



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ciencias Administrativas y Económicas

TRABAJO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

MAGÍSTER EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

*DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA LOGRAR LA VIABILIDAD TÉCNICA Y
FACTIBILIDAD FINANCIERA DE UNA NUEVA LÍNEA DE NEGOCIOS DENTRO DE LA
EMPRESA GEOPETSA SERVICIOS PETROLEROS, ENFOCADA AL MANTENIMIENTO
INTEGRAL DE LOS TALADROS DE WORKOVER QUE OPERAN EN EL ORIENTE
ECUATORIANO*

AUTOR: EGLIMAR JOSÉ CÓRDOVA MUNDARAY

DIRECTOR: SANTIAGO JACOME

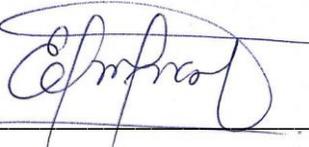
2021

Quito, Ecuador

Certificación

Yo, Córdova Mundaray Eglimar José, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original, auténtica y personal. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi sola y exclusiva responsabilidad.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE) según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Firma del graduando

Eglimar José Córdova Mundaray

Yo, Santiago Jacome, declaro que personalmente conozco que el graduando: Córdova Mundaray Eglimar José es el autor exclusivo de la presente investigación y que esta es original, auténtica y personal suya.



Firma del director del trabajo de titulación

Santiago Jacome

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a Dios por ser nuestro proveedor absoluto de salud y amor; por entregarme la fuerza y la energía para seguir siempre adelante. Gracias Dios por ayudarme a alcanzar otra meta.

A mis padres, fuente inagotable de sacrificio y amor. A ustedes les debo todo lo que soy.

A Julio César, por ser mi pareja, mi amigo, mi cómplice, mi compañero de estudio. Por tener siempre las palabras exactas que me ayudaban e impulsaban permanentemente a seguir.

Definitivamente somos el mejor equipo.

A mi hermano José Antonio, por su apoyo sin condiciones, sin horario y sin fecha en el calendario. Por ser siempre mi amuleto de buena suerte.

A mi hermana Evelyn, por siempre motivarnos y empujarnos a seguir adelante.

A Miguel Eduardo y José Gabriel, por ser parte de la familia que me ha dado la vida y por siempre estar para mí.

A mi hermana y amiga Zeleydeth, por su apoyo constante en cada proyecto que emprendo.

A los docentes y directores de posgrados de la UIDE, en especial a mi tutor, Santiago Jacome, por haberme apoyado en este importante trabajo. A todos, ha sido una experiencia totalmente enriquecedora y digna de agradecer.

A mis compañeros de la XIII promoción de posgrados administrativos, por cada una de las experiencias compartidas, los conocimientos entregados en cada materia y en cada actividad.

Serán siempre recordados por tan especial transitar durante un año y ocho meses.

Tabla de contenido

| | |
|---------------------------------------------------|------|
| Resumen | xi |
| Abstract..... | xiii |
| 1 Capítulo I. Introducción | 1 |
| 1.1 Problema de investigación | 1 |
| 1.2 Antecedentes de la empresa | 2 |
| 1.3 Objetivos de la investigación | 3 |
| 1.3.1 Objetivo general | 3 |
| 1.3.2 Objetivos específicos | 3 |
| 1.4 Justificación | 3 |
| 1.4.1 Justificación práctica..... | 3 |
| 1.5 Limitaciones..... | 4 |
| 1.6 Delimitaciones | 4 |
| 1.7 Tipo de investigación | 4 |
| 1.8 Población y muestra | 5 |
| 1.9 Alcance..... | 6 |
| 1.10 Fuentes de recolección de información | 6 |
| 1.11 Técnicas de recolección de información | 6 |
| 2 Capítulo II. Marco teórico | 8 |
| 2.1 Revisiones conceptuales..... | 8 |
| 2.1.1 Taladro de Workover..... | 8 |

| | | |
|---------|--------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.2 | Sistema de soporte estructural..... | 8 |
| 2.1.2.1 | Subestructura..... | 8 |
| 2.1.2.2 | Piso del taladro..... | 9 |
| 2.1.2.3 | Cabría o mástil..... | 10 |
| 2.1.2.4 | Guinche..... | 11 |
| 2.1.2.5 | Plataforma del encuellador..... | 11 |
| 2.1.3 | Sistema de elevación o izaje..... | 12 |
| 2.1.3.1 | Malacate..... | 12 |
| 2.1.3.2 | Bloque corona..... | 13 |
| 2.1.3.3 | Bloque viajero..... | 14 |
| 2.1.3.4 | Elevadores..... | 14 |
| 2.1.3.5 | Línea o cable..... | 15 |
| 2.1.4 | Sistema rotario..... | 16 |
| 2.1.4.1 | Mesa rotaria..... | 16 |
| 2.1.4.2 | Llaves de potencia de enrosque y desenrosque (Lagartos)..... | 17 |
| 2.1.5 | Sistema de circulación..... | 18 |
| 2.1.5.1 | Bombas de lodo..... | 19 |
| 2.1.5.2 | Bombas triplex..... | 19 |
| 2.1.5.3 | Bomba centrífuga..... | 20 |
| 2.1.5.4 | Líneas de descarga y retorno..... | 21 |
| 2.1.5.5 | Manguera rotatoria..... | 21 |
| 2.1.5.6 | Tubo vertical (STAND PIPE)..... | 21 |

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------|----|
| 2.1.5.7 | Manguera vibradora..... | 22 |
| 2.1.5.8 | Tubería horizontal..... | 23 |
| 2.1.5.9 | Tanque de lodo..... | 23 |
| 2.1.5.10 | Zarandas..... | 24 |
| 2.1.5.11 | Separador de gas..... | 25 |
| 2.1.5.12 | Choke Manifold..... | 26 |
| 2.1.6 | Sistema de generación y transmisión de potencia..... | 26 |
| 2.1.7 | Sistema de prevención de reventones..... | 27 |
| 2.1.7.1 | Conjunto de BOP..... | 28 |
| 2.1.7.1.1 | Preventor de reventón del pozo anular..... | 29 |
| 2.1.7.1.2 | Válvula tipo ariete..... | 30 |
| 2.1.7.1.3 | Válvulas RAM para tubería o revestimiento..... | 30 |
| 2.1.7.1.4 | Válvulas RAM ciegas o de corte (Blind Rams):..... | 30 |
| 2.1.7.2 | Acumuladores..... | 31 |
| 2.1.7.2.1 | Panel de control..... | 32 |
| 2.1.8 | Sistemas de mantenimiento..... | 33 |
| 2.1.8.1 | Mantenimiento industrial..... | 33 |
| 2.1.8.1.1 | Objetivos del mantenimiento..... | 34 |
| 2.1.8.1.2 | Ventajas del mantenimiento industrial..... | 34 |
| 2.1.8.1.3 | Planificación del mantenimiento industrial..... | 35 |
| 2.1.8.2 | Mantenimiento preventivo..... | 35 |
| 2.1.8.3 | Mantenimiento predictivo..... | 36 |

| | | |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.8.4 | Mantenimiento correctivo | 36 |
| 2.1.8.5 | Planes de mantenimiento | 37 |
| 2.1.9 | Proceso de planificación del mantenimiento | 37 |
| 3 | Capítulo III. Análisis de la industria - mercado | 38 |
| 3.1 | Análisis de la industria | 38 |
| 3.1.1 | Diagnóstico del proceso de mantenimiento preventivo que se realiza en los equipos de workover que intervienen en las operaciones petroleras en el Ecuador | 38 |
| 3.1.1.1 | Potenciales clientes | 39 |
| 3.1.1.2 | Potenciales competidores | 40 |
| 3.1.1.3 | Análisis AMOFHIT | 40 |
| 3.2 | Estructura e infraestructura instalada de GEOPETSA Servicios Petroleros | 42 |
| 3.2.1 | Estructura de la empresa..... | 42 |
| 3.2.1.1 | Organigrama de mantenimiento..... | 44 |
| 3.2.2 | Infraestructura de GEOPETSA | 44 |
| 3.2.3 | Necesidades mínimas operativas y caracterizar los elementos técnicos | 47 |
| 4 | Capítulo IV. Propuesta..... | 48 |
| 4.1 | Entregables del proyecto | 51 |
| 5 | Conclusiones..... | 52 |
| 6 | Recomendaciones..... | 53 |
| 7 | Referencias | 54 |

Lista de tablas

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. <i>Análisis AMOFHIT</i> | 40 |
| Tabla 2. <i>Análisis de costos para implementación de nueva línea de negocios</i> | 48 |
| Tabla 3. <i>Análisis del servicio e información del cliente</i> | 50 |

Lista de figuras

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Figura 1.</i> Subestructura | 9 |
| <i>Figura 2.</i> Piso del Taladro..... | 9 |
| <i>Figura 3.</i> Cabría o Mástil | 10 |
| <i>Figura 4.</i> Guinche..... | 11 |
| <i>Figura 5.</i> Plataforma del Encuellador | 11 |
| <i>Figura 6.</i> Sistema de levantamiento o Izaje..... | 12 |
| <i>Figura 7.</i> Malacate..... | 13 |
| <i>Figura 8.</i> Bloque Corona..... | 13 |
| <i>Figura 9.</i> Bloque viajero | 14 |
| <i>Figura 10.</i> Elevadores | 15 |
| <i>Figura 11.</i> Línea o Cable de Perforación | 16 |
| <i>Figura 12.</i> Mesa Rotaria | 17 |
| <i>Figura 13.</i> Llaves de Potencia de enrosque y desenrosque..... | 18 |
| <i>Figura 14.</i> Sistema de Circulación | 19 |
| <i>Figura 15.</i> Bomba Triplex | 20 |
| <i>Figura 16.</i> Bomba Centrífuga..... | 20 |
| <i>Figura 17.</i> Manguera Rotatoria | 21 |
| <i>Figura 18.</i> Tubo Vertical..... | 22 |
| <i>Figura 19.</i> Manguera Vibradora | 22 |
| <i>Figura 20.</i> Tubería Horizontal | 23 |
| <i>Figura 21.</i> Conjunto de tanques..... | 24 |
| <i>Figura 22.</i> Zarandas..... | 25 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Figura 23.</i> Separador de Gas | 25 |
| <i>Figura 24.</i> Choke Manifold | 26 |
| <i>Figura 25.</i> Sistema de Generación y Transmisión de Potencia | 27 |
| <i>Figura 26.</i> Conjunto BOP | 28 |
| <i>Figura 27.</i> Ejemplo de una Válvula Anular-Preventor de reventón del pozo anular | 29 |
| <i>Figura 28.</i> Válvula Tipo Ariete | 30 |
| <i>Figura 29.</i> Válvula doble RAM para tubería de revestimiento y ciegos o de corte | 31 |
| <i>Figura 30.</i> Unidad Acumuladora de Sistema de Seguridad de un Taladro de Reacondicionamiento | 32 |
| <i>Figura 31.</i> Panel de control..... | 33 |
| <i>Figura 32.</i> Planificación del mantenimiento..... | 38 |
| <i>Figura 33.</i> Organigrama de Geopetsa Servicios Petroleros. Alta Gerencia y Gerencia Media | 43 |
| <i>Figura 34.</i> Organigrama de Geopetsa Servicios Petroleros. Area de Mantenimiento | 44 |
| <i>Figura 35.</i> Tornero operando taladro radial..... | 45 |
| <i>Figura 36.</i> Supervisor Mecánico rectificando una parte | 46 |
| <i>Figura 37.</i> Mecánico operando cargadora frontal | 46 |

Resumen

La industria mundial, a lo largo de los años, ha tenido un crecimiento a pasos agigantados en temas de seguridad y calidad; cada vez se hace más necesario que las compañías cuenten con sistemas de calidad que garanticen el funcionamiento eficiente de los equipos. A nivel mundial existen entes que norman y cuidan el cumplimiento de las reglas para operar en las diferentes industrias, esto para asegurar la calidad el producto o servicio final de estas. Dichos entes diseñan, bajo recomendaciones de fabricantes y de acuerdo con las buenas prácticas de la industria, una serie de pautas que permiten el desarrollo seguro de las actividades. Dentro del cumplimiento de los requisitos mínimos para operar de manera segura se encuentra el mantenimiento óptimo de los equipos.

El mantenimiento industrial ha resultado en una preocupación para los departamentos responsables de este, tanto por lo que representa como por el cumplimiento con normativa a nivel nacional e internacional; adicional a esto, presionado por una demanda creciente por parte de una clientela que exige servicios de alta calidad. El mantenimiento es la combinación de una serie de actividades mediante las que un equipo o conjunto de equipos se mantiene o reestablece a un estado en el cual puede desarrollar las funciones para las que fue diseñado (Duffuaa et al., 2000, p. 29). Un mantenimiento adecuado garantiza la continuidad del funcionamiento de los equipos y, además, permite el aprovechamiento de su vida útil. En el caso del mantenimiento de la industria petrolera, es determinante cuidar la trazabilidad en el mantenimiento del equipo.

La industria petrolera se rige por estándares o normas internacionales (API, ISO, ANSI, entre otras) que permiten un control y estandarización de los procesos, garantizando un producto de calidad. A nivel nacional, cada operadora establece sus normas y acredita a entes especializados para que se encarguen de velar por el cumplimiento de las normas internacionales y otras

establecidas por ellos. La industria petrolera se puede segmentar en 4 áreas: 1) exploración, 2) explotación/producción, 3) refinación y 4) comercialización. En el área de explotación/producción, se pueden distinguir operaciones de perforación, operaciones de mantenimiento y reparación de pozo, y operaciones de producción.

Las operaciones de mantenimiento y reparación de pozo se llevan a cabo con equipos de workover, los cuales deben estar certificados bajo lineamientos internacionales y, adicionalmente, deben cumplir con exigencias de las distintas operadoras; además de poseer estándares propios, están anclados a las exigencias de la estatal petrolera nacional. Dentro de las principales exigencias se encuentran el cumplimiento de las normas API, cumplimiento con las recomendaciones de los distintos fabricantes de los equipos que lo conforman y la validación de los entes de certificación.

Un taladro de workover es un sistema compuesto por subsistemas que, integrados de manera armoniosa, permiten realizar actividades de reparación y reacondicionamiento de pozo. El éxito en la operación de los equipos de workover dependerá del mantenimiento preventivo que se les haga.

El presente trabajo tiene como finalidad proponer una línea de negocio que realice el mantenimiento de los equipos de workover que operan en el Ecuador, haciendo uso de la infraestructura de la empresa GEOPETSA Servicios Petroleros, con resultados técnicamente viables y económicamente factibles.

Abstract

The world industry through the years, has had a growth at a giant step in safety and quality issues; It is becoming increasingly necessary for companies to have quality systems that guarantee the efficient operation of equipment. Worldwide there are entities that regulate and ensure compliance with the rules to operate in the different industries, this to guarantee the quality of the final product or service of the same. These entities design under the recommendations of manufacturers and in accordance with good industry practices, a series of guidelines that allow the safe development of activities. Within the fulfillment of the minimum requirements to operate safely, is the optimal maintenance of the equipment.

Industrial maintenance has been a concern for the departments responsible for this, due to both what it represents, as well as compliance with international and national regulations; additional, pressured by a growing demand on the part of a clientele that demands high quality services. Maintenance is the combination of a series of activities by which a team or set of teams is maintained or restored to a state in which it can develop the functions for which it was designed (Duffuaa, Raouf, y Campbell, 2000, p .29). Proper maintenance guarantees the continuity of the equipment's operation and also allows the use of its useful life. In the case of the maintenance of the oil industry, it is essential to take care of the traceability in the maintenance of the equipment, since this

The oil industry is governed by international standards or norms (API, ISO, ANSI, among others); These norms allow a control and standardization of the processes, guaranteeing a quality product. At the national level, each operator establishes its standards and additionally accredits specialized entities, which are in charge of ensuring compliance with international standards and others established by them. The oil industry can be divided into 4 areas: 1) Exploration, 2)

Exploitation / Production, 3) Refining and 4) Marketing. In the Exploitation / Production area, we can distinguish drilling operations, well maintenance and repair operations, production operations.

Well maintenance and repair operations are carried out with workover equipment, these equipment must be certified under international and additional guidelines, they must comply with the requirements of the different operators, which in addition to having their own standards, are anchored to the requirements of the state-owned national oil company. Among the main requirements are, compliance with API standards, compliance with the recommendations of the different manufacturers of the equipment that comprise it and the validation of the certification bodies.

A workover drill is a system composed of subsystems, which, harmoniously integrated, allow to carry out well repair and reconditioning activities.

The success in the operation of the workover equipment will depend on the preventive maintenance that is carried out on them. The purpose of this work is to propose a business line that performs the maintenance of the workover equipment that operates in Ecuador, making use of the infrastructure of the company GEOPETSA Servicios Petroleros, with technically feasible and economically feasible results.

Capítulo I. Introducción

1.1 Problema de investigación

La industria del petróleo se caracteriza por tener reglas y normas que garantizan la minimización de los riesgos asociados a las actividades llevadas a cabo durante las operaciones petroleras. Unas de las normas que rigen la industria petrolera a nivel mundial son las normas API (API, s.f.). Estas normas y reglas exigen el cumplimiento de recomendaciones de los fabricantes de los equipos; y, además adicionan otras tantas que garantizarán operaciones con el menor riesgo posible. La necesidad por mantener equipos con un funcionamiento eficiente y continuo es una realidad que en esta industria se hace cada vez menos negociable. GEOPETSA es una compañía que inició actividades en octubre de 1990, se ha especializado en servicios para el área petrolera para lo cual cuenta con 6 equipos de reacondicionamiento, tubería, insumos, repuestos para la rehabilitación y levantamiento artificial de pozos petroleros y talleres de reparación y mantenimiento en su Base de Operaciones. **GEOPETSA SERVICIOS PETROLEROS S.A.**, ha efectuado reparaciones integrales (overhaul/ rebuilding) de sus equipos y de otras empresas en sus propias instalaciones y talleres con personal propio (GEOPETSA, s.f., párr. 1).

Con la finalidad de expandir el negocio y en aras de diversificar los servicios ofrecidos, se pretende crear una línea de negocios que ofrezca, de manera integral, el mantenimiento de todas las partes que conforman un equipo de workover y que realice el diseño y seguimiento de los planes de mantenimiento de los diferentes equipos que forman parte de un taladro de este tipo.

De acuerdo con la experiencia se puede afirmar que los equipos que desarrollan las operaciones de workover en el oriente ecuatoriano son mantenidos por empresas que realizan estas actividades de mantenimiento a las diferentes partes que forman los equipos de workover de manera individual. No existe una estructura formal que pueda realizar un mantenimiento preventivo y/o predictivo de estos equipos de forma integral.

Contar con una empresa que ofrezca el servicio de mantenimiento de equipos de workover de manera integral minimizará los costos de mano de obra y de logística, y permitirá a las empresas contratantes llevar una mejor trazabilidad de los mantenimientos llevados a cabo en los taladros.

1.2 Antecedentes de la empresa

GEOPETSA es una compañía que inició actividades en octubre de 1990, se ha especializado en servicios para el área petrolera por más de 30 años. Presta actualmente servicios de reacondicionamiento de pozos a las empresas PETROAMAZONAS EP, Halliburton y Shaya S.A. (LinkedIn, s.f., párr. 1).

GEOPETSA SERVICIOS PETROLEROS S.A. Ha efectuado reparaciones integrales (overhaul/ rebuilding) de sus equipos y de otras empresas en sus propias instalaciones y talleres con personal propio. Las oficinas principales están en Quito y la Base de Operaciones en la Región Amazónica El Coca, provincia Francisco de Orellana en donde existen instalaciones como: campamento, talleres, patio de tuberías, etc.

Es representante exclusivo del fabricante de tubería de revestimientos, producción, líneas de flujo, equipos de perforación y reacondicionamiento de pozos, bombas, etc. de Shengli Oilfield Petroleum Equipment Co. de China (GEOPETSA, s.f., párr. 1-3).

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta para lograr la viabilidad técnica y la factibilidad financiera de una nueva línea de negocios dentro de la empresa GEOPETSA Servicios Petroleros, enfocada en el mantenimiento integral de los taladros de workover que operan en el oriente ecuatoriano.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar el proceso de mantenimiento preventivo que se realiza en los equipos de workover que intervienen en las operaciones petroleras en el Ecuador.
- Establecer las necesidades mínimas operativas y caracterizar los elementos técnicos necesarios para la implementación de un proceso de mantenimiento integral para los equipos de workover que operan en el oriente ecuatoriano.
- Diseñar una propuesta técnica-financiera para la creación de una nueva línea de negocios de mantenimiento preventivo integral para los equipos de workover.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación práctica

El propósito de este estudio cualitativo es realizar una propuesta para formar una línea de negocios que abastezca a la industria petrolera en las operaciones de workover en el área de mantenimiento.

Este trabajo permitirá demostrar la viabilidad de implementación de una nueva línea de negocios que generará ingresos adicionales a la compañía, aprovechando su infraestructura actual.

Esta investigación tiene las siguientes limitaciones: (a) se determinan las necesidades a partir de la evaluación de una empresa y (b) los planes se diseñan a la medida de cada cliente. Este servicio, además de generar ingresos adicionales a GEOPETSA, permitirá a sus clientes controlar de manera integral los planes de mantenimiento con menores costos de operación y logística.

1.5 Limitaciones

- El tiempo de análisis del trabajo es de 6 meses, por lo cual puede que las normas cambien y, por ende, resulta difícil incluir información pertinente para contener dichos cambios en los planes de mantenimiento,
- El éxito del trabajo dependerá de cómo lo acepte el mercado.

1.6 Delimitaciones

Las delimitaciones de la presente investigación son:

- El estudio estará documentado en una empresa específica.
- Este estudio estará enfocado solo en workover, no en perforación.

1.7 Tipo de investigación

El tipo de la investigación será descriptivo; el propósito es interpretar realidades de hecho, las variables se enuncian en los objetivos de la investigación que se desarrollará. Esto por cuanto está dirigido, con base en el conocimiento del presente, a encontrar respuesta a los problemas

teóricos y prácticos aplicables al sector petrolero, particularmente a los procesos de mantenimiento de equipos.

En segundo lugar, es una investigación transversal, ya que se recolectan los datos en su solo momento. La información de cómo se llevan a cabo los mantenimientos no podrá ser obtenida en diferentes momentos, pues el tiempo para realizar el estudio limita a esta condición. Sin embargo, la experiencia de GEOPETSA permitirá que, de cierta manera, la condición longitudinal esté presente en el caso de estudio.

La creación de una línea que ofrezca de forma integral los servicios de mantenimiento permitirá mejorar la trazabilidad de los mantenimientos de los equipos, creará confiabilidad en los procesos y mejorará continuamente el equilibrio entre costos/calidad.

1.8 Población y muestra

Este estudio se pretende llevar a cabo en la empresa de servicios petroleros GEOPETSA S.A., que tiene más de 30 años de experiencia en el mercado y cuenta con la infraestructura para poder proveer el servicio sin tener una inversión inicial alta. Esta condición se debe a que tiene talleres altamente equipados, lo que limita la inversión en mano de obra. GEOPETSA cuenta “con un taller de mecánica industrial, equipado con tres tornos convencionales, una fresadora, una rectificadora, un taladro de banco y un taladro radial, que nos permiten mecanizar piezas de forma geométrica” (GEOPETSA, s.f., párr. 2). Asimismo, posee potentes máquinas de solda y un amplio stock de materiales y herramientas.

1.9 Alcance

En este estudio se plantea lograr la viabilidad técnica y la factibilidad financiera de una nueva línea de negocios, la cual contribuirá al crecimiento económico de la compañía y su expansión en el mercado.

1.10 Fuentes de recolección de información

La recolección de la información será de manera directa de fuentes secundarias, puesto que no son la fuente original de los hechos o las situaciones, sino referenciales, considerando la experiencia de la Compañía GEOPETSA Servicios Petroleros S.A. y el acceso a la información. En este caso, el estudio es tomado de la propia operación con el objeto de recoger información, organizarla, describirla e interpretarla de acuerdo con los diferentes procedimientos de mantenimientos de los equipos que conforman un taladro de workover (mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo), para, de este modo, garantizar confiabilidad y objetividad en la presentación de sus resultados, respondiendo a determinadas interrogantes o proporcionando información sobre cualquier hecho de la realidad.

Es posible que también se consideren fuentes primarias, debido a los contactos que se tienen del medio; se llevarían a cabo entrevistas telefónicas para fundamentar de mejor forma lo expuesto en el presente trabajo.

1.11 Técnicas de recolección de información

En esta investigación de tipo cualitativo se utilizarán los siguientes instrumentos o técnicas:

- Notas de campo: tomados directamente de la operación de GEOPETSA Servicios Petroleros, de una operación real que mantiene con clientes como Schlumberger y Halliburton.
- Análisis de documentos: este análisis será el punto de referencia para llevar a cabo el estudio. Estos documentos son certificados de origen de los equipos y mantenimientos previos realizados.
- Archivos: los soportes de mantenimientos reales, realizados en los taladros de GEOPETSA.
- Inventarios y listados de interacciones: producto de los mantenimientos llevados a cabo en los taladros de GEOPETSA; se cuenta con el inventario de materiales y equipos clave para realizar esta actividad.
- Fotografías y diapositivas: estos medios permitirán presentar los análisis producto de la investigación.
- Test de rendimiento: una vez diseñados los planes se medirá su rendimiento frente a las exigencias de las operadoras.

Capítulo II. Marco teórico

2.1 Revisiones conceptuales

2.1.1 Taladro de Workover

Según Gaviño y Venegas (2015), un taladro de “Workover” o reacondicionamiento es una estructura metálica compleja, cuyos elementos son exactamente iguales a un taladro de perforación, solamente que en menor dimensión. Es un cuerpo robusto, el mismo que está conformado por seis sistemas, a saber:

- Soporte estructural
- De elevación o izaje
- Rotatorio
- De circulación
- De generación y transmisión de potencia
- De prevención de reventones o surgencia (pp. 6-7).

2.1.2 Sistema de soporte estructural

“Es una armadura de acero, compacta pero a la vez versátil que soporta todo conjunto de equipos, herramientas y la sarta de tubería que está en el fondo del pozo” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 9).

2.1.2.1 Subestructura

Es una estructura de acero, sobrepuesta en la locación. Esta soporta el peso del equipo con sus componentes, cuenta con el espacio físico para que el personal de trabajo (cuadrilla) y los

equipos necesarios estén en el piso del taladro; así como las herramientas y tuberías de revestimiento (Gaviño y Venegas, 2015, p. 9).



Figura 1. Subestructura

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.2.2 Piso del taladro

“Esta es la parte de la plataforma de trabajo para las operaciones ubicada sobre la subestructura” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 10).



Figura 2. Piso del taladro

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.2.3 Cabría o mástil

La Torre de taladro, es una armadura de acero portátil, asentada sobre el piso del taladro y permite que el equipo de elevación se posicione y pueda cumplir sus funciones. La cabria es una estructura cuyas dimensiones son superiores al Mástil, cada uno implica que el mástil es de dimensión más angosta se traslada a la locación parcialmente ensamblada, mientras que la cabria es importante cuando se trabaja con profundidades 10000 pies o más. La altura de la torre no influye en la capacidad de carga del taladro, pero si afectan, las secciones de tubería que se pueden sacar del pozo sin tener que desconectarlas (parejas). Esto se debe a que el Bloque Corona debe estar a la altura de la sección superior para permitir sacar la sarta del pozo y almacenarla temporalmente en el encuelladero. La altura de la torre es variable desde 69 pies hasta 189 pies siendo la más común la de 142 pies (Gaviño y Venegas, 2015, pp. 11-12).



Figura 3. Cabría o mástil

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.2.4 Guinche

Es un carrete de cable de acero que se opera neumáticamente desde el piso del taladro por el operador. Se utiliza para el desplazamiento de herramientas pesadas, ya sea en el piso de la locación o desde el piso del taladro (Gaviño y Venegas, 2015, p. 12).



Figura 4. Guinche

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.2.5 Plataforma del encuellador

Esta parte de la estructura le permite al obrero maniobrar la tubería durante los viajes, organizarlos y ubicarlos en paradas de lado a lado, así estas se aseguran en filas sobre el piso de taladro, de manera que ante cualquier incidente o arremetida evitar que provoquen un accidente (Gaviño y Venegas, 2015, p. 13).



Figura 5. Plataforma del encuellador

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.3 Sistema de elevación o izaje

Sirve para elevar, bajar y suspender la sarta. Los componentes se detallan a continuación (Gaviño y Venegas, 2015, p. 14).

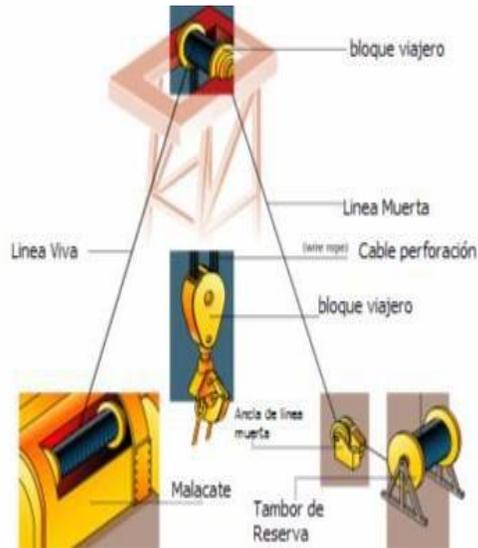


Figura 6. Sistema de levantamiento o izaje

Fuente: Gaviño y Venegas (2015)

2.1.3.1 Malacate

Es un equipo que tiene forma de un tambor de acero cuyo diámetro viene dado de acuerdo a las exigencias del taladro de Reacondicionamiento; posee frenos, una fuente de potencia y otros dispositivos como cadenas de transmisión, embragues.

El carrete de maniobras es un tambor conectado al sistema de potencia del malacate y así utilizar para tensionar los cables, cuerdas sintéticas, cadenas de transmisión. Su función es desenrollar y enrollar el cable de transmisión (cable de perforación), aplicar un alto esfuerzo de torsión a una conexión cuando se acciona un motor eléctrico o motor diésel del malacate.

Este cable de acero tiene un diámetro de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ", se enrolla en el bloque corona y el bloque viajero, creando un sistema de poleas, permitiendo al operador aplicar una tensión en la cadena conectada a las llaves de enrosque haciendo que estos elementos puedan subir y bajar en el pozo (bloque viajero) impartiendo un esfuerzo de torsión a la conexión, cables y cuerdas (Gaviño y Venegas, 2015, pp. 14-15).



Figura 7. Malacate

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.3.2 Bloque corona

Ubicada en la cima del mástil, es un conjunto de poleas múltiples, que sostiene y da movilidad al bloque viajero, este llega hasta el piso de la torre. El sistema de poleas permite el deslizamiento del cable a través de estas (Gaviño y Venegas, 2015, p. 16).



Figura 8. Bloque corona

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.3.3 Bloque viajero

Es un dispositivo que se desplaza desde el piso del taladro hasta determinados pies bajo el bloque corona (dependiendo de la altura del mástil).

Tiene varios hilos de cable, su capacidad depende de los esfuerzos a los que será sometido en las operaciones de reacondicionamiento de pozos y a los HP (potencia del motor).

Dispone de un seguro de fácil funcionamiento por los cuñeros y permite sostener o zafar la unión Giratoria (Gaviño y Venegas, 2015, p. 17).



Figura 9. Bloque viajero

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.3.4 Elevadores

Son un conjunto de abrazaderas extrafuertes y resistentes que cuelgan de los eslabones del elevador que se conectan al bloque viajero y agarran las juntas de tuberías o equipos de fondo (Gaviño y Venegas, 2015, p. 18).



Figura 10. Elevadores

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.3.5 Línea o cable

El cable proporciona un medio para aplicar torque al tambor del malacate y así proveer la fuerza que elevará al gancho suspendido bajo la polea viajera. Su función es resistir el peso de la sarta y los diferentes equipos y herramientas que se deben bajar, levantar o suspender en todas las operaciones de reacondicionamiento. Este cable se enrolla en carretes muy grandes.

En la torre del taladro un extremo va amarrado al tambor del malacate, luego al bloque corona, este tramo del bloque corona se conoce como línea veloz, y después pasa por las poleas del bloque viajero para regresar al bloque corona (permite que el bloque viajero ascienda y descienda) y por último va a un carrete de almacenaje, este último tramo del cable que va del bloque corona al carrete de almacenaje se conoce como línea muerta.

[...]

Este levanta la polea viajera y da una ventaja mecánica en el levantamiento de la carga (Gaviño y Venegas, 2015, p. 19).



Figura 11. Línea o cable de perforación

Fuente: CanStockPhoto, s.f.

2.1.4 Sistema rotario

“Se encuentra en la posición central del taladro. Todos los sistemas giran alrededor de él y por ende giran a la sarta durante las operaciones” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 25).

2.1.4.1 Mesa rotaria

Es el equipo principal de rotación dentro del piso del taladro, su función es transmitir movimiento rotacional para girar la sarta de producción, regulando las velocidades de rotación y soportando el peso de la sarta dentro del pozo.

En la mesa de rotación hay un buje de transmisión del Cuadrante que se asegura con el buje maestro para dar torque al cuadrante y el buje maestro se acopla en el espacio de la mesa rotaria y es removible, con la ayuda de las cuñas este soporta la sarta de tubería que se enrosca o desenrosca a las juntas restantes (Gaviño y Venegas, 2015, p. 25).



Figura 12. Mesa rotaria

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.4.2 Llaves de potencia de enrosque y desenrosque (Lagartos)

Se encuentran colgadas o suspendidas encima de los lados del piso del taladro. Son dos llaves grandes, comúnmente llamadas tenazas. Su función es de enroscar y desenroscar las conexiones en la tubería conjuntamente con las cuñas y realizar viajes. [...]

Son necesarios dos juegos de llaves para conectar y desconectar la tubería, su nombre variará dependiendo de su uso. Para realizar una conexión mientras se ingresa tubería al pozo; las llaves ubicadas a la derecha de la cabina son denominadas de enrosque o apriete y las que se encuentran en la izquierda son denominadas de aguante, contra fuerza o contra torque. Al sacar tubería, el nombre de las llaves cambiará debido a su ubicación (Gaviño y Venegas, 2015, pp. 26-27).



Figura 13. Llaves de potencia de enrosque y desenrosque

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.5 Sistema de circulación

Este sistema de circulación comprende varios equipos y son encargados del movimiento del fluido de matado o de control de pozo en un circuito cerrado.

También está constituido por materiales y áreas de trabajo necesarios para la preparación, el mantenimiento y la verificación de las características físicas de los fluidos que son la parte vital del sistema y de la operación de reacondicionamiento.

El sistema de circuito cerrado empieza por el tanque de succión de fluido de control, a través de la línea de succión de las bombas, éstas descargan el fluido a los caudales requeridos y pasa a través de las líneas de superficie, sarta y manguera.

[...]

Movilizan los fluidos desde los tanques en superficie, a través del hueco del pozo o del interior de la sarta y vuelven a superficie al área de preparación del lodo para continuar con el proceso de circulación (Gaviño y Venegas, 2015, pp. 29-30).

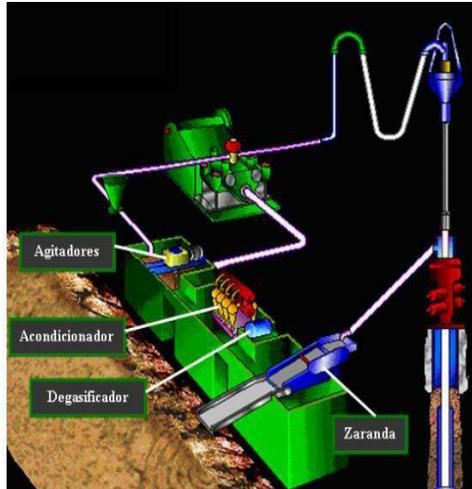


Figura 14. Sistema de circulación

Fuente: Gaviño y Venegas (2015)

2.1.5.1 Bombas de lodo

Las bombas de lodo son los equipos principales en cualquier operación de un sistema de circulación de fluido.

Las bombas tienen mucha potencia, y una alta capacidad de descarga y presión para alcanzar la profundidad deseada. Comúnmente son utilizadas tres tipos de bombas: Duplex, Triplex y Centrifugas (Gaviño y Venegas, 2015, p. 31).

2.1.5.2 Bombas triplex

“Son las bombas más utilizadas, poseen tres cilindros y envían fluido a alta presión en un solo sentido” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 32).



Figura 15. Bomba triplex

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.5.3 Bomba centrífuga

“Es la bomba más utilizada en la actualidad, para bombear líquidos en general consta de un impulsor (impeller) que transforma la energía mecánica en energía cinética. Estas bombas son siempre rotativas y de tipo hidráulicas” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 33).

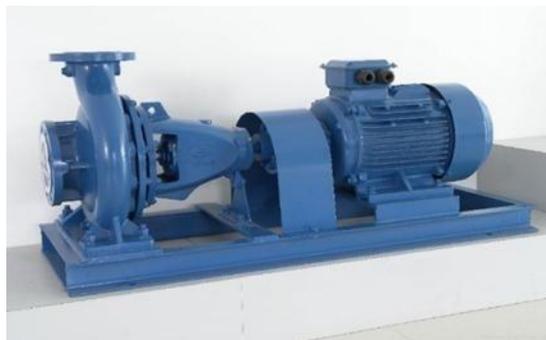


Figura 16. Bomba centrífuga

Fuente: TodoProductividad (2021)

2.1.5.4 Líneas de descarga y retorno

“Las líneas de descarga transportan el fluido de reacondicionamiento al pozo y las líneas de retorno traen el fluido de reacondicionamiento con ripios y gases de regreso a superficie hacia los tanques de reacondicionamiento” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 34).

2.1.5.5 Manguera rotatoria

“Es una conexión del cuello de ganso de la unión giratoria y con el tubo vertical. Está fabricada con goma especial extrafuerte, reforzada y flexible. Es construida con material flexible para permitir su movimiento vertical” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 34).



Figura 17. Manguera rotatoria

Fuente: Gaviño y Venegas (2015)

2.1.5.6 Tubo vertical (STAND PIPE)

“Está conectado de un extremo con la tubería de superficie y del otro extremo con la manguera rotatoria permitiendo el transporte del fluido. Es un tubo sin costura con diámetro exterior de 3 ½ pulgadas” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 35).

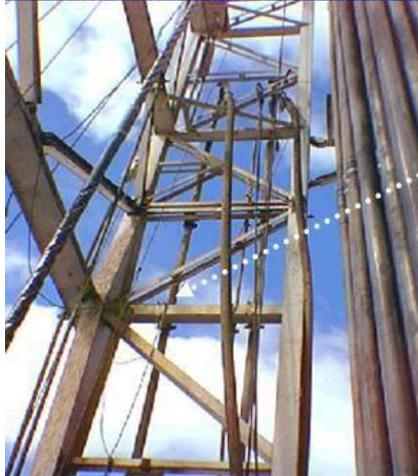


Figura 18. Tubo vertical

Fuente: Gaviño y Venegas (2015)

2.1.5.7 Manguera vibradora

“Es similar a la manguera rotatoria, considerada como una conexión flexible entre la bomba de lodo y el tubo vertical que permite ajustar y eliminar la vibración en el sistema” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 35).



Figura 19. Manguera vibradora

Fuente: Gaviño y Venegas (2015)

2.1.5.8 Tubería horizontal

“Su ubicación está orientada desde la bomba de lodo hacia el área de la tubería vertical. Al igual que la tubería vertical consiste de un tubo sin costura con diámetro exterior de 3 ½ pulgadas” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 36).



Figura 20. Tubería horizontal

Fuente: Gaviño y Venegas (2015)

2.1.5.9 Tanque de lodo

“En el sistema de circulación se necesita un área para la preparación de los fluidos de reacondicionamiento y a su vez empezar su circulación, se los prepara de acuerdo con las características que presenta el pozo” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 37).



Figura 21. Conjunto de tanques

Fuente: GEOPETSA, s.f.

El área de preparación de fluido de matado o control de pozo consta de varios equipos (Gaviño y Venegas, 2015, p. 37):

- Tanques de acero de succión
- Tanques de agua

2.1.5.10 Zarandas

Se trata del primer y más importante equipo en el área de reacondicionamiento del fluido de matado y sistema de control de sólidos. Las zarandas son mallas de diferentes tamaños, las cuales se encargan de remover la mayor cantidad de ripios permitiendo así el paso del lodo y/o fluido de control casi líquido hacia los tanques de sedimentación (Gaviño y Venegas, 2015, p. 38).



Figura 22. Zarandas

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.5.11 *Separador de gas*

“Por lo general, es el primer dispositivo que se encarga de la remoción de grandes cantidades de gas que arrastran los fluidos de reacondicionamiento. Se encuentra conectado antes del tanque de sedimentación o al final del manifold” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 39).



Figura 23. Separador de gas

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.5.12 Choke Manifold

“Es un sistema de válvulas que permite direccionar los fluidos de control de pozo y tiene comunicación desde el tanque de fluidos (Trip Tank) hasta el cabezal del pozo” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 40).



Figura 24. Choke Manifold

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.6 Sistema de generación y transmisión de potencia

Generada por los motores primarios que son motores a diésel de combustión interna. La potencia se transmite por medios mecánicos o eléctricos a los sistemas principales del taladro como son: el malacate, componentes de rotación y las bombas de lodo.

El sistema mecánico está compuesto por motores, un arreglo de cadena y piñones. Y el eléctrico está compuesto por generadores eléctricos accionados por motores a diésel (Gaviño y Venegas, 2015, pp. 40-41).



Figura 25. Sistema de generación y transmisión de potencia

Fuente: GEOPETSA, s.f.

Los motores son de grandes dimensiones y pueden ser de combustión interna (carburante diésel), gas, diésel o diésel dieléctricos; estos pueden estar ubicados: en el piso del taladro o a un lado del mismo.

Además de los motores primarios, se requiere de un sistema de transmisión de potencia para los instrumentos como los ventiladores, aire acondicionado, etc. El número de motores que se utilizan depende de los requerimientos de potencia en el pozo, basándose en un programa de las sartas, profundidad y lo que necesite transmitir entre una potencia de 400 HP a 1000 HP (Gaviño y Venegas, 2015, pp. 41-42).

2.1.7 Sistema de prevención de reventones

Este sistema es encargado de controlar el pozo ante una arremetida, surgencia (kick) o reventón (Blowout), las cuales pueden ocasionarse debido a la entrada incontrolada de los fluidos hacia el pozo y por ende a superficie que salen a alta presión. Si no se realizan estas operaciones de cierre del pozo, esto puede derivar en perjuicios a los

recursos humanos, las instalaciones y el medio ambiente (Gaviño y Venegas, 2015, p. 42).

2.1.7.1 Conjunto de BOP

Para asegurar el control de un pozo y evitar que ocurran reventones se utiliza un conjunto de válvulas preventoras (BOP), directamente conectado a la cabeza del pozo operando conjuntamente con la válvula reductora, reguladora de presión y el acumulador de amortiguación.

Un conjunto BOP puede constar de válvulas de control exclusas en el extremo inferior y las armaduras de control anular en el extremo superior.

Todo BOP de ariete es estrictamente fabricado según API Spec 16 A, y se puede utilizar para reemplazar por BOP de ariete Shaffer, BOP de ariete de Cameron o BOP de ariete de Hydrill (Gaviño y Venegas, 2015, p. 44).



Figura 26. Conjunto BOP

Fuente: Alibaba, s.f.

Los componentes básicos de un sistema de preventoras, según Gaviño y Venegas (2015, p. 46), son:

2.1.7.1.1 Preventor de reventón del pozo anular

Una válvula grande instalada en el extremo superior de un pozo, que puede cerrarse si la brigada pierde el control de los fluidos de formación. Mediante el cierre de esta válvula (operada generalmente en forma remota a través de accionadores hidráulicos) al aplicarse presión este sello se cierra alrededor del tubo cerrando el espacio anular, puede ser aplicada progresivamente cerrando sobre cualquier tamaño o forma de tubería del pozo. Se puede considerar 3 tipos del preventor de reventón del pozo anular: tipo de bolted-cover, wedged-cover y latched cover. El núcleo de goma vuelve lentamente a su posición original por elasticidad propia, de esta forma, se abre el pozo (Gaviño y Venegas, 2015, p. 49).



Figura 27. Ejemplo de una válvula anular-preventor de reventón del pozo anular

Fuente: Gaviño y Venegas (2015)

2.1.7.1.2 *Válvula tipo ariete*

Son activadas hidráulicamente, está diseñada para un diámetro específico de tubería. Esta válvula realiza un sello entre la tubería y el revestimiento, además de esto la válvula tipo ariete es capaz de soportar el peso de toda la sarta de completación. Tienen entradas laterales que se conectan a la línea de estrangulación y a la línea de matado del pozo. En la Figura 1.1.6.6 se muestra un modelo de válvula impide reventón tipo ariete (Gaviño y Venegas, 2015, p. 50).



Figura 28. Válvula tipo ariete

Fuente: (Gaviño y Venegas, 2015)

2.1.7.1.3 *Válvulas RAM para tubería o revestimiento*

“Las caras del empaque de caucho están moldeadas para cerrar sobre el diámetro exterior dado de una tubería, cerrando el anular. Si se usa más de un diámetro de tubería, la BOP debe incluir RAM's para cada uno de estos” (Gaviño y Venegas, 2015, p. 50).

2.1.7.1.4 *Válvulas RAM ciegas o de corte (Blind Rams)*

Son para cerrar completamente el pozo. Si hay alguna tubería, la aplastarán y cortarán, al tener instaladas cuchillas de corte. Cuando se corta la tubería cae dentro del pozo por

lo tanto detiene el flujo desde el pozo. Estas válvulas se cierran cuando todas las demás válvulas de ariete y anular han fallado (Gaviño y Venegas, 2015, pp. 50-51).



Figura 29. Válvula doble RAM para tubería de revestimiento y ciegos o de corte

Fuente: Blowout Preventers, s.f.

2.1.7.2 Acumuladores

Son un arreglo de botellas (acumulación) precargadas con nitrógeno comprimido, se conectan entre sí para almacenar y suministrar el volumen necesario de fluido hidráulico que está bajo presión para operar todos los componentes del BOP y efectuar rápidamente los cierres requeridos.

Al introducirse el fluido hidráulico por medio de bombas eléctricas, el nitrógeno se comprime aumentando la presión y así determinar el número de botellas necesarias para operar el BOP. La presión de operación de los acumuladores está en un rango de 750, 1000, 1500 y hasta 3000 psi (Gaviño y Venegas, 2015, p. 53).



Figura 30. Unidad acumuladora de sistema de seguridad de un taladro de reacondicionamiento

Fuente: GEOPETSA, s.f.

2.1.7.2.1 Panel de control

Un múltiple de control principal, está ubicado en la “caseta del perro”, la mesa del taladro y un panel auxiliar se ubica en un lugar seguro en caso de que el de la mesa no funcione.

Dispone de indicadores de aguja que muestran presiones del sistema, como las del acumulador, la del preventor anular, etc. Tiene normalmente válvulas de control para abrir y cerrar las preventoras, la línea de choke, la línea muerta, y una válvula de control para ajustar la presión anular (Gaviño y Venegas, 2015, p. 55).



Figura 31. Panel de control

Fuente: Gaviño y Venegas (2015)

2.1.8 Sistemas de mantenimiento

2.1.8.1 *Mantenimiento industrial*

Es la agrupación de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de detectar, corregir o prevenir los problemas ocasionados por las fallas potenciales de las funciones de una máquina o equipo a fin de asegurar que una instalación, sistema industrial, una máquina u otro activo fijo continúen realizando las funciones para las que fueron creadas manteniendo la capacidad y la calidad especificadas. Hoy en día el mantenimiento industrial tiene un gran apogeo, y que además no sólo involucra al grupo operacional de mantenimiento sino también a toda la organización ya que es una de las áreas primordiales para mantener y mejorar la productividad, teniendo en cuenta que el mantenimiento incide en la calidad y cuantía de la producción (Cansino y Lucero, 2015, p. 19).

2.1.8.1.1 Objetivos del mantenimiento

El mantenimiento industrial en una organización, tiene como propósitos fundamentales el cumplir con los siguientes objetivos como el disminuir los paros imprevistos del equipo, conservar la capacidad a la máxima eficiencia de trabajo de las máquinas, contribuir al aumento de la productividad, garantizar la seguridad industrial, mejorar la calidad de los productos o servicios realizados, depreciación de costos y optimizar recursos.

Para llevar a cabo estos objetivos, es necesario realizar algunas tareas específicas a través del departamento de mantenimiento, tales como: planificar las actividades para la aplicación del mantenimiento en los momentos más apropiados y así reducir costos por paros de producción, analizar si es conveniente el seguir dando mantenimiento a una máquina o buscar reemplazo, suministrar al personal de mantenimiento de herramientas adecuadas, instruir al personal sobre principios y normas de seguridad industrial, mantener actualizado el stock de repuestos y lubricantes (Cansino y Lucero, 2015, p. 19).

2.1.8.1.2 Ventajas del mantenimiento industrial

Una buena planificación y ejecución del mantenimiento industrial hace que las empresas cuenten con las siguientes ventajas como complacencia de los clientes con respecto a la entrega del producto en el tiempo acordado, disminución de accidentes de trabajo ocasionados por el mal estado de los equipos, evade daños irreparables en las máquinas, provee la elaboración del presupuesto acorde con a las necesidades de la empresa, declinación de costos provocados por detenciones inútiles del proceso de

producción por mantenimiento imprevisto, prolongar la vida útil de los bienes, reducir la gravedad de los problemas que no se lleguen a evitar (Cansino y Lucero, 2015, p. 20).

2.1.8.1.3 *Planificación del mantenimiento industrial*

Las organizaciones o empresas precisan planificar las actividades asociadas a su línea de producción, así como también las actividades de mantenimiento que garantizarán la operatividad de sus equipos. De acuerdo con esto, y de la mano con las recomendaciones de los fabricantes de la maquinaria que se emplea, se planean, de manera sistemática y organizada, las distintas actividades asociadas al mantenimiento de los equipos (Cansino y Lucero, 2015, p. 20).

La planificación de los mantenimientos permitirá mantener controlados los gastos de funcionamiento de las maquinarias/equipos, y reducirá los gastos innecesarios por la ejecución de mantenimientos correctivos. “Para planificar cada trabajo de mantenimiento, se deberá contestar ciertas preguntas es decidir el cómo hacer, el qué hacer, cuándo hacerlo, y quién debe hacerlo. Fundamento que permite ejecutar de una manera ordenada los trabajos de mantenimiento” (Cansino y Lucero, 2015, p. 20).

2.1.8.2 *Mantenimiento preventivo*

La característica principal de este sistema es detectar las fallas o anomalías en su fase inicial y su corrección en el momento oportuno. La definición, implica “prevenir”, es decir, la correcta anticipación para evitar un riesgo o un daño mayor al equipo.

Con el auxilio del mantenimiento predictivo, ahora en forma conjunta con el preventivo, y programas de mantenimiento adecuadamente planeados, la conservación

de las unidades está en su grado óptimo, dando como resultado una mayor disponibilidad del equipo, reduciendo con esto, los tiempos de operación de este en la perforación o desarrollo.

Una buena organización de mantenimiento que aplica estos sistemas, con experiencia, determina las causas de fallas repetitivas y la vida útil de componentes, llegando a conocer los puntos débiles de maquinaria e instalaciones (Xoy, 2006, pp. 3-4).

2.1.8.3 *Mantenimiento predictivo*

En este tipo de mantenimiento el objetivo o función primordial es el de predecir con toda oportunidad la aparición de una posible falla y/o diagnosticar un daño futuro al equipo.

En este sistema, la característica principal es el empleo de aparatos e instrumentos de prueba, medición y control.

Este tipo de mantenimiento, es necesario porque permite evitar las costosas reparaciones de equipo y maquinaria, así como minimizar el tiempo perdido por suspensiones imprevistas.

Con este sistema, no es necesario aumentar la cantidad de personal requerido para aplicar los procedimientos, ya que se cuenta con el personal de supervisión indispensable para mantener y conservar las instalaciones (Xoy, 2006, pp. 2).

2.1.8.4 *Mantenimiento correctivo*

Se trata de un conjunto de tareas técnicas, destinadas a corregir las fallas del equipo, que demuestran la necesidad de reparación o reemplazo.

Este tipo de mantenimiento corrige los errores del equipo que dependen de la intervención para volver a su función inicial. Estas prácticas de mantenimiento no

dependen de los planes de mantenimiento y, por consiguiente, la posibilidad de que no haya piezas de repuesto en existencia es alta (Aner, 2020, párr. 4-5).

2.1.8.5 Planes de mantenimiento

De acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes, y al periodo de exposición de cada equipo y/o maquinaria, se deben establecer las frecuencias de los mantenimientos, los cuales pueden ser llevados a cabo de la siguiente manera:

- Plan de mantenimiento diario
- Plan de mantenimiento semanal
- Plan de mantenimiento mensual
- Plan de mantenimiento semestral
- Plan de mantenimiento anual

2.1.9 Proceso de planificación del mantenimiento

Para el proceso de planificación del mantenimiento se debe seguir los siguientes pasos: implantar metas, establecer los recursos necesarios, establecer los periodos en los que se van a realizar los trabajos de mantenimiento, formular acciones de mantenimiento que admitan el uso de los capitales, realizar una debida planificación con el fin de llevar un registro de todos los capitales que se han utilizado (Cansino y Lucero, 2015, p. 21).

La Figura 32 muestra las operaciones necesarias para la realización correcta de la planificación de mantenimiento (Cansino y Lucero, 2015, p. 21).



Figura 32. Planificación del mantenimiento

Fuente: Cansino y Lucero (2015)

Capítulo III. Análisis de la industria - mercado

3.1 Análisis de la industria

3.1.1 Diagnóstico del proceso de mantenimiento preventivo que se realiza en los equipos de workover que intervienen en las operaciones petroleras en el Ecuador

La permanencia en la industria por un periodo mayor de 6 años, permiten estructurar la industria de los workover (en función de los mantenimientos) de la siguiente manera:

1. Empresas de workover que ejecutan y controlan los planes de mantenimientos: estas empresas diseñan, controlan y planifican la ejecución de las actividades asociadas a los planes de mantenimiento. Las actividades descritas en los planes de mantenimiento pueden ser llevadas a cabo por personal propio o empresas subcontratadas. Cuando se

mencionan empresas subcontratadas, se refiere a empresas que, de manera individual, reparan equipos sin tomar en cuenta ningún plan de mantenimiento.

2. Empresas de Workover que subcontratan software para controlar los planes de mantenimiento: estas empresas monitorean los resultados emitidos por el software, planifican y ejecutan las actividades, las cuales pueden ser llevadas a cabo por personal propio o empresas subcontratadas de acuerdo con el equipo en cuestión.

Conforme a lo mencionado, en el mercado no existe una empresa que ofrezca el diseño, monitoreo y ejecución de las actividades de mantenimiento de taladros de workover de manera global.

Este trabajo pretende proponer la creación de una línea que permita a las empresas de workover designar la planificación, ejecución y monitoreo de las actividades de mantenimiento en un tercero, quien garantizará el perfecto funcionamiento de cada uno de los equipos que conforman un taladro de workover, además del stock de materiales, partes y repuestos.

3.1.1.1 Potenciales clientes

- SLR: comenzó con la formación de Forex Neptune y su empresa conjunta con Arabian Drilling Company, continuando con la reciente adquisición de Saxon Energy Services, Schlumberger Land Rigs. Cuentan con más de 100 equipos de perforación y reacondicionamiento en América del Norte, América del Sur, Medio Oriente, Asia y Australia (Schlumberger, s.f.).
- Tuscany: es una compañía dedicada a la prestación de servicios de perforación, workover y completamiento de pozos para la industria del petróleo y gas natural, con su casa matriz ubicada en Bogotá, Colombia. Actualmente contamos con 17 taladros de perforación en Colombia y Ecuador (Tuscany, s.f., párr. 1-2).

- Dygoil: es una empresa cien por ciento ecuatoriana, dedicada a prestar servicios petroleros. Ofrece servicios de Workover, Slickline y Servicios Técnicos Especializados; inició sus actividades en 1987 (Dygoil, s.f.).

3.1.1.2 Potenciales competidores

A pesar de que no existe en el mercado una empresa que ofrezca el servicio de monitoreo y ejecución de mantenimientos de equipos de workover, se encuentra una empresa que posee una infraestructura instalada que podría ofrecer el mismo servicio. Sin embargo, esta empresa cuenta con un número de quipos de workover considerable, por lo que ofrecer el servicio implicaría una ampliación de su infraestructura.

3.1.1.3 Análisis AMOFHIT

Tabla 1. Análisis AMOFHIT

| Departamento | Situación actual |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Administración marketing y ventas | Buena reputación en bancos y proveedores. Excelente participación en el mercado/precios competitivos/no realiza promociones. |
| Logística | Recepción de partes y repuestos desde provincias por transporte pagado/envío de materiales y repuestos a taladros con camiones propios/sistema logístico actualizado. |
| Financiero | Falta de liquidez/cartera de clientes limitada/cuentas elevadas por cobrar/reducción de endeudamiento año tras año/infraestructura propia. |
| Recursos humanos | Capacitaciones anuales/clima laboral estable/alta rotación de personal operativo. |
| Información | Buen manejo de información/actualización de métodos y herramientas recomendadas por la API/proveedores eficientes. |
| Tecnológico | La mitad de la maquinaria es antigua/innovación líneas de servicios. |

Fuente: elaboración propia

La Tabla 1 resume la situación actual de la empresa, sus puntos fuertes y débiles según cada departamento. De acuerdo con el Administrativo, GEOPETSA es una compañía que se encuentra en una buena posición, por lo que le es posible acceder a cualquier tipo de crédito en los bancos que permitan ofrecer el servicio de la nueva línea de negocios. En lo que se refiere al área de marketing y ventas, la empresa cuenta con más de 30 años en el mercado, por tanto, posee un nombre y confianza entre todos sus clientes.

Acerca de la logística, la recepción de materiales y partes, en ocasiones se ve afectada por condiciones del proveedor de este servicio. No obstante, los tiempos de recepción se encuentran dentro de lo planificado. En lo que respecta a logística interna, se cuenta con 4 camiones que, de manera sincronizada, entregan materiales consumibles y partes en cada taladro para garantizar el perfecto abastecimiento de los mantenimientos.

Por otro lado, si bien es cierto que las finanzas de la empresa son estables, carece de liquidez y la cartera de recuperación de cuentas por cobrar es lenta, fruto del trabajo con grandes clientes (SLB, HLB, PETROAMAZONA), que solo se percibe después de 90 a 120 días

En el área de talento humano se cumple con un programa anual de capacitación. El ambiente laboral depende de los trabajadores, aunque en los últimos tiempos la rotación ha sido alta, debido a la pandemia.

Por último, es importante nombrar que el acceso a la información es buena y oportuna. Se cuenta con un SIG que permite el manejo adecuado y de forma ordenada de los procesos ejecutados en la operación.

3.2 Estructura e infraestructura instalada de GEOPETSA Servicios Petroleros

3.2.1 Estructura de la empresa

La empresa GEOPETSA Servicios Petroleros cuenta con más de 30 años en el mercado y se especializa en el servicio y mantenimiento de equipos de workover, según sean las exigencias de los clientes. La base operativa está ubicada en la ciudad del Coca-Francisco de Orellana, y cuenta con un área total de 5 ha, de los cuales 3 ha corresponden al área de talleres industriales y área de mantenimiento general.

La empresa tiene más de 150 trabajadores, incluida la junta directiva, el departamento contable y la secretaría. El horario de atención administrativa es de lunes a viernes de 8 a. m. a 6 p. m. La base operativa cuenta con jornadas de trabajo que permiten su funcionamiento de lunes a lunes, es decir, se mantiene en actividad las 24 horas del día los 7 días de la semana.

GEOPETSA es una empresa transparente, que se rige bajo cualquier tipo de ordenanza municipal y gubernamental. Por tanto, cuenta con el permiso de funcionamiento y con las certificaciones del Sistema Integrado de Gestión ISO 9001-2015, ISO 14001-2015 y OHSAS 18001:2007, otorgadas por American Certification Group, cumpliendo con los altos estándares de Calidad en todos sus servicios.



Figura 33. Organigrama de GEOPETSA Servicios Petroleros. Alta Gerencia y Gerencia

Media

Fuente: GEOPETSA, s.f.

GEOPETSA está conformada por una Presidencia ejecutiva, la cual recibe soporte del área de contratos y un asistente legal. De la misma manera, tiene 4 brazos ejecutores, que son:

- Gerencia de Operaciones
- Gerencia de QHSE
- Gerencia Financiera
- Gerencia de Talento Humano

Cada una de estas áreas posee un equipo de trabajo a nivel administrativo y operativo, que permiten el funcionamiento óptimo de la empresa.

3.2.1.1 Organigrama de mantenimiento

El área de mantenimiento se encuentra asociada a la Gerencia de Operaciones, y está conformada por cada una de las disciplinas que intervienen en el mantenimiento de los equipos. Es importante mencionar que el personal que opera en esta área cuenta con más de 20 años de experiencia y con entrenamientos especializados en cada área específica.



Figura 34. Organigrama de GEOPETSA Servicios Petroleros. Área de mantenimiento

Fuente: GEOPETSA, s.f.

3.2.2 Infraestructura de GEOPETSA

GEOPETSA Servicios Petroleros tiene un taller de mecánica industrial de aproximadamente 3 ha, el cual está equipado con

- Tornos

- Fresadoras
- Rectificadoras
- Taladro de banco
- Taladro radial
- Potentes máquinas de suelda
- Cargadoras
- Bodega de materiales



Figura 35. Tornero operando taladro radial

Fuente: toma propia



Figura 36. Supervisor mecánico rectificando una parte

Fuente: toma propia

El taller de mecánica industrial ha sido protagonista activo en el desarrollo de la base operativa de GEOPETSA, ya que cuenta con equipos y herramientas de altísima calidad, además de técnicos calificados que permiten cubrir las necesidades propias de la empresa y las inherentes a la industria del mismo entorno.



Figura 37. Mecánico operando cargadora frontal

Fuente: toma propia

3.2.3 Necesidades mínimas operativas y caracterizar los elementos técnicos

Para operar de acuerdo con el objetivo del presente trabajo, será necesario hacerlo desde el punto de vista de instalaciones.

Taller de mecánica industrial, equipado con:

- Tornos
- Fresadoras
- Rectificadoras
- Taladro de banco
- Taladro radial
- Potentes máquinas de suelda
- Cargadoras
- Bodega de materiales

Técnicamente, conforme a las necesidades del mantenimiento se deberá designar un líder de proyecto, quien será el encargado de dirigir la ejecución de cada una de las actividades descritas en el plan de mantenimiento que se diseñe para la empresa que se atiende para el momento.

El líder del proyecto, según la necesidad, exigirá la designación del equipo que ejecutará cada actividad personal, que puede ser el siguiente:

- Mecánicos industriales
- Electricistas
- Soldadores
- Pintores
- Ayudantes

La designación del personal dependerá de las necesidades de mantenimiento que se necesiten atender.

Capítulo IV. Propuesta

Para la implementación de la nueva línea de negocio se deben analizar los costos que deberán ser reconocidos por cada proyecto, así como los costos adicionales en los que se incurrirá para la ejecución de este.

Tabla 2. *Análisis de costos para implementación de nueva línea de negocios*

| ANALISIS PARA IMPLEMENTACION DE NUEVA LINEA DE NEGOCIO | | | | | |
|--------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------|
| ITEM | INVERSION INICIAL | COSTO DE ESTRUCTURA / MES | MANTENIMIENTO/ MES | PORCENTAJE RECONOCIDO POR PROYECTO | CARGO AL CLIENTE |
| Estructura | NO APLICA | \$ 67.625,10 | NO APLICA | 10% | \$ 6.762,51 |
| Infraestructura | NO APLICA | \$ - | \$ 12.000,00 | 20% | \$ 2.400,00 |
| Depreciación de equipos | NO APLICA | DEPENDE DE EQUIPOS INVOLUCRADOS | DEPENDE DE EQUIPOS INVOLUCRADOS | 10% | A CALCULAR POR PROYECTO |
| Materiales | DEPENDE DE NECESIDAD | NO APLICA | DEPENDE DE NECESIDAD | 100% | A CALCULAR POR PROYECTO |
| Equipos | DEPENDE DE NECESIDAD | NO APLICA | DEPENDE DE NECESIDAD | 100% | A CALCULAR POR PROYECTO |
| Mano de obra | DEPENDE DE NECESIDAD | NO APLICA | DEPENDE DE NECESIDAD | 100% | A CALCULAR POR PROYECTO |
| Rentabilidad del proyecto | NO APLICA | NO APLICA | DEPENDE DE NECESIDAD | 20% de Costos de Materiales, Equipos y mano de obra | A CALCULAR POR PROYECTO |

Fuente: elaboración propia

Respecto a la tabla anterior:

- Estructura: se refiere a la parte administrativa y operativa básica que soporta las operaciones de GEOPETSA Servicios Petroleros. El costo de estructura incluye salarios y pasivos laborales de la Alta Gerencia y Gerencia Media descrito en la Figura 34. Esta información se obtiene de los costos calculados en la nómina de mayo 2021.

Cada proyecto que se ejecute en la modalidad de mantenimiento integral de workover, absorberá el 10 % del costo de la estructura de la compañía.

- Infraestructura: se trata de la base operativa donde se llevarán a cabo las operaciones de mantenimiento. La infraestructura permite recibir un taladro para mantenimiento, tomando en cuenta que se debe mantener el soporte a los taladros propios de la compañía.

De los costos de mantenimiento de infraestructura, según el último reporte de gastos fijos de GEOPETSA Servicios Petroleros, se asignará el 20 % a cada proyecto que se ejecute.

- En lo que respecta a los costos de materiales, equipos y mano de obra, dependerá del tipo de mantenimiento que deberá ejecutarse. Estos serán provistos por GEOPETSA y cobrados 100 % al cliente. Dependiendo de las condiciones de pago acordadas, tendrán un recargo por financiamiento, el cual puede ir desde el 7 al 15 %.

Según lo mencionado, de manera mensual la compañía se ahorrará \$ 9162,51, asociados al costo de estructura y mantenimiento de infraestructura que maneja actualmente. De la misma forma, se reconocerá un porcentaje de la depreciación de los equipos que intervengan en cada proyecto (10 %).

Cuando se menciona el porcentaje reconocido por el proyecto, se refiere al porcentaje de cada rubro que conforma la estructura, infraestructura, materiales y equipos que serán parte de lo facturado al cliente. Estos costos serán parte de la facturación final al cliente, y dependerá de los sistemas a ser evaluados y mantenidos. Esta evaluación será presentada como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. *Análisis del servicio e información del cliente*

| SERVICIO DE MANTENIMIENTO INTEGRAL DE EQUIPOS DE WORKOVER | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------|-------|
| ESTIMACION DE COSTOS DEL SERVICIO | | | | |
| INFORMACION DEL CLIENTE | | | | |
| CLIENTE: DIRECCION: REPRESENTANTE: EQUIPO EVALUADO: _____ MARCA: _____ ECHA FABRICACIÓN _____ | | | | |
| INFORMACION DEL PROYECTO | | | | |
| LIDER DEL PROYECTO: MANO DE OBRA A EMPLEAR: TIEMPO ESTIMADO DEL PROYE: FECHA DE INICIO DE PROYECT: FECHA DE FINAL DE PROYECT: | | | | |
| SISTEMAS A EVALUAR | | | | |
| Soporte estructural | _____ | Sistema elevación o izaje | _____ | |
| Sistema Rotatorio | _____ | Sistema de Circulación | _____ | |
| Sistema de Generacion/ Transmision | _____ | Sistema de Prevención | _____ | |
| CONSIDERACIONES: | | | | |
| ITEM | DESCRIPCION | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | TOTAL |
| Costo de Estructura de Mantenimiento | Incluye costos de estructura, infraestructura, depreciacion de equipos y costo del servicio | | | \$ - |
| Materiales | DEPENDE DE NECESIDAD | | | \$ - |
| Equipos | DEPENDE DE NECESIDAD | | | \$ - |
| Mano de obra | DEPENDE DE NECESIDAD | | | \$ - |
| TOTAL | | | | |
| CONSIDERACIONES ADICIONALES: | | | | |
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: | | |
| LIDER DEL PROYECTO | SUPERINTENDENTE | GERENTE DE OPERACIONES | | |
| | | | | |

Fuente: elaboración propia

Los costos presentados en la propuesta descrita en la Tabla 3 pueden variar una vez sean realizadas las revisiones correspondientes de cada equipo.

Acerca de la rentabilidad de cada proyecto, se estima calcular el 20 % de los costos de materiales, equipos y mano de obra que se utilicen en la ejecución de cada mantenimiento.

Acorde con lo descrito, la viabilidad de implementar una nueva línea de negocios destinada al mantenimiento de equipos de workover está 100 % comprobada; adicionalmente, GEOPETSA servicios petroleros cuenta con la estructura e infraestructura que harán posible el éxito de esta implementación.

En cuanto a los fondos para la prestación de los servicios, estos deberán ser divididos en un anticipo por parte del cliente y un financiamiento de alguna entidad bancaria, o financiado directamente por GEOPETSA.

Es importante mencionar que el tiempo máximo de financiamiento que podrá ser ofrecido a los clientes por el servicio de mantenimiento de workover, será de 60 días. En caso de solicitar un financiamiento mayor, se deberá cobrar un porcentaje por el tiempo adicional solicitado.

4.1 Entregables del proyecto

Una vez realizado el análisis del estado de cada equipo, y llevado a cabo el tipo de mantenimiento que corresponda según el caso, se emitirán los planes de mantenimiento que permitirán el correcto cuidado y conservación de los equipos.

Los planes que serán entregados a cada cliente serán:

- Plan de mantenimiento diario
- Plan de mantenimiento semanal
- Plan de mantenimiento mensual
- Plan de mantenimiento semestral
- Plan de mantenimiento anual

Todos los planes contarán con identificación de equipos, registro de último mantenimiento y periodicidad a partir de este. Asimismo, se ofrecerá garantía del mantenimiento y el tiempo dependerá de cada equipo.

Conclusiones

- Al diagnosticar el proceso de mantenimiento preventivo que se realizan en los equipos de workover que intervienen en las operaciones petroleras en el Ecuador, se determina una oportunidad de negocio al no existir una empresa que ofrezca de manera integral los servicios de mantenimiento.
- Crear una línea de negocios enfocada en el mantenimiento integral de workover no solo le permitirá un ingreso adicional a la compañía, sino que permitirá ampliar el abanico de servicios ofrecidos y abastecerá, de forma integral, un mercado que se encuentra atendido a medias.
- Las necesidades mínimas operativas y características de los técnicos para la implementación de un proceso de mantenimiento integral para los equipos de workover que operan en el oriente ecuatoriano, son cubiertas a cabalidad con la estructura e infraestructura instalada que posee GEOPETSA Servicios Petroleros.
- GEOPETSA Servicios petroleros cuenta con la experiencia y capacidad técnica requerida para crear una línea de negocios en el área de mantenimiento y poder ampliar sus servicios a nivel internacional.
- La propuesta técnica-financiera para la creación de una línea de negocios de mantenimiento preventivo integral para los equipos de workover es viable.

Recomendaciones

1. Se recomienda la puesta en marcha del diseño de plantillas que se adapte a las necesidades mínimas de cada equipo de workover, mismas que deberán ser alimentadas de acuerdo con la marca y fabricante de los equipos.
2. Se deberá elaborar un contrato civil entre GEOPETSA y la empresa receptora del servicio, donde se establezcan las condiciones para la ejecución del servicio de mantenimiento de workover.
3. Es factible ofrecer un servicio posventa que se encargue de almacenar partes críticas de los workover, en caso de necesitar algún mantenimiento correctivo.

Referencias

- Alibaba. (s.f.). *API-16A standard for well control*. Obtenido de http://www.alibaba.com/product-detail/API-16A-Standard-for-well-control_239813089.html
- Aner. (2020). *¿Qué es el mantenimiento correctivo?* Obtenido de <https://www.aner.com/blog/mantenimiento-correctivo.html>
- API. (s.f.). *About API*. Obtenido de <https://www.api.org/about#tab-overview-and-mission>
- Blowout Preventers. (s.f.). *RAM Blowout Preventers (API-16A)*. Obtenido de <http://www.blowout-preventers.com/ram-blowout-preventers.php>
- Cansino, E., y Lucero, D. (2015). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo y seguridad industrial para la fábrica Minerosa*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- CanStockPhoto. (s.f.). *Cable de perforación de acero: cable de alambre pesado en uso industrial pesado*. Obtenido de <https://www.canstockphoto.es/acero-pesado-uso-alambre-cable-38887158.html>
- Duffuaa, S., Raouf, A., y Campbell, J. (2000). *Sistemas de mantenimiento, planeación y control*. México: Limusa Wiley.
- Dygoil. (s.f.). *History*. Obtenido de <http://www.dygoil.com/web/index.php?r=site%2Fhistory>
- Gaviño, A., y Venegas, C. (2015). *Optimización técnica operativa de un taladro de reacondicionamiento (workover) en base a su capacidad de trabajo en HP*. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- GEOPETSA. (s.f.). *Quienes somos*. Obtenido de <https://geopetsa.com/quienes-somos>
- GEOPETSA. (s.f.). *Base coca*. Obtenido de <https://geopetsa.com/base>

LinkedIn. (s.f.). *Geopetsa Servicios Petroleros S. A.* Obtenido de

<https://www.linkedin.com/company/geopetsa-s-a/>

Schlumberger. (s.f.). *Schlumberger Land Rigs.* Obtenido de <https://www.slb.com/->

[/media/files/drilling/brochure/slb-land-rig-br.ashx](https://www.slb.com/-/media/files/drilling/brochure/slb-land-rig-br.ashx)

TodoProductividad. (2021). *¿Dónde emplean su dinero los fondos de lucha contra el cambio*

climático? Obtenido de <http://todoproductividad.blogspot.com/>

Tuscany. (s.f.). *¿Quiénes somos?* Obtenido de [https://www.tuscanydrilling.com/quienes/nuestra-](https://www.tuscanydrilling.com/quienes/nuestra-compania)

[compania](https://www.tuscanydrilling.com/quienes/nuestra-compania)

Xoy, R. (2006). *Mantenimiento preventivo y correctivo para torres de perforación de pozos*

petroleros. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala