



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA
LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA
PRESTACIÓN DE SERVICIOS PETROLEROS.**

Trabajo de titulación bajo la modalidad de Propuesta Metodológica previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Autor

Villamarín Torres Melany Estefanía

Tutor

MSc. Morán Navarrete Andrés
Eduardo

QUITO – ECUADOR

2021

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Villamarín Torres Melany Estefanía, declaro ser autora del Trabajo de Titulación con el nombre “PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PETROLEROS.”, como requisito para optar al grado de INGENIERA INDUSTRIAL y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 17 días del mes de marzo de 2021, firmo conforme:

Autor: Villamarín Torres Melany

Firma: 

Número de Cédula: 1724804719

Dirección: Pichincha, Quito, San Antonio

Correo Electrónico: melany.villamarint@gmail.com

Teléfono: 593 996004034

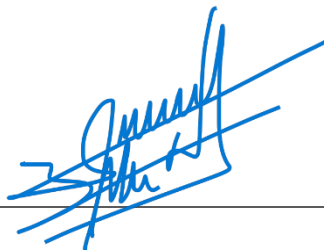
APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PETROLEROS.”, presentado por Villamarín Torres Melany Estefanía, para optar por el Título de Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 17 de marzo del 2021

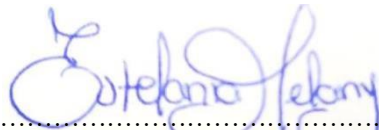


MSc. Morán Navarrete Andrés Eduardo

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos, personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 17 de marzo del 2021



Villamarín Torres Melany Estefanía

CI: 1724804719

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN UNA EMPRESA DEDICADA A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PETROLEROS., previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 17 de marzo del 2021



Ing. Gerardo Arteaga, M.Sc

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Paul Remache, M.Sc
VOCAL 1



Ing. Jorge Lema, M.Sc
VOCAL 2

DEDICATORIA

Esta meta culminada, conlleva mucho esfuerzo y dedicación, pero sobre todo apoyo, motivación, amor y recursos; por ello dedico este trabajo a mi padre y a mi madre que estuvieron junto a mí de manera incondicional en cada etapa de este proceso, es un privilegio tenerlos a mi lado.

A mi hermano, quien siempre ha sido inspiración y luz en mi vida.

AGRADECIMIENTO

Infinitas gracias a todos los docentes que me brindaron sus conocimientos a lo largo de mi formación académica.

A la Universidad Tecnológica Indoamérica por cada experiencia adquirida.

Gracias a la complicidad, compañerismo, empatía y cariño que compartimos cada día amiga.

Pero sobre todo gracias a Dios por permitirme llegar al último peldaño de este sueño.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	3
JUSTIFICACIÓN	5
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
CAPÍTULO II INGENIERÍA DEL PROYECTO	7
Diagnóstico de la situación actual de la empresa.....	7
Área de estudio	11
Modelo operativo	12
CAPÍTULO III	14
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS.....	14
Presentación de la propuesta.....	14
Listado de equipos – ISO 14224:2016	15
Análisis de Criticidad.....	16
Método de los puntos	17
Procedimiento	17
Análisis de Criticidad Scraper	19
Modelo Operativo	20
Análisis de Disponibilidad.....	22
Análisis y Modos de Fallos.....	23
Descripción Modo de Fallo	26
Descripción Modo de Fallo	26
Tareas de Mantenimiento	30
Frecuencia de las Tareas de Mantenimiento.....	31
Agrupación de Tareas de Mantenimiento.....	32
Modelo Propuesto: Ficha de Equipo Scraper.....	35
Modelo Propuesto: Ficha de Equipo Cepillo.....	36
Modelo Propuesto: Ficha de Equipo Cross Over.....	37
Modelo Propuesto: Ficha de Equipo Motores	38
Cronograma de Actividades	39
CAPÍTULO IV	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
Recomendaciones	40
BIBLIOGRAFÍA	41
ANEXOS.....	42

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Número de veces que se utilizó cada herramienta (Sep.2019 – Feb.2020).....	9
Tabla 2. Cantidad de averías en las herramientas (Sep.2019 – Feb.2020).....	10
Tabla 3. Parámetros de jerarquización, ISO 14224:2016.....	16
Tabla 4. Ponderación Frecuencia de Fallas	18
Tabla 5. Ponderación Impacto Operacional	18
Tabla 6. Flexibilidad Operacional.....	18
Tabla 7. Costos de Mantenimiento	18
Tabla 8. Impacto Seguridad y Medio Ambiente	18
Tabla 9. Análisis de Criticidad Scraper.....	20
Tabla 10. Niveles de Criticidad	20
Tabla 11. Operatividad de las herramientas en horas.....	22
Tabla 12. Clasificación de tipos de fallos.....	30
Tabla 13. Rutas de Mantenimiento.	33
Tabla 14. Gamas de Mantenimiento.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Líneas de servicio.....	7
Figura 2. Diagrama de modelo operativo.....	12
Figura 3. Modelo operativo aplicable.	21
Figura 4. Esquema Scraper.....	24
Figura 5. Esquema Cepillo	25
Figura 6. Esquema Crossover.....	26
Figura 7. Conexiones crossover pin / box.	27
Figura 8. Esquema motor de fondo.....	28
Figura 9. Ficha Scraper	35
Figura 10. Ficha Cepillo.....	36
Figura 11. Ficha Cross Over.....	37
Figura 12. Ficha Motores	38

ANEXOS

Anexo 1. Codificación Actual de la empresa.	42
Anexo 2. Cantidad de veces que se usaron las herramientas, por mes.....	46
Anexo 3. Notificaciones de Alerta.....	49
Anexo 4. Análisis de criticidad.....	52
Anexo 5. Cotización para Mantenimiento.....	55
Anexo 6. Disponibilidad por Flujograma.....	56
Anexo 7. Modos de Fallos y Fallos	57
Anexo 8. Modos de Fallos y Fallos	58
Anexo 9. Formatos gamas y rutas.....	59

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Con el transcurso del tiempo y sobre todo en el proceso industrial a finales del siglo XIX es que se consolida de mejor manera el mantenimiento, aquí se desarrollaron dos fases; la primera, cuando las máquinas eran reparadas por sus propios operarios y la segunda, donde las máquinas ya eran más complejas; por ende, sus tareas de mantenimiento requerían mayor tiempo, esfuerzo y precisión; es así que se crean las primeras áreas de mantenimiento en las empresas; lógicamente su función se centraba en tareas de mantenimiento correctivas. (Álvarez, 2018)

En el siglo XX el mantenimiento toma un nuevo rumbo enfocado en la fiabilidad, es decir se busca no únicamente solucionar las fallas presentes en los equipos sino más bien prevenirlas. Esta implementación está vinculada a otro tipo de personal; no solo al operario de cada máquina; la principal función de prevenir las fallas es estudiar las tareas de mantenimiento que se deben realizar para evitar averías y dicha función obviamente requiere presupuesto adicional. La primera industria involucrada con el mantenimiento fue la industria de transportes. (Campos, 2019)

En la actualidad a nivel mundial el mantenimiento se maneja de una manera diferente, ahora está altamente relacionado con el factor tiempo, pues se trata de que el equipo en reparación se encuentre el menor tiempo posible; de igual manera que el mismo equipo tenga un período de tiempo de vida útil lo más extenso posible; generando así operaciones seguras, económicas, continuas y con alta estabilidad. (Ossa, 2019)

Existe una amplitud de campos en los que el término mantenimiento se puede aplicar; así como también existen varios tipos o modelos de mantenimiento acorde a las necesidades empresariales o a su vez del nivel de criticidad de los equipos; con un adecuado mantenimiento; una empresa puede trabajar en óptimas condiciones, con un alto rendimiento y un mínimo coste en reparaciones.

Los equipos y herramientas de una empresa son uno de los pilares de la eficiencia y agilidad de una empresa; cualquier falla por mínima que sea puede alterar su operatividad, por ende, la implementación de un Plan de Mantenimiento para cualquier organización es una oportunidad de mejora. (Gonzales, Data Scope, 2021)

ANTECEDENTES

La empresa en mención es una compañía líder de tecnología en posicionamiento de pozos para la industria global de petróleo y gas, ubicada en el mercado energético por mayor precisión y confiabilidad en registros. Su casa matriz se encuentra en Houston, Estados Unidos, con sus respectivas extensiones en LAM (América Latina).

En Ecuador está ubicada en dos ciudades; Quito su parte administrativa y en Francisco de Orellana con la parte operativa denominada “Base de Operaciones”. La empresa consolidada en Ecuador se encarga de la “Prestación de Servicios Petroleros”, dentro de la cual se manejan diferentes servicios según los requerimientos del cliente.

Generalmente en la Base como tal, se realizan actividades operativas de baja escala, es decir es ahí donde se preparan los equipos, herramientas y unidades móviles necesarias para los diferentes servicios de prestación que se llevan a cabo en los taladros de perforación de las empresas con las que trabaja en toda la región amazónica.

Es de gran importancia que la indumentaria que se alquila e incluso la que se usa por el mismo personal de la empresa con sus clientes, se encuentre en perfecto estado, ya que una avería de cualquier herramienta o equipo usado durante una perforación de un pozo petrolero, generaría consecuencias de pérdida en varios aspectos.

Para evitar cualquier tipo de inconveniente es necesario se realice un mantenimiento adecuado a cada equipo, herramienta y unidad móvil en la empresa.

Gran parte de las herramientas y equipos que llegan a Ecuador son manufacturados por la Compañía; por lo tanto, su mantenimiento se gestiona en casa matriz.

Si una herramienta de la Línea Direccional o de Registros presenta una avería, falla, etc., inmediatamente se reporta y dependiendo de la gravedad, se retorna la herramienta a Estados Unidos para ser reparada.

De no ser posible el traslado de la herramienta a Houston; un técnico especialista viene a repararla debido a que no se dispone de técnicos especialistas en mantenimiento para ese tipo de herramientas.

En cuanto a la Línea de Cased Hole, sus herramientas y equipos no son manufacturados por la empresa; para la gestión del mantenimiento, no existe personal a cargo, ni un procedimiento establecido en caso de presentarse alguna avería.

No se dispone de formatos de control, históricos de averías o tareas de mantenimiento preventivo.

Únicamente se envía las herramientas al proveedor cuando presentan daños que impiden el normal funcionamiento de las mismas.

JUSTIFICACIÓN

“PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LOS EQUIPOS CRÍTICOS EN UNA EMPRESA QUE SE DEDICA A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS PETROLEROS”, desempeña un papel importante en el resultado de la compañía ya que el buen funcionamiento de los equipos y su gestión de mantenimiento debe ser primordial para cualquier planta.

Es trascendental dentro de la empresa en mención, debido a que actualmente se maneja un mantenimiento muy general a los equipos; y al implementar un modelo de mantenimiento para cada uno; con un alto índice de criticidad está acorde a las diferentes necesidades que poseen. Para que el personal de mantenimiento pueda desempeñar sus funciones de una manera adecuada es de gran utilidad se disponga de una base de datos inicial y una ficha técnica para cada equipo con su respectivo análisis.

Al ser una empresa que presta servicios, el beneficio de la propuesta sería para la compañía tanto como para los clientes que requieren sus servicios, tomando en cuenta que, al asignar tareas de mantenimiento correctas a los equipos más significativos, se puede suponer un mejor rendimiento.

La empresa está dispuesta a brindar las facilidades correspondientes y la información que se requiera para el desarrollo de la propuesta, al ser así, la factibilidad de la misma es posible.

Objetivo general

Realizar un plan de mantenimiento para los equipos que presenten un mayor índice de criticidad en la empresa en mención; a través de un diagnóstico inicial y preciso, para mejorar los niveles de disponibilidad de los equipos.

Objetivos específicos

- Identificar el estado actual de las tareas de mantenimiento que se ejecutan en la empresa, mediante la recopilación de información de cada equipo con sus respectivos históricos de averías, para generar una base de datos actualizada.
- Elaborar un análisis de criticidad, tomando en cuenta los criterios influentes en la empresa; para así establecer el nivel de importancia que presenta cada equipo.
- Asignar un modelo de mantenimiento adecuado a cada equipo catalogado como prioritario, con una distinción de aspectos complementarios, para implementar una ficha de equipo individual y formatos de control que respalden gamas y rutas.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de la empresa

El área de mantenimiento desarrolla sus actividades en la “Base de Operaciones”, donde actualmente trabaja con las siguientes líneas de servicio:

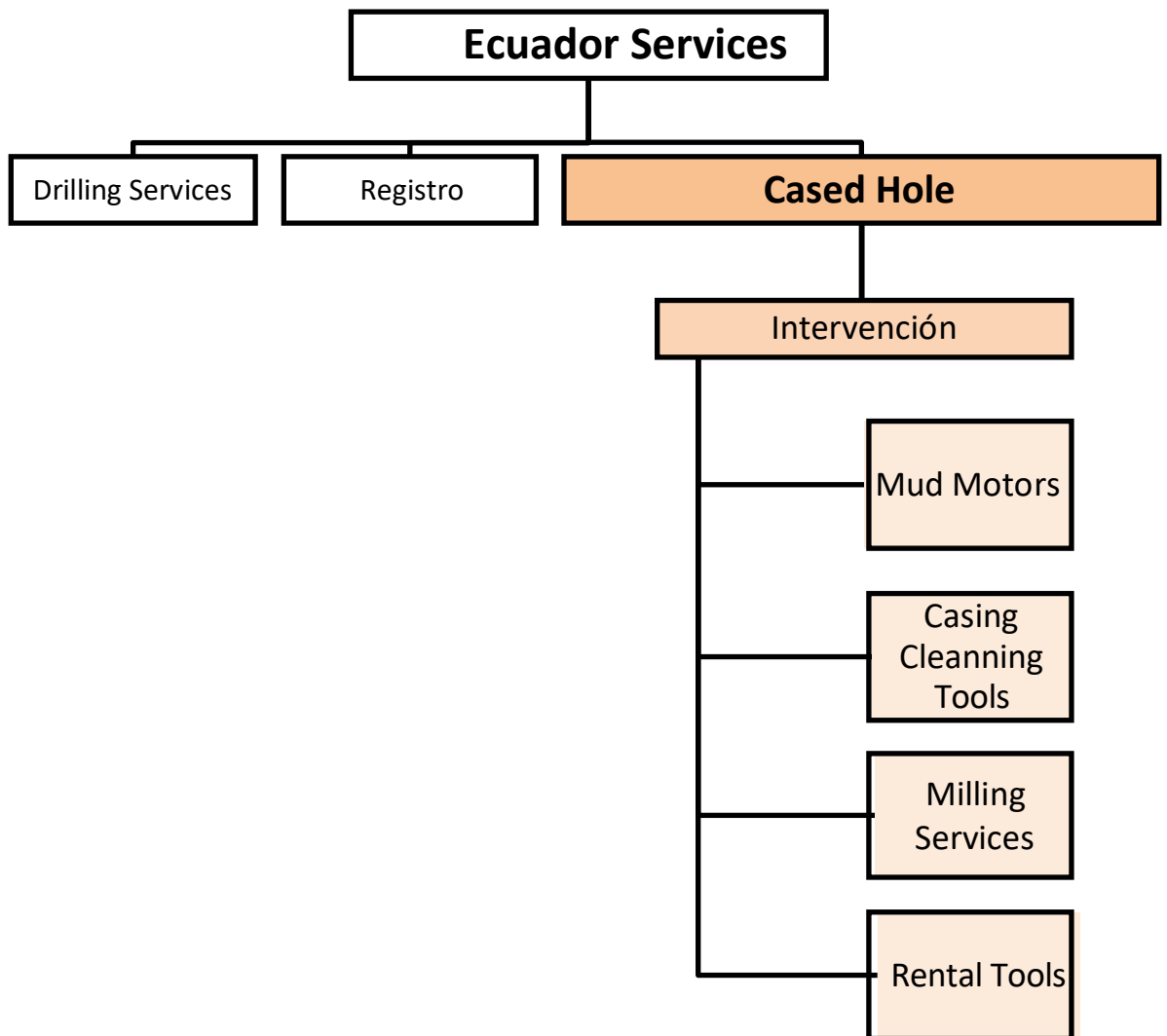


Figura 1. Líneas de servicio.

Fuente: Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

Elaborado por: El investigador.

Como se muestra en la **Figura 1**, la empresa ofrece 3 tipos de servicios; la línea de Drilling Services, encargada de perforación direccional de pozos; la línea de Registros, que tiene como objetivo buscar yacimientos hidrocarburíferos y finalmente la línea de Cased Hole, español se refiere a agujero revestido.

“Los servicios de pozo entubado permiten asegurar la integridad tanto del pozo, como de su yacimiento para optimizar la producción del activo.” (PetroAlianza, 2021).

La empresa radicada actualmente en Ecuador, tiene su casa matriz en Estados Unidos; gran parte de las herramientas y equipos que llegan a Ecuador son manufacturados por la Compañía; por lo tanto, su mantenimiento se gestiona en casa matriz; es decir si una herramienta de la Línea Direccional o de Registros presenta una avería, falla, etc. Inmediatamente se reporta y dependiendo la gravedad, se retorna la herramienta a Estados Unidos para ser reparada o a su vez un técnico especialista viene a repararla debido a que no se dispone de técnicos especialistas en mantenimiento para ese tipo de herramientas.

En cuanto a la Línea de Cased Hole, sus herramientas y equipos no son manufacturados por la empresa, y su gestión de mantenimiento para las herramientas de la línea de servicios en mención actualmente requiere un análisis previo a la implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad.

Como premisa se verificó la información y registros disponibles, partiendo desde el inventario de las herramientas.

La empresa actualmente maneja un inventario ordenado y detallado de las herramientas en Stock, donde especifica diámetros, pines de conexión (ambos en pulgadas) y número de serial, mismo que es usado como codificación para cada herramienta. **Ver Anexo 1.**

Por consiguiente se determinó el tipo de mantenimiento que se aplica en las herramientas y los registros en caso de averías en el periodo Sep.2019 – Feb.2020; generalmente se manejan mantenimientos de tipo preventivo y correctivo, sin embargo como dichas averías ocurren en campo o durante una corrida, para evitar detener operaciones el personal no maneja un registro físico o digital cuando esto sucede, simplemente se soluciona en el momento, se continúa con el trabajo y posteriormente con el retorno de las herramientas a la base para una inspección visual y/o posible

notificación al Jefe de Base, para enviar la herramienta a reparar o solicitar soporte al proveedor.

El conjunto de herramientas que se utilizan en la línea de cased hole y la frecuencia de uso de cada una de ellas, se describe en un diagrama preliminar, del cual se puede partir para contabilizar el número de veces al mes que las herramientas realizaron un trabajo.

Ver Anexo 2.

Tabla 1. Número de veces que se utilizó cada herramienta (Sep.2019 – Feb.2020).

	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	Total
CEPILLO	36	38	52	52	36	34	248
CROSS OVER	43	35	55	52	36	36	257
JUNK BASKET	32	38	50	48	36	32	236
JUNK MILL	0	0	0	2	0	0	2
MAGNET O	36	38	52	52	36	34	248
MOTOR	3	0	1	0	0	1	5
SCARPER	36	38	52	52	36	34	248

Fuente: Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

Elaborado por: El investigador.

En la **Tabla 1.** Se puede apreciar el número de veces que las herramientas para Cased Hole fueron utilizadas mes a mes y su total en el periodo evaluado.

A partir de este consolidado semestral y con el registro mensual de las “notificaciones de alerta” Ver **Anexo 3.** que registra el personal por cada trabajo en campo, es posible tener un valor estimado de fallas en las herramientas utilizadas.

A continuación, en la **Tabla 2.** Se muestra la cantidad de fallas que tuvieron las herramientas mes a mes y su total en el periodo evaluado.

Tabla 2. Cantidad de averías en las herramientas (Sep.2019 – Feb.2020).

	sep-19	oct-19	nov-19	dic-19	ene-20	feb-20	Total
CEPILLO	0	2	0	0	1	0	3
CROSS OVER	0	0	0	0	0	1	1
JUN K BASKET	0	0	0	0	0	0	0
JUNK MILL	0	0	0	0	0	0	0
MAGNETO	0	0	0	0	0	0	0
MOTOR	1	0	0	0	0	0	1
SCARPER	1	0	0	0	0	0	1

Fuente: Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

Elaborado por: El investigador

Área de estudio

Dominio: Sociedad y empresa

Línea de Investigación: Empresarial y productividad

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Mantenimiento

Aspecto: Mantenimiento basado en la confiabilidad

Objeto de estudio: Línea de Cased Hole, empresa de servicios petroleros.

Periodo de análisis: septiembre 2019 - marzo 2020

Modelo operativo

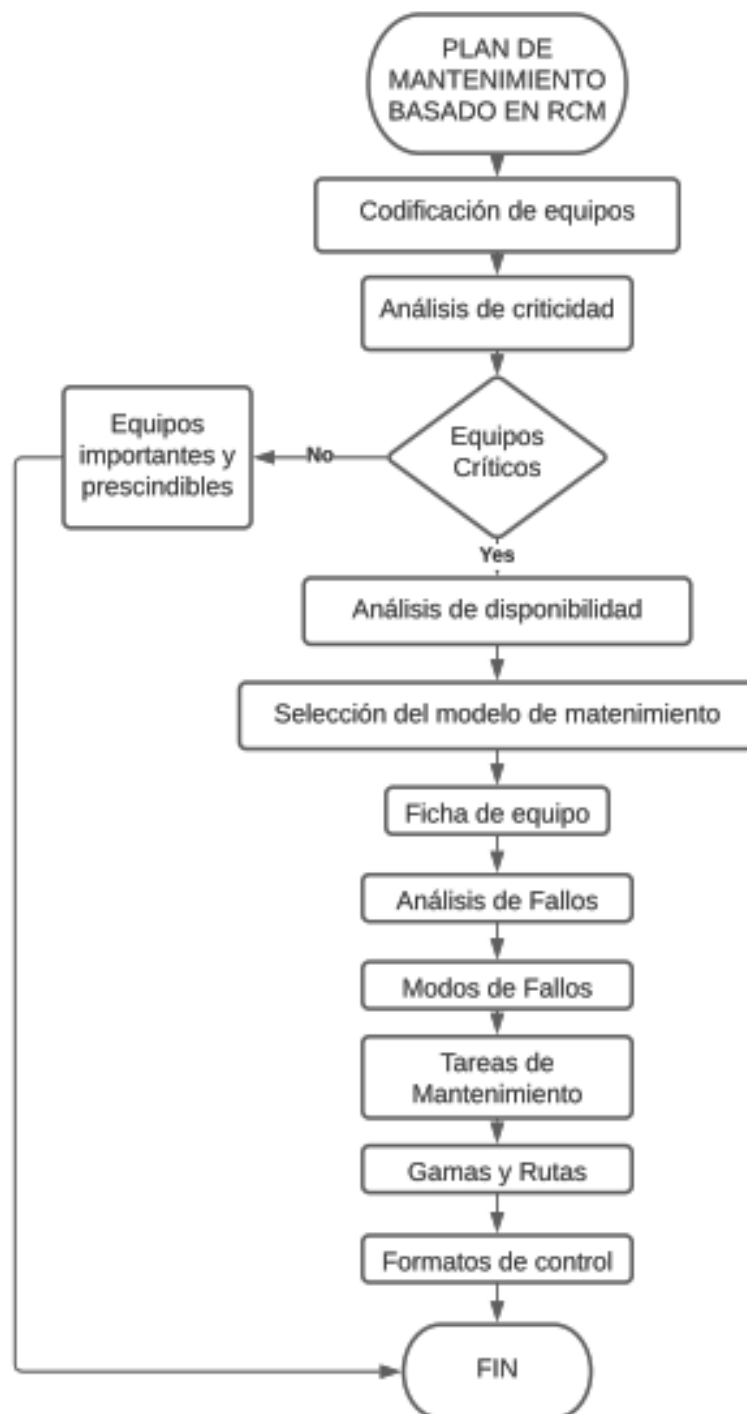


Figura 2. Diagrama de modelo operativo

Fuente: El investigador.

Elaborado por: El investigador

La **Figura 2.** Hace referencia a la secuencia para la elaboración del Plan de mantenimiento basado en RCM.

Es indispensable plantear una fase inicial enfocada en los equipos de la empresa para ello se requiere:

- Lista de equipos
- Codificación de equipos
- Análisis de Criticidad

Para el análisis de criticidad se debe elaborar una matriz que contemple los parámetros más relevantes en la empresa estos pueden ser producción, calidad, seguridad, entre otros.

A partir de la fase inicial se puede desarrollar una fase secundaria, donde intervienen los modelos de mantenimiento, mismos que pueden ser asignados siempre y cuando se haya efectuado un análisis de disponibilidad a cada equipo, al conocer su disponibilidad se puede asignar a cada uno de ellos un modelo de mantenimiento adecuado. Una vez asignado el modelo de mantenimiento se procede a realizar una ficha técnica para cada equipo con los datos obtenidos en la fase inicial y secundaria.

Para concluir con la fase final es necesario determinar los posibles fallos en cada equipo y clasificarlos según corresponda, posterior a ello la gestión de tareas para gamas y rutas, lógicamente con su adecuada planificación es el cierre del plan de mantenimiento

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Presentación de la propuesta

La línea de Cased Hole en los últimos seis meses ha estado operativa casi a diario; por ello es imprescindible el desarrollo e implementación de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad; acorde a la situación de trabajo que maneja la línea en mención.

Como prestación de servicios, a la empresa se le dificulta manejar una planificación periódica de las herramientas a utilizar debido a que los contratos se van generando en el transcurso del año y de cierto modo intempestivamente; afectando directamente a la gestión de mantenimiento para las herramientas de limpieza y el cumplimiento con el cliente.

Sin embargo, esta investigación es elaborada con el fin de manejar un mantenimiento (RCM) a partir de una categorización de equipos, asignación de fallos y modos de fallo, asignación de tareas de mantenimiento para cada herramienta crítica y las frecuencias para realizar dichas tareas.

Finalmente se realizará la agrupación de tareas de mantenimiento en gamas y rutas.

Listado de equipos – ISO 14224:2016

La norma ISO 14224 se generó a través de la industria petrolera, con la finalidad de alcanzar confiabilidad en sus datos de mantenimiento en todas las áreas.

La implementación de esta norma en la gestión del mantenimiento en una empresa se enfoca en garantizar la calidad, a partir de una jerarquización, empezando con la Taxonomía de los equipos.

ISO 14224: 2016 establece a manera de directriz los datos a ser recopilados para constituir un lenguaje de confiabilidad. En el Anexo A, la normativa categoriza la recolección de datos de la siguiente manera:

- datos del equipo, por ejemplo, taxonomía del equipo, atributos del equipo;
- datos de falla, por ejemplo, causa de falla, consecuencia de falla;
- datos de mantenimiento, por ejemplo, acción de mantenimiento, recursos utilizados, consecuencia del mantenimiento, tiempo de inactividad

El término taxonomía aparece por primera vez en la edición ISO 14224:1999, donde es definida como “clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios de estos ítems”. (ISO.ORG, 2016)

En la **Tabla 3**. Se visualiza los dos grupos de división en función de niveles taxonómicos; el primer grupo denominado localización hace referencia a la ubicación de la herramienta a partir del tipo de Industria, Servicio, Instalación, Planta y Sistema.

El segundo grupo establece una subdivisión de equipos; Clasificación, Subsistema, Componente y Parte.

Tabla 3. Parámetros de jerarquización, ISO 14224:2016

	NIVEL	DESCRIPCIÓN	DEFINICIÓN	DATOS
LOCALIZACIÓN	1	Industria	Clase de Industria	Petrolera
	2	Categoría	Clase de Negocio	Prestación de Servicios Petroleros
	3	Categoría de instalación	Clase de Facilidad	Completación
	4	Planta	Clase de Planta	Base de Operaciones
	5	Sección o Sistema	Sección principal	Cased Hole
SUBDIVISIÓN	6	Clasificación	Clasificación de similares	BHA
	7	Subsistema	Subsistema del equipo	Clean Tools.
	8	Componente	Partes que conforman el equipo	N/A
	9	Parte	Pieza o repuesto	(Opcional)

Fuente: ISO 14224:2016 - Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

Elaborado por: El investigador

A partir del árbol de equipos se procede elaborar una lista por tipo, y establecer su codificación de manera que se aplique lo descrito en la taxonomía anterior. **Ver Anexo 1**

Análisis de Criticidad

Metodología de análisis de riesgo que permite establecer la criticidad de los Instalaciones, Sistemas, Equipos y Dispositivos (ISED). A partir de la frecuencia de falla, y enfoque en seguridad, higiene, ambiente, calidad y/o producción. (YAÑEZ M, 2018)

Método de los puntos

La metodología de los puntos, para análisis de criticidad se origina en la década de los 90 con la intención de mejorar la confiabilidad de los procesos productivos en la industria petrolera.

El enfoque principal de esta metodología es valorar los rangos de Frecuencia de Fallas y Consecuencia, en puntos brindando una mejor apreciación que otros métodos como Norzok Z-008. (Daquinta A, 2018)

Para establecer los quipos críticos en la Línea de Servicios Cased Hole, se realizó un análisis de criticidad denominado “Método de los Puntos”, que abarca criterios referentes a impactos ambientales y de producción; tiempos, seguridad, costos y frecuencias; con ponderaciones para cada criterio.

La criticidad de las herramientas se genera con el producto de la Frecuencia de Fallas y la Consecuencia; está última a su vez es el resultado del producto de Impacto Operacional y Flexibilidad, sumados a Costos de Mantenimiento y Costos de Seguridad y Medio Ambiente.

Si los resultados son superiores a 45, se denomina como “*Equipo crítico. – Si su avería afecta significativamente a los resultados de la empresa.*” (Garrido, 2010) Al realizar el análisis de criticidad a las herramientas de la Línea de Cased Hole se obtuvo un total de 96 críticos, entre Scrapers, Cepillos, Motores y Crossover. **Ver Anexo 4.**

Procedimiento

En las tablas **4, 5, 6, 7 y 8** se describen los aspectos a analizar y sus respectivas ponderaciones.

Tabla 4. Ponderación Frecuencia de Fallas

<u>Frecuencia de Fallas</u>	<u>Calificación</u>
Más de 2 fallas al año	4
2 fallas al año	3
0,5 a 1 falla / año	2
Menos de 2 fallas / año	1

Fuente: CABRERA, I. A., & ISRAEL, E. B. H. (2018).

Elaborado por: El investigador

Tabla 5. Ponderación Impacto Operacional

<u>Impacto Operacional</u>	<u>Calificación</u>
Pérdida Grave	10
Parada que afecta al sistema u otros sistemas	7
Impacto al inventario o calidad	4
Ninguna afectación	1

Fuente: CABRERA, I. A., & ISRAEL, E. B. H. (2018).

Elaborado por: El investigador

Tabla 6. Flexibilidad Operacional

<u>Flexibilidad Operacional</u>	<u>Calificación</u>
No existe opción de repuesto	4
Opción de repuesto compartido en bodega	3
Repuesto disponible inmediato	2

Fuente: CABRERA, I. A., & ISRAEL, E. B. H. (2018).

Elaborado por: El investigador

Tabla 7. Costos de Mantenimiento

<u>Costos de Mantenimiento</u>	<u>Calificación</u>
Mayor a 2000\$	2
Menor a 2000\$	1

Fuente: CABRERA, I. A., & ISRAEL, E. B. H. (2018).

Elaborado por: El investigador

Tabla 8. Impacto Seguridad y Medio Ambiente

<u>Impacto Seguridad y Medio Ambiente</u>	<u>Calificación</u>
Afecta a la seguridad del factor humano	8
Afecta al medio ambiente e instalaciones	7
Afecta a las instalaciones causando daños severos	5
Provoca daños menores al ambiente	3
No hay daños a personas, ni a instalaciones, ni al ambiente	1

Fuente: CABRERA, I. A., & ISRAEL, E. B. H. (2018).

Elaborado por: El investigador

Análisis de Criticidad Scraper

1. **Frecuencia de Fallas.** - En la **Tabla 2.** se muestra que en el periodo evaluado (seis meses) la herramienta presentó fallas una vez; es decir 0,5 al año. La ponderación sería entonces: 2.
2. **Impacto Operacional.** - El Scraper es una herramienta que trabaja en conjunto con todas aquellas que conforman el BHA de limpieza. Si el Scraper falla durante una corrida, es necesario detener la operación y solventar el inconveniente. Es decir, su avería afecta directamente a todo el sistema, bajo ese criterio la ponderación sería: 7.
3. **Flexibilidad Operacional.** - Actualmente se maneja un stock de 16 scraper; con diámetros de 6 3/8" (6EA), 4 3/4" (7EA) y 3 1/8" (3EA), por lo tanto, es posible manejar una opción de repuesto para cada uno. Su ponderación sería: 3.
4. **Costos de Mantenimiento.** - Para conocer los valores estimados de mantenimiento se solicitó una cotización de mantenimiento general a scraper, el valor fue menor a 2000\$, por ello la ponderación sería 1. **Ver Anexo 5.**
5. **Impacto Seguridad y Medio Ambiente.** - Si el scraper llega a presentar un fallo, no representa riesgo o afecciones ambientales, ni atenta contra la seguridad del personal; por ende, la ponderación sería: 1.
6. Una vez asignadas las ponderaciones se procede con el cálculo. En la **Tabla 9.** Se puede visualizar los valores asignados anteriormente. Considerando que la criticidad es valor obtenido del producto:

(Frecuencia de Fallas) x (Consecuencia)

Y la consecuencia es la suma de:

**(Impacto Operacional x Flexibilidad Operacional) + (Costos de Mantenimiento) +
(Impacto Seguridad y Medio Ambiente)**

Se obtiene un valor total de **46 puntos**.

Tabla 9. Análisis de Criticidad Scraper

SCRAPER							
FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MTTD	IMPACTO SEG Y MA	CONSECUECIAS	TOTAL	CRITICIDAD
2	7	3	1	1	23	46	
2	7	3	1	1	23	46	
2	7	3	1	1	23	46	

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

El nivel de criticidad está establecido a partir del valor total, según se indica en la **Tabla10**.

Al obtener 46 puntos se puede definir al scraper como Equipo Crítico.

Tabla 10. Niveles de Criticidad

NIVELES DE CRITICIDAD		
Crítico	>45	
Importante	>20 <45	
Prescindible	<20	

Fuente: CABRERA, I. A., & ISRAEL, E. B. H. (2018).

Elaborado por: El investigador

Modelo Operativo

El modelo operativo es asignable a partir de la criticidad del equipo, ya sea prescindible, importante o crítico.

A partir del impacto significativo que representa la avería de un equipo para los resultados de la empresa, se puede definir como equipos prescindibles a aquellos que su avería genera una leve incomodidad o un mínimo coste adicional. Equipos importantes, aquellos cuya falla ocasiona afecciones, pero estas son asumibles. (Garrido, 2010)

En la presente investigación se analizan únicamente los equipos críticos; como se muestra en la **Figura 3**. Para los equipos críticos, los modelos asignables corresponden a mantenimiento programado.

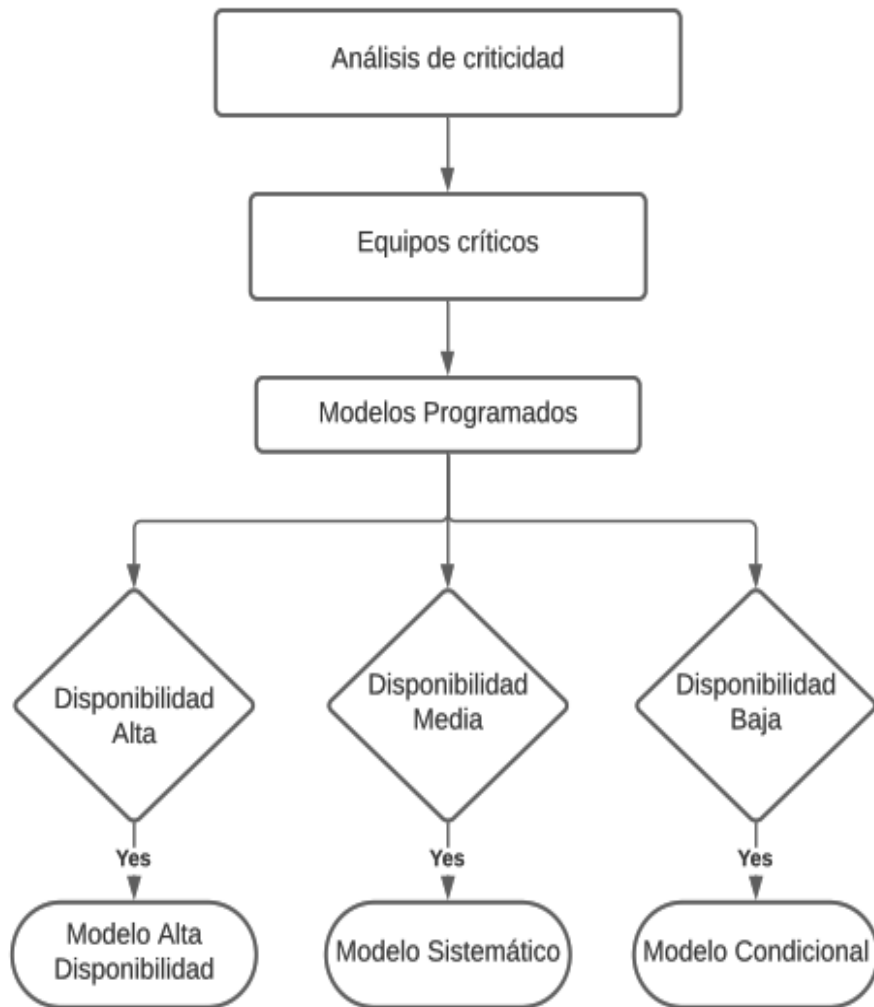


Figura 3. Modelo operativo aplicable.

Fuente: Fuente: “Organización y Gestión Integral de Mantenimiento”, Santiago García Garrido, 2003.

Elaborado por: El investigador

Los modelos programados son tareas de mantenimiento que se deben realizar bajo un cronograma pre establecido por la organización y son aplicables tanto a equipos críticos como a importantes, cuando se el caso.

Como se muestra en la **Figura 3**, los modelos programados pueden ser de tres tipos, para poder asignarlos adecuadamente se debe hacerlo en función de la disponibilidad de los equipos, ya sea Alta, superior al 90%, Media entre 40% y 90%, o Baja, menor al 40%. Las herramientas de trabajo de la línea de Cased Hole, generalmente trabajan en conjunto por tanto su disponibilidad es la misma al igual que el tipo de modelo programado.

Análisis de Disponibilidad

La disponibilidad de las herramientas, se refiere a la cuantificación del tiempo en el que están operativas. (Serroels, 2018).

En la corrida de BHA intervienen todas las herramientas consideradas como críticas; por lo tanto, la cantidad de horas de trabajo es la misma para todas, al igual que la disponibilidad.

En la **Tabla 11**. Se encuentra la cantidad de horas mensuales que las herramientas se encontraban operativas, así como la cantidad de tiempo disponible para uso.

Tabla 11. Operatividad de las herramientas en horas.

<u>MES</u>	<u>HORAS DE TRABAJO</u>	<u>HORAS DISPONIBLES PARA SU USO</u>
Septiembre (720h)	553	187
Octubre (744h)	493	251
Noviembre (720 h)	648	72
Diciembre (744 h)	650	94
Enero (744 h)	555	189
Febrero (696 h)	483	213
4368 h	3382 h	1006 h

Fuente: ¿Cómo calcular la disponibilidad de una máquina?(ALBERTI, 2020)

Elaborado por: El investigador

Según Alberti, en su publicación realizada en 2020, la disponibilidad se obtiene del resultado de:

- $[(\text{Horas de trabajo}) / (\text{Total de horas disponibles})] * 100\%$

- $[(3382) / (4368)] * 100\%$
- $[(0.77)] * 100\%$
- 77%

La revista IRIM #16, con su edición especial “Indicadores de Mantenimiento, 2019”, menciona que la disponibilidad se calcula a partir de:

- $[(\text{Horas de trabajo} - \text{horas disponibles para mantenimiento}) / (\text{Horas de trabajo})] * 100\%$
- $[(3382 - 1006) / (3382)] * 100\%$
- $[(2376) / (3382)] * 100\%$
- $[(0.70)] * 100\%$
- 70%

Ambas metodologías son válidas, por lo tanto, el modelo programado aplicable para las herramientas críticas es el Modelo Sistemático. (ALBERTI, 2020) (IRIM, 2019) .

Ver Anexo 6.

Análisis y Modos de Fallos

Los fallos pueden ser de dos tipos, funcionales y técnicos; cuando el equipo o herramienta presenta una avería que le impide cumplir su función se denomina fallo funcional; pero si el equipo presenta averías que le permitan seguir cumpliendo su función, aunque no lo haga bien, se denominan fallos técnicos. (Boero, 2020)

Se ha procedido con la descripción de los posibles fallos en Scrapers, Cepillos, Motores y Crossover para poder identificar de qué tipo son; una vez identificados, y tomando en cuenta que son Modelos Programados Sistemáticos, se continúa con la clasificación de los fallos, donde los técnicos se pueden amortiguar, y los funcionales evitar.

Ver Anexo 7.

Scraper

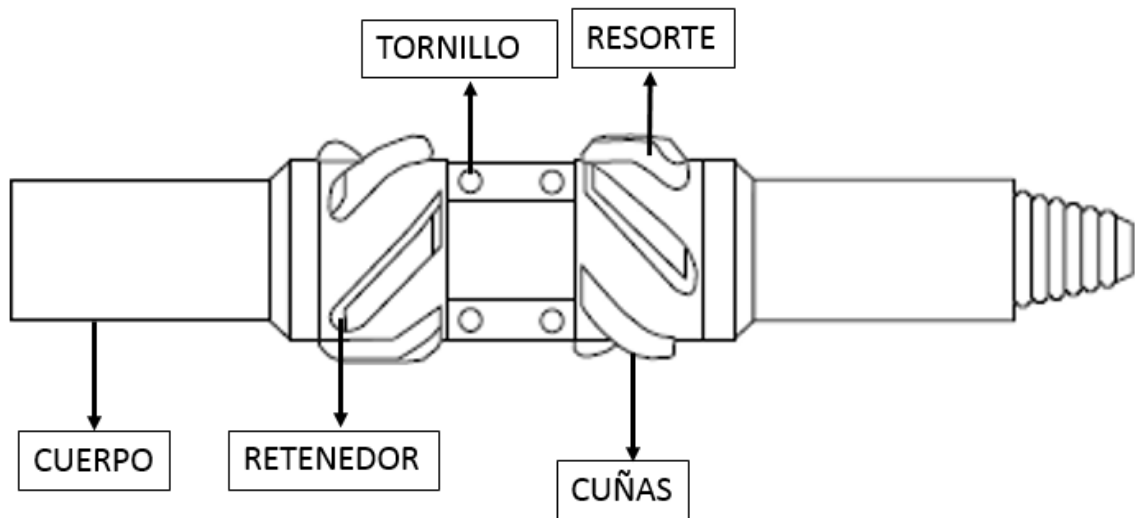


Figura 4. Esquema Scraper.
Fuente: BILCO TOOLS INC.
Elaborado por: El investigador

El scraper está diseñado para remover mediante sus cuñas los residuos del revestimiento de pozo como cemento, sarro propio de la tubería, restos de granallas, barro, entre otras y se compone de:

- Cuerpo
- Retenedor
- Cuñas
- Resorte
- Tornillo de cabeza hueca

Este equipo viene ensamblado de fábrica, su cuerpo es una formación de acero de alta aleación bajo tratamiento térmico; las cuñas retráctiles tienen una superficie cementada.

1. Posible Fallo. – DESGASTE DE CUÑAS RETRÁCTILES

Descripción Modo de Fallo

El scraper está diseñado para remover residuos sólidos no metálicos; en óptimas condiciones el casing es una tubería de acero lisa, pero cuando existen desperfectos en las paredes del casing; las cuñas del scraper se desgastan con mayor facilidad, debido a la fricción generada por ambas superficies.

Las horas de uso sugeridas por el fabricante son muy genéricas, el tiempo de trabajo

permitido está establecido en función de los trabajos a realizar, de las condiciones del pozo, etc. El exceso de horas de trabajo con la herramienta puede ocasionar un desgaste prematuro.

Para cada corrida de BHA se establecen parámetros de operación en función de: -Presión, -Peso, -Rotación; dependen de la inclinación del pozo, diámetro, condición y estado mecánico; una vez definidos deben ser acatados por el personal de operación.

En el caso del scraper se debe cumplir con parámetros de rotación y peso, caso contrario las cuñas sufrirán desgastes severos e incluso pueden llegar a romperse.

2. Posible Fallo. – DESPRENDIMIENTO DE CUÑAS RETRÁCTILES

Descripción Modo de Fallo

Las cuñas del scraper están conformadas por un resorte que les permite ser retráctiles; si el resorte pierde su elasticidad, se deforma o se rompe, las cuñas pueden desprenderse. Esto ocurre por desgaste normal, es decir cuando el resorte ha cumplido su tiempo de vida útil, pero también puede ocurrir cuando se exceden los parámetros de operaciones, previamente descritos.

Cepillo

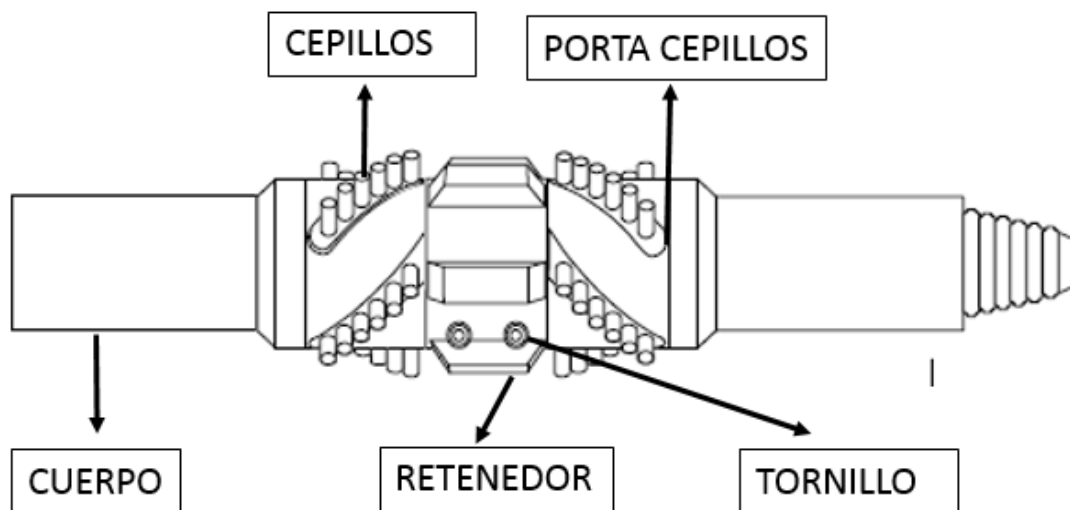


Figura 5. Esquema Cepillo
Fuente: BILCO TOOLS INC.
Elaborado por: El investigador

El cepillo o brush tool está diseñado para la limpieza de las superficies de cierto modo blandas adheridas a las paredes internas de la tubería sobre todo ascendente, sus cerdas permiten un mejor acople a las paredes y ángulos de inclinación. Está compuesto por:

- Cuerpo
- Retenedor
- Porta cepillos
- Cepillos
- Tornillo de cabeza hueca

1. **Posible Fallo.** – ROTURA DE CERDAS

Descripción Modo de Fallo

Las cerdas del cepillo suelen romperse cuando se excede las horas de trabajo permitido, el cepillo se encuentra en constante rotación, al trabajar más horas de las permitidas, las placas del cepillo se fatigan, recalientan, y finalmente se rompen.

2. **Posible Fallo.** – DESGASTE DE CERDAS

Descripción Modo de Fallo

El desgaste de las cerdas del cepillo se da de manera natural.

Crossover

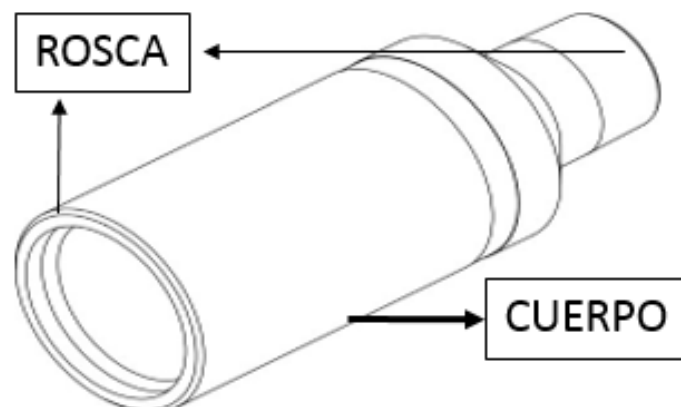


Figura 6. Esquema Crossover
Fuente: API 5CT.
Elaborado por: El investigador

El crossover está conformado con un solo cuerpo, diseñado como acople para la conformación del BHA, con las siguientes configuraciones de Pin/Box:

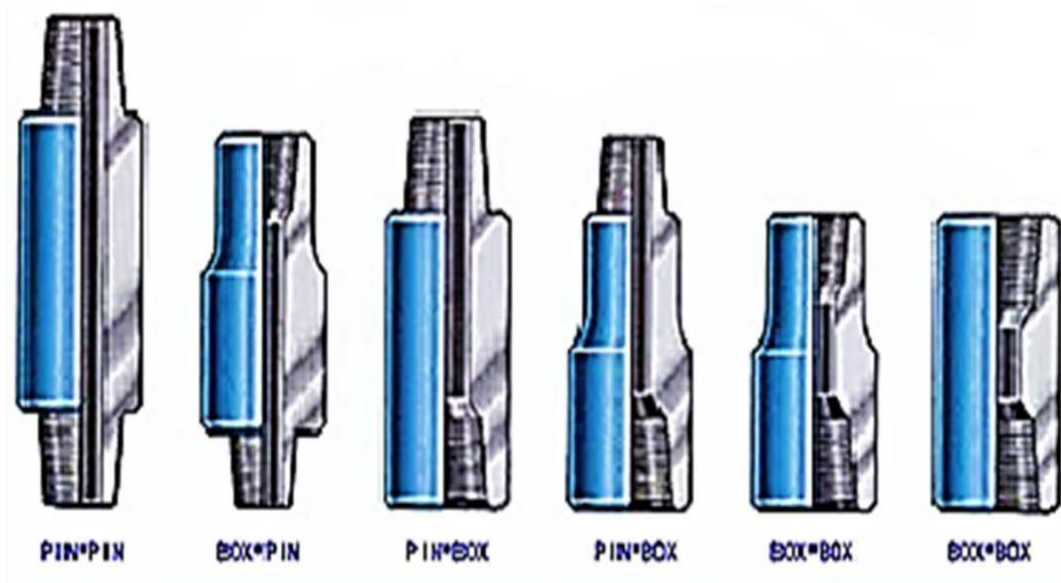


Figura 7. Conexiones crossover pin / box.

Fuente: JC Petro --Cementing And Drilling Tools Supplier.

Elaborado por: El investigador

1. Posible Fallo. – DESGASTE DE ROSCA

Descripción Modo de Fallo

Independientemente del tipo de conexión el crossover éste presenta rosca. El enrosque o ajuste debe ser de manera concéntrica, caso contrario los hilos se desgastan o dañan. De igual manera, la acción de ajuste y desajuste provoca que los hilos disminuyan.

2. Posible Fallo. – DAÑO DE ROSCA

Descripción Modo de Fallo

El torque depende del tipo de rosca; la fuerza de ajuste se debe realizar con la ayuda de un taquímetro o haciendo referencia al triángulo de torque. Si el torque es inadecuado la rosca puede dañarse.

Motor



Figura 8. Esquema motor de fondo
Fuente: Schlumberger Steerable Motor Handbook.
Elaborado por: El investigador

El tipo de motor utilizado en BHA es hidráulico, en la superficie del taladro se encuentran bombas a alta potencia que hacen trabajar al motor.

El motor durante los seis meses evaluados se utilizó cinco veces, el uso del mismo depende de los parámetros del pozo o disposición por parte del cliente. Generalmente su uso no es constante; pero eso no impide que haya sido determinado como equipo crítico; está compuesto por:

- Filtro
- Estator
- Rotor
- Sellos

1. Posible Fallo. – DAÑO DE SELLOS

Descripción Modo de Fallo

Los sellos cumplen la función de aislar el aceite de motor y fluidos hidráulicos. Si se excede las horas de trabajo con el motor de BHA los sellos pueden sufrir daños.

El daño en los sellos depende también del tipo de fluido de pozo; cuando existen demasiados solventes, alcalinos o químicos, los sellos se deterioran con facilidad.

La presión emitida desde la superficie debe ser la establecida como parámetro de operación, si se trabaja sobre el nivel permitido se producirán daños en los sellos.

2. Posible Fallo. – DAÑO DEL ESTATOR

Descripción Modo de Fallo

El diferencial de presión es el resultado de la presión de superficie menos la presión de fondo; el valor de esta presión debe ser controlado debido a la presencia de sólidos abrasivos, si el nivel del diferencial de presión es alto éstos sólidos pueden dañar el estator.

El exceso de horas de trabajo es una de las causas por las que el estator puede llegar a dañarse; al igual que el tipo de material con el que fue fabricado, cuando no es de buena calidad empieza a desprenderse o no permite que el diferencial de presión se mantenga estable.

3. Posible Fallo. – ATASCAMIENTO DEL EJE

Descripción Modo de Fallo

Si durante la corrida se ejerce peso fuera del rango normal, el eje baja de manera brusca y puede atascarse. De igual manera, si el fluido que pasa a través del eje presenta sólidos, éste puede remorderse.

En la superficie del pozo se encuentran tanques con fluidos que provienen del pozo, si existe la presencia de vapor proveniente de los mismos significa que la temperatura del pozo está sobre el nivel normal, por lo que el eje se expande y puede atascarse.

4. Posible Fallo. – ROTURA DEL EJE

Descripción Modo de Fallo

Dentro de los parámetros de operación se había mencionado a la rotación; si durante las corridas se excede el tiempo de operaciones, el eje se fatiga y se rompe.

5. Posible Fallo. – COLAPSO DEL FILTRO

Descripción Modo de Fallo

Durante cada trabajo se puede apreciar la presencia de sólidos, en ocasiones suelen ser controlados en superficie, pero hay otros que se van integrando en el proceso, si el filtro no está totalmente limpio antes de iniciar el trabajo, puede colapsar.

A partir de la descripción de modos de fallo se procede a definirlos a modo de síntesis con su respectiva clasificación, ya sean funcionales o técnicos.

Tabla 12. Clasificación de tipos de fallos.

	Modo de fallos	Tipo de Fallos
<u>SCRAPER</u>	Desgaste de cuñas	Técnico
	Desprendimiento de cuñas	Funcional
<u>CEPILLO</u>	Rotura de cerdas	Funcional
	Desgaste de cerdas	
<u>MOTOR</u>	Daño de sellos	Técnico
	Daño de estator	Funcional
	Atascamiento del eje	Funcional
	Rotura del eje	Funcional
	Colapso de filtro	Técnico
<u>CROSS OVER</u>	Desgaste de Rosca	Funcional
	Daño de rosca	Técnico

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Tareas de Mantenimiento

Las tareas de mantenimiento se van asignando acorde a los modos de fallos, estas tareas son aplicables según el modelo de mantenimiento asignado previamente.

Dichas tareas pueden ser de dos tipos:

- **De sustitución cíclica.** – Se refiere al reemplazo de uno o varios componentes antes de concluir su tiempo de vida útil, sin importar en qué condiciones se encuentre al momento de sustituirlo.
- **De reacondicionamiento cíclico.** – Son tareas de mantenimiento que implican una reparación de uno o varios componentes, para que el sistema o máquina siga trabajando adecuadamente. (Carazo, 2017).

Utilizando como premisa ambos tipos de tareas, se puede establecer a las tareas de sustitución cíclica como tareas para evitar fallos; y a las de reacondicionamiento cíclico, como tareas para amortiguar un fallo, acorde a los modos de fallos técnicos y funcionales.

Frecuencia de las Tareas de Mantenimiento

Las tareas de mantenimiento deben realizarse periódicamente según corresponda, para ellos es importante conocer los históricos de averías, la frecuencia previa para estas tareas, etc. Sin embargo, cuando no se posee esta información se establece la frecuencia de las tareas de mantenimiento en base a la opinión de conocedores de los equipos evaluados, es decir la persona a cargo de la Línea de Servicios Cased Hole.

Para poder determinar la frecuencia en mención existen seis criterios técnicos de decisión:

- **Criterio Contractual.** - No se permite cambios o modificaciones mientras la garantía se encuentre vigente.
- **Criterio del Fabricante.** – Actividades y frecuencias de mantenimiento establecidas por el fabricante.
- **Criterio Analítico Estadístico.** – Análisis y probabilidades de fallos a partir del histórico de averías.
- **Criterio Basado en la Experiencia.** – Determinar las frecuencias de las tareas de mantenimiento con base al personal experto en el ámbito operacional de las herramientas o equipos.
- **Criterio de Evaluación.** – Ajustar frecuencias de tareas de mantenimiento posterior a los resultados de diagnósticos.
- **Criterio de la Información del Activo no Contextualizado.** – Establecer frecuencias de mantenimiento partiendo de información o bases de datos externas. (Felipe, 2017)

Para establecer las frecuencias de las tareas de mantenimiento en la Línea de Cased Hole, se considera óptimo hacerlo a partir del criterio basado en la experiencia, considerando que los posibles fallos debido a las condiciones operativas dependen de muchos factores; operario, condiciones del pozo, tiempos de corrida, etc.

El personal conocedor de las herramientas y su experiencia en el área operativa

representa una gran ventaja para evitar incluso fallos inducidos operacionales y de mantenimiento, por lo tanto, tareas y sus frecuencias serán establecidas con el Coordinador de la línea de Cased Hole. **Ver Anexo 8.**

Agrupación de Tareas de Mantenimiento

“Aplicar correctamente estas listas de trabajo en la gestión preventiva, permite trabajar mediante un ordenamiento metodológico que asegura el correcto funcionamiento de los activos críticos, así como la operatividad estratégica de toda la empresa” (Gonzales, 2021)

Partiendo de las tareas asignadas a cada modo de fallo se procede a agruparlas en gamas o rutas de mantenimiento.

El criterio para la agrupación utilizado en la presente investigación es la frecuencia con la que debe realizarse cada tarea.

Se entiende como ruta de mantenimiento a la agrupación de tareas, generalmente de diferentes equipos, siguiendo un orden cronológico; y se puede definir como gama de mantenimiento a la agrupación de tareas a un solo equipo, usualmente las gamas son anuales. (Gonzales, 2021).

Las tareas fueron agrupadas de la siguiente manera, como se muestra en la Tabla 12. En este caso se generaron rutas “especiales” por el tipo de operación que se realiza; es decir por trabajo, dependiendo la operación a realizar puede ser diaria, cada dos o tres días, y en caso de ciertas rutas semanales.

Tabla 13. Rutas de Mantenimiento.

EQUIPO	MODO DE FALLO	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	
SCRAPER	DESGASTE CUÑAS	Verificar el estado del casing, previo a introducir el scraper.	Por trabajo	RUTA
CROSS OVER	DESGASTE ROSCA	Colocar protector de rosca y grasa	Por trabajo	
SCRAPER	DESGASTE CUÑAS	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por trabajo	RUTA
MOTOR	DAÑO DE SELLOS	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por trabajo	
	DAÑO DE ESTATOR	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por trabajo	
	ATASCAMIENTO DEL EJE	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por trabajo	
	ROTURA DEL EJE	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por trabajo	
SCRAPER	DESPRENDIMIENTO DE CUÑAS	Verificar el estado de las cuñas antes de enviar el scraper a operación, ya que si están muy desgastadas pueden romperse.	Semanal	RUTA
CEPILLO	DESGASTE DE CERDAS	Verificar el estado de las cerdas del cepillo antes de enviar a operación, ya que si están muy desgastadas pueden romperse.	Semanal	
MOTOR	MATERIAL DE ESTATOR	Verificar el estado del estator antes de enviar al pozo.	Semanal	
MOTOR	DAÑO DE SELLOS	Verificar las condiciones del pozo en el que se va a trabajar, y según el tipo de fluido del mismo, realizar paradas técnicas si lo amerita para revisar el estado de los sellos.	Por trabajo	RUTA
	ATASCAMIENTO DEL EJE	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por trabajo	
CROSS OVER	DAÑO DE ROSCA	Aplicar torque adecuado según el tipo de rosca, con tablas en caso de ser necesario.	Por trabajo	
MOTOR	ATASCAMIENTO DEL EJE	Verificar que la limpieza del casing haya sido adecuada antes de introducir el motor, caso contrario realizarla nuevamente.	Por trabajo	RUTA
	COLAPSO FILTRO	Realizar la limpieza al filtro del motor después de cada trabajo.	Por trabajo	

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Para las tareas que implican paradas técnicas, o reemplazos de una o varias partes, se procede a establecer gamas de mantenimiento, en este caso son gamas por cada 200 horas de trabajo establecidas, frecuencia establecida por el Coordinador de la Línea de servicios; exceptuando, la tarea de mantenimiento asignada al crossover, misma que tiene como frecuencia definida cada 500 horas. Como se muestra en la **Tabla 14**.

Tabla 14. Gamas de Mantenimiento.

EQUIPO	MODO DE FALLO	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	
SCRAPER	DESGASTE DE CUÑAS	Reemplazar las cuñas del scrapper acorde a las horas de trabajo establecidas	200 horas	GAMA
	DESPRENDIMIENTO DE CUÑAS	Si las cuñas del scraper pierden su retractibilidad, significa que su resorte está roto y debe ser reemplazado.	200 horas	GAMA
CEPILLO	ROTURA DE CERDAS	Reemplazar cepillo si sus cerdas se rompen, debido a que dejaría de cumplir su función.	200 horas	GAMA
MOTOR	DAÑO DE SELLOS	Reemplazar los sellos del motor acorde a la vida útil sugerida en sus datos técnicos.	Por trabajo	GAMA
	DAÑO DEL ESTATOR	Reemplazar el estator del motor acorde a la vida útil sugerida en sus datos técnicos.	200 horas	GAMA
CROSS OVER	DESGASTE DE ROSCA	Inspecciones específicas con ultrasonidos, NDT, etc.	500 horas	GAMA

Fuente: Propia

Elaborado por: El investigador

Por lo tanto, se generan 4 rutas por trabajo; 1 ruta semanal, 3 gamas por cada 200 horas y 1 gama cada 500 horas. Con un total de 1152 órdenes de trabajo a generar al año. Los formatos de rutas y gama generados se pueden ver en el **Anexo 9**.

Una vez concluidas las fases del Plan de Mantenimiento propuesto se elaboran las fichas para cada equipo con la información obtenida.

Modelo Propuesto: Ficha de Equipo Scraper.

FICHA DEL EQUIPO				
EQUIPO: Scraper			CÓDIGO: OP-CH-SR-001	
ESPECIFICACIONES				
<u>Diam. Exter.</u>	<u>Diam. Inter.</u>	<u>PIN</u>	<u>BOX</u>	
4 23/32"	2"	4 1/2"	4 1/2"	
ANÁLISIS DE CRITICIDAD				
Frecuencia	2			
Impacto Operacional	7			
Flexibilidad	3			
Costo Mantenimiento	2			
Impacto SSO-SSA	1			
Consecuencias	31			
TOTAL	48			
<u>CRÍTICO</u>				
MODELO DE MANTENIMIENTO			DISPONIBILIDAD	
<pre> graph TD A[Análisis de criticidad] --> B[Equipos críticos] B --> C[Modelos Programados] C --> D{Disponibilidad Alta} C --> E{Disponibilidad Media} C --> F{Disponibilidad Baja} D -- Yes --> G([Modelo Alta Disponibilidad]) E -- Yes --> H([Modelo Sistemático]) F -- Yes --> I([Modelo Condicional]) </pre>			MEDIA	>40% - <90%
			<pre> graph TD J[Modelos programados] --> K{Disponibilidad > 90 %} J --> L{Disponibilidad media} J --> M{Poco uso o baja posibilidad de fallo} K --> N([Modelo Alta Disponibilidad]) L --> O([Modelo Sistemático]) M --> P([Modelo Condicional]) </pre> <p style="text-align: center;">70 A 77 %</p>	
PROVEEDOR : BILCO INC.				
FORMATOS PARA RUTA DE MANTENIMIENTO				
F1-INT/CH-001				
F1-INT/CH-002				
F1-INT/CH-003				
FORMATOS PARA GAMA DE MANTENIMIENTO				
F1-INT/CH-006				
Responsable en Base:			Personal de Mantenimiento.	
Responsable en Campo			Operario a cargo de la herramienta durante operación.	

Figura 9. Ficha Scraper

Fuente: Fuente: “Organización y Gestión Integral de Mantenimiento / Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

Elaborado por: El investigador.

Modelo Propuesto: Ficha de Equipo Cepillo.

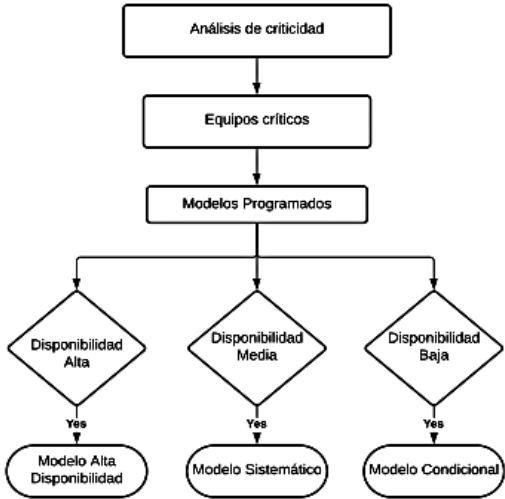
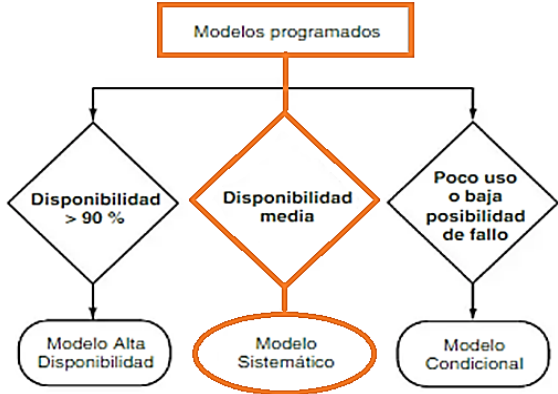
FICHA DEL EQUIPO			
EQUIPO: Cepillo			CÓDIGO: OP-CH-CP-001
ESPECIFICACIONES			
<u>Diam. Exter.</u>	<u>Diam. Inter.</u>	<u>PIN</u>	<u>BOX</u>
6 3/8"	2"	4 1/2"	4 1/2"
ANÁLISIS DE CRITICIDAD			
Frecuencia	2		
Impacto Operacional	7		
Flexibilidad	3		
Costo Mantenimiento	1		
Impacto SSO-SSA	1		
Consecuencias	23		
TOTAL	46		
<u>CRÍTICO</u>			
MODELO DE MANTENIMIENTO		DISPONIBILIDAD	
			
		70 A 77 %	
PROVEEDOR : BILCO INC.			
FORMATOS PARA RUTA DE MANTENIMIENTO			
F1-INT/CH-003			
FORMATOS PARA GAMA DE MANTENIMIENTO			
F1-INT/CH-007			
Responsable en Base:		Personal de Mantenimiento.	
Responsable en Campo		Operario a cargo de la herramienta durante operación.	

Figura 10. Ficha Cepillo.

Fuente: Fuente: "Organización y Gestión Integral de Mantenimiento / Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

Elaborado por: El investigador.

Modelo Propuesto: Ficha de Equipo Cross Over.

FICHA DEL EQUIPO				
EQUIPO: Cross Over		CÓDIGO: OP-CH-XO-001		
ESPECIFICACIONES				
<u>Diam. Exter.</u>	<u>PIN</u>	<u>BOX</u>		
7 5/16"	4 1/2"	5 1/2"		
ANÁLISIS DE CRITICIDAD				
Frecuencia	2			
Impacto Operacional	7			
Flexibilidad	4			
Costo Mantenimiento	2			
Impacto SSO-SSA	1			
Consecuencias	31			
TOTAL	62			
<u>CRÍTICO</u>				
MODELO DE MANTENIMIENTO		DISPONIBILIDAD		
		<table border="1"> <tr> <td>MEDIA</td> <td>>40% - <90%</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">70 A 77 %</p>	MEDIA	>40% - <90%
MEDIA	>40% - <90%			
PROVEEDOR : BILCO INC.				
FORMATOS PARA RUTA DE MANTENIMIENTO				
F1-INT/CH-001				
F1-INT/CH-004				
FORMATOS PARA GAMA DE MANTENIMIENTO				
F1-INT/CH-009				
Responsable en Base:	Personal de Mantenimiento.			
Responsable en Campo	Operario a cargo de la herramienta durante operación.			

Figura 11. Ficha Cross Over.

Fuente: Fuente: “Organización y Gestión Integral de Mantenimiento”

Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

Elaborado por: El investigador

Modelo Propuesto: Ficha de Equipo Motores

FICHA DEL EQUIPO			
EQUIPO: Motor			CÓDIGO: OP-CHM-001
ESPECIFICACIONES			
Diam. Exter.	Diam. Inter.	PIN	BOX
6 3/8"	1"	3 1/2"	3 1/2"
ANÁLISIS DE CRITICIDAD			
Frecuencia	2		
Impacto Operacional	7		
Flexibilidad	3		
Costo Mantenimiento	2		
Impacto SSO-SSA	1		
Consecuencias	24		
TOTAL	62		
CRÍTICO			
MODELO DE MANTENIMIENTO		DISPONIBILIDAD	
<pre> graph TD A[Análisis de criticidad] --> B[Equipos críticos] B --> C[Modelos Programados] C --> D{Disponibilidad Alta} C --> E{Disponibilidad Media} C --> F{Disponibilidad Baja} D -- Yes --> G[Modelo Alta Disponibilidad] E -- Yes --> H[Modelo Sistemático] F -- Yes --> I[Modelo Condicional] </pre>		<p>MEDIA >40% - <90%</p> <pre> graph TD J[Modelos programados] --> K{Disponibilidad > 90 %} J --> L{Disponibilidad media} J --> M{Poco uso o baja posibilidad de fallo} K --> N[Modelo Alta Disponibilidad] L --> O[Modelo Sistemático] M --> P[Modelo Condicional] </pre> <p style="text-align: center;">70 A 77 %</p>	
PROVEEDOR : BILCO INC.			
FORMATOS PARA RUTA DE MANTENIMIENTO			
F1-INT/CH-002			
F1-INT/CH-003			
F1-INT/CH-004			
F1-INT/CH-005			
FORMATOS PARA GAMA DE MANTENIMIENTO			
F1-INT/CH-008			
Responsable en Base:		Personal de Mantenimiento.	
Responsable en Campo		Operario a cargo de la herramienta durante operación.	

Figura 12. Ficha Motores

Fuente: Fuente: “Organización y Gestión Integral de Mantenimiento” / Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

Elaborado por: El investigador

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Al realizar el diagnóstico inicial previo a la elaboración del plan de mantenimiento se pudo identificar que no se disponía de información completa referente a históricos de averías para herramientas, ni tareas de mantenimiento realizadas o frecuencias; al menos en registros no; por lo tanto se procedió a realizar la investigación con la información disponible para generar una línea base adecuada y una reestructuración total en cuanto a mantenimiento en la línea de Cased Hole, se partió desde la codificación de equipos con los lineamientos estipulados en la norma ISO 14224:2016 referente a taxonomía de equipos.
- Para la elaboración del análisis de criticidad se establecieron los criterios a evaluar en conjunto con el personal de la empresa; con quien se concluyó que la metodología más óptima para dicho análisis es “El método de los puntos” que abarca; frecuencia de fallas, Costos, Impacto Ambiental, Flexibilidad e Impacto Operacional. Los equipos evaluados bajo los parámetros en mención fueron todos aquellos utilizados en la línea de Cased Hole; finalmente se obtuvo como críticos 96.
- En la investigación se delimitó trabajar únicamente con las herramientas críticas, para las cuales según la bibliografía utilizada para el análisis de criticidad el modelo de mantenimiento para equipos críticos “Programado”, sin embargo, para asignar el tipo de modelo programado se tuvo que realizar un análisis de disponibilidad que arrojó como resultado para cada equipo evaluado un nivel de disponibilidad media, entre 70% y 77%.

- Las tareas de mantenimiento se establecieron a partir de los posibles fallos, pero para definir las frecuencias se consideraron 6 criterios, y se llegó a la conclusión que el más óptimo a utilizar sería la opinión de expertos, en este caso la opinión del coordinador de línea debido a que no se dispone de información para aplicar otro criterio, sin embargo, con la implementación de la propuesta, puede ser una oportunidad de mejor aplicar otro criterio de los 6 mencionados.
- Para la agrupación de tareas en gamas y rutas se procedió a generar rutas “especiales”, debido al tipo de servicio fuera de instalaciones que ofrece la empresa estas rutas son “por trabajo” no, diarias como siempre suelen ser; generándose un total de 4 rutas por trabajo y según el rango de tiempo analizado, 952 rutas al año. De igual manera se generaron rutas “especiales” por semana; con un total de 52 rutas al año.
- Las gamas de mantenimiento generalmente son anuales, de igual manera se procedió a generar 2 tipos de gama “especiales” para cada equipo; para scraper, cepillo y motor, una gama cada 200 horas de trabajo, con un total de 131 gamas al año. Para el cross over se estableció una gama cada 500 horas, con un total de 17 al año.
- Al culminar la propuesta realizada en la investigación se puede concluir que pese a las condiciones de trabajo que maneja la empresa, tiempos, trabajos de manera intempestiva, es posible manejar de manera ordenada y cronológica el mantenimiento de sus equipos y junto con ello mejorar la confiabilidad, funcionalidad de las herramientas, así como el cumplimiento y satisfacción del cliente.

Recomendaciones

- Se recomienda mantener una base de datos actualizada con los registros de las tareas de mantenimiento establecidas y un control de las mismas, es importante para el personal que va a trabajar con las herramientas para BHA, disponer de la información pertinente para saber en qué estado se encuentra la herramienta y evitar cualquier percance. De igual manera se sugiera considerar la implementación de GMAO.
- Se recomienda solventar el déficit actual de cross over, tomando en cuenta que ya se generó una alerta por parte del personal operativo, es indispensable tener al menos un repuesto de cada herramienta que se lleva a pozo; en cuanto a motores realizar adecuadamente las tareas de mantenimiento en los tiempos establecidos, tomando en cuenta que no se puede disponer de otro motor de repuesto en operación.
- Se recomienda implementar un área exclusiva para el mantenimiento de las herramientas para BHA, y la incorporación de personal capacitado para realizar el mantenimiento que sugiere el proveedor para fallas menores.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- ALBERTI, A. (24 de 08 de 2020). ALS GLOBAL.
- Álvarez, E. (2018). *UNIOVI*.
- Bestratén, M. (2004). *INSST*.
- Boero, C. (2020). *Mantenimiento Industrial*. Jorge Sarmiento.
- Campos, O. (2019). *Redalyc*.
- Carazo, J. (2017). EBSCOHOSTS. *Revista de la Ingeniería Industrial*, 17.
- Carlos, P. (2017). *Gerencia de Mntenimiento*.
- Daquinta A, P. C. (2018). Metodología de Análisis de Criticidad Integral de las Cosechadoras de Caña de Azúcar CASE IH. *Revista de Ingeniería Agrícola*, 2,3,4.
- Felipe, S. (2017). Seis criterios técnicos de decisión. *PlanetRams*.
- Garrido, S. (2010). Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. En S. Garrido, *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Gonzales, F. (22 de Enero de 2021). *Data Scope*.
- Handbook., S. S. (2017).
- IRIM. (2019). *RENOVETEC*.
- ORG, I. (10 de 2016). *ISO.ORG*.
- Ossa, M. (2019). *UNIVIDAFUP*.
- PetroAlianza. (2021). *Petroalianza.com*.
- Serroels, J. (2018). *CEFA*.
- YAÑEZ M, G. H. (28 de Febrero de 2018). *Revistas Ingeniería Agrícola UNAH*.

ANEXOS

Anexo 1. Codificación Actual de la empresa.

SCRAP ER			
	OD	SERIAL ACTUAL	COD. ISO 14224
1	6 3/8"	2416965-OAO-0413373	OP-CH-SR-001
2	6 3/8"	2416965-OAO-0413375	OP-CH-SR-002
3	6 3/8"	1009309	OP-CH-SR-003
4	6 3/8"	2596965-OA-0814410	OP-CH-SR-004
5	6 3/8"	2596965-OAB-0814409	OP-CH-SR-005
6	6 3/8"	2894965OA0119445	OP-CH-SR-006
7	4 3/4"	2416700-OA-0413591	OP-CH-SR-007
8	4 3/4"	2416700-OA-0413592	OP-CH-SR-008
9	4 3/4"	1009498	OP-CH-SR-009
10	4 3/4"	# 04127009	OP-CH-SR-010
11	4 3/4"	# 0036700-OA-0314619	OP-CH-SR-011
12	4 3/4"	2606700-OA-0914641	OP-CH-SR-012
13	4 3/4"	2606700-OA-0914642	OP-CH-SR-013
14	3 1/8"	2606500-OA-1014484	OP-CH-SR-014
15	3 1/2"	2606500-OA-1014126	OP-CH-SR-015
16	3 1/2"	2615500-OAO-319493	OP-CH-SR-016

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

MAGNET OS			
	OD	SERIAL ACTUAL	COD. ISO 14224
1	6 3/8"	2416965-OAB-0413374	OP-CH-MG-001
2	6 3/8"	2416965-OAB-0413376	OP-CH-MG-002
3	6 3/8"	1009311	OP-CH-MG-003
4	6 3/8"	2606965-OAB-0914412	OP-CH-MG-004
5	6 3/8"	2894965-OAB-119448	OP-CH-MG-005
6	6 3/8"	2894965-OAB-119449	OP-CH-MG-006
7	4 3/4"	2416700-OAB-0413593	OP-CH-MG-007
8	4 3/4"	2416700-OAB-0413594	OP-CH-MG-008

9	4 3/4"	1009499	OP-CH-MG-009
10	4 3/4"	2606700-OAB- 0914643	OP-CH-MG-010
11	4 3/4"	SOO57700- OA1014651	OP-CH-MG-011
12	4 3/4"	2606500-OAB- 1014485	OP-CH-MG-012
13	3 1/2"	XX-SN-001	OP-CH-MG-013

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

CEPILL OS			
	OD	SERIAL ACTUAL	COD. ISO 14224
1	6 3/8"	2416965-OAB-0413374	OP-CH-CP-001
2	6 3/8"	2416965-OAB-0413376	OP-CH-CP-002
3	6 3/8"	1009311	OP-CH-CP-003
4	6 3/8"	2606965-OAB-0914412	OP-CH-CP-004
5	6 3/8"	2894965-OAB-119448	OP-CH-CP-005
6	6 3/8"	2894965-OAB-119449	OP-CH-CP-006
7	4 3/4"	2416700-OAB-0413593	OP-CH-CP-007
8	4 3/4"	2416700-OAB-0413594	OP-CH-CP-008
9	4 3/4"	1009499	OP-CH-CP-009
10	4 3/4"	2606700-OAB-0914643	OP-CH-CP-010
11	4 3/4"	SOO57700-OA1014651	OP-CH-CP-011
12	3 1/8"	2606500-OAB-1014485	OP-CH-CP-012
13	3 1/8"	XX-SN- 001	OP-CH-CP-013

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

JUNK BASKET			
	OD	SERIAL ACTUAL	COD. ISO 14224
1	7" x 6 1/4"	XX-JB-07- 001	OP-CH-JB-001
2	7" x 6 1/4"	XX-JB-07- 004	OP-CH-JB-002
3	7"	XX-JB-07- 002	OP-CH-JB-003
4	5 1/2" x 4 3/8"	XX-JB-001	OP-CH-JB-010
5	5" x 4 1/4"	XX-JB-002	OP-CH-JB-004
6	5 1/2" X 4 1/4"	15041	OP-CH-JB-006
7	5 1/2" X 4 1/4"	XX-JB-05	OP-CH-JB-007
8	5 1/2" X 4 1/4"	XX-JB-06	OP-CH-JB-008
9	5 1/2" x 4 3/4"	XX-JB-07- 003	OP-CH-JB-009
10	5 1/2" x 4 3/4"	XX-JB-003	OP-CH-JB-010
11	2 7/8"	XX - JB - 05001	OP-CH-JB-011

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

JUNK MILL			
	OD	SERIAL ACTUAL	COD. ISO 14224
1	1 1/2"	XXM475003	OP-CH-JM-001
2	1 1/2"	XXM475009	OP-CH-JM-002
3	1 1/2"	XXM475017	OP-CH-JM-003

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

MOTORES			
	OD	SERIAL ACTUAL	COD. ISO 14224
1	4 23/32"	XXM475009	OP-CHM-001
2	4 3/4"	XXM475003	OP-CHM-002
3	4 3/4"	XXM475017	OP-CHM-003
4	4 3/4"	XXM475019	OP-CHM-004
5	4 3/4"	XXM475046	OP-CHM-005
6	4 3/4"	XXM475047	OP-CHM-006
7	2 1/8"	21603	OP-CHM-007
8	2 1/8"	21636	OP-CHM-008
9	1 11/16"	16801-AW	OP-CHM-009
10	1 11/16"	16806	OP-CHM-010
11	1 11/16"	16808	OP-CHM-011
12	1 11/16"	TG002620-2-1	OP-CHM-012
13	1 11/16"	TG002620-2-2	OP-CHM-013
14	1 11/16"	PYI-MIIA-IC8-03	OP-CHM-014
15	2 1/8"	206- 14	OP-CHM-015
16	2 1/8"	UV-001-MHA	OP-CHM-016

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

CROSS OVER			
	OD	SERIAL ACTUAL	COD. ISO 14224
1	7 5/16"	45IFPXT54B01	OP-CH-XO-001
2	7 5/16"	45IFPXT54B02	OP-CH-XO-002
3	7 5/16"	45IFP55FHB01	OP-CH-XO-003
4	7 5/16"	45IFP55FHB02	OP-CH-XO-004
5	6 13/16"	45IFP45RB01	OP-CH-XO-005
6	6 13/16"	45IFP45RB02	OP-CH-XO-006
7	6 13/16"	XX45IFP45RP04	OP-CH-XO-007
8	6 13/16"	XX35IFP45IFP01	OP-CH-XO-008
9	6 13/16"	XX35IFP45IFP02	OP-CH-XO-009
10	6 13/16"	XX35IFP45IFP03	OP-CH-XO-010

11	6 13/16"	XX45IFP45RB03	OP-CH-XO-011
12	6 13/16"	XX45IFP45RB04	OP-CH-XO-012
13	6 13/16"	XX35IFB45IFP002	OP-CH-XO-013
14	6 13/16"	XX35IFB45IFP003	OP-CH-XO-014
15	4 3/4"	XX35IFP35RB01	OP-CH-XO-015
16	4 3/4"	XX35IFP35RB02	OP-CH-XO-016
17	4 3/4"	0317-1	OP-CH-XO-017
18	4 3/4"	MA503001- XXM35IFPB001	OP-CH-XO-018
19	4 3/4"	XX35IFB35EUEP01	OP-CH-XO-019
20	4 3/4"	XX35IBB01	OP-CH-XO-020
21	4 3/4"	XX35IFB35RB02	OP-CH-XO-021

22	4 3/4"	XX35IFB35RB04	OP-CH-XO-022
23	4 3/4"	XX35IFBB01	OP-CH-XO-023
24	4 3/4"	XX35IFBB02	OP-CH-XO-024
25	4 3/4"	XX35IFBB03	OP-CH-XO-025
26	4 3/4"	XX-BB-001	OP-CH-XO-026
27	4 3/4"	XX35IFB35RB01	OP-CH-XO-027
28	4 3/4"	XX-PP-001	OP-CH-XO-028
29	4 3/4"	XX-PP-002	OP-CH-XO-029
30	4 3/4"	XX278IFP45IFP01	OP-CH-XO-030
31	4 3/4"	XX35IFP55RP01	OP-CH-XO-031
32	6 3/8"	XX45IFP278IFB01	OP-CH-XO-032
33	6 3/8"	XX35IFB45IFP005	OP-CH-XO-033
34	4 13/16"	XX35EUEB35IFP01	OP-CH-XO-034
35	2 7/8"	XX27EUE238RP01	OP-CH-XO-035
36	2 7/8"	XX238RBB001	OP-CH-XO-036
37	2 7/8"	278IFB238IFP02	OP-CH-XO-037
38	4 1/2"	CROSSOVER	OP-CH-XO-038
39	4 1/2"	CROSSOVER	OP-CH-XO-039
40	4 1/2"	CROSSOVER	OP-CH-XO-040
41	4 1/2"	CROSSOVER	OP-CH-XO-041
42	4 1/2"	CROSSOVER	OP-CH-XO-042
43	4 1/2"	CROSSOVER	OP-CH-XO-043
44	4 1/2"	CROSSOVER	OP-CH-XO-044
45	6 7/8"	XX45IFB45IFB001	OP-CH-XO-045
46	6 27/32"	45IFB45IFB002	OP-CH-XO-046
47	6 3/4"	XX35IFB45IFP001	OP-CH-XO-047
48	6 3/4"	XX45IFB45IFB004	OP-CH-XO-048
49	6 3/4"	MA-4779-1 BTXX-001	OP-CH-XO-049
50	6 3/4"	MA-4779-2 BTXX-002	OP-CH-XO-050
51	6 3/4"	XX45IFP35IFP04	OP-CH-XO-051
52	6 3/4"	XX45IFBB03	OP-CH-XO-052
53	5"	35IFP2875IFB	OP-CH-XO-053

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

	<u>BHA ENERO 2020</u>																														TOTAL			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		31		
CEPILLO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
CROSS OVER	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
JUNK BASKET	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
JUNK MILL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAGNETO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
MOTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SCRAPER	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
<u>TIEMPO DE CORRIDA</u> (Horas)	26	29	31	32	23	36	35	36	31	25	38	23	22	22	40	36	24	46																555

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

	<u>BHA FEBRERO 2020</u>																														TOTAL			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		31		
CEPILLO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	34
CROSS OVER	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2					36
JUNK BASKET	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					32
JUNK MILL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MAGNETO	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	34
MOTOR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
SCRAPER	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	34
<u>TIEMPO DE CORRIDA</u> (Horas)	21	34	29	36	32	32	20	28	52	29	27	25	24	27	23	22	22																	483

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019).

Anexo 3. Notificaciones de Alerta

<p>El reporte de INCIDENTE es una colaboración PERSONAL que mejora la PREVENCIÓN DE ACCIDENTES y aporta un GRAN VALOR a tu EQUIPO.</p> <p>Nº 000</p>	NOMBRE DEL OBSERVADOR: ING. CAMPO		
	EMPRESA DEL OBSERVADOR: OP		
	DEPARTAMENTO DEL OBSERVADOR: C-TOOLS		
	DELEGACIÓN: _____	PUESTO DE TRABAJO: IC.	EMPRESA OBSERVADA: OP.
	FECHA: FEB. 14.	OBRA: _____	ACTIVIDAD: C.C.
	CLIENTE: _____	LOCACIÓN: _____	PARALIZACIÓN DE TRABAJO SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
	CAMPO: _____	LUGAR ESPECÍFICO: PALO A.	OTROS: _____
	DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE: CROSS PIN BOX NO EMBONA Y NO HAY REEMPLAZO.		
	MEDIDAS PROPUESTAS PARA EVITAR LA REPETICIÓN: SE LLAMO LA ATENCIÓN AL PERSONAL Y SE NOTIFICO AL JEFE DE BAK		
	RECEPCIÓN DEL TÉCNICO DE SEGURIDAD Y ACLARACIONES A LA DESCRIPCIÓN DEL COLABORADOR: FECHA: Feb. 2020. NOMBRE: _____ Firma del Observador: _____ Firma del Receptor: _____		

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019)

<p>El reporte de INCIDENTE es una colaboración PERSONAL que mejora la PREVENCIÓN DE ACCIDENTES y aporta un GRAN VALOR a tu EQUIPO.</p> <p>Nº 000</p>	NOMBRE DEL OBSERVADOR: JUDANTE OLI		
	EMPRESA DEL OBSERVADOR: OP		
	DEPARTAMENTO DEL OBSERVADOR: Casad Holo		
	DELEGACIÓN: _____	PUESTO DE TRABAJO: AGT.	EMPRESA OBSERVADA: OP.
	FECHA: 21 Oct. 2019.	OBRA: OSH	ACTIVIDAD: _____
	CLIENTE: _____	LOCACIÓN: Casad Holo	PARALIZACIÓN DE TRABAJO SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
	CAMPO: _____	LUGAR ESPECÍFICO: _____	OTROS: _____
	DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE: Constante se queja de cerdas de brush tool por sus pocas funcionalidad.		
	MEDIDAS PROPUESTAS PARA EVITAR LA REPETICIÓN: Se genera tarjeta de observación.		
	RECEPCIÓN DEL TÉCNICO DE SEGURIDAD Y ACLARACIONES A LA DESCRIPCIÓN DEL COLABORADOR: FECHA: 21-OCT-2020 NOMBRE: HSE Cam. Firma del Observador: _____ Firma del Receptor: _____		

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019)

<p>El reporte de INCIDENTE es una colaboración PERSONAL que mejora la PREVENCIÓN DE ACCIDENTES y aporta un GRAN VALOR a tu EQUIPO.</p> <p>Nº 000</p>	NOMBRE DEL OBSERVADOR: <u>Ingeniero Junior</u>		
	EMPRESA DEL OBSERVADOR: <u>OP</u>		
	DEPARTAMENTO DEL OBSERVADOR: <u>Ingeniería:</u>		
	DELEGACIÓN: <u>---</u>	PUESTO DE TRABAJO: <u>Trainer</u>	EMPRESA OBSERVADA: <u>OT</u>
	FECHA: <u>2-OCT-19</u>	OBRA: <u>---</u>	ACTIVIDAD: <u>BTIA</u>
	CLIENTE: <u>---</u>	LOCACIÓN: <u>---</u>	PARALIZACIÓN DE TRABAJO SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
	CAMPO: <u>---</u>	LUGAR ESPECÍFICO: <u>---</u>	OTROS: <u>---</u>
DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE:			
<p><u>Se tuvo que usar el reemplazo de brush por desgaste del que de llevo.</u></p>			
MEDIDAS PROPOUESTAS PARA EVITAR LA REPETICIÓN:			
<p><u>Se procederá a notificar al jefe de obra al terminar operaciones</u></p>			
Firma del Observador: <u>J.H.</u>			
RECEPCIÓN DEL TÉCNICO DE SEGURIDAD Y ACLARACIONES A LA DESCRIPCIÓN DEL COLABORADOR.			
FECHA: <u>02-OCT-2019</u> NOMBRE: <u>HGE</u>			
Firma del Receptor: <u>[Signature]</u> APPROVED			

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019)

<p>El reporte de INCIDENTE es una colaboración PERSONAL que mejora la PREVENCIÓN DE ACCIDENTES y aporta un GRAN VALOR a tu EQUIPO.</p> <p>Nº 000</p>	NOMBRE DEL OBSERVADOR: <u>Co. Linea</u>		
	EMPRESA DEL OBSERVADOR: <u>OP</u>		
	DEPARTAMENTO DEL OBSERVADOR: <u>Coed HOJE</u>		
	DELEGACIÓN: <u>xxx</u>	PUESTO DE TRABAJO: <u>---</u>	EMPRESA OBSERVADA: <u>OP</u>
	FECHA: <u>Enero 17</u>	OBRA: <u>0xxx</u>	ACTIVIDAD: <u>L. Casing</u>
	CLIENTE: <u>xxx</u>	LOCACIÓN: <u>xxx</u>	PARALIZACIÓN DE TRABAJO SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> (1 hora)
	CAMPO: <u>Carabari</u>	LUGAR ESPECÍFICO: <u>xxx</u>	OTROS: <u>---</u>
DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE:			
<p><u>No se verifico el estado del cepillo antes de trasladarlo al campo. (se uso brush de controlito)</u></p>			
MEDIDAS PROPOUESTAS PARA EVITAR LA REPETICIÓN:			
<p><u>se procederá a tomar medidas correctivas internamente.</u></p>			
Firma del Observador: <u>[Signature]</u>			
RECEPCIÓN DEL TÉCNICO DE SEGURIDAD Y ACLARACIONES A LA DESCRIPCIÓN DEL COLABORADOR.			
FECHA: <u>17/01/20</u> NOMBRE: <u>HSEC</u>			
Firma del Receptor: <u>[Signature]</u> APPROVED			

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019)

<p>El reporte de INCIDENTE es una colaboración PERSONAL que mejora la PREVENCIÓN DE ACCIDENTES y aporta un GRAN VALOR a tu EQUIPO.</p> <p>Nº 000</p>	NOMBRE DEL OBSERVADOR: Operador.		
	EMPRESA DEL OBSERVADOR: OP.		
	DEPARTAMENTO DEL OBSERVADOR: Operaciones.		
	DELEGACIÓN: _____	PUESTO DE TRABAJO: _____	EMPRESA OBSERVADA: OP.
	FECHA: 17/09/2019.	OBRA: 0723.	ACTIVIDAD: Limpieza BHA.
	CLIENTE: _____	LOCACIÓN: Socha.	PARALIZACIÓN DE TRABAJO SI / NO
	CAMPO: _____	LUGAR ESPECÍFICO: Socha.	OTROS: _____
	DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE:		
	Durante la limpieza del pozo con BHA, este pedazo de una rofura en el eje del motor.		
	MEDIDAS PROPUESTAS PARA EVITAR LA REPETICIÓN:		
Se procedió a coordinar con el jefe de base la levanta del motor en base al campo.			
RECEPCIÓN DEL TÉCNICO DE SEGURIDAD Y ACLARACIONES A LA DESCRIPCIÓN DEL COLABORADOR.			
FECHA: 17/09/2019	NOMBRE: Jefe HSE Campo	Firma del Receptor:	

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019)

<p>El reporte de INCIDENTE es una colaboración PERSONAL que mejora la PREVENCIÓN DE ACCIDENTES y aporta un GRAN VALOR a tu EQUIPO.</p> <p>Nº 000</p>	NOMBRE DEL OBSERVADOR: Ayudante II.		
	EMPRESA DEL OBSERVADOR: OP.		
	DEPARTAMENTO DEL OBSERVADOR: Casad Hole.		
	DELEGACIÓN: _____	PUESTO DE TRABAJO: Ay. II	EMPRESA OBSERVADA: OP.
	FECHA: 25-Sep-19.	OBRA: TBB.	ACTIVIDAD: L. Coating
	CLIENTE: _____	LOCACIÓN: TBB.	PARALIZACIÓN DE TRABAJO SI / NO <input checked="" type="checkbox"/>
	CAMPO: _____	LUGAR ESPECÍFICO: Yasuni.	OTROS: _____
	DESCRIPCIÓN DEL INCIDENTE:		
	Company llama la atención por problemas con el scraper del BHA.		
	MEDIDAS PROPUESTAS PARA EVITAR LA REPETICIÓN:		
Se notificó al ingeniero a cargo y se generó la tarjeta ALERT.			
RECEPCIÓN DEL TÉCNICO DE SEGURIDAD Y ACLARACIONES A LA DESCRIPCIÓN DEL COLABORADOR.			
FECHA: 25/09/19	NOMBRE: HSE Campo	Firma del Receptor:	

Fuente. Empresa dedicada a la prestación de Servicios Petroleros en Ecuador. (2019)

Anexo 4. Análisis de criticidad

ANÁLISIS DE CRITICIDAD A LOS EQUIPOS DE LA LINE DE SERVICIOS “CASED HOLE”

SCRAPER									
OD	CODIGO EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MTTO	IMPACTO SEG Y MA	CONSECUECIAS	TOTAL	CRITICIDAD
6 3/8"	OP-CH-SR-001 -006	2	7	3	1	1	23	46	
4 3/4"	OP-CH-SR-007 -013	2	7	3	1	1	23	46	
3 1/8"	OP-CH-SR-014 -016	2	7	3	1	1	23	46	

Fuente. Propia

MAGNETOS									
OD	CODIGO EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MTTO	IMPACTO SEG Y MA	CONSECUECIAS	TOTAL	CRITICIDAD
6 3/8"	OP-CH-MG-001 -006	1	7	4	1	1	30	30	
4 3/4"	OP-CH-MG-007 -012	1	7	4	1	1	30	30	
3 1/2"	OP-CH-MG-013	1	7	4	1	1	30	30	

Fuente. Propia

CEPILLOS									
OD	CODIGO EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MTTO	IMPACTO SEG Y MA	CONSECUECIAS	TOTAL	CRITICIDAD
6 3/8"	OP-CH-CP-001 -006	2	7	3	1	1	23	46	
4 3/4"	OP-CH-CP-007 -011	2	7	3	1	1	23	46	
3 1/8"	OP-CH-CP-012-013	2	7	3	1	1	23	46	

Fuente. Propia

JUNK BASTKET									
OD	CODIGO EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MTTO	IMPACTO SEG Y MA	CONSECUECIAS	TOTAL	CRITICIDAD
7" x 6 1/4"	OP-CH-JB-001 -002	1	7	3	1	1	23	23	
7"	OP-CH-JB-003	1	7	3	1	1	23	23	
5 1/2" x 4 3/8"	OP-CH-JB-010	1	7	3	1	1	23	23	
5" x 4 1/4"	OP-CH-JB-004	1	7	3	1	1	23	23	
5 1/2" x 4 1/4"	OP-CH-JB-006 -008	1	7	3	1	1	23	23	
5 1/2" x 4 3/4"	OP-CH-JB-009 -010	1	7	3	1	1	23	23	
2 7/8"	OP-CH-JB-011	1	7	3	1	1	23	23	

JUNK MILL									
OD	CODIGO EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MTTO	IMPACTO SEG Y MA	CONSECUECIAS	TOTAL	CRITICIDAD
1 1/2"	OP-CH-JM-001 - 003	1	7	3	1	1	23	23	

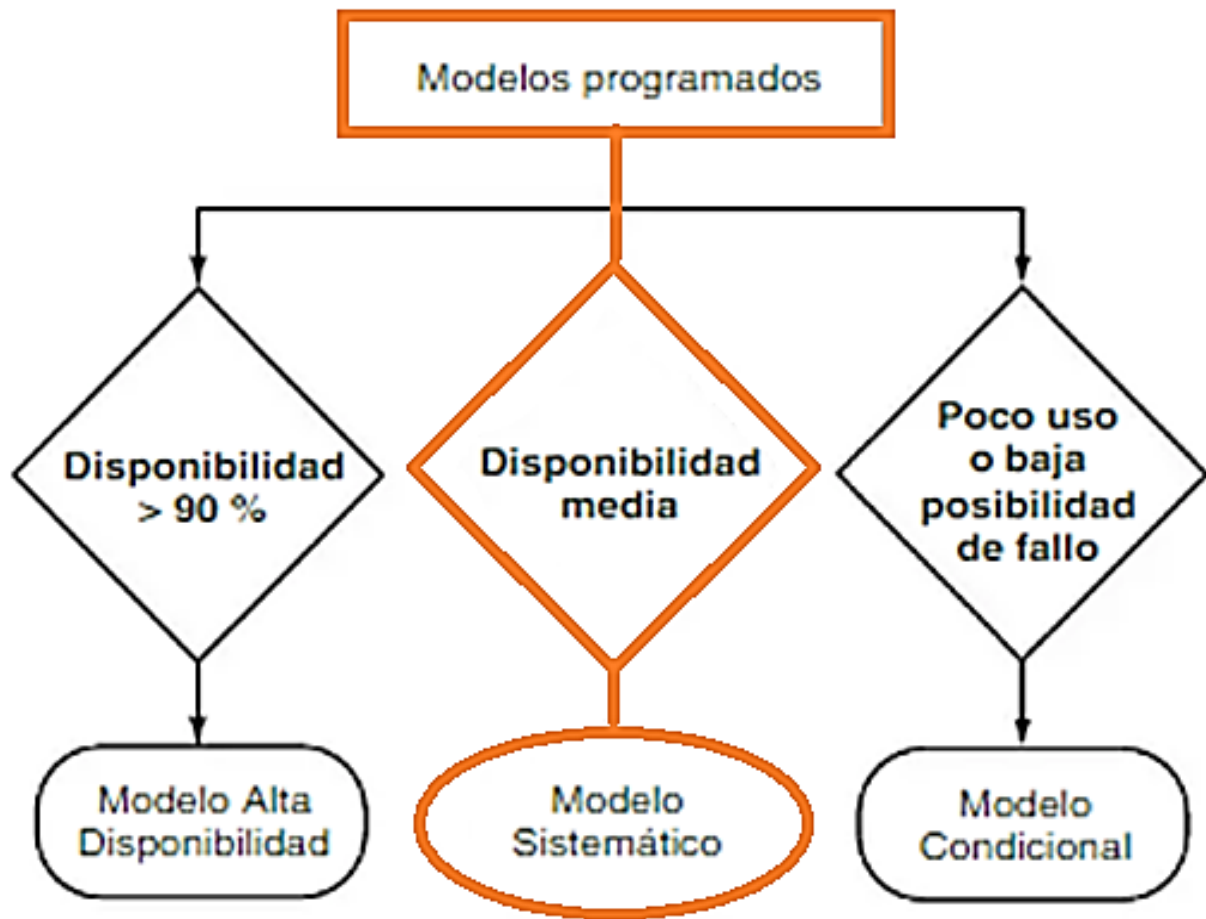
Fuente. Propia

MOTORES									
OD	CODIGO EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MTTO	IMPACTO SEG Y MA	CONSECUECIAS	TOTAL	CRITICIDAD
4 23/32"	OP-CHM-001	3	7	3	2	1	24	72	
4 3/4"	OP-CHM-002-006	3	7	3	2	1	24	72	
2 1/8"	OP-CHM-007-008	3	7	3	2	1	24	72	
1 11/16"	OP-CHM-009-014	3	7	3	2	1	24	72	

Fuente. Propia

CROSS OVER									
OD	CODIGO EQUIPO	FRECUENCIA	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD	COSTOS DE MTTTO	IMPACTO SEG Y MA	CONSECUENCIAS	TOTAL	CRITICIDAD
7 5/16"	OP-CH-XO-001-004	2	7	4	2	1	31	62	
6 13/16"	OP-CH-XO-005-014	2	7	4	2	1	31	62	
4 3/4"	OP-CH-XO-015-031	2	7	4	2	1	31	62	
6 3/8"	OP-CH-XO-032-033	2	7	4	2	1	31	62	
4 13/16"	OP-CH-XO-034	2	7	4	2	1	31	62	
2 7/8"	OP-CH-XO-035-037	2	7	4	2	1	31	62	
4 1/2"	OP-CH-XO-038-044	2	7	4	2	1	31	62	
6 7/8"	OP-CH-XO-045	2	7	4	2	1	31	62	
6 27/32"	OP-CH-XO-046	2	7	4	2	1	31	62	
6 3/4"	OP-CH-XO-047-052	2	7	4	2	1	31	62	
5"	OP-CH-XO-053	2	7	4	2	1	31	62	


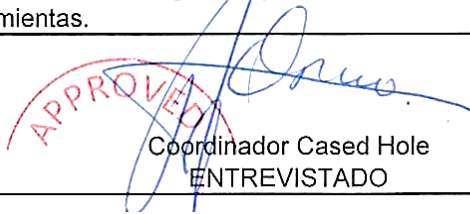
Fuente. Propia



Anexo 7. Modos de Fallos y Fallos

EQ.	DESCRIPCIÓN DE FALLO	TIPO DE	DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLO	TAREA DE MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	FRECUENCIA
SCRAPPER	DESGASTE DE CUÑAS	TÉCNICO	Exceso de uso.	Sustituciones de piezas	Reemplazar las cuñas del scrapper acorde a la vida útil de la herramienta, según sus datos técnicos.	200 horas
			Casing del pozo dañado.	Verificaciones en operación	Verificar el estado del casing, previo a introducir el scraper.	Por Trabajo
			No se cumplen los parámetros de operación.	Inspecciones predictivas	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por Trabajo
	SUELTEN LAS CUÑAS RETRAIBLES SOSTENIDAS INTERNAMENTE	FUNCIONAL	Desgaste normal.	Inspecciones visuales	Verificar el estado de las cuñas antes de enviar el scraper a operación, ya que si están muy desgastadas pueden romperse.	Por Trabajo
			Rotura del resorte.	Limpieza y ajustes por condición	Si las cuñas del scraper pierden su retractibilidad, significa que su resorte está roto y debe ser reemplazado.	200 horas
CEPILLOS	ROTURA DE LAS CERDAS	FUNCIONAL	Exceso de uso	Sustituciones de piezas	Reemplazar cepillo si sus cerdas se rompen, debido a que dejaría de cumplir su función.	200 horas
	DESGASTE DE LAS CERDAS	TÉCNICO	Desgaste normal.	Inspecciones visuales	Verificar el estado de las cerdas del cepillo antes de enviar a operación, ya que si están muy desgastadas pueden romperse.	Por Trabajo
MOTORES	DAÑO DE LOS SELLOS	TÉCNICO	Exceso de horas de trabajo.	Sustituciones de piezas	Reemplazar los sellos del motor acorde a la vida útil sugerida en sus datos técnicos.	Por Trabajo
			Tipo de fluido del pozo.	Verificaciones en operación	Verificar las condiciones del pozo en el que se va a trabajar, y según el tipo de fluido del mismo, realizar paradas técnicas si lo amerita para revisar el estado de los sellos.	Semanal
			Presión excesiva.	Inspecciones predictivas	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por trabajo
	DAÑO DEL ESTATOR	FUNCIONAL	Parámetros de trabajo no son exactos sobre todo diferencial de presión.	Inspecciones predictivas	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por Trabajo
			Exceso horas trabajo.	Sustituciones de piezas	Reemplazar el estator del motor acorde a la vida útil sugerida en sus datos técnicos.	200 horas
			Calidad del material.	Inspecciones visuales	Verificar el estado del estator antes de enviar al pozo.	Semanal
	ATASCAMIENTO DEL EJE	FUNCIONAL	Exceso parámetros de trabajo.	Inspecciones predictivas	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por Trabajo
			Presencia de sólidos.	Verificaciones en operación	Verificar que la limpieza del casing haya sido adecuada antes de introducir el motor, caso contrario realizarla nuevamente.	Por Trabajo
			Altas temperaturas.	Inspecciones predictivas	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por Trabajo
	ROTURA DEL EJE	FUNCIONAL	Exceso parámetros de trabajo.	Inspecciones predictivas	Realizar el análisis previo del pozo en el que se va a trabajar, fijar los parámetros permitidos según el tipo de pozo.	Por Trabajo
COLAPSO DEL FILTRO	TÉC.	No se limpió el filtro previo al trabajo.	Limpieza y ajustes sistemáticos	Realizar la limpieza al filtro del motor después de cada trabajo.	Por Trabajo	
CROSS OVER	DESGASTE DE ROSCA	FUNCIONAL	Mala manipulación	Colocar protección	Colocar protector de rosca y grasa	Diaria
			Exceso de uso	Inspecciones visuales	Inspecciones específicas con ultrasonidos, NDT, etc.	500 horas
	DAÑO DE ROSCA	TÉCNICO	Torque inadecuado	Verificación previa	Aplicar torque adecuado según el tipo de rosca, con tablas en caso de ser necesario.	Por Trabajo

Anexo 8. Modos de Fallos y Fallos

ENTREVISTA PARA ESTABLECER FRECUENCIAS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO		
Lugar de la entrevista	Base Operaciones	Objetivo de la Entrevista
Personal Entrevistado	Coordinador Cased Hole	"Establecer las frecuencias de las tareas de mantenimiento a realizar por cada equipo, en base a la experiencia del coordinador de la línea de servicios"
Realizado por	Melany Villamarín	
Fecha de Entrevista	16-feb-20	
HERRAMIENTAS DE BHA		
PREGUNTA 1	Tomando en cuenta el daño que puede producir a las cuñas del scrapper un casing con desperfectos; ¿Con qué frecuencia se debe verificar su estado antes de introducir el scraper?	
<i>* Es indispensable realizar esta verificación POR CADA TRABAJO, previo a la corrida de BHA.</i>		
PREGUNTA 2	¿Con qué frecuencia se debe verificar el estado de las cuñas para evitar desprendimientos?	
<i>* La verificación de la retractibilidad puede realizarse previo a operaciones o al culminar un trabajo.</i>		
PREGUNTA 3	Tomando en cuenta el daño que puede producir a las cuñas del scrapper un casing con desperfectos; ¿Con qué frecuencia se debe verificar su estado antes de introducir el scraper?	
<i>* Es indispensable realizar esta verificación POR CADA TRABAJO, previo a la corrida de BHA.</i>		
PREGUNTA 4	¿Cuál es el tiempo de vida útil establecido par las cuñas y sus accesorios?	
<i>* El tiempo establecido por el proveedor es bastante amplio, por lo tanto en la empresa se ha establecido un tiempo de vida útil estándar para las piezas que necesitan reemplazo, considerando que el BHA es el ensamble de todas las herramientas analizadas en la presente investigación. El tiempo establecido es de 200 horas, una vez la herramienta cumpla este tiempo de trabajo se procede a reemplazar, cuñas, resortes, cerdas, estator. Para los sellos del motor el tiempo establecido para su reemplazo, es por cada trabajo o corrida.</i>		
PREGUNTA 5	Para asegurar que las cerdas del cepillo estén en óptimas condiciones ¿Con qué frecuencia se debe realizar una verificación?	
<i>* En campo, antes de armar el BHA se realiza una verificación del estado de las cerdas del cepillo con un anillo según el diámetro del mismo, si las cerdas no cubren el diámetro requerido no se ingresa el cepillo. Por lo tanto la verificación es por cada trabajo.</i>		
PREGUNTA 6	En cuánto al motor y los posibles fallos previamente analizados ¿Cuál es la frecuencia adecuada para analizar los parámetros de operación?	
<i>* El cliente emite un informe días u horas antes de la operación con las condiciones del pozo a trabajar; de allí se parte para establecer los parámetros de operación de cada parte del motor e incluso el resto de herramientas. Los parámetros de trabajo establecidos son PRESIÓN, ROTACIÓN, PESO. Son diferentes para cada pozo; por lo tanto la verificación para cumplir estos parámetros debe ser POR CADA TRABAJO. junto con ello los parámetros de operación para Scraper, Cepillo, Motor, Cross over.</i>		
PREGUNTA 7	¿Con qué frecuencia se debe limpiar el filtro del motor?	
<i>* Después de cada trabajo.</i>		
PREGUNTA 8	¿Con qué frecuencia se debe engrasar el cross over?	
<i>* Para cada trabajo, limpieza, engrase y colocar protección.</i>		
PREGUNTA 9	¿Con qué frecuencia se debe realizar NDT al cross over?	
<i>* Cada 500 horas de trabajo.</i>		
<p>Conclusión: La frecuencia de las verificaciones, tareas de limpieza, inspecciones menores para todas las herramientas es la misma, ya que trabaja en conjunto, también se puede concluir que las horas establecidas para el reemplazo de piezas, en la empresa se manejan en base a experiencia, incluso sin referirse al tiempo establecido por el proveedor, se considera que es muy genérico e irreal según el tipo de condiciones de trabajo para las herramientas.</p>		
 Melany Villamarín ENTREVISTADOR		 Coordinador Cased Hole ENTREVISTADO

RUTAS DE MANTENIMIENTO

		FORMATO PARA RUTA DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: F1INT / CH-001
				REVISIÓN: 00
				FECHA DE EMISIÓN: 06/06/2020
		Frecuencia	POR TRABAJO	
		Lugar de Realización	BASE / CAMPO	
		Fecha de Realización		
		Personal Encargado		
		Tiempo (en horas)		
		Equipos a verificar	SCRAPER - CROSS OVER	
EQUIPO	COD.	TAREA A REALIZAR		RESULTADO
SCRAPER	OP-CH-SR-00_	Inspección Visual de la superficie del Casing		
		Verificación de las condiciones de la tubería de revestimiento		
		Verificar la presencia de corrosión en el casing		
		Verificar la concordancia de diámetros entre el scrapper y el casing		
CROSS OVER	OP-CH-XO-00_	Realizar la inspección de roscas		
		Realizar el control dimensional de roscas		
		Realizar la limpieza de roscas		
		Engrasar las conexiones		
		Colocar los protectores de rosca		
OBSERVACIONES:				

		FORMATO PARA RUTA DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: F+INT / CH-002	
				REVISIÓN: 00	
				FECHA DE EMISIÓN: 06/06/2020	
		Frecuencia	POR TRABAJO		
		Lugar de Realización	BASE / CAMPO		
		Fecha de Realización			
		Personal Encargado			
		Tiempo (en horas)			
		Equipos a verificar	SCRAPER - MOTOR		
EQUIPO	COD.	TAREA A REALIZAR	RESULTADO		
SCRAPER	OP-CH-SR-00_	Establecer las rpm con las que deb trabajar el scraper			
		Establecer el nivel de inclinación para introducir el scrapper			
		Verificar la información previa sobre el pozo entregada por el cliente			
		Definir el peso sobre el BHA			
		Inspeccionar la manipulación del técnico que opera el BHA			
		Verificar la concordancia de parámetros de operación con la herramienta antes de introducirla			
MOTOR	OP-CHM-00_	Analizar el tipo de fluido del pozo			
		Inspeccionar los solventes químicos utilizados			
		Verificar el nivel de salinidad del fluido previo a introducir la herramienta			
		Realizar el cálculo de la presión diferencial a partir de las presiones establecidas apar operación			
		Verificar la calibración del reloj indicador de presión en superficie			
		Verificar la temperatura del pozo			
		Verificar la temperatura de los tanques			
		Inspección visual a los tanques en superficie			
		Controlar la rotación aplicada al eje ejecutor			
		Verificar que el tipo de pozo en el que se va a trabajar			
		Verificar que el motor no se recaliente			
OBSERVACIONES:					

		FORMATO PARA RUTA DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: F+INT / CH-003	
				REVISIÓN: 00	
				FECHA DE EMISIÓN: 06/06/2020	
		Frecuencia	SEMANAL		
		Lugar de Realización	BASE OP		
		Fecha de Realización			
		Personal Encargado			
		Tiempo (en horas)			
		Equipos a verificar	SCRAPER - CEPILLO - MOTOR		
EQUIPO	COD.	TAREA A REALIZAR	RESULTADO		
SCRAPER	OP-CH-SR-00_	Inspección visual de cuñas			
		Inspección visual de retenedor			
		Verificación de retractibilidad			
		Verificar la existencia de cuñas desprendidas			
		Verificar la dimensión del diámetro del scraper			
		Verificación de la superficie de las cuñas			
CEPILLO	OP-CH-CP-00_	Inspección visual de cerdas			
		Inspección visual de retendor			
		Inspección visual del portacepillos			
		Verificación de uniformidad de las cerdas			
		Verificación de fijación cerdas - portacepillos			
		Verificación del diámetro del cepillo			
MOTOR	OP-CHM-00_	Inspección visual del motor			
		Verificar la presencia de retazos de caucho			
		Verificar la rotación normal del eje			
		Verificar el tipo de material (MTR)			
OBSERVACIONES:					

		FORMATO PARA RUTA DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: F1-INT / CH-004	
				REVISIÓN: 00	
				FECHA DE EMISIÓN: 06/06/2020	
		Frecuencia	POR TRABAJO		
		Lugar de Realización	CAMPO		
		Fecha de Realización			
		Personal Encargado			
		Tiempo (en horas)			
		Equipos a verificar	MOTOR - CROSS OVER		
EQUIPO	COD.	TAREA A REALIZAR	RESULTADO		
MOTOR	OP-CHM-00_	Verificar la presión de trabajo permitida			
		Inspección visual a las bombas en superficie			
		Verificar que el motor se mantenga a fondo			
		Verificar que las bombas trabajen con presión continua			
		Inspeccionar que se aplique la rotación permitida			
		Verificar que el peso aplicado sea el permitido			
CROSS OVER	OP-CH-XO-00_	Verificar que las roscas estén con su protección			
		Inspección visual de roscas			
		Verificar que el ajuste sea concéntrico			
		Verificar el uso de torquímetro para el ajuste			
		Verificar que no se exceda el torque de la marcación en el cuerpo del cross over			
		Verificar el nivel de torque permitido para cada tipo de rosca			
OBSERVACIONES:					

		FORMATO PARA RUTA DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: F1-INT / CH-005
				REVISIÓN: 00
				FECHA DE EMISIÓN: 06/06/2020
		Frecuencia	POR TRABAJO	
		Lugar de Realización	CAMPO	
		Fecha de Realización		
		Personal Encargado		
		Tiempo (en horas)		
		Equipos a verificar	MOTOR	
EQUIPO	COD.	TAREA A REALIZAR	RESULTADO	
MOTOR	OP-CHM-00_	Inspección visual del casing		
		Verificación de sólidos removidos antes de operación		
		Inspección visual del filtro		
		Limpieza del filtro		
		Verificación de condiciones del filtro post operación		
		Colocación y ajuste del filtro limpio		
OBSERVACIONES:				

		FORMATO PARA GAMA DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: F1INT / CH-006
				REVISIÓN: 00
				FECHA DE EMISIÓN: 06/06/2020
		Frecuencia	Cada 200 horas	
		Lugar de Realización	BASE OPERACIONES	
		Fecha de Realización		
		Personal Encargado		
		Tiempo (en horas)		
		Equipo	SCRAPER	
EQUIPO	COD.	TAREA A REALIZAR	RESULTADO	
SCRAPER	OP-CH-SR-00_	Revisar que la herramienta haya cumplido su tiempo de trabajo		
		Limpiar la herramienta		
		Retirar las cuñas independientemente de su estado actual		
		Retitar los resortes de cada cuña		
		Verificar la elasticidad de los resortes		
		Inspección visual de los resortes a colocar		
		Reemplazar los resortes		
		Inspección visual de las cuñas a colocar		
		Reemplazar las cuñas		
		Ajustar resorte y cuñas nuevos al retenedor		
		Verificar la retractibilidad de las cuñas nuevas		
		Verificar que no exista atascamiento		
OBSERVACIONES:				

		FORMATO PARA GAMA DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: F1-INT / CH-007	
				REVISIÓN: 00	
				FECHA DE EMISIÓN: 06/06/2020	
		Frecuencia	Cada 200 horas		
		Lugar de Realización	BASE OPERACIONES		
		Fecha de Realización			
		Personal Encargado			
		Tiempo (en horas)			
		Equipo	CEPILLO		
EQUIPO	COD.	TAREA A REALIZAR	RESULTADO		
CEPILLO	OP-CH-CP-00_	Revisar que la herramienta haya cumplido su tiempo de trabajo			
		Limpiar la herramienta			
		Retirar los cepillos independientemente de su estado actual			
		Retitar los portacepillos			
		Limpiar los portacepillos			
		Inspección visual de portacepillos			
		Reemplazar los cepillos			
		Verificar uniformidad de las cerdas de los cepillos colocados			
		Realizar las pruebas con el anillo verificador			
		Inspeccionar ajuste entre cepillo y portacepillos			
		Verificar operatividad			
OBSERVACIONES:					

		FORMATO PARA GAMA DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: F1-INT / CH-008	
				REVISIÓN: 00	
				FECHA DE EMISIÓN: 06/06/2020	
		Frecuencia	Cada 200 horas / (PT)		
		Lugar de Realización	BASE OPERACIONES		
		Fecha de Realización			
		Personal Encargado			
		Tiempo (en horas)			
		Equipo	MOTOR		
EQUIPO	COD.	TAREA A REALIZAR	RESULTADO		
MOTOR	OP-CHM-00_	Retirar los sellos			
		Limpieza de la superficie donde se colocan los sellos			
		Reemplazar los sellos			
		Realizar pruebas hidrostáticas			
		Verificar que no existan liqueos			
		Limpieza general del motor			
		Retirar el estator			
		Verificar la uniformidad de la carcasa del motor			
		Reemplazar el estator			
		Verificar operatividad			
OBSERVACIONES:					

		FORMATO PARA GAMA DE MANTENIMIENTO		CÓDIGO: F+INT / CH-009	
				REVISIÓN: 00	
				FECHA DE EMISIÓN: 06/06/2020	
		Frecuencia	Cada 500 horas		
		Lugar de Realización	BASE OPERACIONES		
		Fecha de Realización			
		Personal Encargado			
		Tiempo (en horas)			
		Equipo	CROSS OVER		
EQUIPO	COD.	TAREA A REALIZAR	RESULTADO		
CROSS OVER	OP-CH-XO-00_	Limpieza general de superficies			
		Limpieza de conexiones			
		Colocación de tinta base en superficies			
		Colocación de tinta base en conexiones			
		Colocación de tinta penetrante en todo el cuerpo y conexiones			
		Verificar imperfecciones en superficie			
		Verificar imperfecciones en conexiones			
		Inspección visual post aplicación			
		Remoción de tintas colocadas			
		Verificar operatividad			
OBSERVACIONES:					