

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DEL NPT PRODUCIDO
DURANTE OPERACIONES DE REACONDICIONAMIENTO Y SU
PROYECCIÓN AL AÑO 2024**

**REALIZAR EL ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LOS NPT
PERTENECIENTES A LOS TALADROS DE WORKOVER DE 550
HP (AX101, AX102, AX203, AX204) DE LA COMPAÑÍA AS&R CÍA.
LTDA., A PARTIR DE LOS REPORTES DE OPERACIÓN DESDE
ENERO DEL 2021 HASTA ENERO DE 2023 Y PROYECTARLOS AL
AÑO 2024**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
PETRÓLEOS**

ÁLVARO XAVIER JARRÍN PAREDES

Alvaro.jarrin01@epn.edu.ec

DIRECTOR: JOHNNY ROBINSON ZAMBRANO CARRANZA

johnny.zambrano@epn.edu.ec

DMQ, febrero 2024

CERTIFICACIONES

Yo, Álvaro Xavier Jarrín Paredes declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

ÁLVARO JARRÍN

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por NOMBRE_ESTUDIANTE, bajo mi supervisión.

JOHNNY ZAMBRANO
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

ÁLVARO JARRÍN

JOHNNY ZAMBRANO

DEDICATORIA

A la flor más bella del jardín de mi vida, quien me acelera el corazón con su sonrisa y detiene el tiempo cuando su mirada me fija, a ti fruto de mi amor primero que me has señalado de super héroe y despertado a mi mejor versión. Te lo dedico a ti amada hija, por ser mi fan número uno, mi mayor crítica y mi mejor amiga.

A ti mi amada Raissa.

A mi primer amor, quien me eligió como compañero de vida y es mi ángel en la tierra, a usted que es mi refugio e inspiración para ser el mejor esposo, quien me ha regalado la bendición de ser padre. Se lo dedico a usted amada esposa por haberme enseñado a vivir con amor, respeto, fidelidad y confianza.

A usted mi amada Samanta.

AGRADECIMIENTO

A mis padres Mariana y Oswaldo, que han sacrificado sus vidas y entregado su trabajo para mi beneficio personal y crecimiento profesional. ¡Gracias eternas por su sacrificio y amor entregado a lo largo de todos estos años, no fue en vano, si se pudo!

A mis dos madres protectoras, quienes me han amado como su hijo menor, mamá blanquita y panchita, gracias por sus enseñanzas y su fe depositada en mis habilidades, gracias por guiarme con las leyes de Dios y por enseñarme a respetar a la familia.

A mis dos padres resilientes, que me enseñaron a no rendirme, que el tren no viene a verte, sino que madrugas a buscarlo, Papá Pedrito y Papi Jarrín, gracias por su apoyo en mis momentos de necesidad y por enseñarme que el hombre debe ser humilde y respetable para su familia. Que los buenos valores no están pasados de moda.

A mis tíos Willam y Margoth, que me brindaron siempre un consejo, una palabra de aliento y una mano amiga, quienes me han recibido en su casa para brindarme cobijo a lo largo de mi carrera universitaria

A mi gran amigo Diego, quien me tendió una mano para ayudarme a superar el obstáculo en el cual me encontraba.

Gracias a Dios ¡Lo logré!

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	3
1.4 Marco teórico	4
2 METODOLOGÍA.....	15
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	19
3.1 Resultados.....	22
3.2 Conclusiones	27
3.3 Recomendaciones	28
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29; Error! Marcador no definido.
5 ANEXOS	31
ANEXO I	31

RESUMEN

La intención de este proyecto fue dar el primer paso para implementar un plan de acción estratégico que permita reducir los tiempos no productivos (NPT) reportados en cuatro taladros de reacondicionamiento con potencia de 550 HP de una compañía privada de servicios de petroleros.

Se realizó un análisis técnico utilizando herramientas de gestión empresarial para categorizar las causas que generaron el NPT, se reveló que los errores humanos y las fallas de la maquinaria fueron las principales causas del problema.

Este proyecto también contiene un análisis económico basado principalmente en las tarifas de operación del taladro de reacondicionamiento y su aplicación a las diferentes operaciones que realizó el equipo.

Finalmente se propuso un plan de acción focalizado a cambiar la mentalidad de los trabajadores y poder mejorar su eficiencia. El plan de acción también propuso que se debe focalizar los recursos de la empresa en mejorar las capacidades de los trabajadores y realizar mantenimientos predictivos a los sistemas

PALABRAS CLAVE: análisis técnico, reacondicionamiento de pozos petroleros, NPT, plan de acción, metodología LEAN.

ABSTRACT

The intention of this project was to give the first step to implement an action plan in the order to reduce the reported Non-Productive Time (NPT) of four 550 Hp power workover rigs property of an Oilwell service private company.

A technical analysis was made using business management tools in order to designate the causes that generated NPT, It was revealed that human errors and machinery failures are the main causes of the problem.

This project also contains an economic analysis, what was based mainly on workover rig's operation fares and its application at different Oilwell works

Finally, an action plan was proposed in order to change the workers mentality for improve their efficiency. The action plan also propose that the company's resources must be focus at improve the workers capacities and making predictive maintenance at rig's systems.

KEYWORDS: Technical Analysis, Oilwell WorkOver, WorkOver Rigs, NPT, Action Plan, Lean Management.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

Para llevar a cabo este proyecto, se evidenció la presencia de tiempos no productivos en los trabajos de reacondicionamiento en los pozos petroleros del oriente ecuatoriano con los taladros propiedad de la compañía AS&R Cía. Ltda.

El concepto de NPT por sus siglas en inglés (Non Productive Time), fue introducido en 1960 debido al incremento de costos y complejidad al momento de perforar los pozos de petróleo y gas, hoy se entiende por NPT al tiempo relacionado con las operaciones del taladro en el cual las actividades no agregan valor a los objetivos de la operación [1].

El NPT es un evento inesperado cuya ocurrencia se remedia con trabajos de pesca, limpieza, mantenimiento, entre otras para recuperar el punto de ejecución del plan de actividades programadas, se considera como un indicador clave de éxito y rentabilidad de una operación de reacondicionamiento de pozos petroleros [2].

Según [3] estas intervenciones extra generan gastos y disminuyen la rentabilidad de los proyectos, este es el caso para la compañía AS&R Cía. Ltda.

Para [4] los resultados más deseados en un proyecto de reacondicionamiento son reducir el NPT, tiempo de logro de meta, costos operacionales, entre otros.

Por tal motivo es necesario realizar un análisis técnico económico de los NPT, el cual empieza por describir al taladro de reacondicionamiento para identificar las partes más susceptibles a fallas.

La compañía AS&R Cía. Ltda. otorga la información necesaria referente a los taladros de workover de 550 HP de potencia que han sido contratados entre enero de 2021 y enero de 2023.

Con los reportes diarios de operación discreticé la información referente al tiempo, actividad realizada, costo y problema que generó el evento de NPT en los taladros (AX101, AX102, AX203, AX204).

Luego de analizar los datos pude categorizar las eventualidades según [5] y en base a la investigación realizada otorgar la causa del NPT e implementar una medida de prevención con la finalidad de reducir la cantidad de eventos.

Otra actividad importante fue analizar el contrato que se establece entre la operadora y el contratista para cuantificar el costo del NPT, definir el tipo de tarifas y delimitar los tiempos permisibles que AS&R Cía. Ltda. tiene para realizar actividades de mantenimiento.

Con esto, realicé un análisis financiero cuantitativo de los costos por NPT, considerando el valor de operación diario del taladro de reacondicionamiento.

Una vez identificadas las causas, planteo un plan de acción dirigido a mejorar la eficiencia y la seguridad operacional en los taladros de reacondicionamiento mediante el desarrollo de habilidades cognitivas del personal del taladro, pues según [6] un personal debidamente capacitado puede igualar o superar la reducción de costos tanto o más aún que la automatización de procesos dentro de la industria.

Se determinaron las causas principales y se emplearon herramientas de gestión de la calidad para focalizar el talento humano a la meta de reducir los NPT, pues según [7] la capacitación continua del personal responde a una mejora de productividad a largo plazo, además implementar un programa de recompensas compromete a los trabajadores con la eficiencia de sus competencias y de esta manera es fácil que empleen el plan de acción.

Finalmente se presentarán conclusiones y recomendaciones para los futuros trabajos de reacondicionamiento de pozos petroleros del Oriente Ecuatoriano para el año 2024.

1.1 Objetivo general

Analizar técnica y económicamente las causas que hayan generado el tiempo no productivo (NPT) durante las operaciones de reacondicionamiento en los pozos petroleros del Oriente Ecuatoriano.

1.2 Objetivos específicos

1. Identificar las principales operaciones de reacondicionamiento de pozos petroleros que se realizan en la compañía AS&R Cía. Ltda., las herramientas que se utilizan y la descripción de los taladros AX101, AX102, AX203, AX204.
2. Determinar las causas principales de los NPT, discretizando los reportes de operación de los taladros AX101, AX102, AX203, AX204 de la compañía AS&R Cia. Ltda.
3. Realizar el análisis técnico económico de las causas principales de los NPT ocurridos en los taladros AX101, AX102, AX203, AX204 de la compañía AS&R Cia. Ltda.
4. Proponer un plan de acción para prevenir incidencias futuras.

1.3 Alcance

Este trabajo se centrará en discretizar la información relacionada con tiempos no productivos de cada uno de los reportes de operación diaria de los trabajos de reacondicionamiento realizados con los taladros AX101, AX102, AX203 y AX204 de la empresa AS&R Cía. Ltda.

Se determinarán las causas, tanto mecánicas como operacionales, que han producido tiempos no productivos desde enero de 2021 hasta enero de 2023, de manera que se podrá cuantificar los costos que se generaron por dichos NPT.

Se analizará económicamente de manera cuantitativa los gastos producidos por los NPT y el porcentaje que representan.

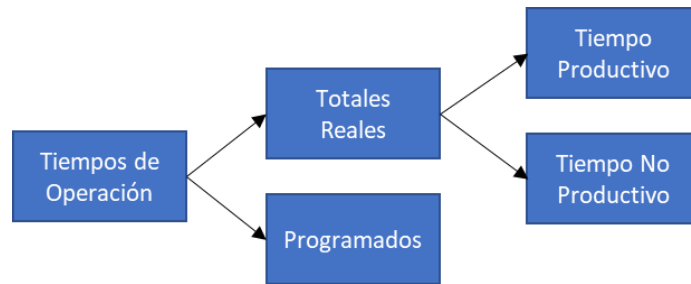
Se realizará una proyección al año 2024 de los NPT ocurridos en los taladros AX101, AX102, AX203 y AX204 de la empresa AS&R Cía. Ltda., con la finalidad de prever los mismos y minimizar los costos que involucran.

1.4 Marco teórico

Definición de tiempos en la industria

La compañía AS&R Cía. Ltda. tiene una gestión de control de tiempos para las operaciones diarias de los taladros, donde se califica una operación como productiva o no productiva, aunque según [8] toda operación, sea de nivel downstream, midstream o upstream se realiza considerando el tipo de tiempo en el cual se ejecuta (ver Figura_1).

Figura 1 Tipos de tiempo en las operaciones



Fuente MORÁN, 2014

Modificado por: Jarrín, 2024

Según [9] la mayoría de los estudios de la industria demostraron que los tiempos no productivos (NPT) toman cerca del 15% – 20% de las actividades de perforación.

La clasificación de tiempos que establece [8] se muestra en la Tabla_1:

Tabla 1 Clasificación de Tiempos de Operación

N	Tipo	Definición
1	Tiempo programado.	El utilizado para desarrollar una sub operación, incluida en el plan de trabajo. No se considera como NPT, no representa pérdida de tiempo por su ejecución.
2	Tiempo total	Es la sumatoria de tiempo de las sub operaciones ejecutadas de inicio a fin del trabajo de reacondicionamiento.
3	Tiempo productivo	Incluye únicamente el lapso de las operaciones efectivas, sin contar las pausas generadas durante la ejecución.
4	Tiempo no productivo (NPT)	Es atribuido a sucesos o actividades no programadas que retrasen el avance del trabajo.
5	Tiempo invisible perdido	Cuando se detienen las operaciones de trabajo, a diferencia del NPT, no incluye problemas humanos, climáticos o externos, sino que se por sub procesos necesarios como viajes de tubería.

Fuente: Ayala, 2016

Elaborado por: Jarrín, 2024

Definición de NPT

En NPT puede definirse como un evento no programado que detiene la operación del taladro de reacondicionamiento. Es el tiempo en el cual la velocidad de perforación es muy baja o nula y requiere tiempo para solucionar problemas como; pescas, atascamiento de tubería, pérdidas de circulación, mal clima, transporte de herramientas, viajes de tubería dentro o fuera del pozo [10]. Esta definición también puede aplicarse al taladro de reacondicionamiento, considerando que el objetivo principal es cumplir con el plan de trabajo previamente establecido y que toda actividad por fuera de dicho plan se consideraría NPT.

Su definición se puede entender como el lapso de tiempo invertido en remediar los problemas que retardan el avance de las actividades de construcción y/o rehabilitación de un pozo petrolero según lo previamente planificado. Su punto de inicio es el momento en el cual se evidencia una actividad no productiva y concluye cuando se han recuperado las condiciones previas al evento de NPT [11].

El NPT es el tiempo en que las operaciones de perforación se interrumpen por cualquier motivo. Generalmente se utiliza como medida de la efectividad de las operaciones de perforación y se presenta como una relación porcentual entre el tiempo improductivo y el tiempo operativo total [4].

En la Figura_2 se presenta el flujograma para diferenciar un NPT de otros tiempos:

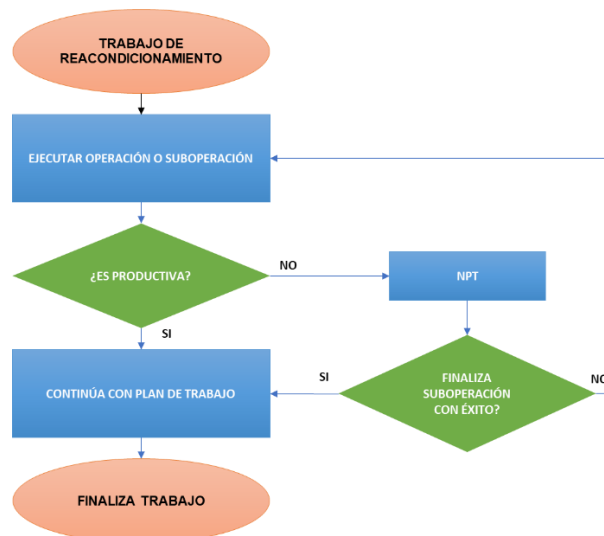


Figura 2 Flujograma para eventos de NPT

Fuente: Morán, 2014

Elaborado por: Jarrín, 2023

Fallas y errores comunes que generan NPT

Según [5], dentro de las operaciones de reacondicionamiento, se puede producir un NPT por la falla, ausencia o eventualidades de uno o varios factores, como pueden ser:

Errores de medición

Cuando la dimensión de un objeto es medida en base a otro objeto de referencia, existe un método, aproximación y tolerancia para que el objeto a ser medido cumpla con la especificación deseada.

En este tipo de errores no se considera la parte humana como factor de falla, es decir que el error se produce únicamente por los aparejos de medición, las normas y métodos, los errores se pueden presentar por:

- Equipo de prueba defectuoso
- Especificación incorrecta
- Método inapropiado
- Causado por el lector

Error Humano

Cuando existe la participación de uno o varios individuos que cometen fallas al momento de tomar una decisión, cumplir una tarea o realizar un procedimiento establecido, estos errores son responsabilidad del ser humano que cometió la falla y se pueden presentar por:

- Falta de supervisión
- Falta de concentración
- Entrenamiento inadecuado
- Mala comunicación
- Mala operación

Falla de maquinaria

Si los aparatos, herramientas, maquinas o sistemas de las mismas, fallan, pues son equipos sujetos a uso constante, susceptibles a deteriorarse, romperse o malograrse con el tiempo, generalmente pueden presentarse fallas por:

- Mala calibración

- Mantenimiento inadecuado
- Fuera del tiempo de vida útil
- Mala instalación
- Cambios deficientes
- Manufactura defectuosa
- Falta de lubricación

Problemas ambientales

Si el factor climático y ambiental pueden ocasionar inconvenientes en la correcta operación del taladro, sus componentes o el personal operativo, se pueden presentar como:

- Temperatura
- Polvo y suciedad
- Presión
- Clima

Fallas en los materiales

Cuando la materia prima es defectuosa o no es la solicitada.

- Defectos de fábrica
- Insumos de mala calidad
- Problemas al manejar materiales

Error en el proceso

Cuando el procedimiento establecido no se apega al trabajo que se está ejecutando, o involucra subprocesos innecesarios.

- Proceso inadecuado
- Normas fuera de servicio
- Gestión ineficaz de la calidad

Se vuelve así primordial para AS&R Cía. Ltda. estudiar el comportamiento histórico de la compañía, con especial enfoque en los NPT reportados, para categorizarlos y otorgarles una causa clave por la cual se dio el evento de NPT.

Según [12] la fuente de los defectos, también llamado herramienta 5M se puede clasificar como (ver Tabla_2):

Tabla 2 Defectos comunes de la industria (herramienta 5M)

N	Tipo de defecto	Subtipo	
1	Materiales	Dañados	Fuera de especificación
		Obsoletos	Equivocados
2	Mano de obra	Mala capacitación	Descuido
		Errores inadvertidos	Equivocaciones
3	Métodos	Incompletos	Obsoletos
		Muy complejos	Falta de documentación
4	Maquinaria	Mantenimiento inadecuado	Instalaciones defectuosas
		Mal ajuste	Cambios deficientes
5	Medio ambiente	Presión	Luz solar
		Temperatura	Lluvia

Fuente: Socconini, 2018

Elaborado por: Jarrín, 2023

Herramientas de Gestión de la Calidad para identificar el NPT

Lean Manufacturing, es un método de organización del trabajo de mejora y optimización continua del sistema de producción mediante la eliminación de desperdicios y actividades que no suman valor al proceso industrial [13].

Según [14] las herramientas más utilizadas para resolver un sistema de causa y efecto son:

Lluvia de ideas

Pretende dar la mayor cantidad de respuestas al “¿Por qué?” sucedió un evento no deseado, la finalidad es obtener varios factores que probablemente sean el origen de un problema, es mejor desarrollar esta herramienta en grupo para que fluya la comunicación.

Diagrama de Ishikawa (ver Figura_3)

Ordena el resultado de la lluvia de ideas como una relación de “causa y efecto” utilizando para ello los subgrupos de causa denominados “5M” para dar con el problema central o efecto (ver Tabla_2).

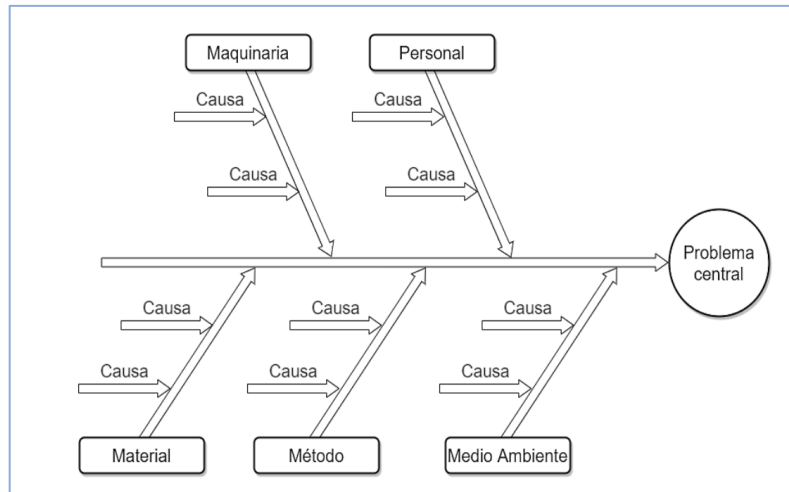


Figura 3 Diagrama de Ishikawa - Causa y Efecto

Fuente: Burgasí et al, 2021

Diagrama de Pareto (ver Figura_4)

Se denomina como gráfico 80/20 porque generalmente el 80% de los efectos, proviene del 20% de las causas. Es una gráfica tanto cuantitativa como cualitativa útil para el análisis de problemas, identifica las causas de mayor incidencia en el proyecto y permite focalizar los puntos críticos para mejorar la situación.

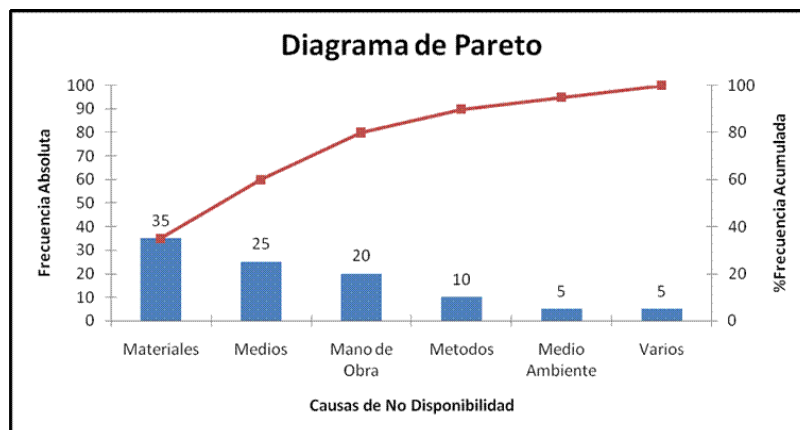


Figura 4 Diagrama de Pareto

Fuente: SPCGROUP, 2015

Plan de acción estratégica

Planear involucra pensar en los objetivos o metas que se desean alcanzar y definir acciones que deben realizarse para lograr cumplirlas, poner en marcha un plan significa ejecutar las acciones necesarias para solucionar un problema, buscando cumplir con los objetivos deseados [15].

Por otro lado, la estrategia consiste en la determinación de los objetivos básicos a largo plazo de una empresa y la adopción de los cursos de acción y la asignación de los recursos necesarios para su cumplimiento [16].

Para [17], la estrategia es un elemento en una estructura de cuatro partes. Primero están los fines a alcanzar; en segundo lugar, están los caminos en los que los recursos serán utilizados; en tercer lugar, las tácticas, las formas en que los recursos que han sido empleados han sido realmente usados y, por último, en cuarto lugar, están los recursos como tales, los medios a nuestra disposición.

El plan estratégico “es el documento formal en el que los responsables de una organización reflejan cual será la estrategia a seguir por su compañía en el mediano o largo plazo. Un plan estratégico se establece generalmente con una vigencia que oscila entre 1 y 5 años”. [18].

Herramienta de gestión AMEF

Según [12] AMEF significa (Análisis del Modo y Efecto de Fallas) se utiliza para identificar fallas en los procesos industriales y permite analizar la relación “causa – efecto” para señalar los elementos más relevantes, evitar su ocurrencia e implementar un método de prevención.

A posterior será necesario utilizar la herramienta AMEF para proponer un plan de acción que permita reducir los eventos de NPT en los taladros de AS&R Cía. Ltda.

El taladro de reacondicionamiento de pozos petroleros y sus fallas

Estructura constituida por un conjunto de herramientas y sistemas, cuyo objetivo es realizar trabajos de completación, terminación y reparación en pozos petroleros, mientras que en un taladro de perforación el objetivo es comunicar la zona de pago con la superficie [19]. Según [20] varios son los beneficios de utilizar el taladro de reacondicionamiento, como:

- El costo de operación diaria, es significativamente menor al costo de operación diaria de un taladro de perforación.

- La movilización, es más sencilla ya que la estructura es pre armada y dispone de un carrier sobre el cual descansa la torre y demás accesorios (ver Figura_5).
- Las dimensiones, son menores en altura y longitud.

Las semejanzas respecto a herramientas, sistemas y personal son tantas, que puede ser considerado, aunque con menor capacidad, un taladro de perforación rotacional [19].

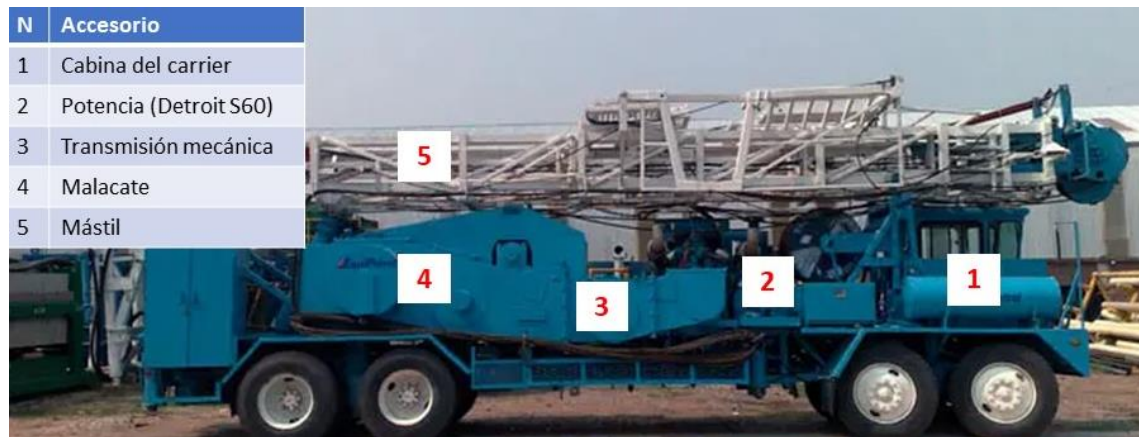


Figura 5 Carrier de Workover

Fuente: Equipetrol S. A., 2018

Editado por: Jarrín, 2024

Los taladros de reacondicionamiento de la compañía AS&R Cía. Ltda. tienen una antigüedad promedio de veinte años trabajando bajo condiciones hostiles de campo en el oriente ecuatoriano y debido a esto son comunes los problemas de corrosión, desgaste de piezas blandas, falla de partes móviles, daños eléctricos, escases de repuestos, entre otros, que al no estar considerados en las tareas diarias pueden ocasionar demoras en los trabajos y posteriormente generar un evento de NPT.

En su mayoría, los incidentes y retos operacionales que presentan los pozos petroleros en la sección industrial de exploración y producción son de tipo “atascamiento de tuberías”, cuya solución podría representar costos por cientos de millones de dólares al año [21].

Para describir los taladros de 550 HP se utiliza el manual de Introducción al Equipo de Perforación de [22], que establece los aparejos que conforman al equipo de workover y se clasifican en cinco sistemas:

Sistema de potencia

Es el conjunto de accesorios y máquinas que otorgan la suficiente energía al resto de los sistemas del taladro de reacondicionamiento. Entre sus componentes se encuentran:

- La fuente de potencia primaria es el motor Detroit diésel 12,7L - S60
- La transmisión de potencia mecánica alimenta al malacate y mesa rotaria

Los problemas más comunes con el motor suelen ser pérdida de potencia por bajo suministro de aire o de combustible, además por desgaste de piezas sensibles, corrosión en las cañerías del sistema de enfriamiento, daños en el turbo por baja calidad del combustible, lubricación deficiente, entre otros. Los problemas más comunes suelen ser contactos eléctricos sulfatados, fusibles fundidos, cables en mal estado, fugas de aceite, entre otras

Sistema de izaje

Es necesario para elevar, bajar o suspender la sarta o BHA y se divide en dos componentes principales:

- La estructura de soporte formada por diferentes piezas de acero que dan sujeción al conjunto de maquinarias y equipos del taladro, son la subestructura, mesa del taladro, barco de nivelación, mástil, plataforma del encuellador.
- El equipo de izaje conformado por varias facilidades y aparejos entre ellos el malacate, bloque corona, bloque viajero, cable, elevador, gancho.

Los problemas más comunes son ruptura de cable, daños en el freno del malacate, daños en la transmisión mecánica, lubricación defectuosa, entre otras.

Sistema de rotación

La función principal es otorgar movimiento rotacional a la sarta de perforación y la barrena, se puede clasificar en tres subsistemas:

- La mesa rotaria gira la barrena en el fondo del pozo utilizando el buje principal, el buje del Kelly, el gancho, el swivel y la barra Kelly.

Los problemas asociados son, entre otros, daño de los piñones, fugas de aceite, daño en el sensor del rotary torque, desgaste de estopas, daños en la transmisión, entre otros.

- El top drive cuenta con un gran motor ubicado en la parte superior que otorga la potencia para rotar la barrena.

Los problemas asociados pueden ser liqueo de aceite, fallas de lubricación, disminución de la capacidad de giro, recalentamiento, perdida de presión de trabajo, entre otras.

- La sarta de elementos es el conjunto de tubulares y herramientas de fondo que transmiten el movimiento rotacional desde la mesa hasta el fondo del pozo. Su configuración es distinta según el trabajo de reacondicionamiento que se va a ejecutar.

Los problemas comunes son corrosión, rupturas de tubulares, atascamiento, pitting en las tuberías, entre otras.

Sistema de circulación

Es el encargado de proveer al equipo, los materiales, facilidades y áreas adecuadas para preparar, mantener y acondicionar el fluido de control; el sistema está integrado por cuatro componentes principales:

- El fluido de completación de pozos mantiene una columna hidrostática capaz de controlar el influjo del pozo, lubrica la sarta, controla la temperatura, levanta los ripios y desperdicios de empacaduras perforables o residuos de cemento.
- El área de preparación es el espacio físico para adicionar químicos al fluido y darle las propiedades deseadas para la operación.
- El área de reacondicionamiento separa las partículas del fluido y lo limpia luego de circular por el fondo del pozo
- El equipo de circulación permite el flujo del fluido de control desde el área de preparación hasta el fondo del pozo, retorna por el anular, llega al área de reacondicionamiento y se recircula de nuevo.

Los problemas más comunes son la falla de bombas, ruptura de mangueras, desgaste de estopas, liqueos de aceite, fallas en los agitadores, derrames, entre otros.

Sistema de Seguridad

Su objetivo es controlar un influjo, para prevenir un reventón del pozo. Las funciones son sellar el pozo en caso de influjo y mantener la contrapresión hasta volver a una condición balanceada de presión. Lo integran cuatro componentes principales:

- El arreglo de preventores consta de preventor anular, preventor de arietes ciego, de corte y de prueba, que sellan el espacio anular, cortan la tubería o sellan el pozo sin tubería.

- El acumulador almacena energía hidráulica para que esté disponible al operar el BOP sin necesidad de otras fuentes de energía
- El múltiple de estrangulación permite direccionar el fluido hacia otras líneas de flujo

Los problemas más comunes son desgaste en la goma del anular, aislamiento en la roca de los espárragos, pérdida de presión en el acumulador, liqueo en líneas de alta presión, entre otras.

2 METODOLOGÍA

Este proyecto se llevó a cabo como una investigación descriptiva de las causas y problemas que generan tiempos improductivos en las operaciones de reacondicionamiento de pozos petroleros del oriente ecuatoriano. Se busca realizar un análisis técnico económico de los NPT e implementar un plan de acción cuyo propósito es disminuir la cantidad de eventos de NPT en el futuro.

La investigación se dividió en tres partes principales debido a su línea de investigación y al tratamiento de datos que se van a obtener, entonces:

- El análisis técnico del NPT se desarrolló con un enfoque mixto, por un lado, el cualitativo en busca de las causas y efectos de un evento de NPT y, por otro lado, el cuantitativo que busca determinar la cantidad de eventos de NPT reportados.
- El análisis económico del NPT se realiza con enfoque netamente cuantitativo y busca calcular los costos por los eventos de NPT.
- El plan de acción se implementa considerando el equipo de trabajo y los problemas encontrados utilizando herramientas de gestión Lean.

Para cumplir los objetivos señalados, fue necesaria la interpretación y análisis de datos referentes a los NPT ocurridos en los taladros AX101, AX102, AX203 y AX204 entre enero de 2021 y enero de 2023, información entregada por AS&R Cía. Ltda.

2.1 Análisis técnico del NPT

Se realizó en primer lugar un análisis cualitativo de manera profunda para entender la realidad de la situación de los eventos de NPT.

Recopilar la información relevante

AS&R Cía. Ltda. lleva un registro de las operaciones diarias de los taladros en plantillas denominadas RDO (Reporte Diario de Operación) (ver Anexo_1), donde se indica información pertinente a la fecha de ejecución, costo diario, tipo de operación, detalle de operación, entre otros factores.

Fue necesario revisar los RDO de los taladros AX101, AX102, AX203 y AX204 entre enero de 2021 y enero de 2023 en busca de aquellos que tengan marcada la casilla “tipo de operación” con la sigla (NPT) y recopilar la información en una tabla consolidada de los eventos de NPT (ver Anexo_2) que servirá como base de datos para su posterior análisis.

Una vez identificados los reportes correspondientes a cada taladro, se procede a la discretización manual de cada uno de ellos, en donde se expresa la información correspondiente al número de horas del NPT y el costo del mismo dentro del trabajo de reacondicionamiento que se realizó.

En primer lugar, se seleccionan los ROD en los que se reporta un NPT para cada taladro objeto de estudio, con esta información disponer del número de eventos reportados en el lapso de tiempo estudiado, indicando la cantidad de horas y el problema que fue reportado para cada uno de ellos, dicha información se visualiza en el Anexo_1 y se muestra resumida en la (Tabla_3).

Identificar las causas del problema de NPT

En la información del (Anexo_II) consta el problema que reportaron los trabajadores, este problema inicial desencadena un problema mayor que origina el tiempo improductivo.

Se podría utilizar el diagrama de Ishikawa para determinar las causas de cada problema reportado en los ROD del (Anexo_II), esto no tendría sentido, pues la variabilidad de las causas da como resultado un sistema fuera de control, donde el efecto no está bien definido en base a los cientos de causas que pueden afectar al sistema.

Es necesario utilizar como variables de causa a “las 5M” en común de la industria establecidos por la metodología LEAN para determinar el problema principal “NPT”. Entonces, utilizando el diagrama de Ishikawa y adaptándolo a los problemas del NPT, se tiene un diagrama de variables definidas que nos permite asignar una como causa del NPT ver (Figura_6).

Este procedimiento se repite para los 39 problemas reportados y se obtiene como resultado la (Tabla_4).

Al analizar la (Tabla_4) se evidencia que la improductividad se genera en distinta cantidad según la falla que involucra.

Los datos obtenidos en la (Tabla_4) se reordenan de mayor a menor en NPT y se calcula el porcentaje de frecuencia para cada tipo de falla, luego se calcula el porcentaje acumulado en el mismo orden descendente para finalmente realizar el diagrama de Pareto, el resultado se indica en la (Figura_7).

Cuantitativamente la (Figura_7) muestra que la relación 80/20 se alcanza con las dos causas mas comunes que generan un NPT; la mano de obra con 146 horas, es una

muestra que representa el 47,4%; la maquinaria con 105 horas es una muestra que representa el 34,1%. Juntas estas causas representan el 81,5% de los NPT.

Investigación de los hechos

El procedimiento, consiste en tomar declaraciones de las personas involucradas en el acontecimiento, indagar con mayor detalle las subactividades en el taladro en busca de respuestas para determinar claramente las causas del NPT y compararlas con la línea de tiempo de los ROD, con los cuales debería coincidir.

Como muestra de dicha investigación se tomará los ocho casos que mayor cantidad de horas de NPT han registrado, dando como suma un total de ciento setenta y tres horas siendo una muestra representativa del 56,17% del total de horas de NPT de los taladros objeto de estudio (ver Anexo_5).

2.2 Análisis económico del NPT

Esta sección del proyecto se podrá realizar de manera explicativa con los valores de operación del taladro de reacondicionamiento y también los costos a nivel operacional que se ven inmiscuidos en los casos de Improductividad, su análisis será exclusivamente cuantitativo a nivel financiero, pues no es posible realizar un análisis detallado, ya que no se cuenta con indicadores financieros ni datos de flujo de caja o la información de activos y pasivos. Por lo mismo, el análisis explicativo, tendrá la intención de informar la cantidad de dinero que puede representar un NPT a la utilidad y rentabilidad de un proyecto.

Tarifas de operación y multas.

Como se indica en el (Anexo_III) un taladro de reacondicionamiento opera bajo contrato con una empresa operadora de pozos y entre estas empresas se definen los límites para adjudicar un NPT.

Las consideraciones respecto a pagos y multas definidas para AS&R Cía Ltda. son:

- Periodo de mantenimiento 30 minutos al día.
- Periodo de paralización hasta 12 horas por mes, luego de ello tarifa cero.
- La tarifa de operación diaria varía según el trabajo de reacondicionamiento y se muestra en el ROD (ver Anexo_IV) en la sección de costos diarios.
- La tarifa de stand by se paga el 50% de la tarifa de operación diaria.
- La tarifa cero, paga 0% de la tarifa de operación diaria.

- Multas por NPT se cobra \$400 por día al contratista, hasta que se retomen las actividades de operación.
- Recarga por servicio del 5% cuando el contratista, provee un servicio externo.

Este análisis económico se focaliza en cuantificar las pérdidas económicas que tuvo AS&R Cía. Ltda., entre enero de 2021 a enero de 2023, producto de eventos de NPT y sanciones que se adjudicaron a los taladros por diferentes causas.

Empezamos por cuantificar el valor correspondiente a NPT de cada evento reportado, considerando el dinero que no se recaudó por tarifa cero y la penalización:

$$CNPT[USD] = \frac{VDO [USD]}{24 \left[\frac{USD}{h} \right]} * HNPT [h] + \frac{400 [USD]}{24 \left[\frac{USD}{h} \right]} * HNPT [h]$$

Ecuación 2.2.1. Costo del NPT

Donde:

$CNPT$ = Costo por Non Productive Time

VDO = Valor Diario de Operación del Rig

$HNPT$ = Horas de Non Productive Time

De la misma manera, para calcular el porcentaje de dinero que los eventos de NPT representan, se recurre a la ecuación:

$$\%CNPT_t [\%] = \frac{CNPT_t [USD] * 100[\%]}{\sum_{i=1}^n VDO [USD]}$$

Ecuación 2.2.2. Porcentaje Costo del NPT

Donde:

$\%CNPT_t$ = Porcentaje total del Costo de NPT

$CNPT_t$ = Costo total de NPT

VDO = Valor Diario de Operación

n = numero de eventos de NPT

Los resultados se muestran en la (Tabla_5)

2.3 Establecer un plan de acción

Los resultados han demostrado que los sectores donde mayor atención se requiere para reducir el NPT son la mano de obra y la maquinaria, para esto es necesario implementar una herramienta de gestión en busca de eliminar los errores y reducir el NPT a cero.

[12] establece que el AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Fallas) permite identificar fallas, analizar sus efectos y definir elementos de detección para evitar su ocurrencia.

[23] establece que la gestión hoshin es un estilo de dirección que coordina las actividades de los miembros de una organización para lograr objetivos clave y reaccionar rápidamente a un entorno cambiante. Abarca a toda la compañía e integra la gestión estratégica con la gestión operativa; para esto liga los hoshin (objetivos) de la alta dirección con otros hoshin de menor jerarquía, en un proceso de despliegue en cascada que llega hasta la gestión cotidiana.

Se puede implementar el AMEF para que las herramientas y maquinarias se revisen periódicamente y así evitar las fallas por maquinaria en los trabajos de reacondicionamiento antes que se conviertan en causas de NPT.

Los AMEF son documentos vivos donde podemos almacenar una gran cantidad de datos sobre los NPT, y modificarlos periódicamente por lo que constituye una fuente invaluable de información.

Se puede implementar Hoshin para que los trabajadores se sientan comprometidos con los objetivos de la compañía y así evitar las fallas por mano de obra en los trabajos de reacondicionamiento antes que se conviertan en causas de NPT.

Personal involucrado en fallas de mano de obra

Los NPT fueron causados en su mayoría por causas relacionadas al personal y a la maquinaria, se reportó más del (80%) de incidencia, entonces, esos serán los procesos primordiales por definir.

Para el personal del taladro

La estructura de organización de AS&R Cía. Ltda. cuenta con varios departamentos como se muestra en la (Figura_8) de cada departamento existen trabajadores presentes en el taladro de reacondicionamiento que se muestran en la (Tabla_6):

Metodología Hoshin para reducir NPT por mano de obra.

Se eligió esta herramienta de planeación estratégica por ser una manera efectiva para identificar los objetivos críticos, evaluar restricciones, establecer mediciones de desempeño, desarrollar planes de implementación y conducir juntas de revisión periódicas.

Se pueden plantear hoshin para cada jerarquía con el principio de “fin” y “medio” en busca de resolver el problema principal que es la generación de NPT, entonces:

La mayor causa de los tiempos improductivos se adjudica a las fallas humanas, el hecho de comunicar esto a los colaboradores de trabajo, generará estrés y sentimientos de culpabilidad, lo cual es una mala forma de afrontar la situación, recordemos que las operaciones de reacondicionamiento de pozos se llevan a cabo en locaciones remotas y bajo condiciones climática hostiles, en jornadas largas de trabajo. Esta situación genera en los trabajadores un bajo índice de satisfacción laboral, para mejorar esta situación es necesario generar en ellos un sentimiento de fidelidad con la compañía y para ello se implementará la primera estrategia:

Estrategia 1: Incrementar en los trabajadores el sentido de pertenencia a la compañía.

Objetivo 1: Otorgar una comunicación abierta

Actividad	Duración	Responsable	Progreso
Realizar charlas motivacionales matutinas	20min/día 3días/semana 52semanas/año	Todo el personal del taladro de manera rotativa	10%
Realizar mesas de charla con el personal del taladro	1día/semana 52semanas/año	Jefe de pozo	10%
Incorporar buzón de sugerencias y quejas anónimo	1año	Coordinador SSA	10%

Objetivo 2: Establecer recompensas dentro del trabajo

Actividad	Duración	Responsable	Progreso
Reconocer al empleado del mes	1vez al mes por un año	Tool Pusher	10%
Celebrar a los cumpleaños del mes	1vez al mes por un año	Médico	10%
Celebrar el fin de la operación exitosa con un evento deportivo	1 vez por desmovilización	Cuñeros	-

Se espera que con estas actividades los trabajadores se sientan más comprometidos con el cumplimiento de sus funciones y trabajen con menores niveles de estrés.

En este punto los trabajadores deben sentirse lo suficientemente bien, para confrontar la situación desfavorable que se pretende solucionar.

Estrategia 2: Comprometer a los trabajadores con la reducción de NPT

Objetivo 1: Reducir las fallas humanas

Actividad	Duración	Responsable	Progreso
Compartir el manual de operaciones con los trabajadores	1vez al año	Jefe de pozo	100%
Crear mesas de trabajo para retroalimentar las actividades de las operaciones	1vez al mes por un año	Supervisor de taladro	10%
Evaluar los conocimientos adquiridos con pruebas escritas	1 vez al mes por un año	Jefe de pozo	10%

En este punto los equipos de trabajo ya están consolidados, el personal de taladro ha adquirido un sentido de pertenencia a la compañía y está comprometido con reducir las fallas humanas. Entonces se puede proceder a implementar el plan de acción que permitirá mejorar el talento humano en cuanto a entrenamiento se refiere, así también para mantener el buen estado de la maquinaria y mejorar la calidad de los materiales.

Metodología AMEF para reducir NPT por falla de herramientas

Para generar la matriz que permita reducir el NPT por fallas se consideraron los equipos previamente definidos en la metodología Hoshin. Se analizaron las fallas mecánicas más comunes y las responsabilidades de cada trabajador del taladro. La matriz propuesta se muestra en la (Tabla_7) en la sección de resultados.

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados

Se revisaron en total mil trescientos catorce (1314) ROD correspondientes a los taladros de reacondicionamiento AX101, AX102, AX203, AX204, entre enero de 2021 y enero de 2023, encontrando 39 eventos reportados con 308 horas de tiempo improductivo.

Tabla 3 Total Operaciones No Productivas - Total NPT

Total, ROD discretizados [u]	1314 unidades
Lapso analizado [años]	2 años (de 2021 a 2023)
Operaciones no productivas [u]	39 eventos
NPT [h]	308 horas

Fuente: AS&R Cía. Ltda. 2021

Elaborado por: Jarrin, 2023

Para analizar los 39 eventos de NPT, es necesario realizar 39 diagramas de Ishikawa distintos para determinar una sola causa por evento.

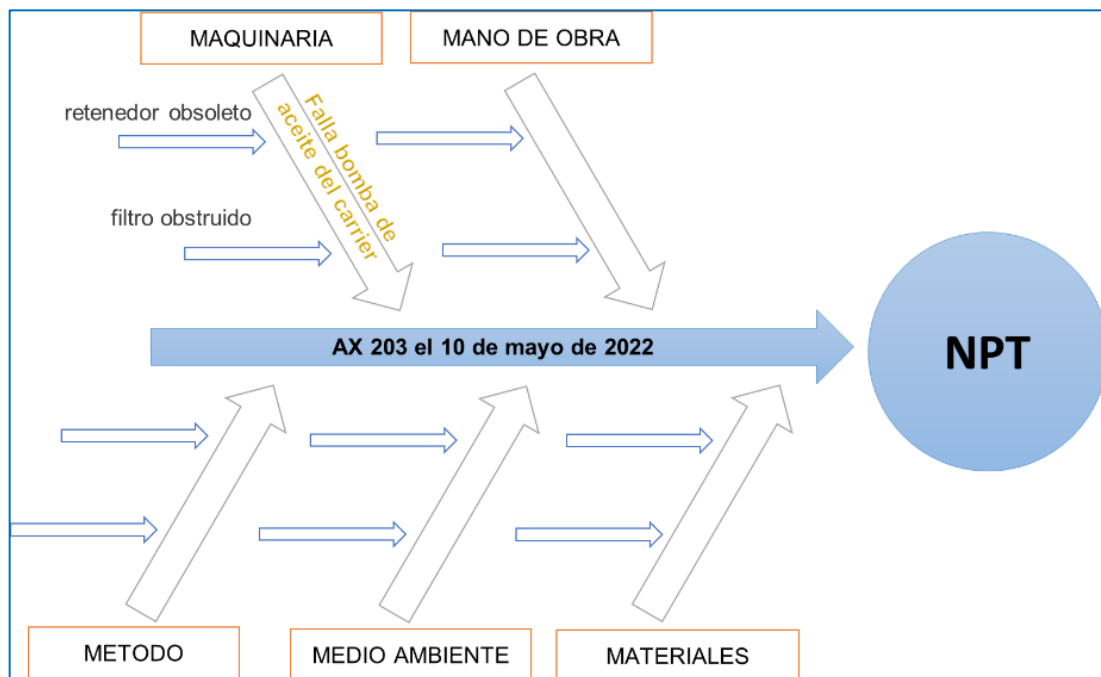


Figura 6 Diagrama de Ishikawa para un incidente de NPT

Fuente: AS&R Cía. Ltda. 2022

Elaborado por: Jarrín, 2023

Tabla 4 Npt según su causa reportada

Falla	Total, de eventos	Horas NPT	Sigla
Mano de obra	7	146	MO
Maquinaria	18	105	MQ
Medio Ambiente	5	11	MA
Materiales	5	24	MT
Método	4	22	MD
TOTAL	39	308	

Elaborado por: Jarrin, 2023

A cada uno de los eventos de NPT se les otorgó 1 causa 5M y al resumirlos en una tabla, es fácil deducir cuales eventos generan mayor NPT.

Tabla 5 Costo Total por NPT

CNPT total	145521	USD
% CNPT	35,81	%

Elaborado por: Jarrín, 2023

Los 39 eventos de NPT fueron responsables de una pérdida de \$145521 USD en dos años de operación, sin embargo, este representa el 35.81% del costo total del alquiler del taladro en aquellas eventualidades.

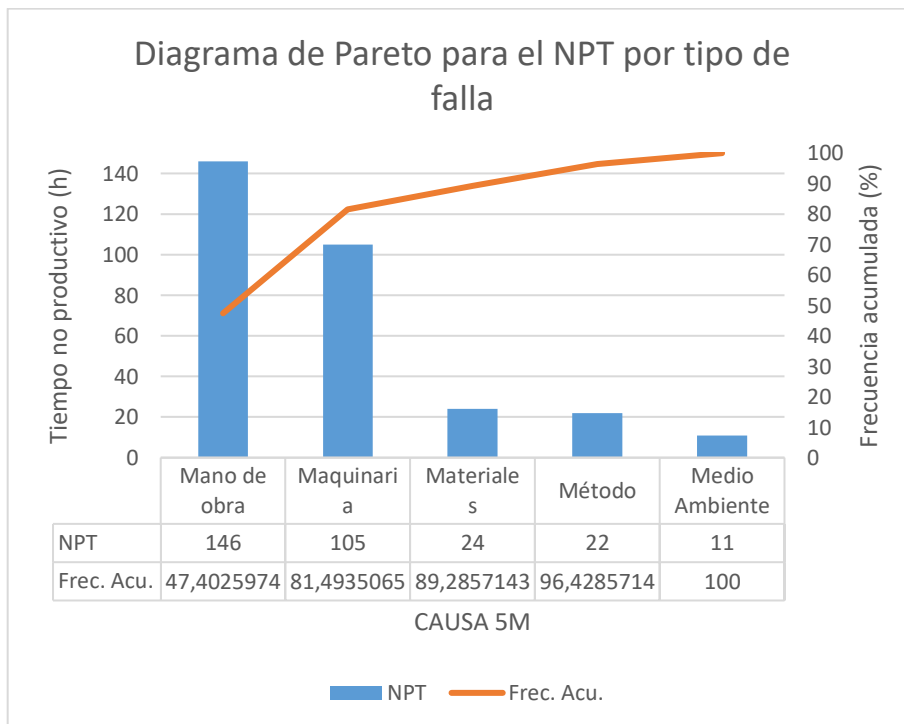


Figura 7 Diagrama de Pareto para la Herramienta 5M

Elaborado por: Jarrín, 2023

El diagrama de Pareto muestra que para el 80% del problema de NPT, proviene del 20% de las causas, en este caso, los errores por mano de obra y las fallas de maquinaria, representan el 81,49% del NPT con 251horas.

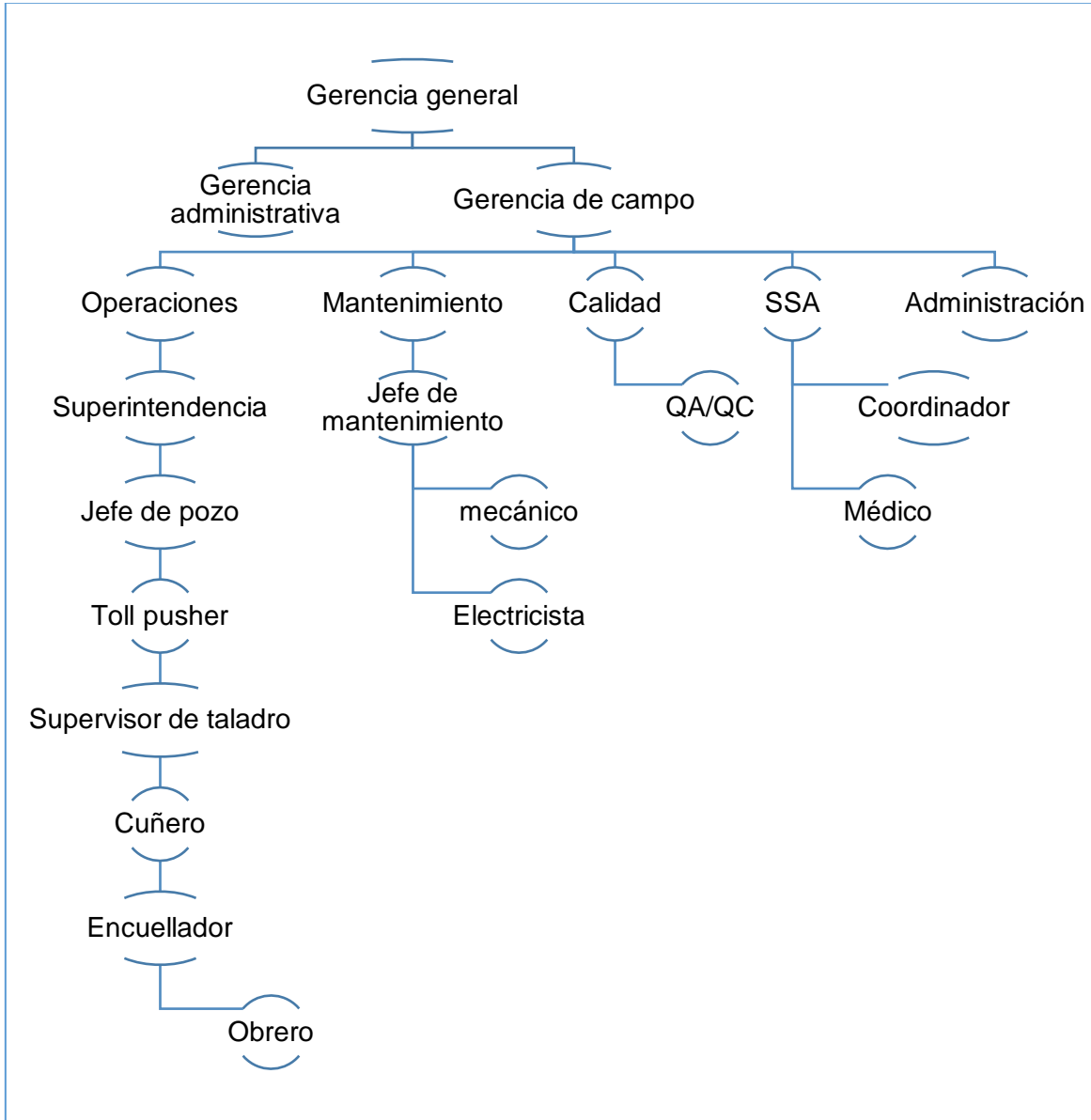


Figura 8 Organigrama de AS&R Cía. Ltda.

Elaborado por: Jarrín, 2023

Para generar los equipos de trabajo y definir los responsables de la supervisión y el feed back del plan de trabajo, se escogió al grupo de operaciones y mantenimiento pues son aquellos con mayor personal a cargo.

Tabla 6 Personal del taladro de Reacondicionamiento

CARGO	FUNCIÓN
JEFE DE POZO	Realizar la operación, el taladro es su responsabilidad directa.
SUPERVISOR	Revisa el cumplimiento de las sub operaciones y las ejecuta.
ENCUELLADOR	Trabaja en altura y ejecuta procesos
CUÑERO	Trabajo en la mesa del taladro y ejecuta procesos
OBRERO DE PATIO	Trabajo en el piso del taladro y ejecuta procesos
MECÁNICO	Repara las averías en el taladro de reacondicionamiento
ELECTRICISTA	Instala y revisa las fuentes de poder
MONTACARGUISTA	Traslada objetos pesados
COORDINADOR SSA	Supervisa la seguridad personal y ambiental
MÉDICO	Atiende emergencias médicas

Elaborado por: Jarrín, 2023

La nomina del personal de campo muestra que las posiciones con mayor jerarquía, son aquellas con mayores responsabilidades tanto laborales como sociales.

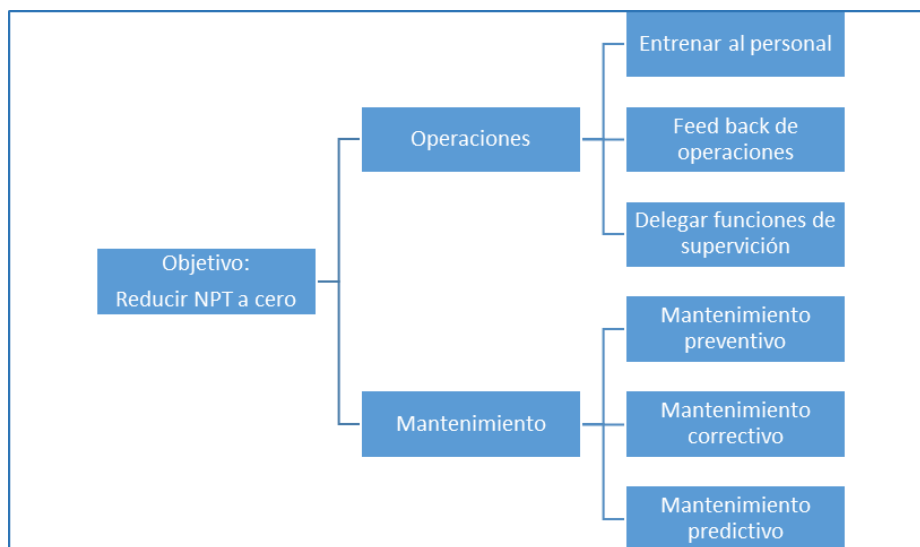


Figura 9 Despliegue de objetivo organizacional

Elaborado por: Jarrín, 2023

Se identifica en el despliegue que los departamentos involucrados en la toma de decisiones y otorgar recursos son el departamento de operaciones y el departamento de mantenimiento.

Tabla 7 Plan de acción para reducir NPT

Reducir los eventos de NPT	Reducir fallas humanas	Actualizar cursos de manejo de pozos petroleros	RRHH	6 meses
		Contratar paquete de aprendizaje de trabajo en alturas	RRHH	1 año
		Implementar charlas de seguridad industrial	SSA	3 meses
		Crear un régimen de sueño para los trabajadores del taladro	Médico	Diario
		Implementar un sistema de comunicación continua para los trabajadores del taladro	SSA	Diario
		Evaluar el conocimiento de los trabajadores	RRHH	Mensual
		Otorgar retroalimentación de las operaciones del taladro	Jefe de pozo	Semanal
		Implementar avisos de los principales factores de riesgo en el taladro	RRHH	Semestral
		Evidenciar el estado físico y mental de los trabajadores con el médico.	Médico	Semanal
		Publicar una cartelera con la secuencia de operaciones ha realizarse en el día	Supervisor	Diario
	Reducir fallas en la maquinaria	Crear cronograma de mantenimiento para equipo pesado	Jefe de Mantenimiento	Trimestral
		Implementar tabla de tiempo de vida útil de accesorios livianos	Supervisor Mantenimiento	Mensual
		Crear espacios adecuados para el almacenamiento de herramientas	RRHH	Anual
		Crear manual de procesos para mantenimiento de maquinaria.	RRHH	Anual
		Realizar prueba de funcionamiento de la maquinaria pesada	Eléctrico Mecánico	Mensual
		Realizar inspección visual de la maquinara	Mecánico	Diario
		Crear chech list para cambio de partes des gastables de la maquinaria	Jefe de mantenimiento	Mensual
	Reducir fallas en los materiales	Verificar con inspecciones técnicas la calidad de los materiales		
	Reducir fallas en la medición	Verificar el uso de la especificación correcta para las herramientas	QA/QC	Mensual
	Reducir fallas en los procesos	Verificar el uso de normas vigentes, actualizadas	QA/QC	Mensual
Reducir fallas ambientales	Mantener espacios de trabajo limpios	SSA	Diario	

Elaborado por: Jarrín,2023

3.2 Conclusiones

Debido a la baja cultura de pertenencia a la compañía, los trabajadores no buscan cumplir los objetivos de los proyectos con la mayor eficiencia posible, por ello es necesario implementar estrategias de recompensas personales que permitan incrementar la lealtad y sentimiento de pertenencia de los trabajadores.

La mayor causa que genera tiempos improductivos son los errores humanos, motivo por el cual se debe focalizar los esfuerzos y recursos de la compañía en enriquecer el perfil del talento humano, crear espacios de dialogo y entrenamiento de los procesos de la compañía.

La mayor cantidad de eventos no productivos son generados por las fallas de maquinaria y herramientas, por esta razón se deben incrementar al trabajo de mantenimiento la revisión periódica de las partes sensibles de los sistemas del taladro y añadir mantenimientos preventivos y predictivos de los sistemas.

Los NPT causados por errores humanos conllevan mayor tiempo de remediación que aquellos causados por fallas en la maquinaria, motivo por el cual se debe mantener una cultura de comunicación y retroalimentación de los procesos operacionales, normas de convivencia, normas de seguridad y divulgación de la información.

No se logró realizar un análisis económico que presente indicadores financieros como (VAN, TIR, PRI) puesto que el NPT en los trabajos de reacondicionamiento no es considerado un proyecto de inversión, sino un costo que es producto de las actividades de un proyecto de inversión no analizado en este proyecto.

Los líderes de grupos de trabajo para implementar la matriz del plan de acción son generalmente los de mayor jerarquía, puesto que están focalizados al perfil académico y de mayor experiencia laboral.

3.3 Recomendaciones

Ampliar la matriz del plan de acción estratégico utilizando diferentes metodologías de gestión de LEAN Manufacturing para implementar estrategias e indicadores dentro de cada jerarquía del organigrama de la compañía.

Crear espacios lúdicos para los trabajadores de la compañía, puesto que las actividades recreativas fomentan la comunicación y las buenas relaciones sociales.

Estudiar la posibilidad de implementar un sistema de comunicación anónima que permita a los trabajadores informar de manera clara las causas que llevaron a un NPT

Establecer el dialogo entre cliente y contratista como una herramienta de negociación útil a la hora de definir los limites que determinan un NPT.

Rotar al personal entre taladros para refrescar las líneas de trabajo y permitirle al empleado crear otra impresión social entre sus nuevos compañeros.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Barakat, M. Abu El Ela, F. Khalaf y , «Integrating risk management concepts into the drilling non-productive time,» *Journal of Petroleum Exploration and Production*, vol. 11, pp. 887-900, 3 enero 2021.
- [2] J. L. Cárdenas, A. . Rueda, E. Guerra y J. Vera, *Wellbore Cleanup Tools Save Rig Time in Approximately 30% Optimizing Workover and Completion Operations*, Denver, Colorado, 2011.
- [3] F. T. Peixoto Filho y F. Juarez Guaraci, *Machine Learning Applied on Fishing Occurrence Prediction.*, Brasil, Rio de Janeiro, 2019.
- [4] N. Krygier, A. Solarin y I. Orozova-Bekkevold, *A Drilling Company's Perspective on Non-Productive Time NPT Due to WellStability Issues*, 2020.
- [5] M. Loaiza, D. Ayala, H. Torres y S. Ayala, «Tiempo no productivo en pozos de dos secciones, caso de estudio Ecuador,» *Fuentes, el reventón energético*, vol. 16, nº 1, pp. 7-17, 2018.
- [6] B. Brechan, S. Sangesland, S. Inge Dal y B. Arango, *Interactive Experience and Learning Model can Reduce Non-Productive Time NPT*, Malasia, Kuala Lumpur, 2018.
- [7] B. Ashraf E., A. Al Kharusi y A. K. Abdulbaqi, *Reducing NPT of Rigs Operation through Competency Improvement: A Lean Manufacturing Approach*, Grieghallen, Bergen, 2016.
- [8] J. S. Robayo Perdomo, L. P. Rodríguez Peña y , *Evaluación técnico-financiera de las operaciones de perforación para la disminución de los tiempos no productivos durante los viajes en los pozos seleccionados del Campo Castilla*, Bogotá, 2016.
- [9] D. R. Ayala Trujillo y H. F. Torres Quitiguiña, *Análisis Técnico Económico del Tiempo No Productivo NPT en las operaciones de Perforación del Campo Oso*, Quito, 2016.
- [10] M. Nabai, M. Alireza y M. Moradinejad, *Non-Productive Time (NPT) Analysis, New Opportunity in Drilling Operation Management.*, Omidyeh: Azad Islamic University, 2016.
- [11] H. S. Morán Otoya, *Análisis Del Proceso De Perforación Direccional De Pozos Petroleros En El Campo Auca De La Amazonía Ecuatoriana Para La Reducción De Tiempos No Productivos*, Quito, 2014.
- [12] L. Socconini, *Lean Manufacturing: Paso a paso*, Primera ed., Custom Univeral ISBN; Primera edición, 2018.
- [13] L. Socconini, *Lean Manufacturing. Paso a Paso*, Barcelona: Marge Books, 2019.
- [14] D. D. Burgasí Delgado, D. V. Cobo Panchi, K. T. Pérez Salazar y R. L. Pilacuan Pinos, «EL DIAGRAMA DE ISHIKAWA COMO HERRAMIENTA DE CALIDAD EN LA EDUCACIÓN: UNA REVISIÓN DE LOS ÚLTIMOS 7 AÑOS,» *Tambara*, vol. 14, nº 84, pp. 1212-1230, Enero 2021.

- [15] E. Baca C., *Plan de acción estratégica para mejorar el desarrollo organizacional de la empresa "E. P. S. Marañon S. R. L." de la sede Jaén, Cajamarca, Chiclayo*, 2018.
- [16] H. Koontz y H. Weihrich, *Administración una perspectiva global*, 11 ed., Mc Graw Hill, 2001.
- [17] S. Garrido Buj, *Dirección estratégica*, Segunda ed., Madrid: McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- [18] L. P. Muñoz Álvarez, *Propuesta de plan estratégico institucional para el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.*, Quito: UCE, 2013.
- [19] A. P. Gaviño Gonzáles y C. A. Venegas Fernandez, *"Optimización Técnica Operativa de un Taladro de Reacondicionamiento (WORKOVER) en Base a su Capacidad de Trabajo en HP*, Guayaquil, 2015.
- [20] D. E. Celi, *Análisis técnico económico del tiempo no productivo (NPT) en las operaciones de perforación del campo Armadillo-B, en los pozos 2 y 3*, Quito: Repositorio Digital - EPN, 2019.
- [21] M. A. Muqeem, A. E. Weekse y A. A. Al-Hajji, *Stuck Pipe Best Practices – A Challenging Approach to Reducing Stuck Pipe Costs*, 2012.
- [22] Schlumberger, «Introducción al Equipo de Perforación,» 2004.
- [23] E. Yacuzzi, *LA GESTIÓN HOSHIN: MODELOS, APLICACIONES, CARACTERÍSTICAS*, Universidad del Cema, 2005.
- [24] L. Carvajal, *Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado*, 28 ed., Santiago de Cali: U.S.C., 2006, p. 139.
- [25] M. Loaiza, D. Ayala, H. Torres y S. Ayala, «Tiempo no productivo en pozos de dos secciones, caso de estudio Ecuador,» *Revista Fuentes: El Reventón Energético*, p. 10, 2018.
- [26] F. Soler Gallach, V. Gisbert Soler, A. I. Pérez Molina y E. Perez-Bernabeu, «DIAGRAMA DE PARETO Y LEAN MANUFACTURING,» *CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN*, pp. 19-32, Diciembre 2020.
- [27] D. Perrin, *Well Completion and Servicing, Oil and Gas Field Development Techniques*, Paris: Editions Technip, 1999.

5 ANEXOS

ANEXO I

Reporte Diario de Operaciones – RDO

Reporte Diario de Operaciones											
Operaciones						Intervalos cañoneados					
Evento	N°	Prozo	Fecha	Reporte N°	Estado Mecánico del pozo						
Razon Principal			Inicio OPR	DFS							
Wellbore	Taladro										
AFP número	Ref @Datum	DPI									
AFP costo	GLE	Costo Diario									
Operación Actual		Costo Acumulado									
Resumen 24H											
Promóstico 24H											
Supervisor 1	Ingeniero	Ingeniero Cliente									
Supervisor 2	Geologo	Total Personal									
OPERACIONES											
Desde	Hasta	Hrs	Código	Sub Código	Tipo	Comentarios de seguridad					
					Detalle						
Combutible											
	Cant. Inicial	Cant. Final	Cant. Utilizada	Descripción de la sarta							
Productos de Lodos (Diario)											
Producto	Unidad	Cant. Usada	Cant. Final	Costos Diarios							
				Descripción	Proveedor	Monto					
Formación											
Topo MD	Base MD	Longitud	Densidad	Cargas	Fase	Penetración	Díametro Dispero	Fecha	Estado	Comentarios	

Elaborado por: Jarrín, 2024

ANEXO II

ANEXO I NPT y Causa Reportada

N	Taladro	Fecha	Horas NPT	Problema
1	AX101	16-ene-21	4	Cambio de rotaria por packer dañado
2		2-feb-21	2	Daño en el montacargas
3		18-abr-21	3	Daño en la válvula BPV de 3in
4		6-jun-21	5	Daño en el indicador de peso
5		27-nov-21	6	Daño en la bomba de agua del carrier
6		12-may-22	12	Daño en el motor de arranque del carrier
7		3-ago-22	8	Liqueo en el washpipe del swivel
8		19-dic-22	26	Rotura de crossover de 4 ½ IF X 3 ½ IF
9	AX102	23-mar-21	12	Reparaciones en la mesa rotaria
10		12-abr-21	6	Falla en el rotary torque
11		14-may-21	2	Falla en el servicio de internet
12		14-nov-21	8	Falla en el indicador de peso
13		3-may-22	49	Caída del bloque viajero
14		21-ago-22	23	Fuga de gas en el niple de flujo
15	AX203	12-ene-21	6	Cambio de caja de cambios del carrier
16		4-abr-21	5	Daño en elevador de 3 1/2 IF
17		17-jul-21	2	Falla en el servicio de internet
18		12-sep-21	9	Drill collars obstruidos y corroídos
19		13-dic-21	3	Daño en el rotary torque
20		6-feb-22	2	Falla en el servicio de internet
21		4-mar-22	7	Falla en el indicador de peso
22		10-may-22	6	Falla la bomba de aceite del carrier
23		1-jun-22	5	Falla en el indicador de peso
24		30-jun-22	4	Falla de potencia en las instalaciones
25		5-ago-22	10	Caída de plástico en el pozo
26		13-oct-22	2	Falla en el servicio de internet
27		23-nov-22	2	Falla en el servicio de internet
28		20-dic-22	3	Falla en el servicio de internet
29	AX204	2-feb-21	2	Reparación en el tanque de lodos
30		18-feb-21	2	Daño en la bomba de lodos
31		10-mar-21	8	Daño en el elevador telescópico del mástil
32		29-mar-21	32	Perdida de BHA en el fondo del pozo
33		2-may-21	8	Falla en el malacate
34		27-ago-21	2	Falla en medidores de presión
35		5-sep-21	6	Daño en la bomba de lodos
36		17-abr-22	3	Reparación en la mesa rotaria
37		4-jun-22	6	Ruptura de drillpipe
38		16-sep-22	4	Liqueo en el manguerote
39	12-dic-22	3	Daño en la transmisión del carrier	
TOTAL HORAS NPT			308	

Elaborado por: Jarrín, 2024

ANEXO III

ANEXO II Tarifas y multas de operación

Movilización	El momento que empieza la carga de equipos en el lugar de origen hasta que llega al lugar de destino, se arma al 100% y se prueba su funcionamiento. Ok.
Movilización dentro (Path)	Es una tarifa independiente en la cual se suman los valores de logística necesaria para acceder al pozo que va a ser intervenido.
Operación Diaria	Se cuenta desde el momento que la movilización ha terminado, y empiezan las operaciones de reacondicionamiento. Se paga las veinticuatro horas del día a menos que la operación se detenga.
Stand by con personal	Cuando alguna condición climática o social severa impida la ejecución de las actividades o cuando no se logran continuar con los trabajos de reacondicionamiento por factores responsabilidad del cliente como logística, herramientas o personal que debía ser previsto por el cliente.
Stand by sin personal	Cuando las jornadas de espera se vuelven largas, será necesario liquidar al personal de trabajo y mantener el equipo en stand by. Para ello debe existir el mutuo acuerdo de las partes.
Fuerza mayor con personal	Aplicará para eventos fortuitos que sobrepasan la responsabilidad del cliente o del contratista, como eventos catastróficos de terremotos, inundaciones, incendios, etc.
Fuerza mayor sin personal	Aplicará para eventos fortuitos que sobrepasan la responsabilidad del cliente o del contratista, como eventos catastróficos de terremotos, inundaciones, incendios, etc. Y que su extinción sea prolongada, aquí será necesario liquidar al personal y mantener el equipo en stand by por mutuo acuerdo de las partes.
Reparación	Media hora diaria para labores de revisión o engrase de piezas, inspección de las herramientas u otra actividad de mantenimiento menor que requiera la paralización del equipo, el contratista dispondrá de un tiempo de doce horas mensuales para realizar labores que requieran la paralización del equipo, luego de este tiempo si el equipo se aplica tarifa cero.
Tarifa administrativa por bienes y servicios reembolsables	Cuando es responsabilidad del cliente otorgar herramientas, personal, materiales o servicios para realizar las operaciones del contratista, y este a su vez le pide al contratista que provea de dichos elementos con categorización de reembolso más una tarifa administrativa no mayor al 5% del costo total. Así también, en caso de retrasos o paralizaciones por parte de dichos elementos serán responsabilidad del cliente y asumirá los gastos respectivos.
Alimentación y servicios	Serán calculados incluyendo la logística, el transporte y el manejo de residuos. Dichos valores serán responsabilidad del contratista, únicamente para el personal del contratista.
Por generación de NPT por fallas en el taladro,	Siempre y cuando sean responsabilidad del contratista y luego de vencer los límites de tiempo establecidos por tarifa de reparación. Se aplicará una tarifa de pago cero desde el momento que se determina el NPT hasta cuando se retoman las actividades del equipo.
Por incumplimiento del servicio	Cuando la operación se vea afectada con retrasos o paralizaciones por incumplimiento directo del contratista, luego de sobrepasar los límites estipulados anteriormente, entonces el cliente puede penalizar al contratista con una multa de cuatrocientos dólares americanos por día o fracción de día hasta que se retomen las operaciones.

Fuente: AS&R Cía. Ltda. 2020

ANEXO IV

Tabla de datos horas de NPT y Valor Diario de Operación del taladro

N	Horas NPT	VDO
1	4	9400
2	2	10800
3	3	10900
4	5	10600
5	6	9800
6	12	10600
7	8	12200
8	26	12100
9	12	10100
10	6	11100
11	2	11400
12	8	11100
13	49	12500
14	23	9900
15	6	9300
16	5	10500
17	2	8300
18	9	9800
19	3	9500
20	2	7800
21	7	11800
22	6	7900
23	5	11800
24	4	9400
25	10	10600
26	2	10500
27	2	10500
28	3	12000
29	2	11900
30	2	8100
31	8	11100
32	32	11300
33	8	10000
34	2	10300
35	6	12500
36	3	9100
37	6	8400
38	4	10600
39	3	10900
VDO total		406400

ANEXO V

Investigación de las acciones durante el NPT

Taladro	Horas NPT	Investigación
AX101	12	<p>Al llegar a la locación de trabajo el carrier se estaciona al margen del camper de SSA hasta que se identifique el pozo a ser intervenido y se asiente la estructura de soporte denominada "barco" en simetría con el centro del pozo.</p> <p>Con ayuda de camión winche se posiciona el barco en concordancia con el centro del pozo.</p> <p>Una vez realizado esto, el jefe de pozo pretende movilizar el carrier para ser montado en el "barco", sin embargo, el motor no arranca y la tarea no se puede llevar a cabo.</p> <p>Por ende, no es posible continuar con la intervención del pozo.</p> <p>El mecánico y el electricista del taladro intervienen en el carrier en busca del desperfecto y encuentra que falla el motor de arranque del carrier por carbones desgastados y mecanismo obstruido.</p> <p>Se informa a la base de operaciones y se espera por piezas para reparación.</p> <p>Personal de base, constata motor de arranque deteriorado por exceder el tiempo de vida útil.</p>
	26	<p>Taladro se encuentra quebrando tubería DP 3 1/2"OD IF NC38, sacando BHA de limpieza en tándem para CSG 9 1/8" y 7" ID.</p> <p>Existe ligero atascamiento, se circula el pozo para liberar BHA, con éxito.</p> <p>Se tensiona con 250 klbs cuando el indicador de peso disminuye drásticamente, se presume pérdida de BHA.</p> <p>Se continúa quebrando tubería por cuatro horas y se encuentra con crossover 4 1/2IF X 3 1/2IF roto en el pin.</p> <p>Personal de taladro instala herramienta de pesca releasing overshot con guía labial y grapa espiral, con el propósito de capturar externamente el pescado</p> <p>Se aplica peso sobre el pescado y se recupera el BHA de limpieza para continuar con la operación.</p> <p>El tool pusher junto con el company man analizan el pescado y evidencian la existencia de corrosión en el crossover, esto junto a los esfuerzos de tensión y arrastre, terminaron por romper el crossover.</p>
AX 102	12	<p>Taladro se encuentra trabajando con BHA de limpieza en tándem para tubería CSG 9 5/8" más liner 7".</p> <p>Se está bajando el BHA con velocidad de 135 ft/min</p> <p>Al accionar la mesa rotaria el maquinista sospecha de atascamiento en la misma, pues identifica un comportamiento anómalo y disminuye velocidad a 45 ft/min.</p> <p>Se notifica a tool pusher, quien con personal de mantenimiento ratifican anomalía y detienen la operación mientras se esclarece el problema.</p> <p>Personal del taladro abre la coraza de transmisión e identifican la ruptura de un diente del piñón de la mesa, mismo que queda atrapado en el fondo de la coraza sin causar mayor daño a los espirales, sin embargo, al trabajar sin un diente el piñón empieza a destruirse y</p>

		<p>genera una especie de brinco en el movimiento de la mesa rotaria, haciendo que pierda revoluciones.</p> <p>Se procede a desmontar la mesa rotaria para reparaciones.</p> <p>Se cambia el piñón defectuoso, se engrasa</p> <p>Retoma operación de limpieza.</p>
	49	<p>Taladro se encuentra realizando trabajo de suabeo en el pozo.</p> <p>El maquinista acciona el freno hidromático de emergencia y libera cable para introducir el BHA, en acción de pistoneo.</p> <p>Al accionar el freno mecánico para detener el avance del cable, este se rompe causando la caída del bloque viajero sobre la planchada del taladro.</p> <p>Se activa anular de válvula preventora BOP</p> <p>Personal del taladro evacua como norma de seguridad.</p> <p>No se constatan heridos.</p> <p>Se detiene la operación del pozo.</p> <p>Jefe de pozo ordena cambio de carrete de cable de 1 1/8in, restitución de los elementos de izaje a su configuración correcta.</p> <p>Se verifica el estado de las estructuras, ok.</p> <p>Se reanuda operaciones</p> <p>Personal de base verifica antiguo cable de acero de 1 1/8" desgastado, en malas condiciones.</p>
	29	<p>Taladro se encuentra realizando cambio de zona de bomba eléctrica sumergible, operación de Pulling.</p> <p>El obrero de patio se percata de la existencia de gas fluyendo desde la campana, hacia la mesa del taladro e informa al tool pusher.</p> <p>Se detiene operación para matar el pozo.</p> <p>Personal de taladro recibe charla de inducción de matado de pozo.</p> <p>Se circula el fluido del pozo en directa para descartar la presencia de burbuja de gas sin éxito</p> <p>Se bombean 500 barriles de píldora viscosa de 5lb/bl y se circula para eliminar la presencia de gas con éxito.</p> <p>Pozo controlado.</p> <p>Se reanuda operaciones.</p>
AX203	10	<p>Pozo en operación de asentamiento de equipo BES</p> <p>Desde la mesa del taladro se deja caer mica de plástico al pozo</p> <p>Se informa al jefe de pozo y se detiene operación.</p> <p>Existe peligro de taponamiento de la mica en la admisión de la bomba (intake), pudiendo causar desperfectos.</p> <p>Se circula el pozo en directa para lograr que la mica llegue a la zaranda por medio del anular con éxito</p> <p>Se reanuda operación.</p>
	9	<p>En operación de molienda, se determina que drill collars han sufrido corrosión y se encuentran taponados.</p> <p>Se detiene operación de molienda.</p> <p>Se traslada nuevos drill collars desde base</p> <p>Personal de base corrobora mal estado de drill collars por almacenamiento inadecuado</p>
AX204	32	<p>Durante operación de molienda con drill pipe 3 ½ IF</p>

		<p>En la mesa del taladro, el seguro del elevador se desprende y deja caer el BHA Se detiene operación y se procede a pesca de tubo Se pesca tubo con overshot y grapa espiral Se reanuda operación de molienda. Personal de base constata elevador con insertos desgastado y faltantes, así como manija con falla en el seguro manual.</p>
--	--	---