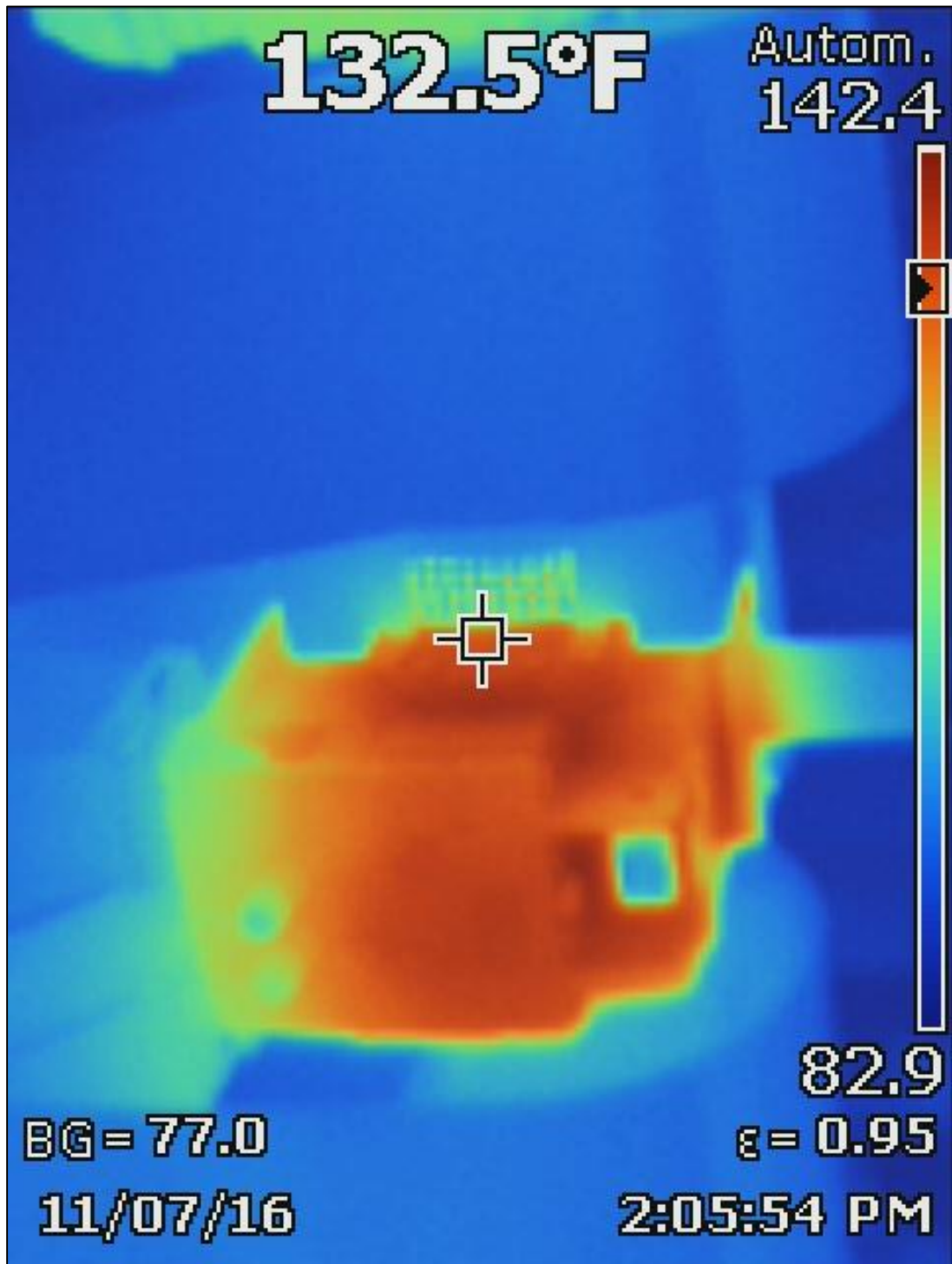
Anexo K. Toma termo grafica de la bomba del sistema de enfriamiento del compresor.




Anexo L. Toma termográfica de la bomba del sistema de lubricación.




Anexo M. Toma termográfica de la caja reductora impulsor- compresor.



Anexo N. Reportes de Mantenimiento.

	REPORTE DIARIO PROYECTOS				CODIGO	
	MANTENIMIENTO DEL MOTOR PERKINS 2506C				VERSION	
					FECHA	
EMPRESA: PBI SAS ESP					22 Julio del 2016	
Intervención y mantenimiento de las 12500 horas del Motor Perkins 2506C.						
<u>HSE</u>	<u>DIA</u>	<u>MES (Acum)</u>	<u>Proyecto (Acum)</u>	<u>Horas de perdida</u>	<u>Real</u>	<u># DE PERMISOS DE TRABAJOS</u>
ACCIDENTES	0	0	0	H. perdidas por lluvia dia	0,0	P. #: P. #:
INCIDENTES	0	0	0	H. perdidas por lluvia acom.	0,0	P. #: P. #:
CASI ACCIDENTE	0	0	0	H. perd por lluvia acom. Proyecto	0,0	P. #: P. #:
PERMISOS DE TRABAJO	0	0	0		<u>N°</u>	<u>HH</u> <u>Acum:</u>
ALCOLIMETRIA	0	0	0		<u>Personal en Sitio</u>	<u>0</u> <u>0</u> <u>0</u>
					<u>No</u>	<u>Num maq:</u> <u>H.uso</u>
				<u>Maquinaria</u>	<u>0</u>	<u>0</u> <u>0</u>
PERSONAL INVOLUCRADO	CARGO			Avance de trabajo	<u>Fecha</u>	26/07/2016
JORGE EDUARDO SUAREZ RUIZ	INGENIERO DE MANTO				Dia de labores	1
CARLOS A. BUSTAMANTE A.	MECANICO				Porcentaje diario programado	25%
ALDEMAR ALONSO	MECANICO				Porcentaje programado acumulado	0%
JAVIER GUTIEREZ	OFICIO VARIOS				Porcentaje diario ejecutado	0%
					Porcentaje ejecutado acumulado	0%
					Diferencia entre lo acumulado programado y lo ejecutado	0%
					% por ejecutar real	100,00%
					<u>Programacion del proyecto</u>	<u>Fechas de Inicio</u> <u>Fecha Fin</u>
					PLAN	22-jul-16 25-jul-16
				REAL PREVISTO	22-jul-16 25-jul-16	
OBSERVACIONES:						
PRINCIPALES ACTIVIDADES DEL DÍA						
ANEXO DE FOTOS Y ESTADO.						
ESTA FOTO ES DE LLLL				ESTA FOTO ES DE LLLL		
Observaciones del día.						
NOTA:						
HALLAZJOS:						
PENDIENTE:						

Anexo O. Solicitud y/o Orden de Servicio.

		SOLICITUD Y/O ORDEN DE SERVICIO						CODIGO	FOR-MTO-0
								VERSION	2
								FECHA	5/01/2014
DEPENDENCIA QUE SOLICITA	OPERACIONES	<input type="checkbox"/>	NOMBRE SOLICITANTE	OMER MANCILLA FERREIRA	FECHA	2	4	2016	
	HSEQ	<input type="checkbox"/>							
	CALIDAD	<input type="checkbox"/>							
	GERENCIA	<input type="checkbox"/>							
	M/ENTO	<input checked="" type="checkbox"/>			ORDEN DE SERVICIO NUMERO	058			
TIPO SE SERVICIO	CORRECTIVO	<input type="checkbox"/>			PERMISO DE TRABAJO NUMERO				
	PREVENTIVO	<input type="checkbox"/>							
	MEJORA	<input type="checkbox"/>							
	CONTINUA	<input type="checkbox"/>							
NOMBRE DE EQUIPO A INTERVENIR:		UNIDAD RECUPERADORA # 1				HOROMETRO			
DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD REQUERIDA: (Tener en cuenta los repuestos y las herramientas necesarias para la realización de este trabajo) INSPECCION GENERAL, REVISION DEL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS RODAMIENTO DEL COMPRESOR, REVISION DEL SISTEMA DE LUBRICACION, REVISION DE SISTEMA ACOUPLE, ENGRASE DEL MOTOR, CAMBIO DEL ACEITE DE LA CAJA REDUCTORA, REVISION DE LAS CORREAS DEL AERO-ENFRIADOR, DRENAJE DE LAS VASIJAS, ALISTAMIENTO Y PUESTA EN OPERACION.									
USO EXCLUSIVO MANTENIMIENTO									
DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES QUE SE REALIZARON									
DESCRIPCION REPUESTOS UTILIZADOS									
HORAS HOMBRES UTILIZADAS:		HORAS							
TIPO DE MANO DE MANO DE OBRA:		PROPIA:				CONTRATADA:			
FIRMA QUIEN DESARROLLO LA ACTIVIDAD				FIRMA QUIEN RECIBIO					
FECHA DE CIERRE ACTIVIDAD		DIA		MES		AÑO			