

MITIGACIÓN DE FUGA DE AGUA POR EL EJE DE LAS BOMBAS DE
VERTIMIENTO A LAS PISCINA DE ENFRIAMIENTO

WILFER ALBERTO TABORDA CHAVERRA
JHONER ALEXI AGUILAR NAVARRO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2020

MITIGACIÓN DE FUGA DE AGUA POR EL EJE DE LAS BOMBAS DE
VERTIMIENTO A LAS PISCINA DE ENFRIAMIENTO

WILFER ALBERTO TABORDA CHAVERRA
JHONER ALEXI AGUILAR NAVARRO

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

Director: LUIS FERNANDO MARIÑO LUNA
Ingeniero mecánico.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2020

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa Leidy y mis hijos Alan Leonardo y Samantha. Por su apoyo incondicional y sacrificio para el cumplimiento de esta meta por el tiempo que no compartir con ellos ya que estaba realizando esta especialización.

A mis padres que están en el cielo, porque siempre me enseñaron que hay que esforzarse para alcanzar las metas y cada día hay que aprender algo para ser mejor persona y profesional.

A las personas que nos apoyó con revisión y documentos: Arley, David, Dario, Guillermo y Tibaldo.

Nuestro director, Luis Fernando.

Wilfer Taborda

A mi linda esposa Leidy Yuliana y mis hermosas hijas Mariangel y Anny Valeria por ser el motor de cada uno de mis proyectos y por brindar los espacios y comprensión para llevar a feliz término esta especialización.

A la empresa de la cual formo parte por los permisos otorgados para poder cumplir con los cronogramas de las tutorías impartidas.

A cada uno de los compañeros de clases y los diferentes tutores que hicieron de este camino de aprendizaje muy fructífero en conocimiento y experiencias vividas.

Jhoner Aguilar

CONTENIDO

	Pag.
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	14
1.1 MARCO CONTEXTUAL	14
1.1.1 Crudo caño limón.....	16
1.1.1.1 Clasificación de los crudos según su calidad.	17
1.1.1.2 Tipos de crudos.	17
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 Objetivo general.....	21
1.3.2 Objetivos específicos	21
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	22
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1 GENERACIONES DEL MANTENIMIENTO	26
2.1.1 Primera generación.....	27
2.1.2 Segunda generación.....	29
2.1.3 Tercera generación.....	31
2.1.4 Cuarta generación.	33
2.1.5 Quinta generación.....	34
2.2 MANTENIMIENTO DE BOMBAS.....	36
2.2.1 Inspecciones visuales.	36
2.2.2 Mantenimiento preventivo programado.	36
2.2.3 Mantenimiento predictivo.	36
2.2.4 Mantenimiento correctivo.	36
3. RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	38
3.1 TIPO DE MANTENIMIENTO ACTUAL.....	38
3.1.1 Inspecciones diarias.	38
3.1.2 Mantenimiento predictivo.	38
3.1.3 Mantenimiento correctivo.	38
3.2 BOMBAS VERTICALES.....	39
3.2.1 Bombas verticales tipo turbina.	39
3.2.1.1 Bombas verticales tipo turbina modelo VIT.	39

3.2.1.2 Bombas verticales tipo turbina modelo VIC.....	41
3.2.1.3 Bombas verticales tipo turbina modelo VIS.....	41
3.3 SELLOS EN LAS BOMBAS.....	42
3.3.1 tipos de sellos.....	42
3.3.1.1 Sello de bomba tipo prensaestopas.....	43
3.3.1.2 Sello de bomba tipo mecánico.....	44
3.4 RESEÑA HISTÓRICA DE LA FALLAS EN EL SELLO DE LAS BOMBAS VERTICALES.....	47
3.4.1 Evidencia de falla de sello tipo prensaestopas de las bombas de vertimiento de agua a las piscinas.....	48
3.4.1.1 Intervenciones en el sello.....	50
3.4.1.2 Costo promedio de las intervenciones por falla en el sello de tipo prensaestopas.....	50
3.4.2 Factores de falla en el sello.....	51
3.4.2.1 Diagrama causa-efecto. Diagrama de Ishikawa.....	52
3.4.3 Factores positivos del sello de prensaestopas.....	52
3.4.3.1 Factor económico y disponibilidad en el mercado.....	52
3.4.3.2 Factor Fácil cambio y mantenimiento.....	53
3.4.3.3 Factores negativos del sello de prensaestopas.....	53
3.4.4 Succión cerrada.....	53
3.4.5 Pérdida de flujo en la bomba.....	53
3.4.6 Continuos ajustes y pérdida de contención de fluido.....	54
3.4.7 Operadores.....	54
3.4.8 Técnico de mantenimiento.....	54
3.4.9 Régimen de trabajo.....	54
3.4.10 Descarga cerrada.....	54
3.4.11 Alta presión.....	55
3.4.12 Partícula de crudo en el fluido.....	55
3.4.13 Tipo de sello.....	55
4. SELECCIÓN DE UN NUEVO TIPO DE SELLO.....	57
4.1 SELECCIÓN DE SELLO.....	57
4.1.1 Aplicación del sello mecánico tipo 4610.....	58
4.1.2. Adquisición del sello mecánico tipo 4610.....	58
4.1.3 Característica del sello mecánico tipo 4610.....	58
4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SELLO DE PRUEBA.....	59
4.2.1 Instalación de sello.....	59
4.2.2 Verificaciones previas.....	59
4.2.3 Puesta en funcionamiento de la bomba con el nuevo sello mecánico tipo 4610	59
4.2.4 Verificación del estado del sello.....	59

4.2.5 Comparación sello mecánico con respecto sello prensaestopas.	60
4.2.6 Costo de implementación del nuevo sello mecánico.	61
4.2.7 Comparación de costo de implementación del nuevo sello con la intervención del sello instalado.	61
5. MANTENIMIENTO PROPUESTO.....	63
5.1 INSPECCIÓN DIARIA.....	63
5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	63
5.3. RECOMENDACIONES.....	64
CONCLUSIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS	68

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Indicadores	15
Tabla 2 tipos de crudo	17
Tabla 3 Características de esta generación del mantenimiento	28
Tabla 4 Características de esta generación del mantenimiento	31
Tabla 5 Características de la tercera generación del mantenimiento	32
Tabla 6 Características de la cuarta generación del mantenimiento	33
Tabla 7 Reporte de fallas se sellos prensaestopas	51
Tabla 8 costos mano de obra y materiales ajuste prensaestopas año 2019	56
Tabla 9 Comparativo sello mecánico respecto al sello de prensaestopas.....	61
Tabla 10 costos reemplazo sello prensaestopas por sello mecánico	61

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
figura 1 Ubicación geográfica del campo caño limón	16
figura 2 ubicación geográfica bombas de vertimiento PF-1	16
Figura 3 Celda de flotación y bombas de agua a piscinas	19
Figura 4 Fuga de fluido por el sello tipo prensaestopa en la bomba	20
figura 5 Sello prensaestopa instalado	20
figura 6 Contaminación	21
figura 7 Organigrama del mantenimiento hasta 1930.....	28
figura 8 Organigrama del mantenimiento 1930-1940.	28
figura 9 Organigrama de mantenimiento segunda generación en el año 1950	30
figura 10 Organigrama implementación al mantenimiento PCM	31
figura 11 Organigrama cuarta generación.....	34
figura 12 Tecnología integrada a la producción	35
figura 13 Bombas verticales tipo turbina modelo VIT instalada en nuestras operaciones	39
figura 14 Bombas verticales tipo turbina modelo VIT	40
figura 15 Bombas verticales tipo turbina modelo VIC.....	41
figura 16 Bombas verticales tipo turbina modelo VIS	42
figura 17 tipos de prensaestopas	44
figura 18 Sello radial o de prensaestopas	44
figura 19 sellos mecánicos compensados.....	46
figura 20 Sección de sello mecánico doble compensado SB2 de John Crane	47
figura 21 Contaminación por pérdida de contención	49
figura 22 Sello prensaestopas	49
Figura 23 Eventos de ajuste reemplazo de sellos	51
Figura 24 Factores positivos y negativos de sellos prensaestopas	52
Figura 25 sello mecánico 4610	57

figura 26 bomba con sello prensaestopas.....	60
figura 27 bomba con sello mecánico.....	60
figura 28 precio compra e instalación sello mecánico vs costos intervención ajuste prensaestopas	62

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1 Rutina de mantenimiento preventivo sellos mecánicos	69
Anexo 2 Licencia ambiental Occidental de Colombia.....	73
Anexo 3 Sello mecánico John Crane tipo 4610.....	74

RESUMEN

TITULO:

MITIGACIÓN DE FUGA DE AGUA POR EL EJE DE LAS BOMBAS DE VERTIMIENTO A LAS PISCINA DE ENFRIAMIENTO.

AUTOR:

WILFER ALBERTO TABORDA CHAVERRA
JHONER ALEXI AGUILAR NAVARRO

PALABRAS CLAVE:

CELDA DE FLOTACIÓN, SELLO MECÁNICO, PRENSA ESTOPA, MODO DE FALLA, EFECTOS DE FALLA Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

CONTENIDO:

La presente monografía indica el desarrollo de un modelo de mantenimiento preventivo para las bombas de vertimiento de agua de producción a las piscina de enfriamiento en la primera facilidad de producción de Caño limón, elaborado como una necesidad de corregir y mitigar los riesgo ambientales, personal operario y visitantes como respuesta corregir una falla constante de perdida de contención de agua por falla en el sello tipo prensa, planteando como solución el reemplazo del sello de acuerdo a las condiciones de operación del sistema y a su vez implementar rutina de inspección diaria, mensual y mantenimiento preventivo semestral.

La ejecución de este trabajo está basado y soportado por la información entrega por el grupo de operaciones, mantenimiento predictivo e información técnica del equipo. Realizada la trazabilidad de la información se determina el tipo de sello a utilizar y así mismo el tiempo de intervención de los mantenimientos, como también los formatos de inspección diaria y mensual para que sea ejecutado por el personal operativo.

La información recolectada debes ser verificada por el área técnica de mantenimiento para dar mayor eficacia al buen funcionamiento y detectar posibles fallas a tiempos.

*Monografía de grado

**Facultad de ingenierías Físico – Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Luis Fernando Mariño Luna. Ing. Mecánico MSc ciencias mecánicas

ABSTRACT

TITLE:

MITIGATION OF WATER LEAKAGE THROUGH THE SHAFT OF THE SPILLAGE PUMPS TO THE COOLING POOL

AUTHOR:

WILFER ALBERTO TABORDA CHAVERRA
JHONER ALEXI AGUILAR NAVARRO

KEYWORDS:

FLOAT CELL, MECHANICAL SEAL, CABLE GLAND, FAILURE MODE, FAILURE EFFECTS AND PREVENTIVE MAINTENANCE

CONTENTS:

This monograph indicates the development of a preventive maintenance model for the production water discharge pumps to the cooling pools in the first production facility of Caño Limón, developed as a need to correct and mitigate environmental risks, operating personnel and visitors in response to correct a constant failure of loss of water containment due to failure in the press type seal, proposing as a solution the replacement of the seal according to the operating conditions of the system and in turn implement routine daily, monthly inspection and maintenance semiannual preventive.

The execution of this work is based and supported by the information provided by the operations group, predictive maintenance and technical information of the equipment. Once the information is traced, the type of seal to be used is determined, as well as the maintenance intervention time, as well as the daily and monthly inspection formats to be executed by the operating personnel.

The information collected must be verified by the technical maintenance area to give greater efficiency to the proper functioning and detect possible failures in time.

*Monograph

**Physical – Mechanical Faculty. Maintenance Management Specialization.

Director: Luis Fernando Mariño Luna. Luis Fernando Mariño Luna. Mechanical Engineer MSc mechanical science

INTRODUCCIÓN

EL complejo petrolero de Caño Limón, se encuentra ubicado entre los municipios de Arauca y Arauquita en el departamento de Arauca y es operado por Occidental de Colombia, en su ejercicio de explotación de crudo en esta área se requiere de la extracción de un gran volumen de agua para poder sacar la producción de crudo.

Para poder manejar este gran volumen de agua se requiere de una infraestructura robusta que ocupa muchos equipos, entre los más relevantes son la celda de flotación, tanques, línea de flujo, bombas horizontales y verticales.

Las bombas verticales utilizada en el vertimiento de agua de producción, utilizan sistema de sello prensa estopa el cual no es el más idóneo debido a la recurrente perdida de contención de acuerdo a las condiciones de operación que se encuentra sometida, este sello requiere un constante ajuste por su incremento de fuga para poder tener minimizado la contaminación y el riesgo a las personas.

Para mitigar tal efecto es necesario estudiar en el mercado que tipo de sello nos garantiza las condiciones operacionales que me permita la contención del fluido. A su vez implementar las respectivas rutinas de inspección. Como también el plan de mantenimiento preventivo para cumplir con los requerimientos ambientales y eliminar los riesgos de seguridad industrial por la afectación a las personas expuestas en el área.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 MARCO CONTEXTUAL

Caño Limón. A finales de la década de los 70, Occidental International Exploration and Production Corporation llega a Colombia creando la firma Occidental de Colombia, Inc. (OXY). En la década de los 80. OXY dirige sus operaciones al departamento de Arauca.

El 1 de julio de 1.980 occidental de Colombia y Ecopetrol firma el contrato de Asociación Cravo Norte y se inicia la primera fase exploratoria sobre los bloques Cravo Norte, Cinaruco, Rondón, Orocué y Guarrojo de un millón de hectáreas cada uno; un reto de enormes proporciones porque OXY estaba contractualmente obligada a la devolución de un 50% de las áreas seleccionadas al final del primer año de exploración¹.

Finalmente, campo Caño Limón fue descubierto luego de la perforación del pozo direccional Caño Limón 01; inicio el 20 de abril de 1.983, alcanzando una profundidad total de 10176 pies y obteniendo una producción de crudo a una tasa promedio de 10.690 BFPD o 3.425 BOPD con calidad de 31° API promedio, lo cual dio lugar a que en julio de este mismo año se declarara la productividad del yacimiento y en septiembre de 1.985 se estimaran las reservas del campo en un millón de barriles.

¹ MACHETE, Eliana. Análisis del desempeño de dos sistemas de levantamiento artificial Bombeo electro sumergible y Bombeo Mecánico VSH utilizados en el campo Caño Limón. Bucaramanga, Santander, 2007, 193 p. Trabajo de Grado (Ingeniera de Petróleos). Universidad Industrial de Santander

La perforación de los pozos La Yuca 1 y Matanegra 1 sobre estructuras aledañas después del descubrimiento de petróleo en el pliegue de Caño Limón, demostraron que el campo está comprendido por tres cierres estructurales ahora identificados como las áreas productivas de Caño Limón, la Yuca y Matanegra.

Este descubrimiento fue para OXY la culminación de un intenso esfuerzo exploratorio de tres años que involucro 4.000 Km de sísmica, 20 pruebas estratigráficas y 12 pozos exploratorios iniciando la producción de petróleo el 7 de diciembre de 1.985.

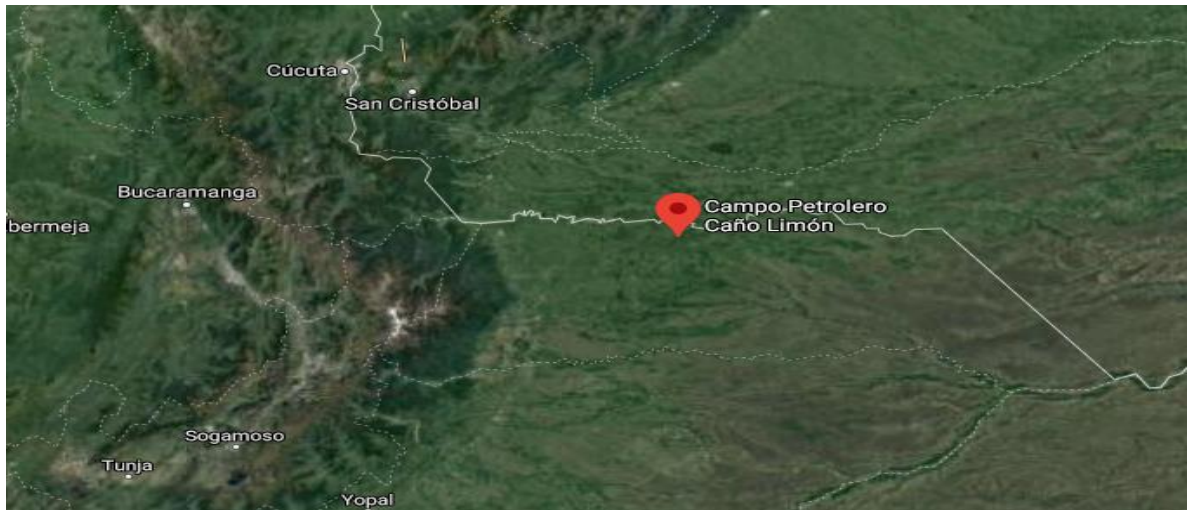
En la actualidad el campo sigue en producción sobrepasando las expectativas iniciales con las que inicio el yacimiento; el primero del mes de octubre Occidental anuncia que los bloques que tiene en tierra en el país serán vendidos al grupo empresarial inglés CARLYLE por un valor de 825 millones de dólares según el comunicado por la misma entidad a los medios.

Tabla 1. Indicadores

Indicador	VOLUMEN
Producción de crudo 2020	52.000BPD
Producción de Agua	2'120.000BPD
Inyección de agua	231.000BPD

Fuente: archivo occidental de Colombia, septiembre 2020

Figura 1 Ubicación geográfica del campo caño limón



Fuente: Archivo digital Oxycol

Figura 2 ubicación geográfica bombas de vertimiento PF-1



Fuente: Archivo digital Oxycol

1.1.1 Crudo caño limón. El crudo extraído en el complejo de Caño Limón es de tipo mediano y liviano, está entre los API 28.5 - 34.3, siendo un crudo con una excelente calidad y a una temperatura promedio de 190°F desde el yacimiento con un fluido de 98.5% promedio de agua, su mayor infraestructura está diseñada para los manejos de agua de producción y con una capacidad de almacenamiento de 980,000 barriles de crudo, este volumen está diseñado para soportar varios días

de capacidad de almacenamiento por los continuos atentados al Oleoducto Caño limón - Coveñas.

1.1.1.1 Clasificación de los crudos según su calidad. Los crudos están clasificados según su calidad (grado API, es una sigla que procede de la lengua inglesa y que expresa Application Programming Interface (cuya traducción es Interfaz de Programación de Aplicaciones).

1.1.1.2 Tipos de crudos. A continuación, enunciamos los tipos de crudo existente clasificado según su gravedad API.

Los crudos extra pesado y pesado se encuentra en su mayoría en la franja del Orinoco venezolano, estos crudos son muy difíciles de extraerlo y de transportarlos. Colombia cuenta con crudo pesado, mediano, liviano y unos pocos con condensados.

Tabla 2 tipos de crudo

Tipo de crudo	Gravedad
Condensado	a partir de 42
Liviano	más de 30
Mediano	de 22,0 hasta 29,9
Pesado	de 10,0 hasta 21,9
Extrapesado	hasta 9,9
Bitumen	promedio 8,2

Fuente: <https://sites.google.com/site/proyectobiocombustibles/tipos-de-petroleos>.

Septiembre 29 de 2020

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El campo de caño limón es operado por la empresa Occidental de Colombia LLC en sociedad con Ecopetrol. Este complejo petrolero esta formado por tres

facilidades de producción PF-1 que maneja un fluido de 380MBPD, PF-2 con un fluido de 1'680 MBPD y CPF-1 con un fluido de 285MBPD .

En la facilidades de producción llegan los fluidos proveniente de los pozos, en estas se realiza la separación de los fluidos como el gas, crudo y el agua.

Cada proceso tiene sus equipos con los cuales se realiza esta separación. En el caso de la facilidad de PF-1, el proceso de agua es separado de forma mecánica; inicialmente entra a un separador bifásico, donde es separado el gas de alta del fluido después por medio de gravedad pasa a otro separador de tipo trifásico, donde separa gas de baja, el agua y el crudo.

El agua de producción se dirige por medio de gravedad al 60% y el 40% por medio de bombas verticales que llega a un tanque de Cabeza, desde este punto el fluido de agua es dirigido por medio de gravedad a la última fase de separación final de partícula de crudo presente el agua de producción, esta labor se realiza a través de celdas de flotación, este sistema separa las partículas de crudo aproximadamente 30ppm por medio de agitadores y recolectores de natas, el agua de proceso final es entregada con 2ppm de crudo.

En la parte final de tratamiento de aguas de producción se cuenta con unas bombas de tipo vertical con un sistema de prensaestopa para su respectiva retención de fluidos por el eje, estas bombas transportan agua de producción desde la celda de flotación hasta las piscinas de enfriamiento y oxigenación, donde la temperatura promedio inicial es de 140 grados °F con una presión de 40 PSI y con flujo promedio de 95000 barriles por día por cada bomba.

Las bombas operan las 24 horas del día, por su exposición a altas temperaturas, fricción entre el eje y el sello, la calidad de fluido y las altas jornadas de trabajo requeridas por la operación, los prensaestopas comienzan a perder rápidamente su propiedad de contención, es repetitiva la intervención por parte del operador de

turno realizando ajustes y/o reemplazo de sello prensaestopas por parte del grupo de mantenimiento.

Al realizar revisión al historial de reportes, se evidencia que este problema es recurrente y ha trascendido a través de los años sin ninguna solución definitiva, cabe resaltar que el agua de la perdida de contención es de 140°F, esta condición ocasiona alto riesgo para los operadores y personas que circulan por el área, como también se presenta contaminación ambiental alrededor de ellas, convirtiendo el área de alto potencial de riesgo de caída y lesión por la acumulación de mohos sobre los piso aledaños al estar en constante humedad.

Figura 3 Celda de flotación y bombas de agua a piscinas



Fuente: Autores

Figura 4 Fuga de fluido por el sello tipo prensaestopa en la bomba



Fuente: Autores

Figura 5 Sello prensaestopa instalado



Fuente: Autores

Figura 6 Contaminación



Fuente: Autores

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Mitigación de fuga de agua por el eje de las bombas de vertimiento a las piscinas de enfriamiento, identificando la falla potencial y sugiriendo plan de mantenimiento preventivo.

1.3.2 Objetivos específicos. Evaluar las condiciones operativas de las bombas para identificar si el tipo de sello es el adecuado, de acuerdo a la exposición a la que son sometidas.

Implementar un plan de inspección diaria y mensual donde se haga énfasis en los puntos críticos a evaluar para determinar tiempo de fatiga, una vez sea reemplazado los sellos.

Estudiar tipos de sellos en el mercado para plantear reemplazo de acuerdo a las condiciones de proceso.

Implementar plan de mantenimiento preventivo a las bombas de vertimiento de aguas de producción hacia las piscinas de enfriamiento.

1.4 JUSTIFICACIÓN.

Por presentarse fuga permanente por el sello de tipo prensaestopas, el área tiene presencia constante de agua caliente y sólidos, esta situación nos conlleva a un riesgo potencial de posibles accidentes laborales y contaminación ambiental poniendo en riesgo los permisos de exploración y producción de hidrocarburos.

Al presentar fugas, las bombas presentan pérdida de eficiencia al drenar los fluidos no deseados de producción de crudo, esta condición afecta de manera directa la capacidad de recibo de los tanques de cabeza para realizar la separación de los fluidos y por ende el proceso de separación del crudo.

Al entrar el equipo en mantenimiento correctivo tenemos pérdida de capacidad de proceso, esta condición puede causar diferida de producción en caso de falla de las bombas de respaldo, una solución definitiva se puede lograr al reemplazar el tipo de sello de acuerdo a las condiciones de proceso que se encuentra sometido y sugiriendo plan de mantenimiento preventivo garantizando mayor vida útil de trabajo apoyado por el predictivo.

Con la presencia de fluido en el entorno, y debido a las altas temperaturas que se encuentran en promedio de 140°F, convirtiendo esta situación es un riesgo potencial para los operadores y personal que circulen por el área al exponerse a riesgos por quemaduras por fluido constante y caídas al mismo nivel debido a la presencia de mohos por la alta exposición de líquidos.

Con la culminación de este proyecto se identificará la causa por la cual esta bomba presenta fallas continuamente en los prensaestopa para así minimizar los riesgos, garantizar la certificación ante los entes gubernamentales y nacionales,

proporcionando un eficaz desempeño en el proceso con seguridad efectiva para el personal operario y reducir los impactos ambientales de la operación.

Se estudiarán tipos de sello en el mercado que permitan garantizar su eficiencia de acuerdo a las condiciones de proceso, y así sugerir plan de mantenimiento preventivo apoyado por el mantenimiento predictivo.

2. MARCO TEÓRICO

Desde los inicios de la historia del hombre comenzó a crear herramientas y elementos que requería para su labores del agro y la pesca, en medio de estas creaciones y de su desconocimiento, el inocentemente le daba un trato para mantenerlas en correcto funcionamiento, cuando llego la primera revolución industrial a mediados del siglo XVIII en Gran Bretaña, según nos indica la historia desde esta época inicio el mantenimiento como una necesidad de las industrias para sostener sus planta de producción². Donde el mantenimiento es mantener en un activo en su plena función en una línea de proceso bien sea reparándolo o sustituyéndolo.

Inicialmente los mismos operarios de la planta realizaban los mantenimientos de los equipos; en el continuo incremento de equipos en la línea de proceso de las plantas se observó la necesidad de crear un grupo de mantenimiento que se dedicara inicialmente a las averías y mantenimiento de las mismas.

Se encontró que durante el desarrollo que ha tenido el mantenimiento desde su inicio existe hasta el momento cinco generaciones de mantenimiento a raíz de la evolución tecnológica e investigaciones para poder mantener los equipos en operación y dándole una prolongada vida y así poder minimizar los costos de producción enfocado a una integración costo beneficio lo que realmente espera obtener una buena gerencia general.

²GARCIA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento [en línea].(2003). Disponible en <
<https://movilgmao.es/breve-historia-mantenimiento/>> [citado 03 de octubre de 2020]

Las empresas grandes en su mayoría, sobre todo la del sector petrolero ocupan en sus líneas de proceso múltiples equipos, esta condición permite la aplicación de los diversos métodos de mantenimiento de acuerdo a la criticidad de sus equipos, y a su vez la ejecución de técnicas de diagnóstico predictivos en sus principales componentes de las plantas de proceso y de producción.

Los equipos con mayor intervención de mantenimiento son los equipos rotativos por su estructura sometida a fricción y altas temperaturas, para garantizar su confiabilidad se deben intervenir en periodos cortos de tiempo, permitiendo con esto cumplir con su función.

En estos equipos como lo son los sistemas de caja de transmisión, poleas, conjunto motriz y demás elementos en los motores, están expuestos a sufrir desgaste. En el caso de las bombas los elementos que más tienden a falla son los rodamientos, bujes, seguidos por los sellos de contención de fluido, siendo estos de alta importancia ya que una pérdida de su función ocasiona daños a la bomba, incendio por pérdida de fluido, contaminación ambiental y posibles accidentes industriales por contacto directo o indirecto con él.

Estos unos de los motivos por lo que se realiza este trabajo ya que nos interesa encontrar la solución definitiva para mitigar pérdida de fluido en nuestras bombas, igualmente con esto minimizamos las continuas intervenciones de mantenimiento correctivo y posible disminución de producción.

Cada vez que se intervienen el sello en unas de las bombas, se requiere de una maniobra la cual implica colocar en líneas unas series de equipos para poder suplir el caudal manejado por estas bombas incidiendo en un mayor consumo de energía y de productos químicos para su tratamiento.

Realizando un buen análisis de las condiciones operativas como lo son temperatura, presión, calidad de fluido, estructura, accesorio y verificación de

vibraciones de acorde al establecido por el fabricante se podrá determinar la causa de la falla de contención de fluido en el sello tipo prensaestopas.

2.1 GENERACIONES DEL MANTENIMIENTO

El termino mantenimiento a tenido muchas interpretaciones durante el desarrollo industrial y tecnológico. En su inicio mantenimiento era reparar una avería que se le presentara al equipo durante su función. Pero ha venido apareciendo otros conceptos sobre mantenimiento

Unas de las definiciones que se le da al mantenimiento es “como el conjunto de actividades que intentan compensar la degradación causada por el tiempo y el uso en equipos e instalaciones”³ o también “es el procedimiento por el cual se trata un bien determinado de manera que el paso del tiempo, el uso o el cambio de circunstancias externas no lo afecten”⁴, Anzola (1992), lo describe como "Aquél que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas"⁵. El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (1995), define al mantenimiento como: "El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorables

³ GARCIA, Santiago. Que es mantenimiento [en línea].(2013). Disponible en < [https://mantenimiento.win/.](https://mantenimiento.win/)> [citado 04 de octubre de 2020]

⁴ GARCIA, Santiago. Que es mantenimiento [en línea].(2013). Disponible en < [> \[citado 04 de octubre de 2020\]](https://mantenimiento.win/.)

⁵ Gotera, Eddin. Mantenimiento [en línea].(2000). Disponible en < <https://www.monografias.com/trabajos13/mante/mante.shtml>> [citado 10 de octubre de 2020]

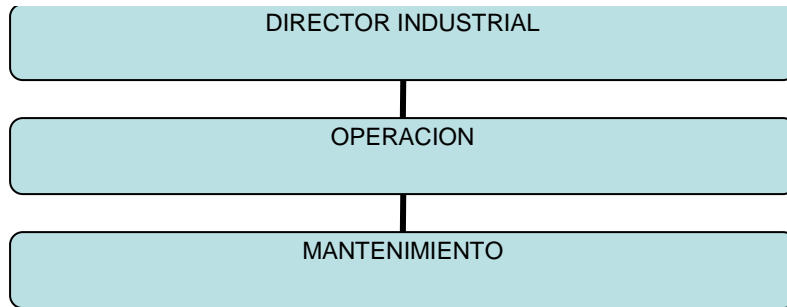
y de acuerdo a las normas de protección integral". Para Moubray (1997), el mantenimiento significa "Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas".⁶ y el objetivo principal de mantenimiento es mantener un activo a su plena función al momento de requerirse.

Durante el pasar de la historia del mantenimiento se ha registrado cinco generaciones que ha enmarcado unas pautas de modelos de aplicación en todos tipos de activos para garantizar su finalidad en las líneas de proceso.

2.1.1 Primera generación. Esta comprendido entre el periodo 1930 hasta la segunda guerra mundial 1950. Al comienzo la maquinaria era robusta el tiempo de parada no era tan importante para la producción, lo correctivos era ejecutado por los mismos operarios, ya que ellos eran las personas que mayor conocimiento tenían sobre ella, eran totalmente mecánica. Por ende, el personal no necesitaba de mucha habilidad técnica para realizar la labor. Por el aumento de equipo por esa época, Ford comenzó a realizar producción en serie a su vez se vieron con la necesidad de crear un grupo a parte del operario para poder intervenir los equipos que se averiaran durante el proceso en el menor tiempo posible para miniar el tiempo de entrega. Donde el organigrama era director industrial -operador-mantenimiento asi estuvo hasta 1930. El tipo de mantenimiento continuaba atendiendo las averiadas durante la ejecución de la producción.

⁶ Gotera, Eddin. Mantenimiento [en línea].(2000). Disponible en <
<https://www.monografias.com/trabajos13/mante/mante.shtml>> [citado 10 de octubre de 2020]

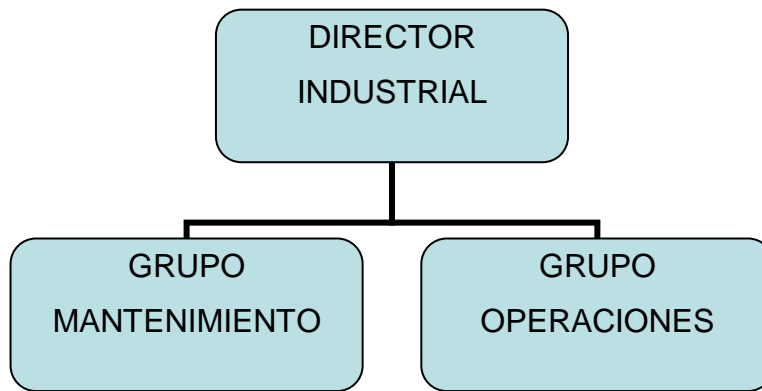
figura 7 Organigrama del mantenimiento hasta 1930



Fuente: <http://www.igm.mex.tl/images/5147/Historia%20y%20evolucion%20del%20mantto.pdf>

Entre 1930-1940 se evidencia un cambio en la estructura del mantenimiento, en plena segunda guerra mundial por el aumento de productividad la parte administrativa se comenzó a preocupar por las paradas de maquina iniciando a realizar algunos preventivos de este modo el organigrama se modificó donde el director direccionaba paralelamente operaciones y mantenimiento. Para así poder tener más coordinación en la respuesta de parada de planta.

figura 8 Organigrama del mantenimiento 1930-1940.



Fuente: <http://www.igm.mex.tl/images/5147/Historia%20y%20evolucion%20del%20mantto.pdf>

Tabla 3 Características de esta generación del mantenimiento

Expectativas	Técnicas	Personal
Reparar cuando se rompe	Mantenimiento correctivo	Pocas habilidades

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004. p.2-3

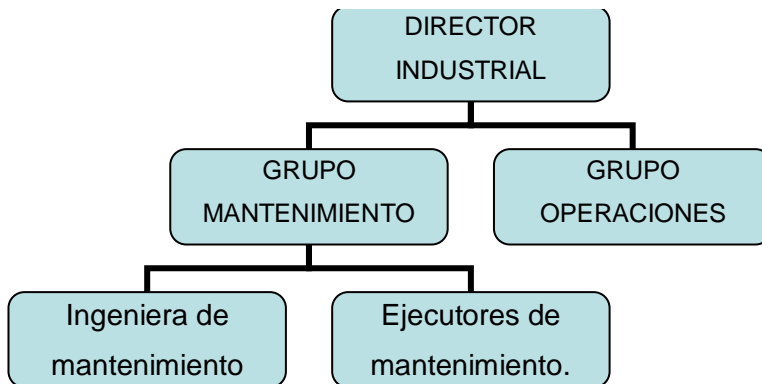
2.1.2 Segunda generación. Durante la segunda guerra mundial, se vio disminuida la fuerza laboral, por lo que se aumentó abruptamente la mecanización. Durante el año 1950 en aras de satisfacer las necesidades de la industria creadas por la posguerra, se evidenciaron avances significativos en la industria de la aviación comercial y de la industria electrónica, las maquinas comenzaron a mostrar su importancia y la necesidad de tenerlas en uso el mayor tiempo posible; es por eso que comenzaron a pensar en la necesidad de atender las maquinas antes de su falla, pues se determinaba que los tiempos de inspección y detección de falla eran mayores a los tiempos de atención en la recuperación de su función, previniendo que las maquinas entren a falla creando así el mantenimiento preventivo, que consistía en paradas mayores de reemplazo de piezas y ajuste de acuerdo a tiempos determinados basados en las experiencias de falla de las diferentes maquinas, por ende estaba estrechamente ligado el concepto de la edad de las maquinas era proporcional a las fallas.

Este concepto estaba altamente ligado al incremento excesivo de los costos de mantenimiento, creando así la necesidad de desarrollar sistemas de planeación y control que ayudan a mejoras y optimizar la intervención de mantenimiento, convirtiéndose en una parte importante en el desarrollo de esta metodología.

Durante la década de 1950 el mantenimiento integro a un grupo nuevo en el organigrama de trabajo que se llamó ingeniera de mantenimiento que planificaba y controlaba el mantenimiento preventivo.⁷

⁷ Ramirez, Jose. Historia y evolucion del mantenimiento industrial [en línea].(2014). Disponible en <<http://www.igm.mex.tl/images/5147/Historia%20y%20evolucion%20del%20mantto.pdf>> [citado 11 de octubre de 2020]

figura 9 Organigrama de mantenimiento segunda generación en el año 1950



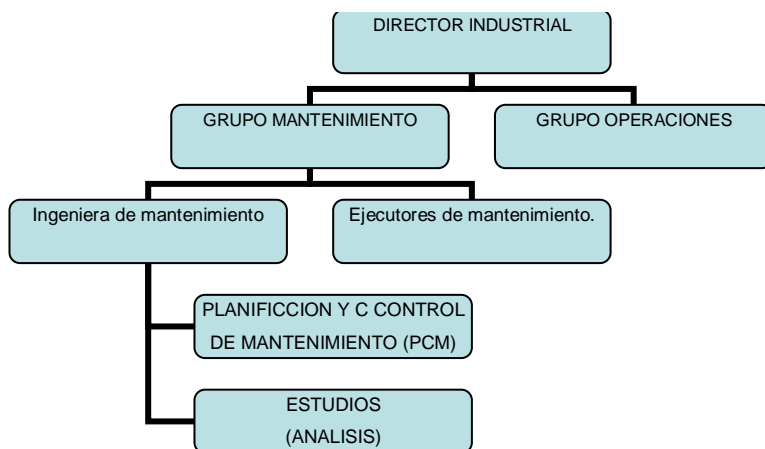
Fuente: <http://www.igm.mex.tl/images/5147/Historia%20y%20evolucion%20del%20mantto.pdf>

Durante los años 1966 con el ingreso de los cómputos al igual que la implementación de instrumentos de protección y medición de parámetro el mantenimiento tuvo un giro importante donde se comienza a enfocarse a criterios de predicción de falla, para mejorar el desempeño del grupo de mantenimiento. Dado a esta nueva implementación el organigrama queda de la siguiente forma.

Según lo expuesto por Ramírez en su trabajo en la pag 12 indica “estos criterios fueron asociados a métodos de planificación y control de mantenimiento automatizado (PCM), reduciendo la tareas burocrática de los ejecutante del mantenimiento.”⁸

⁸ Ramírez, Jose. Historia y evolucion del mantenimiento industrial [en línea].(2014). Disponible en <<http://www.igm.mex.tl/images/5147/Historia%20y%20evolucion%20del%20mantto.pdf>> [citado 11 de octubre de 2020]

figura 10 Organigrama implementación al mantenimiento PCM



Fuente: <http://www.igm.mex.tl/images/5147/Historia%20y%20evolucion%20del%20mantto.pdf>.

Tabla 4 Características de esta generación del mantenimiento

Expectativas	Técnicas	Personal
Identifica edad de equipo y probabilidad de falla	Mantenimiento preventivo	Comienza hacer análisis tiene fundamentos técnicos.

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004. p.2-3

2.1.3 Tercera generación. Esta generación inicia a finales de la década de 1960 hasta 1980, durante este periodo se comenzó a enfocarse mucho más a la pérdida de producción debido a las paradas de máquina, la cual llevaba a veces al parado total de la planta. Donde la tendencia mundial encaminaba a un sistema de producción “Just in time” que es entregar justo a tiempo el producto requerido por el usuario. Por tal motivo era muy importante ajustar el grupo de mantenimiento a las nuevas necesidades de la planta para minimizar los tiempos de parada así poder cumplir con la producción al cliente.

1980 con la llegada de la computadora personal el mantenimiento pasa a tener un mejor desempeño en la información y en la sistematización ocupando menos a la dependencia humana para el proceso y el desarrollo de programas de análisis de falla y operacional la cual esta información era muy importante para el grupo de mantenimiento.

Con la aplicación de los cómputos y mejor análisis de la información, comenzó a contribuir con un tema muy importante como es la preservación del medio ambiente que por esta época se ha venido incluyendo en los procesos industriales para un mejor almacenamiento y disposición de los residuos de procesos industriales la cual son muy impactante en el medio ambientales afectando los ecosistemas adyacentes a las operaciones de las compañías. Ya que si la empresa dispone mal sus residuitos o causa daños ambientales puede ser sancionada y parada su producción por tal circunstancia, en efecto a esto el mantenimiento cogió mayor importancia.

Tabla 5 Características de la tercera generación del mantenimiento

Expectativas	Técnicas	Personal
<ul style="list-style-type: none"> -Estudio causa-efecto -Mayor disponibilidad y confiabilidad de la planta. -Más segura. -Calidad en los productos. -Mitigación a daños ambientales. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mantenimiento predictivo - Monitoreo de condición. -Evacuación de riesgo -direccionamiento enfocado a la confiabilidad y facilidad para la ejecución del mantenimiento -Programa de cómputos con equipos pequeños -Análisis de modos de falla y efectos. -Trabajo multifacético y en grupos 	<p>Especializado. Integrado con el grupo de operaciones.</p>

Fuente: MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. México: Aladon, 2004. p.2-3

2.1.4 Cuarta generación. Esta generación está presente en los años 1990 a finales del siglo XX, donde los consumidores cada día pedían mejor calidad y precios, por tal motivo en esta generación el mantenimiento paso a jugar un papel importante en la organización, tanto así que PCM paso hacer asesor a la supervisión general de producción.

Tabla 6 Características de la cuarta generación del mantenimiento

Expectativas	Técnicas	Personal
<ul style="list-style-type: none"> -Estudio causa-efecto -Mayor disponibilidad y confiabilidad de la planta. -Más segura. -Calidad en los productos. -Mitigación a daños ambientales. -Análisis del riesgo. -Eficiencia de costo. -Sistema de manejo continuo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Mantenimiento predictivo. -Mantenimiento autónomo. - Monitoreo de condición. -Evacuación de riesgo -direccionamiento enfocado a la confiabilidad y facilidad para la ejecución del mantenimiento -Programa de cómputos con equipos pequeños y ágiles -Análisis de modos de falla y efectos. -Trabajo multifacético y en grupos 	<p>Especializado. Integrado con el grupo de operaciones tecnificado para el apoyo autónomo.</p>

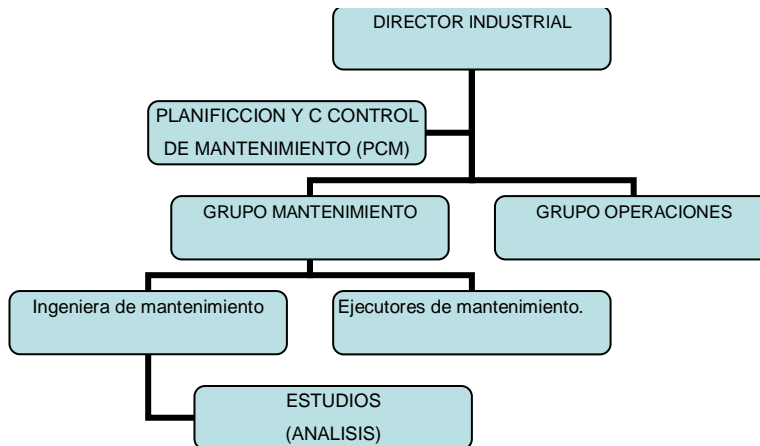
Fuente: <https://es.slideshare.net/JairoMoraRubio/evolucin-de-mantenimiento>

Centrándose una mayor fiabilidad y disponibilidad con un monitoreo de condición para sí tener una mayor seguridad con cómputos pequeños y veloces de

procesamiento de información, aplicando modo de falla-causa para proporcionar un mejor desempeño en los equipos y así garantizar una mejor calidad en los productos.

También es muy importante la preservación del medio ambiente; se preserva una mayor vida útil a los activos y la vez se analiza factores de riesgo enfocados en patrones de fallas y eliminación de ellos, destacándose la polivalencia y trabajo en equipo a su vez incorporando el mantenimiento autónomo.

Figura 11 Organigrama cuarta generación



Fuente: <http://www.igm.mex.tl/images/5147/Historia%20y%20evolucion%20del%20mantto.pdf>.

2.1.5 Quinta generación. Esta generación esta esblencada a finales del siglo XX y comienzo del siglo XXI. En el desarrollo de este ciclo del mantenimiento aparece un término muy importante la cual está encaminado toda la logística “TEROTECNOLOGIA” que significa “es un nuevo concepto que relaciona tecnología y economía para incrementar la fiabilidad y optimización de

los recursos en el mantenimiento industrial. Su objetivo es incrementar la productividad de la empresa al menor coste posible”⁹.

En base a este nuevo término, el mantenimiento da un giro donde se centra en el diagnóstico de la vida útil con respecto a la vida económica del activo, para así poder diseñar que tipo de intervención se le aplica de una forma integral garantizando un ciclo de vida con un efectivo rendimiento económico. También surge otro punto importante que la empresa productora en su mayor numero de empleado para la ejecución del mantenimiento lo requiere por contrato no directo por intermedio de otras empresas para así no asumir mayor carga laboral y enfocarse a lo productivo.

Figura 12 Tecnología integrada a la producción



Fuente: <https://www.google.es/search?q=imagen+tecnologia+y+mantenimiento>

⁹ Wikipedia. (7 de diciembre de 2019).Terotecnología. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/wiki/Terotecnolog%C3%ADa>>[citado 11 de octubre de 2020]

2.2 MANTENIMIENTO DE BOMBAS.

Los mantenimientos que se ejerce sobre estos activos van de acuerdo a su operación y funcionalidad en la cadena de proceso, los tipos de mantenimiento con se cuenta son los siguientes: inspección visual, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, predictivo.

2.2.1 Inspecciones visuales. Esta labor es realizada en conjunto el grupo de producción con el de mantenimiento, durante su recorrido dependiendo el equipo se toma registro de parámetros y detención de averías la cual son reportada al grupo de mantenimiento que a su vez es verificada para su respectiva programación o corrección si es el caso.

2.2.2 Mantenimiento preventivo programado. Este está basado en dos puntos fundamentales, el primero por las recomendaciones emitidas por el fabricante y el otro por el historial recolectado de hechos durante su ciclo de vida realizado especialmente por el grupo de predictivo, esta labor cuenta en la actualidad centrado en plataforma como el SAP donde está programada las actividades de los activos y con sus respectivas labores.

2.2.3 Mantenimiento predictivo. Es el encargado del diagnóstico sistemático de la evolución del comportamiento de la vejes del activo mediante apoyo tecnológico entre lo más comunes, toma de vibraciones, toma de termografía, de temperatura, ultrasonido, tomas de fluido influenciándose direccionándonos al concepto de RCM centrado en confiabilidad. Es muy aplicable en la actualidad en la industria en la mayoría de los activos rotativos y de transporte de fluidos.

2.2.4 Mantenimiento correctivo. Consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no puede realizar su función. Este tipo de mantenimiento es todavía aplicado en la industrial con activos de baja criticidad en su proceso o seguridad de la misma, es muy aplicado en las bombas de diagrama, esta se

interviene cuando se avería ya que no justifica una intervención incrementando un costo en el mantenimiento.

Cuando una empresa utiliza este tipo de mantenimiento se necesita un mayor número de persona conllevando a paradas continuas de proceso, menos de disponibilidad y puede causar daños catastróficos.

3. RECOPIACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

3.1 TIPO DE MANTENIMIENTO ACTUAL

El tipo de mantenimiento de las bombas de disposición de agua de producción a las piscinas de enfriamiento cuenta con un mantenimiento predictivo y mantenimiento correctivo.

3.1.1 Inspecciones diarias. La inspección diaria es realizada por el grupo de producción de facilidad en su recorrido habitual.

- Verificación de fuga de agua por el sello de la bomba.
- Ajuste de sello tipo prensa estopa.
- Parámetros de presión.

3.1.2 Mantenimiento predictivo. El manteniendo predictivo es realizado por el grupo de inspecciones cada seis meses o por diagnostico solicitado por el grupo de mantenimiento por algún ruido extraño reportado por el grupo de producción, realizando los siguientes diagnósticos.

- Toma de vibraciones
- Toma de temperatura.
- Parámetros de flujo.

3.1.3 Mantenimiento correctivo. Este mantenimiento resulta de la continua fuga de fluido por la falla del sello tipo prensaestopas, por el continuo ajuste llega a su límite donde debe ser intervenido por el personal de mantenimiento para su reposición para así poder minimizar la contaminación ambiental y el riesgo de un accidente a las personas de producción y visitante.

3.2 BOMBAS VERTICALES.

Este tipo de bombas son muy utilizada en el sistema contra incendios, plantas de agua residuales, plantas de agua potables y también en el sector petrolero sobre todo en la línea de tratamiento de agua de producción e intercambiadores de calor maneja grandes flujos y altas temperaturas.

3.2.1 Bombas verticales tipo turbina. Este tipo de bombas son muy utilizada para desplazar grandes volúmenes de fluidos con característica que sea limpio o ligeramente limpio. La parte hidráulica está sumergida en el líquido y su parte motriz en la superficie del pozo. En el mercado encontramos tres modelos que son VIT, VIC y VIS la cual indicamos a continuación sus especificaciones relevantes.

3.2.1.1 Bombas verticales tipo turbina modelo VIT. Este tipo de bomba la succión está directamente al pozo donde es tomada por la turbina y transportada hacia el sistema de impulsión para ser trasladada a la superficie donde se encuentra la descarga. Este tipo de bomba es la utilizada en nuestras operaciones para el vertimiento de agua de producción a las piscinas, son muy utilizada en los siguientes procesos. Generación de energía, Petróleo y gas, Minería, Municipal, Industria general y Química¹⁰.

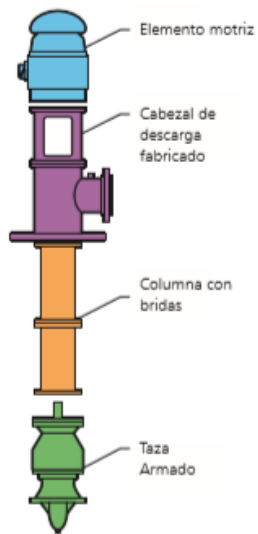
figura 13 Bombas verticales tipo turbina modelo VIT instalada en nuestras operaciones

¹⁰ Corporation ITT.(Abril 2019). ITT - Goulds Pumps Vertical Products Operation.Disponible en < www.gouldspumps.com >[citado 11 de octubre de 2020]



Fuente: Autores.

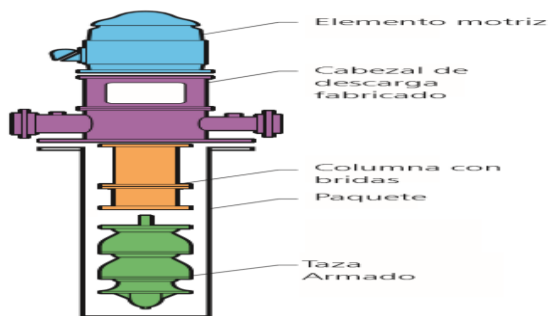
Figura 14 Bombas verticales tipo turbina modelo VIT



Fuente: ITT- Goulds Pumps Vertical Products Operation

3.2.1.2 Bombas verticales tipo turbina modelo VIC. Este tipo de bomba la succión está directamente conectada con el cuerpo de la bomba por ahí mismo baja el fluido al pozo donde es tomado por la turbina y trasportada hacia el sistema de impulsión hacia la descarga. son muy utilizada en los siguientes procesos. Generación de energía, Minería, Industria general y Química¹¹.

Figura 15 Bombas verticales tipo turbina modelo VIC



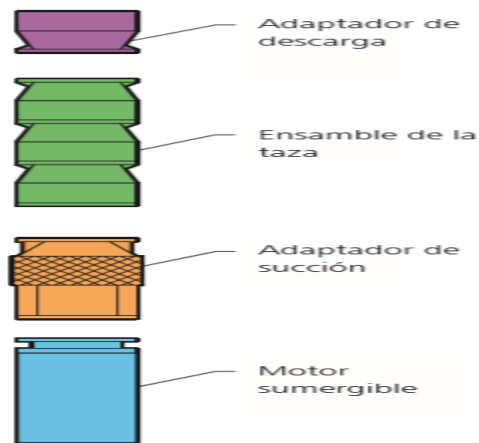
Fuente: ITT- Goulds Pumps Vertical Products Operation

3.2.1.3 Bombas verticales tipo turbina modelo VIS. Este tipo de bomba la succión está directamente al pozo donde es tomado por la turbina y trasportada hacia el sistema de impulsión hacia la descarga. Este tipo de bomba la diferencia con las anteriores es que el motor este sumergido en el fluido. son muy utilizada en las siguientes procesos de Irrigación, Agua de servicio, Pozos profundos, Elevación de agua de mar¹².

¹¹ Corporation ITT.(Abril 2019). ITT - Goulds Pumps Vertical Products Operation.Disponible en < www.gouldspumps.com >[citado 12 de octubre de 2020]

¹² Corporation ITT.(Abril 2019). ITT - Goulds Pumps Vertical Products Operation.Disponible en < www.gouldspumps.com >[citado 12 de octubre de 2020]

figura 16 Bombas verticales tipo turbina modelo VIS



Fuente: catalogo goulds pumps.

3.3 SELLOS EN LAS BOMBAS.

Los sellos son un elemento fundamental para un funcionamiento de nuestras bombas, permitiéndonos una buena eficiencia, mitigando posibles contaminaciones ambientales, protegiendo a las personas por contacto con los fluidos y además previniéndonos de un eventual incendio cuando se maneja fluidos inflamables permitiéndonos causar una pérdida parcial o total de la fábrica.

3.3.1 tipos de sellos. La transformación de energía que se necesita para las bombas centrifugas de presenta en primera medida, la transformación de energía eléctrica en energía mecánica de rotación, esta energía eléctrica está dada por motores eléctricos de diferentes principios como los son de explosión, tipo turbina, etc. La segunda transformación es mecánica de rotación a energía de fluido o impulso, esta presenta a través de un eje donde va montado el impulsor atravesando la carcasa de la bomba apoyado sobre rodamientos y finalmente acoplado a la fuente de energía mecánica.

El punto donde la carcasa es atravesada por el eje deber ser sellado para evitar como primera función la perdida de contención y como segunda medida la entrada de aire que me perturbe el proceso de bombeado cuando la zona de cierre se

encuentre en presión negativa. Como se indica este sello es de vital importancia para mantener la contención de fluidos, las condiciones operacionales de la bomba, accidentes por quemaduras y/o caídas de nivel y por último y no menos importante la afectación al medio ambiente, esta afectación podría afectar los permisos de explotación de operadora de producción.

Es habitual para las bombas centrifugas encontrar tres tipos de sellos, sello de tipo radial o empaquetadura, sello de tipo axial, más conocido como cierre mecánico y, por último, cierres dinámicos. Se estudiarán los diferentes tipos de sellos para identificar la mejor opción de acuerdo a las condiciones de proceso que me garanticen mantener con seguridad la operación sin afectación a terceros ni medio ambiente.

3.3.1.1 Sello de bomba tipo prensaestopas. Como su nombre lo indica se trata de un sello radiales de contacto de uso extendido en los diferentes tipos de bombas centrifugas. Es formado por anillos fabricados de materiales especiales a bases de hilos trenzados sin amianto, sintético, grafito, de algodón o de PTFE. Estos anillos son introducidos en caja cilíndrica y prensados axialmente con una brida o prensaestopas hasta formar el cierre sobre el eje de la bomba o sobre el casquillo protector del eje (elemento de desgaste).

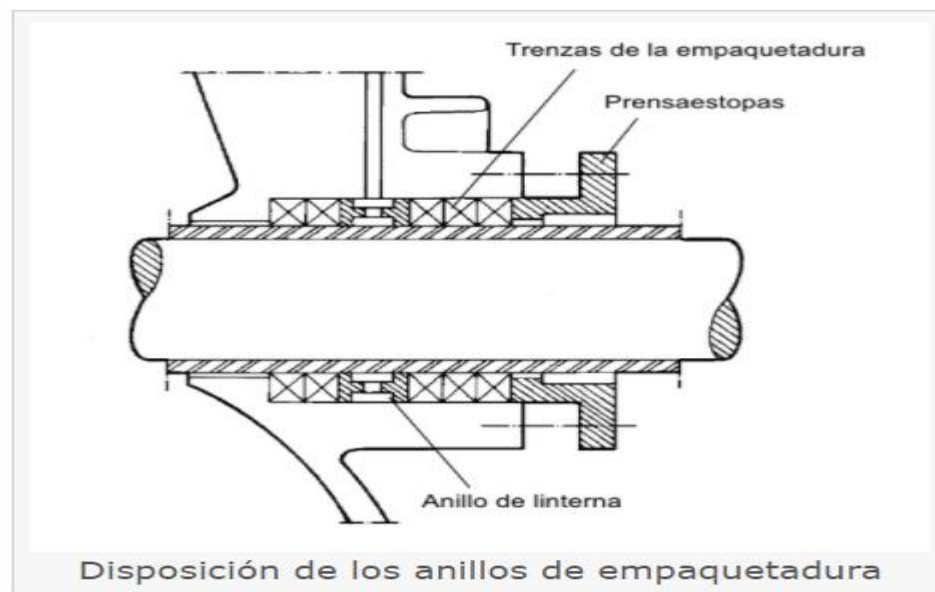
Dependiendo de la presión de sellado podemos encontrar entre 4 y 6 anillos de empaquetadura dentro de la caja. Es de vital importancia recordar que si el líquido alcanza una temperatura de hasta 110°C no será necesario refrigerar la empaquetadura, pero los líquidos alcanzan hasta una temperatura alrededor de 210°C tendremos que considerar el uso de un anillo de refrigeración o anillo de linterna introducido en la caja de empaquetaduras junto con una recirculación de agua para su refrigeración y sellado. Existen empaquetaduras para aplicaciones muy especiales que pueden llegar a funcionar en equipos rotativos con temperaturas alrededor de 600°C.

Figura 17 tipos de prensaestopas



Fuente: <https://areamecanica.wordpress.com/2011/09/22/ingenieria-mecanica-el-sellado-de-ejes-en-bombas-centrifugas/>

figura 18 Sello radial o de prensaestopas



Fuente: <https://areamecanica.wordpress.com/2011/09/22/ingenieria-mecanica-el-sellado-de-ejes-en-bombas-centrifugas/>

3.3.1.2 Sello de bomba tipo mecánico. Los sellos mecánicos son dispositivos consistentes en dos anillos que se encuentran en contacto axial por medio de sus caras anulares, uno se encuentra en estado estacionario, fijo a la carcasa de la bomba y el segundo en estado giratorio, solidario con el eje de rotación de la misma. Este contacto es de alta precisión en cuanto a planitud y acabado

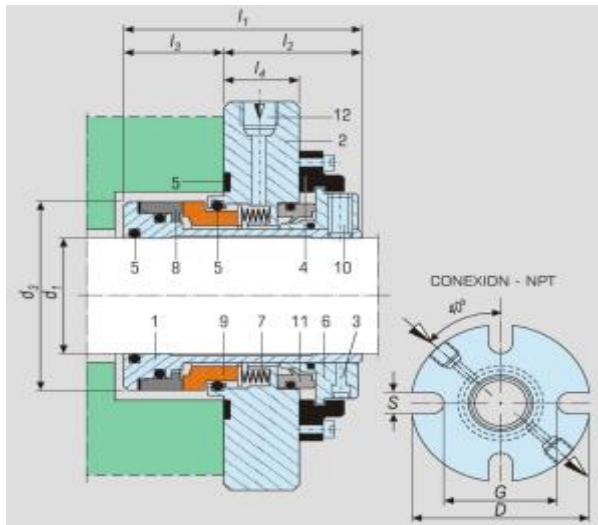
superficial que es de muy baja rugosidad. Aunque es un sistema que no debe gotear bajo condiciones normales de operación, no es un sistema totalmente aislado, puede gotear ciertos centímetros cúbicos al día, estos centímetros suelen evaporarse o se transportan a través del líquido sellador.

Estos sellos tienen la necesidad de contar con refrigeración por sistema de recirculación externa para disipar el calor que se presentada por la fricción de ambas caras, esta condición depende del material con el que se fabrican, hay disponibilidad en el mercado de sellos mecánicos libre de refrigeración.

Según la aplicación existen diferentes tipos de sellos mecánicos. El sello simple no equilibrado de mayor utilidad para líquidos limpios o con contaminación baja. El diseño estándar posee un único muelle que presiona ambos anillos de cierre entre sí, de igual forma se encuentran diseños con múltiples muelles. Se dice que el cierre es no equilibrado o no compensado cuando, a la fuerza del muelle, debemos añadir la fuerza generada por la presión del líquido bombeado y que se ejerce en la cámara de sellado sobre la cara trasera del anillo giratorio.

Por su parte los cierres mecánicos compensados o equilibrados son aquellos en los que se elimina el esfuerzo ejercido sobre el anillo giratorio, producto de la presión de sellado de la bomba.

figura 19 sellos mecánicos compensados

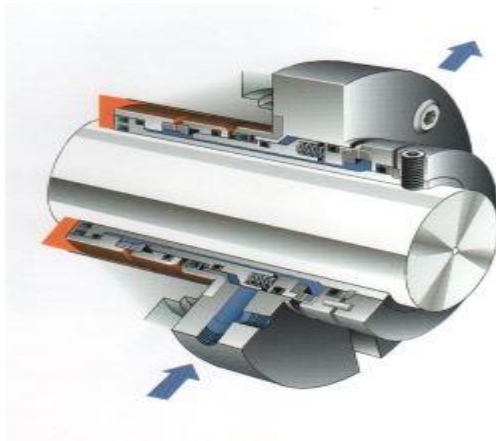


Fuente: <https://areamecanica.wordpress.com/2011/09/22/ingenieria-mecanica-el-sellado-de-ejes-en-bombas-centrifugas/>

También podemos encontrar en el mercado cierres mecánicos dobles, estos son dependientes de su uso y/o aplicación; estos sellos poseen en su interior dos cierres instalados espalda con espalda, es decir, un juego doble de anillos. En estos tipos de sellos es necesario la conexión por refrigeración por agua y son utilizados normalmente en aplicaciones críticas donde se requiere un sellado de alta precisión.

Las ventajas de este tipo de sello es su alta eficiencia en contención, con promedios bajos de fugas, casi nulas, y su bajo coste de mantenimiento, solo se limita a inspección visual por parte de los operadores donde no se evidencie pérdidas de contención, estas pérdidas no indicaran el periodo de cambio de los sellos; por otra parte su desventaja frente a los otros sellos es su alto precio, este precio es justificable de acuerdo a la función cumplida por la bomba y por los riesgos eliminados a la hora de mantener la contención de los fluidos transportados. Además de ellos si se compara con las horas de ajuste y reajuste de los sellos prensaestopas y la confiabilidad de este tipo de sello no hace entrever la justificación de su precio.

Figura 20 Sección de sello mecánico doble compensado SB2 de John Crane



Fuente: <https://areamecanica.wordpress.com/2011/09/22/ingenieria-mecanica-el-sellado-de-ejes-en-bombas-centrifugas/>

3.4 RESEÑA HISTÓRICA DE LA FALLAS EN EL SELLO DE LAS BOMBAS VERTICALES.

Una de las fallas más comunes en bombas centrifugas se presenta por pérdida de capacidad de contención a través de la unión de la carcasa de la bomba y el eje de accionamiento del impulsor, el grado de tolerancia a la pérdida de contención esté ligado al tipo de sellado utilizado y al proceso del cual forma parte las bombas centrifugas.

Se estuvo indagando de varias fuentes de los grupos de mantenimiento y de producción sobre la trayectoria del estado de las bombas específicamente en el sello; estas bombas desde que se instalaron ha presentado muchas intervenciones por falla del sello tipo prensaestopas, desde entonces se ha estado conviviendo con esa situación.

El personal de manteamiento comentó que se pensó en instalar sellos mecánicos, pero que en la otra facilidad las bombas tenia sellos mecánico y se quemaban mucho por quedarse sin lubricación y refrigeración por taponamiento de las líneas

de suministro de fluido, por lo tanto, no era viable realizar esta implementación ya que pudiera pasar el mismo fenómeno y salía más costoso el cambio.

En el caso a estudiar en esta monografía, el líquido de proceso es agua residual resultante de la última etapa de separación de aguas aceitosas, con una medición de 2ppm, por lo tanto, se considera que la condición de operación de las bombas para el fluido expuesto está sometido a bajos estados de contaminación, salvo en oportunidades excepcionales que se presenta contaminación por natas de parafina a las celdas de flotación.

3.4.1 Evidencia de falla de sello tipo prensaestopas de las bombas de vertimiento de agua a las piscinas. Traemos a colación historial fotográfico de la falla que se genera en el sello donde se evidencia el mal funcionamiento de este elemento que nos ha causado inconvenientes por la pérdida de contención de fluido, esta falla es recurrente y perdura hasta el momento.

Aunque a simple vista el problema presentando parece de cuantías menores porque no hay pérdida de producción, El tema es del alto impacto para nuestro entorno laboral y corporativo. Debido a la alta probabilidad de ocasionar un accidente laboral con lesiones incapacitantes y también por el impacto ambiental que podría ocasionar problemas en la renovación de licencia ambientales o no conformidades en las visitas, además, de mostrar un lugar de trabajo sin supervisión con presencia de productos no deseados, alterando la pulcritud y buenas prácticas de la operación.

Las continuas intervenciones de ajustes de los sellos de las bombas, genera molestias en el personal ejecutante y baja la capacidad de operación de las aguas residuales de producción.

Figura 21 Contaminación por pérdida de contención

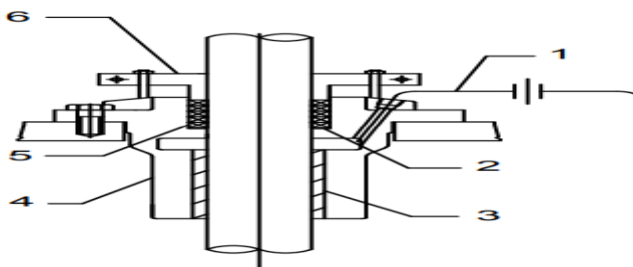


Fuente: Autores

Esta bomba consta de dos etapas para poder impulsar un caudal con promedios de 100MBPD, en sus sistema de sello radial consta de cinco cordones de grafito de media pulgada instalada en la caja, el cual es ajustado por un prensaestopa.

En la siguiente grafica se muestra la forma como esta intalado el sello original de estas bombas.

Figura 22 Sello prensaestopas



Fuente: <https://areamecanica.wordpress.com/2011/09/22/ingenieria-mecanica-el-sellado-de-ejes-en-bombas-centrifugas/>

1. Linea de Bypass
2. Aciento de empaque
3. Fluido.
4. Caja de empaque.
5. Empaque.
6. Prensaestopa.

Por el sometimiento operacional estas bombas trabajan 24 horas los siete días de la semana, este tipo de sello se le realiza continua ajustes para tener control de contension de fluido, pero es muy constante las intervenciones ya se esta haciendo incontrelable la contension, provocando perida excesiva de fluido presenciandose en el area.

3.4.1.1 Intervenciones en el sello. Se consulto datos sobre las intervenciones que se le realizaron durante el ultimo años donde se encontraron en registro las siguientes intervenciones de ajuste y de cambio de empaquetadura radial.

Durante el año se realizaron 98 de intervenciones de ajuste y 21 cambios de elementos trenzados de grafito de media pulgada de diámetro. Esta situación es muy desgastante tanto para el personal de producción como para el grupo de mantenimiento y a la vez la situación de riesgo y contaminación ambiental.

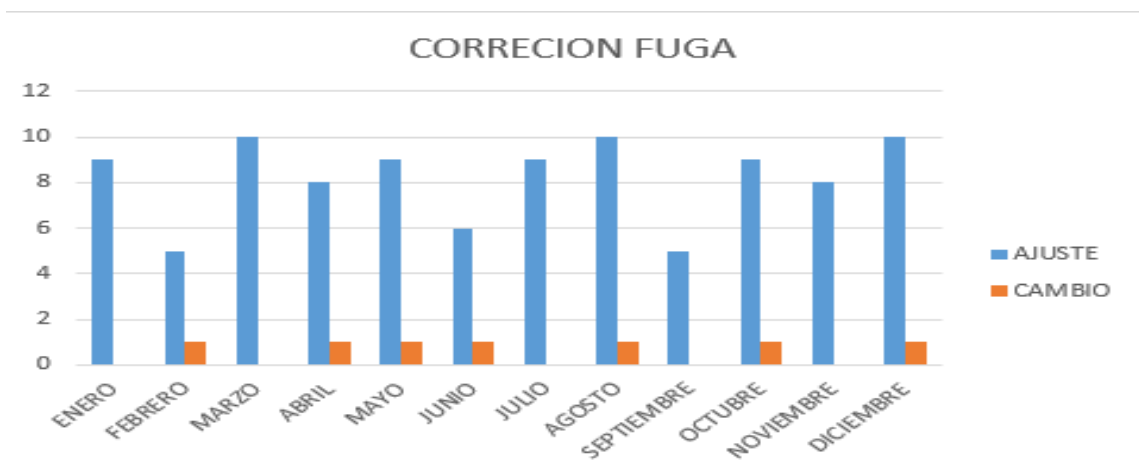
3.4.1.2 Costo promedio de las intervenciones por falla en el sello de tipo prensaestopas. Analizando las intervenciones por ajuste y cambio de cordón de tipo grafito se tiene un estimado de costo promedio del ajuste de la falla sin llegar a una solución de raíz.

Tabla 7 Reporte de fallas se sellos prensaestopas

FALLA DE SELLO					
MESES 2019	AJUSTE	TIEMPO	CAMBIO	TIEMPO	MATERIAL
ENERO	9	6,75	0	0	0
FEBRERO	5	5	1	3	1
MARZO	10	10	0	0	0
ABRIL	8	8	1	3	1
MAYO	9	9	1	0	1
JUNIO	6	6	1	4	1
JULIO	9	9	0	0	0
AGOSTO	10	10	1	3	1
SEPTIEMBRE	5	5	0	0	0
OCTUBRE	9	9	1	4	1
NOVIEMBRE	8	8	0	0	0
DICIEMBRE	10	10	1	4	1
TOTAL	98	95,75	7	21	7

Fuente: Archivos mantenimiento Oxycol

Figura 23 Eventos de ajuste reemplazo de sellos



Fuente: Archivos mantenimiento Oxycol

3.4.2 Factores de falla en el sello. Se identificaron unos posibles factores que pueden estar incidiendo en la falla del sello tipo prensaestopas, donde analizaremos cada uno para poder llegar a la causa raíz de la falla.

3.4.2.1 Diagrama causa-efecto. Diagrama de Ishikawa

Figura 24 Factores positivos y negativos de sellos prensaestopas



Fuente: https://www.canva.com/design/DAEKnpHg_Vg/GPgwuq89kBPQ-RrubtCN-w/edit?category=tADWs7-WSi4

3.4.3 Factores positivos del sello de prensaestopas. En el diagrama causa efecto enunciamos los factores positivos que consideramos que son los relevantes.

3.4.3.1 Factor económico y disponibilidad en el mercado. Este tipo de sello es muy económico, su reposición o ajuste cuando tiene un ciclo de vida en parámetros normales es muy fácil de adquirir en el mercado, su almacenamiento no requiere de mucha seguridad debe estar en un ambiente fresco para que no pierde propiedad antes de ser instalados.

3.4.3.2 Factor Fácil cambio y mantenimiento. Su reposición y ajuste es muy fácil para el grupo de mantenimiento su requerimiento especial es en el cuidado que hay que tener en los ajustes de los prensaestopas, los fabricantes indican que el goteo debe estar entre 10 a 25 gotas por minutos. Al igual que realizarle seguimiento como mínimo 30 minuto para garantizar la regeneración, y después cada tres días verificar si el sello sigue las condiciones iniciales de contención de fluido por una semana.

3.4.3.3 Factores negativos del sello de prensaestopas. En el diagrama causa efecto enunciamos los factores negativos que consideramos que son los relevantes para la falla que nos está presentando en el sello.

3.4.4 Succión cerrada. Esta condición es muy importante porque la bomba se queda sin fluido puede presentar problemas de partes rotor y también el sello se quema por quedarse sin lubricación, se verifica en sitio la válvula permanece abierta y con indicación Normalmente abierta garantizando el fluido, aguas abajo de la válvula de succión no hay dispositivo de seguridad que prevenga este escenario como podría ser interruptor de flujo o transmisor de flujo que detenga la bomba en caso que la válvula de succión se quede cerrada.

3.4.5 Pérdida de flujo en la bomba. Durante el proceso se puede presentar perdida de flujo general por cierre de válvulas de suministro de agua de producción a la celda de flotación. Se estuvo revisando que dispositivo se encuentra en el lazo de control para garantizar que cuando pase este evento no tengamos problema con la bomba especialmente con el sello. El dispositivo que se encontró es un transmisor de nivel que cuando este detecta bajo nivel en la salida de la celda de flotación da una alarma a la sala de control, pero si el evento continuo cuando el transmisor detecta muy bajo nivel ordena pagar las bombas evitando daños en la misma.

3.4.6 Continuos ajustes y pérdida de contención de fluido. Por presentarse un continuo aumento de pérdida de contención e fluido, se debe realizar continuos ajustes de los prensaestopas hasta llegar al máximo ajuste donde se debe realizar el cambio del cordón de grafito.

3.4.7 Operadores. Esta planta cuenta con un selecto grupo de operadores la cual laboran en tres turnos de ocho horas, se estuvo indagando sobre los recorridos que realizan por los equipos verificando el buen funcionamiento, se presenta algunas falencias cuando falta algún operario en uno de los turnos, la cual por acumulación del trabajo a veces no se alcanza realizar toda la inspección a los equipos.

3.4.8 Técnico de mantenimiento. Por la continua falla de pérdida contención de fluido en el sello tipo prensaestopas, este debe ser intervenido en repetidas ocasiones por parte del personal de mantenimiento donde la labor se convierte en rutinaria, originado habito de confort con la falla y quedándose sin realizar un estudio con mayor profundidad donde se busque una solución definitiva.

3.4.9 Régimen de trabajo. Esta bomba trabajo veinte y cuatro horas del día los siete días de la semana a plena carga debido al gran volumen de agua de producción que se procesa en la facilidad, esto también conlleva que el sello de tipo prensaestopas pierda contención de fluido.

3.4.10 Descarga cerrada. Se puede presentar que después de un mantenimiento se quede la descarga cerrada incrementando la presión de operación ocasionando el aumento de pérdida de contención en el sello. Así la válvula de seguridad se dispare si se queda por un lapso de tiempo este comienza a fallar.

3.4.11 Alta presión. Esta puede ser causado por cierre de la válvula de la descarga, cheque pegado y si no actúa en la presión calibrada la válvula de seguridad el sello de perderá de inmediato la contención de fluido porque es el punto más frágil del sistema, se revisó el sistema y se verifico que la válvula de seguridad esta verificada y certificada de su funcionamiento

3.4.12 Partícula de crudo en el fluido. El agua de producción siempre se encontrará partículas de crudo en suspensión, en los análisis de agua se evidencio que en condiciones operacional normal de la celda de flotación es de 2ppm es muy buena calidad, pero hay momentos que puede perder control la calidad saliéndose de parámetro que nos proporciona un aumento en las partículas de crudo en el agua, esta partícula se comienza acumular en los cordones del sello.

3.4.13 Tipo de sello. El tipo de sello instalado desde fabrica es de prensaestopas, con la acumulación de partícula de crudo y el régimen de trabajo, el sello presenta continuas pérdidas de contención del fluido, se parecencia en el entorno contaminaciones y con posible caída a nivel y salpicadura de producto ocasionado quemaduras a los transeúntes.

3.4.5 Costo por intervención del sello tipo prensaestopas por falla de contención en el año 2019. El costo de las intervenciones durante el año 2019 en la bomba de vertimiento de agua a las piscinas de refrigeración obtuvimos es el siguiente que presentamos en la tabla siguiente.

Tabla 8 costos mano de obra y materiales ajuste prensaestopas año 2019

COSTO DE INTERVECIONES DEL SELLO TIPO PRENSAESTOPAS EN EL AÑO 2019				
SALARIO	AJUSTE	CAMBIO	MATERIAL	VALOR PERDIDA POR PARADA DE LA BOMBA
TECNICO 1	3.790.104	831.250	918750	19.847.500
TECNICO 4	2.992.188	656.250		
SUPERVISOR TECNICO	2.393.750	735000		
SUPERVISOR OPERATIVO	2.393.750	525000		
SUB-TOTAL	11.569.792	2.747.500		
TOTAL	35.083.542			

Fuente: Archivo mantenimiento Oxycol

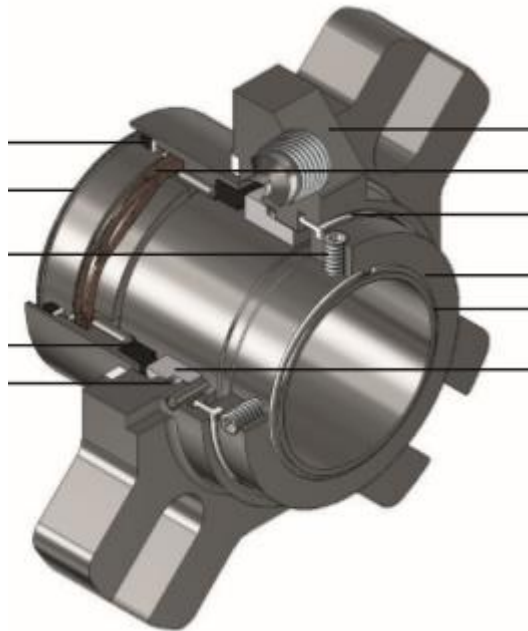
4. SELECCIÓN DE UN NUEVO TIPO DE SELLO.

A raíz de la continua intervención del ajuste y el cambio de los cordones de grafito en el sello de tipo prensaestopas, el grupo de mantenimiento comenzó a indagar sobre el tema de las posibles mejoras que se le pudiera dar al sistema de detención de fluido.

4.1 SELECCIÓN DE SELLO.

Realizando las respectivas trazabilidades de las informaciones recolectadas de los sellos en el mercado disponibles para estas bombas, el grupo de mantenimiento adopto por realizar la implementación del sello mecánico de tipo 4610 fabricado por la empresa JHON CRANE para prueba en una bomba, este sello fue instalado hace 10 meses. En el momento continua en verificación de su función por el grupo de producción y mantenimiento.

Figura 25 sello mecánico 4610



Fuente: catalogo fabricante.

4.1.1 Aplicación del sello mecánico tipo 4610. Este sello es muy utilizado en bombas de aguas residuales la cual contiene un elevado corrosión y partículas en suspensión, también es utilizado en bombas de proceso petroquímica en el agua de producción.

4.1.2. Adquisición del sello mecánico tipo 4610. Este tipo de sello es fácil de adquirirlo en el mercado ya que es muy aplicado a las bombas de las plantas de tratamiento de agua residuales y en el proceso de agua de producción.

4.1.3 Característica del sello mecánico tipo 4610. A continuación, enunciamos las características de este elemento enfocado en el benéfico de nuestras operaciones para la mitigación de la falla de perdida de contención de fluidos.

- Es un sello robusto que soporta altos picos de presiones sobre todo en los arranques de la bomba. En este caso este sello 305PSI. (Presión de operación 45PSI)
- La temperatura de trabajo de este sello 32°F hasta 400°F (Temperatura de operación 145°F promedio)
- tiene in diseño de equilibrio hidráulico para su mejor desempeño.
- Mayor residencia a la corrosión por el material con que es fabricado (Carbono y carburo de silicio de primera calidad).
- La carga en las caras del sello es uniforme.
- Su diseño es de cartucho de compacto con preciso diseño con el castillo.
- Su castillo de fijación es sujetado por cuatro pernos que nos garantiza el sello axial y radial de los fluidos.
- Aplica para trabajo de bombas instalada horizontales y verticales.

4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO SELLO DE PRUEBA.

Revisada la característica y funcionalidad del sello mecánico tipo 4610 se procede a implementar en una de las bombas para verificar su desempeño en el proceso.

4.2.1 Instalación de sello. Debido al cambio de sistema de sello en la bomba, se procedió a sacar de servicio y realizar un mantenimiento general a la bomba, como fue el cambio de bujes, ajuste de bomba y se mecanizo en la parte del sello para implementar una caja nueva para el sello mecánico y puntos de anclaje para el castillo.

4.2.2 Verificaciones previas. Antes de colocar en funcionamiento se realiza las siguientes verificaciones.

- ✓ válvula de succión abierta.
- ✓ válvula de descarga abierta.
- ✓ línea de refrigeración habilitada (esta línea se toma el agua de la red de las descargas de todas las bombas para así garantizar constante el fluido y de buena calidad.
- ✓ válvula de seguridad habilitada.

4.2.3 Puesta en funcionamiento de la bomba con el nuevo sello mecánico tipo 4610. En el mes de noviembre de 2019. Terminado el trabajo de mantenimiento general de la bomba e implementación del nuevo sello, se coloca en servicio la bomba realizando tomas de parámetros, presión, temperatura, vibración.

4.2.4 Verificación del estado del sello. Se realiza seguimiento al comportamiento del sello, se realiza toma de vibraciones, temperatura, donde la expectativa requerida con su funcionalidad que es la contención del fluido por el

sello para evitar contaminaciones ambientales y riesgo de accidentes industriales lo está realizando perfectamente hasta el momento octubre 2020.

figura 26 bomba con sello prensaestopas



Fuente:Autores.

figura 27 bomba con sello mecánico



Fuente: Autores.

4.2.5 Comparación sello mecánico con respecto sello prensaestopas. Se presenta un cuadro comparativo de los dos sellos instalados en las bombas de vertimiento de agua de producción a las piscinas de enfriamiento.

Tabla 9 Comparativo sello mecánico respecto al sello de prensaestopas

COMPARATIVO SELLO MECÁNICO RESPECTO AL SELLO DE PRENSAESTOPAS		
FACTORES	SELLO MECANICO	SELLO PRESEESTOPA
INTERVENCIÓN DE MANTENIMIENTO DE AJUSTE	El nuevo sello solo ha tenido una sola intervención por ajuste de perno	Tiene muchas intervenciones para mitigar la contención del fluido aumentando los costos
CAMBIO DE ELEMENTO	Hasta el momento no se ha cambiado ningún sello.	Durante el año se realiza muchos cambio de cordón de grafito incrementando los costó aunque sea económico
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL	Por perdida de contención es cero la contaminación, por disposición del sello después que sea retirado por cambio, este producto es chat arrizado para su reproceso	Por perdida de contención este sello no ha funcionado en este proceso, por disposicion de cambio los desecho son muy contaminantes y hay que darle un tratamiento especial
ACCIDENTE INDUSTRIAL	Como con este sello se mitigo totalmente la falla desaparece el riego de accidentes en el área por quemadura o caída a nivel	El riesgo industrial es permanente por la presencia de fluido contante en el área.

Fuente: Autores.

4.2.6 Costo de implementación del nuevo sello mecánico. El costo de implantación del nuevo sello mecánico de tipo 4610 en la bomba de prueba es la siguiente.

Tabla 10 costos reemplazo sello prensaestopas por sello mecánico

COSTO INTALACIÓN NUEVO SELLO			
INSTALACIÓN	CAJA	SELLO MECANICO TIPO 4610	TOTAL \$
12.000.000	4.500.000	2.600.000	19.100.000

Fuente: Autores

4.2.7 Comparación de costo de implementación del nuevo sello con la intervención del sello instalado. Obtenido los costó de la instalación del nuevo sello mecánico tipo 4610 con respecto al sello tipo prensaestopas instalado originalmente desde fabrica nos indica que la implementación es rentable desde el punto de visto económico y se logra mitigar la falla de contención de fluido.

figura 28 precio compra e instalación sello mecánico vs costos intervención ajuste prensaestopas



Fuente: Autores

Realizando un estudio comparativo en cuanto confiabilidad entregada por el sello mecánico y su costo inicial de compra e instalación versus el capital destinado en horas hombre, materiales y la disminución de capacidad de producción para poder realizar las continuas intervenciones de ajuste de sello prensaestopas; se obtiene un ahorro del 84% con la implementación de sellos mecánico 4610 en capital asignado a mantenimiento, además de ello, el impacto ambiental disminuye considerablemente y se elimina los riesgos de accidente por caídas y quemaduras del personal, como también mejora la imagen, orden y limpieza de la facilidad de producción.

5. MANTENIMIENTO PROPUESTO.

A raíz de la instalación del nuevo sello de prueba, es necesario para su preservación de vida útil y cumpla con su funcionalidad se propone lo siguiente.

5.1 INSPECCIÓN DIARIA.

El grupo de operadores continúa con las inspecciones en cada turno en la bomba, verificando succión y descarga totalmente abierta, verificar que este abierta la válvula de suministro de refrigeración al sello, ruidos anormales.

5.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Este mantenimiento lo realizará el grupo técnico de mantenimiento, se propone inicialmente por el primer mes verificar cada semana el estado de la línea de refrigeración que no se esté obstruyendo por presencia de partícula de crudo u otras partículas extrañas.

Después pasar esta revisión preventiva a realizarse mensual realizarlo por tres meses siguientes pasada la primera etapa de seguimiento, terminado este periodo sino se evidencia acumulación de crudo u otro elemento extraño que obstruya las líneas de suministro de refrigeración de fluido, igualmente solicitar al grupo de predictivo que realice una evaluación de vibraciones para garantizar el buen funcionamiento del mismo.

Superada las dos primeras etapas y con el diagnostico entregado por el grupo de predictivo si todo está dentro los parámetros normales, pasaremos a realizar mantenimiento preventivo trimestralmente para así minimizar el tiempo de intervención y bajar costos de mantenimiento.

Se plante documento de inspección y realización de tareas de mantenimiento preventivo según Anexo 1.

5.3. RECOMENDACIONES.

Durante el recorrido del trabajo que realizamos consultada las diferentes fuentes de apoyo técnico y tecnológico, un fabricante recomendó instalar un sello mecánico con un castillo de dos pernos, pero revisando las características del sello ya instalado nos ofrece mejor condiciones y además está funcionando en óptimas condiciones hasta el momento.

Durante el proceso de prueba del sello propuesto es importante continuar con las inspecciones diarias hasta determinar tiempos de mantenimiento preventivo, de ser posible hasta empalmar con los mantenimientos programados del conjunto bomba motor.

En caso de presentarse contaminación fortuita de parafinas de gas hacia las celdas de flotación donde se realiza la separación final de las natas de aceite y agua residual de proceso, se recomienda realizar revisión de la línea de refrigeración del sello mecánico para constatar que se encuentre libre de impurezas y así no afectar de manera prematura el correcto funcionamiento del sello.

CONCLUSIONES.

Terminado el desarrollo de la temática que propusimos para la mitigación de la falla en pérdida de contención por el sello tipo prensaestopas en las bombas de vertimiento de agua de producción a las piscinas nos da una buena perspectiva sobre la solución de la falla concluyendo que el sello tipo prensaestopas es muy económico en su compra inicial, pero queda en evidencia que por las continuas intervenciones de ajuste y reemplazo y por no cumplir con lo requerido su costo de funcionalidad es elevado.

El sello encontrado en el mercado por el grupo de mantenimiento fue un sello mecánico tipo 4610 que es aplicado para bombas horizontales y verticales, su principal característica es que ofrece una buena contención axial y radial.

Con la instalación de este nuevo sello se mitigó el impacto ambiental en el área por presencia de fluido y a la vez desaparece el riesgo de accidente industrial por quemadura y caída a nivel. Como también se eliminan los mantenimientos correctivos y paradas de las bombas, logrando con esto la operatividad de la planta a su capacidad instalada, con planificación de las intervenciones con paradas de planta según programación.

Un factor de alta importancia es que a pesar que el sello de tipo prensaestopas es más económico en su compra inicial, se demostró que con la implementación del sello mecánico tipo 4610 y puesta en marcha ha demostrado durante el periodo que lleva de prueba un ahorro del 84% por minimizar las intervenciones continuas por parte del grupo de mantenimiento.

Con la implementación de este nuevo sello nos está garantizando que los entes reguladores ambientales continúen con la vigencia de la autorización ambiental (ANLA)

BIBLIOGRAFÍA

BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2011.

Corporation ITT.(Abril 2019). ITT - Goulds Pumps Vertical Products Operation.Disponible en < www.gouldspumps.com >

GARCIA, Santiago. Organización y gestión integral de mantenimiento [en línea].(2003). Disponible en < <https://movilgmao.es/breve-historia-mantenimiento/>.> [citado 03 de octubre de 2020]

Gotera, Eddin. Mantenimiento [en línea].(2000). Disponible en < <https://www.monografias.com/trabajos13/mante/mante.shtml>>

IEEE, IEEE Guide for acceptance and maintenance of insulating oil in equipment. 2006

MACHETE, Eliana. Análisis del desempeño de dos sistemas de levantamiento artificial Bombeo electro sumergible y Bombeo Mecánico VSH utilizados en el campo Caño Limón. UIS, Trabajo de Grado. 2007

Ramirez, Jose. Historia y evolucion del mantenimiento industrial [en línea].(2014). Disponible en <<http://www.igm.mex.tl/images/5147/Historia%20y%20evolucion%20del%20mantto.pdf>>

Wikipedia. (7 de diciembre de 2019).Terotecnologia. Disponible en
<<https://es.wikipedia.org/wiki/Terotecnolog%C3%ADa>>

ANEXOS

Anexo 1 Rutina de mantenimiento preventivo sellos mecánicos



RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SELLO MECÁNICO BOMBAS DE VERTIMIENTO

1. PROPOSITO:

El objetivo de esta rutina es ejecutar el mantenimiento preventivo del sello mecánico de las bombas verticales de vertimiento de aguas de producción, comprobando el correcto funcionamiento, y realizando revisión y reparación del sello si es necesario:

2. ACCIONES PREVIAS AL MANTENIMIENTO

Requerimientos	Observaciones
Clase de permiso:	Mecánico en frío
Herramientas necesarias para la actividad:	Caja de herramientas para mecánico Limpiador de herrumbre. Candados. Tarjetas de bloqueo. Conos / cinta de señalización.
Procedimientos a utilizar:	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento HES de aislamiento eléctrico, mecánico y etiquetado de equipos, • Procedimiento para realizar prueba de medición de aislamiento. • Procedimiento de señalización
Información adicional:	Manuales, planos, formatos de revisión de equipos y herramientas, MSDS de productos químicos a utilizar.
Personal Requerido:	Dos (2) Técnicos mecánicos.
Tiempo de ejecución de la labor:	Entre 4 y 8 horas hombre
Condiciones especiales:	Verificar correcto funcionamiento del equipo a intervenir antes de iniciar el mantenimiento-
Restricciones:	Condiciones climáticas (lluvia).
Otros:	Diligenciar panorama de peligros y riesgos

3. ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL:

TIPO DE PROTECCIÓN	EPP
Protección cabeza	Casco de seguridad Tipo I Clase E-ANSI Z89-1
Protección visual	Gafas de seguridad ANSI Z87-1
Protección auditiva	Protectores auditivos moldeables / Peltor
Protección extremidades superiores	Guantes de vaqueta
Protección extremidades inferiores	Botas de seguridad dieléctricas ANSI Z41, con suela antideslizante



4. REALICE LA SIGUIENTE INSPECCION ANTES DE INICIAR:

SI	NO	N/A	
			Diligenciar el respectivo permiso de trabajo.
			Coordinar con coordinador del area
			Toda la información necesaria para la ejecución del trabajo está en el sitio.
			Siga al pie de la letra los procedimientos a aplicar según permiso de trabajo asociado.
			Los equipos de protección y contra incendio están disponibles para su uso
			La cuadrilla de trabajo y su supervisión está completa y lista para el trabajo.
			Todas las personas que intervienen tienen sus elementos de protección personal y los utilizan.
			Todos los materiales necesarios están identificados y disponibles en el sitio. Antes de desmontar cualquier parte para cambio asegúrese que haya el repuesto disponible
			La señalización del área es la adecuada para este tipo de trabajo (cintas, soportes, letreros, indicaciones).
			No fumar.
			Dé el manejo adecuado y recomendado a los consumibles y materiales
			Verificar la disponibilidad de la bomba de respaldo para minimizar costo por perdida de producción.
			Verificar la válvula succión de la bomba este 100% abierta.
			Verificar la válvula descarga de la bomba este 100% abierta.
			Verificar la válvula de suministro de fluido refrigeración al sello de la bomba este 100% abierta.
			Verificar si hay presencia de fluido alrededor del castillo del sello
			Verificar si hay ruido anormales, si lo hay reportarlo de inmediato al personal de predictivo para que verifique vibraciones y temperatura

5. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO:

SI	NO	N/A	
			Dar arranque a la bomba de respaldo.
			Parar la bomba que se va a intervenir, verificar la línea de suministro de refrigeración y verificación del estado del sello. Y realizar bloqueo según el procedimiento de seguridad incluyendo aislamiento y bloqueo eléctrico del motor
			Cerrar la válvula de la descarga de la bomba y bloquear con candado y tarjeta no operar.
			Cerrar la válvula de la succión de la bomba y bloquear con candado y tarjeta no operar.
			Cerrar la válvula de la línea de suministro de flujo de refrigeración al sello y bloquear con tarjeta no operar y candado.



			Retirar línea de suministro de refrigeración del sello de la bomba
			Realizar lavado y verificar que la línea no está obstruida
			Verificar tobera de ingreso de fluido de refrigeración en el sello si hay presencia de parafinas o cuerpos extraños si hay desmontar el sello y realizar limpieza.
			Verificar estado general del sello, desgaste, deformación, reemplace de ser necesario

[SI]: Si el trabajo fue realizado

[NO]: Si el trabajo no fue realizado, en el campo observaciones describa la razón del por qué.

[N/A]: Si el trabajo no aplica, en el campo observaciones describa la razón del por qué.

6. ACTIVIDADES DE REPOSICIÓN:

			Si fue necesario el retiro el sello mecánico proceder a instalarlo nuevamente
			Instalar línea de suministro de refrigeración al sello .
			Retirar aislamiento y abrir la válvula de suministro de fluido de refrigeración al sello y verificar ausencia de fugas
			Retirar aislamiento de succión y descarga, abrir válvulas al 100% y verificar si hay presencia de fuga en el sello .
			Habilitar el motor y arrancar la bomba
			Verificar fuga en el sello, y condiciones de refrigeración .

• Observaciones y/o Recomendaciones

Anote aquí todas las reparaciones y/o cambios de componentes realizados

6. OTROS:

Al terminar los trabajos asegúrese que se cumpla lo siguiente.

1. Deje el sitio de trabajo en condiciones de orden y aseo óptimas.
2. Coloque tarjeta al equipo indicando: Fecha, nombre del técnico que efectuó la rutina y demás observaciones que considere convenientes.
3. Antes de entregar el equipo, verificar que se ha dado el correcto ajuste a toda la tornillería intervenida durante la rutina. Todas las cajas deben quedar con la tornillería completa y ajustada adecuadamente.
4. Los equipos que se intervinieron han quedado disponibles para su operación, en caso contrario señalice el estado en el que se encuentran, garantizando que todas las condiciones de seguridad e integridad se cumplan. Haga que el encargado de la operación registre el evento, así como el estado en que se entregan los equipos.

5. Devuelva los sobrantes siguiendo los procedimientos pre-establecidos (manejo, disposición, devolución, destrucción).

Fecha

PO

Ejecutante del trabajo

Ejecutante del trabajo

Coordinador Mantenimiento

Supervisor mantenimiento

Anexo 2 Licencia ambiental Occidental de Colombia



Libertad y Orden
República de Colombia
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA - RESOLUCIÓN N° 01185 (27 de septiembre de 2017)

“Por la cual se declara la cesación de un procedimiento sancionatorio ambiental”

LA DIRECTORA GENERAL DE LA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA-

En cumplimiento de lo establecido en la Ley 1333 de 2009, de las funciones conferidas por el Decreto-Ley 3573 del 27 de septiembre de 2011, por la Resolución No. 0843 de 8 de mayo de 2017, y

CONSIDERANDO:

ANTECEDENTES

Que mediante Resolución No. 0124 del 06 de febrero de 1990 el INDERENA, otorgó a la empresa OCCIDENTAL DE COLOMBIA INC. - OXY, licencia de viabilidad ambiental a la actividad de Explotación Petrolera en el Campo Caño Limón y su área de influencia directa en la intendencia de Arauca (hoy departamento de Arauca).

Que mediante Resolución No.0206 del 11 de abril de 1993 el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ordenó revisar la Licencia Ambiental otorgada mediante Resolución No. 0124 del 06 de febrero de 1990.

Que contra la anterior resolución se interpuso un recurso de reposición el cual fue resuelto mediante Resolución No. 0685 del 30 de agosto de 1993.

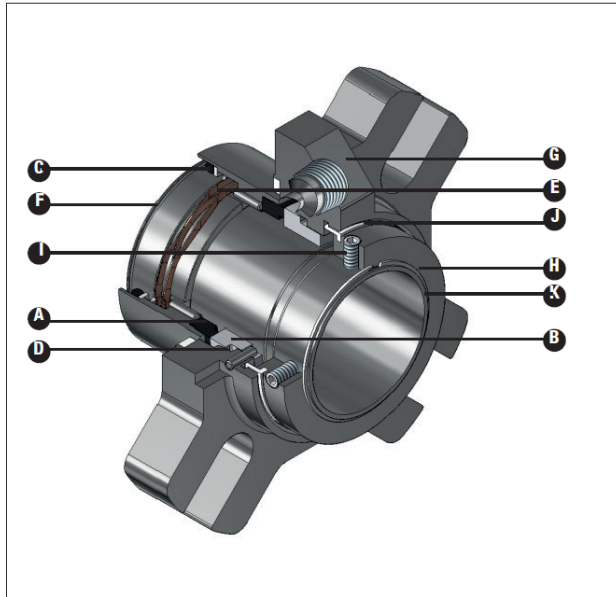
Que mediante Resolución N0.0627 del 04 de agosto de 1999 el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, modificó el inciso 2 del Artículo Tercero de la Resolución No. 0206 del 11 de abril de 1993 y el Artículo Tercero del Auto No. 476 del 25 de julio de 1995 en el sentido de ampliar el plazo concedido en dichas providencias a la empresa OCCIDENTAL DE COLOMBIA INC. - OXY, hasta el mes de diciembre del año 2002 para hacer entrega de las 500 has reforestadas exigidas mediante Auto No. 476 del 25 de julio de 1995.

Que mediante Resolución No. 0186 del 21 de febrero de 2003 el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, actualizó y ajustó las medidas ambientales presentadas por la empresa OCCIDENTAL DE COLOMBIA INC - OXY, para el Campo Caño Limón, localizado en jurisdicción del departamento de Arauca.

Que mediante Resolución No. 1441 del 18 de julio de 2011 el hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se ordenó el cambio de Razón Social del titular de las Licencias Ambientales otorgadas a la empresa OCCIDENTAL DE COLOMBIA INC., mediante las Resoluciones No. 0124 del 06 de febrero de 1990, No. 1024 del 9 de noviembre de 2001, No. 0157 del 26 de enero de 2006, No. 2078 del 15 de diciembre de 2005, No. 0616 del 5 de junio de 2003 y No. 1322 del 16 de noviembre de 2004, y los actos administrativos que de ellas se derivan, que para el efecto en adelante será la empresa OCCIDENTAL DE COLOMBIA LLC.

john crane **TYPE 4610/4620P**
 SINGLE AND DUAL COMPACT CARTRIDGE O-RING PUSHER SEALS
 Technical Specification

- A - Face/Primary Ring Ass'y
- B - Seat/Mating Ring
- C - Dynamic O-Ring
- D - Static O-Ring
- E - Nonclogging Wave Spring
- F - Sleeve
- G - Gland
- H - Collar
- I - Set Screws
- J - Centralizing Spacer Ring
- K - Retaining Ring



4610 shown

Product Description

The 4600 series cartridge seal is the complete, affordable and off-the-shelf sealing solution for industrial liquid applications.

Type 4600 series meets key industry pump standards, and is designed to permit use in rotating shaft equipment including ANSI/DIN pumps, close-coupled pumps, vertical pumps, and similar rotating shaft equipment.

Typical Applications

- Water and wastewater
- Pulp and paper
- Power generation
- Chemical
- Food and beverage
- Pharmaceutical
- Mining
- Steel production
- General industrial

Design Features

- Single and Dual O-ring Pusher Design
- Optimized running face design
- Non-clogging, crest-to-crest wave spring
- Pre-assembled unique centralizing spacer ring does not require removal before equipment startup
- Compact cartridge design
- Dual arrangement design can operate as tandem (unpressurized) or double (pressurized)
- Dual seal sleeve offers standard pumping vanes which improve flow and cooling
- Robust pin drive mechanism for both primary and mating ring