

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN ENTRE  
TALADROS CONVENCIONALES Y TALADROS HIDRÁULICOS PARA  
PERFORACIÓN DE POZOS**

**LEIDY JOHANA GARCÉS BAÑOS**

**JORGE DAVID ORREGO CAPERA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2017**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN ENTRE  
TALADROS CONVENCIONALES Y TALADROS HIDRÁULICOS PARA  
PERFORACIÓN DE POZOS**

**LEIDY JOHANA GARCÉS BAÑOS**

**JORGE DAVID ORREGO CAPERA**

**Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero de Petróleos**

**Director**

**ING. WILSON RAUL CARREÑO VELASCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2017**

## DEDICATORIA

*Este proyecto está dedicado a Dios, que me dio salud, voluntad, discernimiento y perseverancia para alcanzar esta meta y seguir preparándome en mi vida profesional.*

*A mis padres German Garcés y María Azucena Baños, la razón de mi existir, quienes me brindan amor incondicional, felicidad, tranquilidad, total apoyo en cada uno de mis proyectos y siempre me llevan en sus oraciones.*

*A mis hermanos Andrea Garcés y Fredy Garcés quienes han estado a mi lado en cada etapa de mi vida dándome siempre el mejor ejemplo para mi formación personal.*

*A mis compañeros de universidad con los que comencé este gran sueño especialmente a David Orrego que en conjunto realizamos con éxito, esfuerzo y dedicación este proyecto.*

*Leidy Johana Garcés Baños*

*Dedico este logro principalmente a mi familia por el apoyo incondicional en cada momento, proceso y meta de mi vida, entre ellas la exitosa culminación de mi carrera de pregrado.*

*A mi madre Blanca Ruby Capera Perdomo, porque gracias a su apoyo, sus enseñanzas y consejos logre crecer como persona y profesionalmente así como tener éxito en mis objetivos planteados.*

*A mi padre Tobías De Jesús Orrego Franco, por su apoyo incondicional y por siempre creer en mí así como por motivarme e impulsarme siempre a estudiar, superarme y ser mejor.*

*A mi hermana Paula Camila Orrego Capera, por siempre estar ahí.*

*A mi compañera de estudios y apoyo incondicional Leidy Johana Garcés, gracias a quien solvente exitosamente grandes dificultades que se plantearon durante el desarrollo del trabajo y carrera estudiantil.*

*A todas las personas en general que de uno u otro modo influyeron en mí y me ayudaron a la realización de este trabajo y a la culminación de mis estudios en ingeniería de petróleos.*

*Jorge David Orrego Capera*

## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este proyecto expresan sus agradecimientos a:

La **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**, nuestra alma mater, a la **ESCUELA DE INGENIERIA DE PETRÓLEOS** y a todo su personal docente por la integra formación personal y académica que recibimos de su parte así como por la preparación para la vida profesional.

Al ingeniero **WILSON RAUL CARREÑO VELASCO**, nuestro director por compartirnos su experiencia y conocimiento por medio de enseñanzas y asesorías, agradecemos en especial por guiarnos y darnos ejemplo no solo de cómo ser un buen profesional sino, una buena persona.

A la empresa **PETROWORKS**, particularmente al Ingeniero **McWILLIANS CASTILLO TORO**, gracias a quien logramos la realización del proyecto porque nos acogió y ayudo desinteresadamente con el propósito de vernos crecer exitosamente como profesionales.

A nuestras **FAMILIAS** y **AMIGOS** que de una u otro forma influyeron y colaboraron para que este trabajo se cumpliera exitosamente y se hiciera realidad.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	18
1. PERFORACIÓN DE POZOS .....	19
1.1 PERFORACIÓN DE POZOS CONVENCIONALES .....	19
1.2 PERFORACIÓN DE POZOS NO CONVENCIONALES .....	20
1.3 TALADROS DE PERFORACIÓN .....	20
1.3.1 Por la locación del yacimiento.....	20
1.3.2 De acuerdo a la altura de la torre.....	21
1.3.3 De acuerdo al tipo de tubería usada .....	22
1.3.4 De acuerdo a la fuente de potencia .....	22
1.4 TALADROS CONVENCIONALES .....	23
1.4.1 Componentes del equipo .....	23
1.4.2 Sistemas de los taladros .....	25
1.5 TALADROS HIDRÁULICOS .....	34
1.5.1 Componentes del equipo .....	34
1.6 OPERACIONES DE PERFORACIÓN .....	35
1.6.1 Técnicas de perforación.....	36
1.6.2 Lodo de perforación .....	37
1.6.3 Revestimiento y cementación .....	38
1.7 PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD EN OPERACIONES DE PERFORACIÓN.....	38
1.7.1 Seguridad en operación del equipo de levantamiento .....	38
1.7.2 Seguridad en el manejo del malacate.....	40
1.7.3 Seguridad en el levantamiento de cargas .....	40
1.7.4 Seguridad en el manejo de cables de acero .....	40
1.7.5 Seguridad en el manejo de herramientas de potencia.....	41
1.7.6 Seguridad en el manejo de la tubería .....	42

1.7.7 Seguridad corriendo el revestimiento.....	42
2. DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS FÍSICOS Y MODO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS TALADROS CONVENCIONALES E HIDRÁULICOS .....	44
2.1 TALADROS CONVENCIONALES .....	45
2.1.1 Estructura de soporte.....	45
2.1.2 Sistema de levantamiento.....	51
2.2 TALADROS HIDRÁULICOS .....	55
2.2.1 Estructura de soporte.....	55
2.2.2 Sistema de levantamiento.....	66
3. DIFERENCIAS ENTRE TALADROS HIDRÁULICOS Y CONVENCIONALES ..	71
3.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE .....	71
3.1.1 Subestructura.....	71
3.1.2 Piso del taladro .....	73
3.1.3 Mástil de perforación.....	74
3.2 SISTEMA DE LEVANTAMIENTO .....	75
3.2.1 Equipo generador de fuerza.....	75
3.2.2 Torre de perforación .....	77
3.2.3 Bloque corona.....	78
3.2.4 Bloque viajero – Cabeza motriz .....	79
3.2.5 Línea de perforación .....	80
3.2.6 Elevadores – Torque Wrench .....	81
3.3 EQUIPOS Y OPERACIONES DE PERFORACIÓN.....	82
3.3.1 Equipos.....	82
3.3.2 Operaciones.....	91
3.4 SEGURIDAD LABORAL .....	100
3.5 MEDIO AMBIENTE .....	102
3.6 RESUMEN COMPARATIVO.....	103
4. ANTECEDENTES DEL USO DE TALADROS HIDRAULICOS EN COLOMBIA .....	107

4.1 TALADRO PW 140 (550Hp) – DRILLMEC SERIE HH102 .....	108
4.2 TALADRO PW 150 (1000Hp) – DRILLMEC SERIE HH220.....	111
4.3 TALADRO PW 157 (1000Hp) – DRILLMEC SERIE HH220.....	113
4.4 TALADRO PW 147 (1500Hp) – DRILLMEC SERIE HH350.....	116
4.5 CASOS ESPECIALES .....	118
5. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE TALADROS DE PERFORACIÓN.....	119
5.1 PROCESO DE SELECCIÓN .....	120
5.1.1 Requerimientos de operación .....	120
5.1.2 Cálculo de los factores de seguridad .....	123
5.1.3 Comparación de los valores obtenidos con los equipos disponibles .....	123
6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CASOS MUESTRA .....	124
6.1 DATOS RECOPIADOS.....	124
6.2 MÉTODO DE ANÁLISIS .....	131
6.2.1 Perforación.....	131
6.2.2 POOH (Put out of hole desde fondo) .....	133
6.2.3 Corrida de revestimiento .....	135
6.3 COMPARACIÓN GRAFICA DE LA MUESTRA .....	136
6.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	140
6.4.1 Parada de tubería .....	140
6.4.2 Perforación.....	141
6.4.3 POOH – Sacada de tubería .....	142
6.4.4 Corrida de revestimiento .....	143
6.4.5 Seguridad.....	143
6.4.6. Cambio de la línea de perforación .....	143
6.4.7 Records de la campaña Quifa 2016.....	144
CONCLUSIONES .....	145
RECOMENDACIONES .....	148
BIBLIOGRAFÍA.....	149

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Taladro de perforación.....	24
Figura 2. Sistema de potencia de un taladro. ....	26
Figura 3. Esquema del sistema de levantamiento. ....	28
Figura 4. Esquema del sistema de circulación.....	29
Figura 5. Componentes del top drive. ....	32
Figura 6. Taladro hidráulico. ....	35
Figura 7. Rampa para tubería de un taladro convencional. ....	47
Figura 8. Sistema de almacenamiento de la tubería de perforación en un taladro convencional. ....	48
Figura 9. Llaves de potencia implementadas en un taladro convencional. ....	49
Figura 10. Cuñas manuales.....	50
Figura 11. Malacate de perforación. ....	52
Figura 12. Bloque corona.....	53
Figura 13. Subestructura de soporte.....	56
Figura 14. Centro de control de un taladro hidráulico. ....	57
Figura 15. Panel de control.....	58
Figura 16. Racks verticales para tubería de perforación.....	59
Figura 17. Grúa manipuladora de tubería. ....	60
Figura 18. Rampa para tubería de un taladro hidráulico.....	61
Figura 19. Equipos del mouse hole.....	62
Figura 20. Grúa con brazo hidráulico auxiliar.....	62
Figura 21. Unidad de torque para tubería de perforación. ....	63
Figura 22. Cuñas automáticas de un taladro hidráulico. ....	64
Figura 23. Llave de potencia para broca.....	65
Figura 24. Torre telescópica dentro y fuera de la sección fija del mástil.....	68
Figura 25. Cabeza motriz que desplaza el top drive. ....	69
Figura 26. Llave de torque wrench.....	70

Figura 27. Subestructura de cada tipo de taladro. ....	72
Figura 28. Equipos generadores de energía.....	76
Figura 29. Comparación grafica de los dos tipos de taladros. ....	77
Figura 30. Bloque corona.....	78
Figura 31. Comparación gráfica entre taladros convencionales e hidráulicos. ....	79
Figura 32. Elevadores – convencional y torque wrench - hidráulico. ....	81
Figura 33. Racks de almacenamiento de tubería.....	83
Figura 34. Encuelladero.....	84
Figura 35. Grúa bandera.....	85
Figura 36. Mouse hole.....	86
Figura 37. Llaves de potencia – convencional y power town – hidráulico.....	88
Figura 38. Cuñas de los dos tipos de taladros.....	89
Figura 39. Cabina del perforador.....	90
Figura 40. Arme y desarme de un taladro convencional.....	93
Figura 41. Arme y desarme de un taladro hidráulico.....	93
Figura 42. Perforación de un pozo.....	96
Figura 43. Corrida de casing.....	99
Figura 44. Estructura general de los dos tipos de taladros.....	102
Figura 45. Área de operación del taladro pw 140.....	110
Figura 46. Área de operación del taladro pw 150.....	113
Figura 47. Área de operación del taladro pw 157.....	115
Figura 48. Área de operación del taladro pw 147.....	117
Figura 49. Comparación gráfica de velocidad de perforación en la fase 1. ....	136
Figura 50. Comparación gráfica de velocidad de perforación en la fase 2. ....	137
Figura 51. Comparación gráfica de velocidad de perforación en la fase 3. ....	137
Figura 52. Comparación gráfica de sacada de tubería en la fase 1.....	138
Figura 53. Comparación gráfica de sacada de tubería en la fase 2.....	138
Figura 54. Comparación gráfica de sacada de tubería en la fase 3.....	139
Figura 55. Comparación grafica de corrida de revestimiento en la fase 1. ....	139
Figura 56. Comparación grafica de corrida de revestimiento en la fase 2. ....	140

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de taladros según su potencia .....	21
Tabla 2. Clasificación de taladros de acuerdo a la altura de la torre.....	22
Tabla 3. Clasificación api para rango de tubería de perforación .....	75
Tabla 4. Cuadro comparativo entre taladros convencional e hidráulico .....	103
Tabla 5. Rig down del taladro PW 140.....	109
Tabla 6. Tiempos de movilización del taladro PW 140 .....	109
Tabla 7. Valores HSE del taladro PW 140 .....	111
Tabla 8. Rig down del taladro PW 150.....	112
Tabla 9. Tiempos de movilización del taladro PW 150 .....	112
Tabla 10. Valores hse del taladro 150 .....	113
Tabla 11. Rig down del taladro PW 157.....	114
Tabla 12. Tiempos de movilización del taladro PW 157 .....	114
Tabla 13. Valores HSE del taladro 157.....	115
Tabla 14. Rig down del taladro PW 147.....	116
Tabla 15. Tiempos de movilización del taladro PW 147 .....	117
Tabla 16. Valores hse del taladro 147 .....	118
Tabla 17. Datos del pozo Quifa 509 – fase 1 .....	124
Tabla 18. Datos del pozo Quifa 509 – fase 2 .....	125
Tabla 19. Datos del pozo Quifa 509 – fase 3 .....	126
Tabla 20. Datos del pozo Quifa 509 – fase 2 .....	127
Tabla 21. Datos del pozo Quifa 284 – fase 1 .....	128
Tabla 22. Datos del pozo Quifa 284 – fase 2 .....	128
Tabla 23. Datos del pozo Quifa 284 – fase 3 .....	130
Tabla 24. Tiempos de perforación del pozo Quifa 509 .....	131
Tabla 25. Tiempos de perforación del pozo Quifa 284 .....	132
Tabla 26. Tiempos de POOH del pozo Quifa 509.....	133
Tabla 27. Tiempos de POOH del pozo Quifa 284.....	134

Tabla 28. Tiempos de corrida de revestimiento del pozo Quifa 509 .....	135
Tabla 29. Tiempos de corrida de revestimiento del pozo Quifa 284 .....	135
Tabla 30. Records de pozos perforados en campo Quifa.....	144

## RESUMEN

**TÍTULO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CRITERIOS DE SELECCIÓN ENTRE TALADROS CONVENCIONALES Y TALADROS HIDRÁULICOS PARA PERFORACIÓN DE POZOS.\***

**AUTORES:** LEIDY JOHANA GARCÉS BAÑOS  
JORGE DAVID ORREGO CAPERA\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Sistema de izaje, Tiempos de perforación, Taladros convencionales, Taladros hidráulicos.

**DESCRIPCIÓN:** Los taladros hidráulicos son equipos que implementan una serie de avances tecnológicos con el fin de hacer que la perforación de pozos sea una operación más práctica, óptima y segura; estos equipos a pesar de sus ventajas no son muy usados en Colombia debido a la escasa información que se puede conseguir sobre los mismos, por lo tanto este proyecto consiste en dar a conocer de forma práctica el funcionamiento general del mismo y de sus componentes, así como mostrar una comparación con los equipos comúnmente aceptados que son los taladros convencionales. Este documento facilitaría a las empresas operadoras tomar decisiones basadas en datos y experiencias reales donde se tenga en cuenta los criterios de selección más críticos para la operación de los equipos.

El documento hace énfasis en la más notable diferencia entre los dos equipos la cual es el sistema de levantamiento y sus accesorios; el estudio enseña el funcionamiento de cada uno de ellos así como una comparación detallada de las operaciones que con estos se realizan. Además, se presentan las experiencias adquiridas en un caso real que se llevó a cabo en el campo Quifa donde se demostró que la capacidad, el desempeño y la eficacia entre los equipos hidráulicos y convencionales puede llegar a ser evidente; el estudio muestra también las demás ventajas que brindan los equipos brindan no solo operativamente sino en seguridad medioambiente.

---

\* Tesis de grado.

\*\* Facultad de Ingeniería fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: M.Sc. Wilson Raul Carreño Velasco.

## ABSTRACT

**TITLE: SELECTION CRITERIA COMPARATIVE ANALYSIS FOR WELL DRILLING BETWEEN CONVENTIONAL AND HYDRAULIC DRILLS.\***

**AUTHORS: LEIDY JOHANA GARCÉS BAÑOS  
JORGE DAVID ORREGO CAPERA\*\***

**KEY WORDS:** Lifting system, Drilling times, Conventional drills, Hydraulic drills.

**DESCRIPTION:** Hydraulic rigs are equipment that implement a series of technological advances in order to make well drilling a more practical, optimum and safe operation. Despite their advantages, this equipment is not widely used in Colombia because there is very little information that can be obtained on them, therefore this project consists of giving practical knowledge about the general operation of it and its components, as well as show a comparison with the most commonly accepted equipment, which are conventional rigs. This will facilitate operating companies take decisions based on data and real experiences where the most critical selection criteria for the operation of the equipment is taken into account.

This document emphasizes the most notable differences between the two equipment, the lifting system and its accessories, it shows the operation of each of them as well as a detailed comparison of the operations that are performed with these. Additionally, a case is presented that was carried out in the Quifa field where it was demonstrated that the capacity and performance of the hydraulic equipment can be superior to the one presented by conventional rigs and the advantages which the equipment offers not only for the operation but also in safety and the environment.

---

\* Thesis degree.

\*\* Physicochemical Engineering department. School of Engineering of Petroleos. Director: M.Sc. Wilson Raul Carreño Velasco.

## INTRODUCCIÓN

Ciertamente una de las primeras etapas de explotación y producción petrolera es la perforación de pozos que pueden ser usados para cumplir diversas funciones como lo puede ser la producción del yacimiento, la inyección de fluidos al yacimiento o simplemente se pueden usar para el muestreo y toma de núcleos para conocer la estratigrafía de una zona en especial. Todos estos proyectos tienen en común el uso de taladros de perforación para su creación; hoy día se puede encontrar una gran variedad de tecnologías en taladros de perforación. En este trabajo de grado se resaltara el potencial de los taladros hidráulicos y convencionales, haciendo énfasis en las ventajas que brinda el equipo hidráulico debido a que son una tecnología emergente que está ingresando y siendo aplicada en Colombia. Una de las mayores complicaciones a la hora del uso de taladros hidráulicos es no conocer con anterioridad el modo de comparación con los taladros convencionales, lo que ha limitado mucho su aplicación y no ha permitido la sofisticación y probable aumento de rentabilidad en los pozos prospectivos. El motivo de este trabajo de grado es realizar un análisis que permita romper la barrera que se ha creado en torno a los taladros hidráulicos generando un documento que permita la fácil comparación y muestre las equivalencias entre los dos tipos de taladros mencionados y de este modo gracias al documento, facilitar la toma de decisiones de la persona encargada de la selección de los taladros haciendo así los procesos de perforación más eficientes. En la culminación de nuestra investigación y finalización del análisis la industria petrolera Colombiana se vería favorecida debido a que contaría con un documento más, que lo ayudaría a la selección de taladros y facilitaría tomar la mejor decisión con una importante repercusión en los costos de cada proyecto de perforación. Además, cada una de las empresas que están incluyendo los taladros hidráulicos no solo a Colombia sino a América Latina podría hacer uso del documento como muestra comparativa del uso de sus herramientas y ayudaría al fácil entendimiento de diferencias existentes que tienen con respecto a los taladros convencionales.

## 1. PERFORACIÓN DE POZOS

El equipo de perforación representa la culminación de un proceso de exploración intensivo; sólo puede validarse un área prospectiva mediante la perforación de un pozo. Una vez que las compañías petroleras adquieren los derechos de perforación en un área prospectiva, sus geocientíficos transmiten las coordenadas de la zona productiva potencial y los objetivos de la evaluación de formaciones a sus ingenieros de perforación y éstos los traducen en objetivos de perforación. El departamento de perforación planifica una trayectoria que maximice la exposición del pozo a las zonas productivas y diseña los arreglos de fondo de pozo (BHA's) para lograr ese recorrido. Los ingenieros preparan un plan detallado para cada etapa del proceso de perforación. Esta prognosis de perforación designa una localización en la superficie y la profundidad total (TD) del pozo, y especifica datos necesarios como lo son el tamaño de la broca, las densidades anticipadas del lodo y los programas de entubación necesarios para alcanzar la TD.<sup>1</sup>

### 1.1 PERFORACIÓN DE POZOS CONVENCIONALES

El proceso de perforación convencional para pozos de petróleo y gas utiliza sartas de perforación compuestas por drillpipe, drillcollars y brocas, las cuales cumplen la función de aplicar energía hidráulica y mecánica (energía rotatoria y carga axial) para realizar el trabajo de perforación. En algunos casos se utiliza un motor de fondo para suministrar la potencia de rotación, pero la columna perforación es esencialmente la misma. Esta técnica se basa en ir perforando con drillpipe por etapas, e ir instalando una tubería de revestimiento (*casing*) y finalmente se instala una tubería de producción (*tubing*).

---

<sup>1</sup> VARHAUG, Matt. " Schlumberger Oilfield Review". Un giro a la derecha: Una visión general de las operaciones de perforación. Vol. 23, No 3(2011); p. 61.

## 1.2 PERFORACIÓN DE POZOS NO CONVENCIONALES

La perforación no convencional de pozos involucra el uso de conexiones tubulares de diseños innovadores, que satisfacen los requerimientos operativos. Dependiendo del tipo de actividad, profundidad y complejidad del pozo, se elegirá el sistema a utilizarse. Las técnicas no convencionales, más destacadas son las de perforar con *casing*, *liner*, *tubing* y *colied tubing*.<sup>2</sup>

## 1.3 TALADROS DE PERFORACIÓN

Los taladros de perforación son aquellos equipos que dan vida a un proyecto de explotación petrolera debido a que son los encargados de hacer el medio de contacto de los fluidos desde el yacimiento hasta la superficie, los taladros de perforación se pueden clasificar de la siguiente forma<sup>3</sup>:

### 1.3.1 Por la locación del yacimiento

En esta clasificación se pueden dar dos tipos principales según el posicionamiento geográfico del yacimiento los cuales son:

- **Torres Marina (Perforación Offshore)**

Son equipos usados en operaciones marítimas o de costa afuera en donde no se encuentra un terreno firme en el cual se puedan construir e implementar los equipos requeridos para una correcta perforación. La falta de este terreno firme genera una gran limitación de espacio por los cual debe ser optimizado lo mejor posible; debido

---

<sup>2</sup> BALLESTEROS BENAVIDES, Javier Antonio y MORENO VARGAS, Gelber Hernan. “Perforación de pozos de petróleo con la técnica no convencional casing drilling”. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2011.

<sup>3</sup> FERNÁNDEZ Euclides. “Verificación del proceso de selección de un taladro de perforación”. Universidad Simón Bolívar, 2012.

a esto se diseñaron e implementaron todas aquellas torres y equipos sobre barcos o plataformas sobre los cuales se soportan los mismos cerca al target de perforación.

- **Torres Terrestres (Perforación Onshore)**

Son los equipos usados en locaciones convencionales sobre la corteza continental donde se cuenta con el suficiente espacio para el montaje de los equipos de perforación. Existen de diversos tamaños que se transportan por medio de camiones o grúas, dependiendo de su capacidad; se pueden clasificar como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Clasificación de taladros según su potencia

<b>Potencia</b>	<b>Profundidad (ft)</b>
<b>Torre de potencia ligera</b>	3.000 – 5.000
<b>Torre de potencia media</b>	4.000 – 10.000
<b>Torre de potencia pesada</b>	12.000 – 16.000
<b>Torre para trabajos ultrapesados</b>	18.000 – 25.000

### **1.3.2 De acuerdo a la altura de la torre**

Los taladros se pueden clasificar de acuerdo a la altura de la torre dependiendo de la cantidad de tuberías que se puedan conectar en cada intervención; la clasificación se cataloga según la Tabla 2.

**Tabla 2.** Clasificación de taladros de acuerdo a la altura de la torre

<b>Nombre</b>	<b>Número de tuberías por parada</b>
<b>Simple</b>	Solo puede conectar un tubo de perforación por vez.
<b>Doble</b>	Puede conectar dos tuberías, también llamadas pareja de tuberías.
<b>Triple</b>	Se pueden conectar 3 tuberías, las cuales también son llamadas paradas
<b>Cuádruple</b>	Son con las cuales se pueden conectar hasta 4 tuberías por vez.

### **1.3.3 De acuerdo al tipo de tubería usada**

En este tipo de clasificación podemos encontrar los equipos que usan dos tipos de tubería; estos tipos de tubería son los siguientes:

- **Convencional**

Son aquellos equipos que durante el procedimiento usan tubería rígida la cual se conecta por secciones para construir la sarta de perforación.

- **Coiled tubing**

Son equipos en los que usan un gran carrete de tubería flexible como sarta de perforación; en la parte más profunda de la tubería se conecta un motor de fondo que se encarga de generar la energía rotacional.

### **1.3.4 De acuerdo a la fuente de potencia**

Los diferentes tipos de taladros poseen diversas fuentes de energía dependiendo de la disponibilidad de cada una de ellas en la locación, las fuentes de potencia pueden ser las siguientes:

- **Mecánica**

Son aquellos equipos en los cuales la potencia es generada con motores; estos motores son frecuentemente alimentados por combustible Diésel; la potencia es transmitida a la broca mediante el uso de convertidores de torque, trasmisiones o embragues. Este tipo de generación de potencia ha sido paulatinamente reemplazada por otras fuentes debido al costo y eficacia, por ellos actualmente se encuentran en desuso.

- **Eléctrica**

Cuando la potencia proviene de motores de conducción directa se denomina una fuente eléctrica puesto que no transfieren la energía de manera mecánica sino en forma de electricidad hasta el equipo que la requiera.

- **Hidráulica**

Es un equipo en el cual su principal fuente de energía es la energía hidráulica proveniente de motores diseñados para la manipulación de fluidos hidraulicos.

## **1.4 TALADROS CONVENCIONALES**

### **1.4.1 Componentes del equipo**

En un taladro de perforación existen numerosos sistemas y dispositivos que confluyen a su funcionamiento. En la figura 1 se muestra la disposición e interrelación de los componentes de un taladro convencional.

Aunque el funcionamiento de los equipos que componen el taladro de perforación es independiente, cuando se interconectan adecuadamente, suministran la potencia, fuerza y soporte necesarios para llevar a cabo la operación. Tales equipos suelen ser: la torre, la subestructura, motores, malacate, entre otros.

**Figura 1. Taladro de Perforación**



Fuente: Land Rigs, Drillmec, 2012

### **1.4.2 Sistemas de los taladros**

Todo el equipo tiene un propósito principal el cual es colocar una broca en la parte inferior de la tubería, donde pueda ir perforando para hacer un pozo para cierta finalidad. Para colocar la broca en la parte superior los operarios la sujetan fuertemente en un tubo especial llamado sarta; los operarios hacen bajar la sarta de perforación y la broca adjunta hacia el pozo. Para que la broca perfora, el equipo de la superficie de la torre de perforación debe hacerla girar; el equipo también debe poner peso sobre la broca para que esta encaje los dientes en el roca que será atravesada.

La potencia se transmite desde superficie hacia el fondo de la perforación a través de la sarta de perforación. Los equipos de top drive son los comúnmente usados para hacer girar la sarta de perforación. Los operarios pueden añadir tramos de tubos de perforación a la sarta de perforación.

Un potente motor hace girar el árbol de transmisión el cual está conectado al top drive; los operarios acoplan la sarta de perforación al árbol de transmisión y este árbol de transmisión hace girar la cadena de transmisión y la broca.

Un sistema articulado mantiene en suspensión el top drive desde un grupo de poleas de la torre de perforación. El lodo de perforación entra en la tubería a través del tubo en U de la manguera rotatoria, el conducto flexible conduce el lodo de perforación desde superficie hacia la sarta; posteriormente se desplaza a través de la sarta hasta el fondo donde se está perforando, hasta retornar a superficie.

Los motores y transmisiones alimentan con potencia el eje de transmisión principal y los operarios montan la sarta en el eje de transmisión. El preventor de reventones o válvulas de seguridad interno evitan los contraflujos dentro de la sarta de perforación, cuando el perforador lo cierra. Los operarios utilizan las llaves de apriete para montar y desmontar, conectar y desconectar la sarta de perforación.

Los eslabones de elevación mantienen en suspensión al elevador mientras los operarios enganchan el elevador alrededor de la siguiente sarta de perforación para permitir que el top drive la mueva arriba y abajo.<sup>4</sup>

#### 1.4.2.1 Sistema de potencia

En este sistema se explica la forma en la que se genera la energía requerida por cada uno de los equipos de perforación como lo pueden ser sistema de circulación o de levantamiento. Para generar la potencia en las torres modernas, generalmente, se utilizan motores diesel de combustión interna, llamados motores primarios, como los que se muestran en la Figura 2. y los cuales se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Motores Diesel eléctricos: Son aquellos que transportan la energía en forma de electricidad hasta el equipo que la requiera.
- Motores Diesel de conducción directa: Son los que transfieren la energía en forma de rotación y/o torque, actualmente este tipo de equipos se encuentra en desuso.

**Figura 2.** Sistema de potencia de un taladro



Fuente: <https://prezi.com/mbyirb-guzd5/sistema-de-potencia-en-equipos-de-perforacion/>

---

<sup>4</sup> FERNÁNDEZ Euclides. “Verificación del proceso de selección de un taladro de perforación”. Universidad Simón Bolívar, 2012.

El sistema de potencia tiene dos componentes principales: las fuentes primarias de potencia (Motores) que generan casi toda la potencia requerida en el taladro y el sistema de transmisión de potencia que transmite o distribuye esta potencia a los componentes del taladro que lo requieran, está compuesto por el motor o motores y de un arreglo elaborado cableado eléctrico o sistemas de enlace, que requiere una cuidadosa organización y alineación.<sup>5</sup>

#### **1.4.2.2 Sistema de levantamiento**

Son aquellos equipos cuya función es levantar, bajar o suspender la sarta de perforación, tuberías, revestimientos y demás elementos que se bajan a fondo de pozo o se levantan a la torre; sus principales componentes se muestran en la Figura 3, y están constituidos por:

- Estructura de soporte: La estructura de soporte es la encargada de sostener y soportar todos los equipos de perforación como los son la torre y la plataforma; así mismo proveen la altura vertical necesaria para levantar o bajar los tramos de tubería.
- Equipos de levantamiento: Son los equipos que proveen la fuerza necesaria para subir, bajar o suspender los equipos o herramientas que se quieran introducir o sacar del pozo.

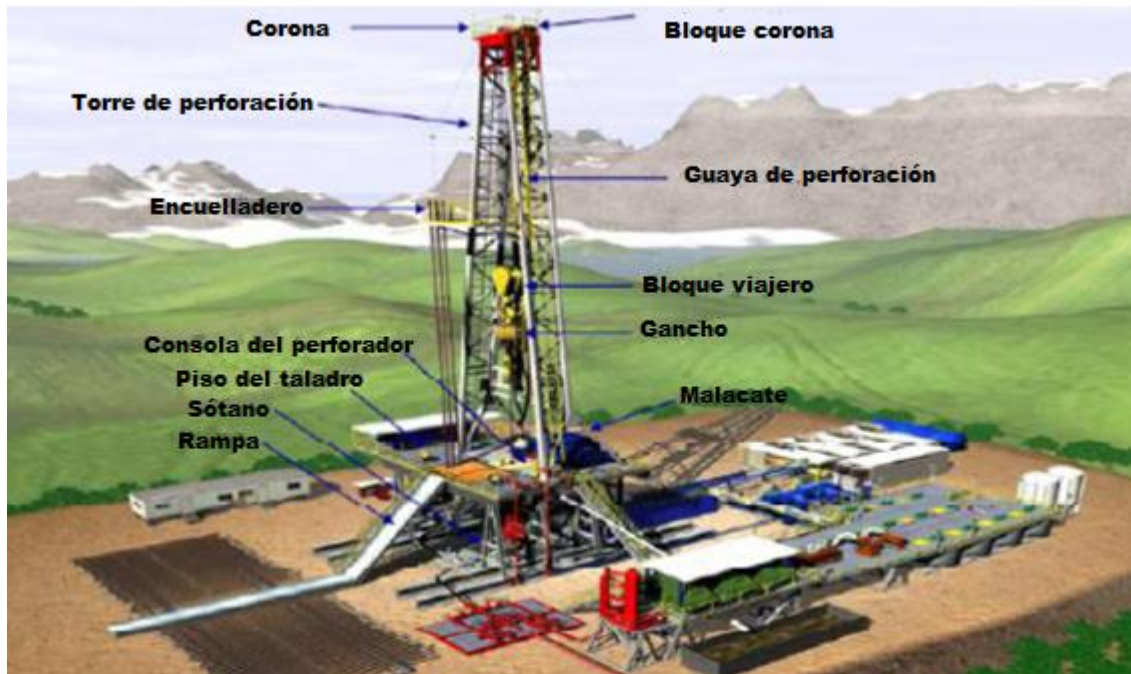
Dos operaciones de rutina que se realizan con el sistema de levantamiento son: hacer una conexión y hacer un viaje. Hacer una conexión se refiere al proceso de agregar tubería a la sarta de perforación. Hacer un viaje se refiere al proceso de remover tramos de tubería del hoyo perforado para cambiar un tramo de la sarta de

---

<sup>5</sup> ARIZA, Emiliano. Fundamentos en perforación de pozos, Bucaramanga, 2009.

perforación o agregar accesorios como en el caso de los estabilizadores, que se pueden usar para cambiar la dirección del hoyo en pozos direccionales.<sup>6</sup>

**Figura 3.** Esquema del sistema de levantamiento



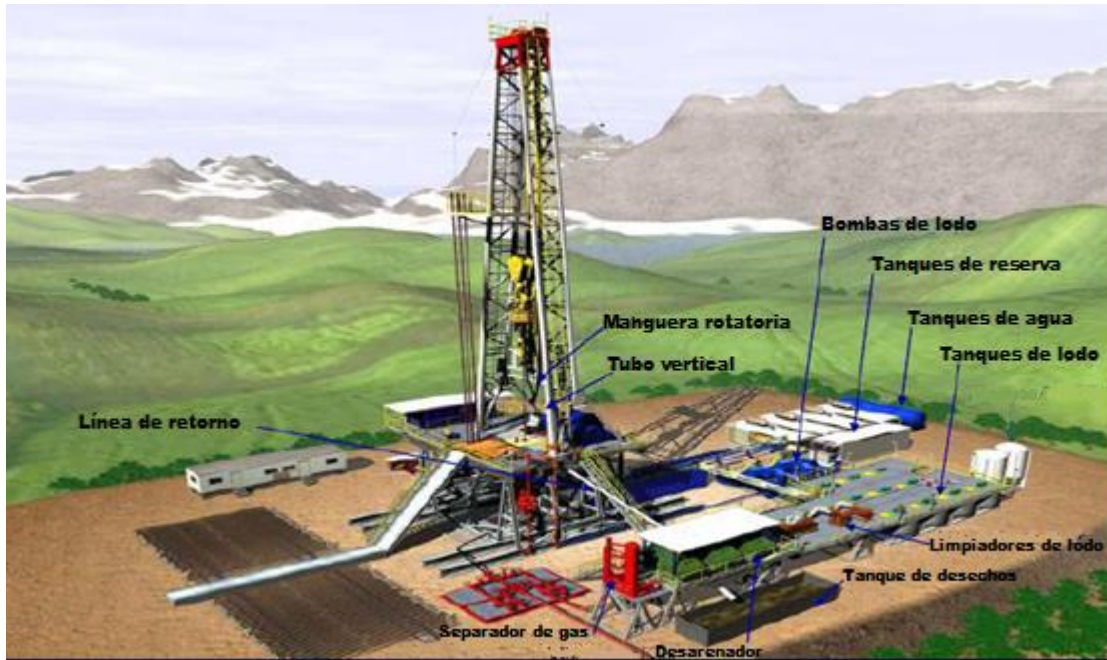
Fuente: Departamento de Ingeniería de petróleo UCV.

#### 1.4.2.3 Sistema de circulación

Es el encargado de hacer que el lodo atraviese la sarta de perforación hasta el fondo del pozo para que de esta manera se puedan llevar a cabo las funciones del lodo, en la Figura 4 se muestra un esquema del sistema de circulación de un taladro de perforación.

<sup>6</sup> MARTINEZ, Diego. Sistemas básicos del equipo de perforación [en línea] disponible en: <https://es.slideshare.net/DiegoMartinez/sistemas-basicos-del-equipo-de-perforacion>

**Figura 4.** Esquema del Sistema de Circulación



Fuente: Departamento de Ingeniería de petróleo UCV

Los componentes principales de este sistema son:

- Área de preparación del fluido de perforación: En esta área se encuentran los tanques de agua y los depósitos de materiales para el lodo; estos depósitos son generalmente es una caseta cercana a los tanques de succión y los equipos mezcladores.
- Equipos de circulación: El fluido de perforación; comúnmente llamado lodo que se utiliza en una operación de perforación se recircula en forma continua. El lodo se mezcla y se guarda en el tanque de succión desde donde es succionado mediante el uso de una bomba; el lodo es enviado por una tubería y una manguera hasta la unión giratoria, desde donde pasa por el interior del Top drive y la tubería de perforación hasta llegar a la broca; al llegar a la broca sale por las boquillas y se encuentra con los ripios o restos de perforación que ha perforado

la broca; entonces inicia su regreso por el anular (tubería – hueco) hasta llegar a la superficie trayendo consigo los ripios y limpiando el hueco. En superficie pasa por el área de reacondicionamiento en donde se le sacan los ripios y lo adecuan para de nuevo regresar al tanque de succión completando el circuito.

- Área de reacondicionamiento del fluido de perforación: El lodo en su ciclo de circulación y cumpliendo con su función arrastra los cortes (Ripios) y los lleva a superficie. El incremento en la concentración de estos sólidos o algunas veces gases o hidrocarburos líquidos alteran las propiedades del lodo; por lo cual en superficie debe ser tratado. Los equipos que se usan en este tratamiento además de los tanques y bombas son: Zaranda vibratoria, desgasificador, desarenador, deslimador; a veces se utilizan otros equipos para optimizar el control de sólidos como el limpiador de lodo (mud cleaner) que es una combinación de la zaranda vibratoria con el deslimador, o el equipo de centrifugación.<sup>7</sup>

#### **1.4.2.4 Sistema de rotación**

Este sistema tiene como primordial función hacer girar la broca situada en el extremo de la sarta, a fin de penetrar la corteza terrestre. El sistema rotatorio es parte esencial del taladro o equipo de perforación debido a que al hacer girar la sarta de perforación, permite el avance de la broca desde la superficie hasta la profundidad programada.

Está localizado en la parte central del taladro de perforación, es uno de los componentes operacionales más importantes de un taladro.

El sistema de rotación comprende los siguientes componentes:

- Sarta de perforación: Es el enlace entre el Top Drive y la broca.

---

<sup>7</sup> FERNÁNDEZ Euclides. “Verificación del proceso de selección de un taladro de perforación”. Universidad Simón Bolívar, 2012.

- Broca: Es el accesorio encargado de romper las formaciones mediante la aplicación de peso y rotación sobre ellas.

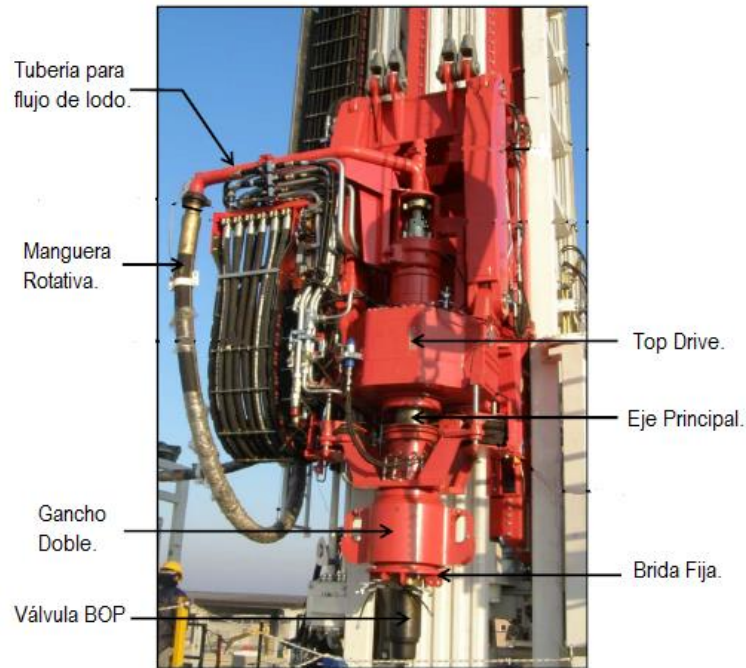
- Unidad de Top Drive: Es un equipo instalado justamente debajo de la unión giratoria; reemplaza el cuadrante, el buje del cuadrante y la mesa rotaria. La rotación de la sarta de perforación se logra a través de motores eléctricos o hidráulicos incorporados al Top Drive y consiste en que la sarta de perforación y el ensamblaje de fondo reciben la energía para su rotación desde un motor que va colgado del bloque viajero. El equipo cuenta con una Swivel o unión giratoria integrada, un manejador de tubería que cuenta con un sistema para enroscar y desenroscar tubería, una cabeza rotaria y válvulas de seguridad.

Entre las ventajas que el Top Drive ofrece con respecto a la mesa rotaria se encuentran: Menor tiempo de conexión y de viajes, menos riesgos de atascamiento diferencial, perforación direccional óptima, repaso y ampliación del hueco, disminución de accidentes y cierre más rápido del pozo en caso de arremetidas<sup>8</sup>. En la figura 5. Se puede apreciar el Top Drive con sus partes.

---

<sup>8</sup> FERNÁNDEZ Euclides. “Verificación del proceso de selección de un taladro de perforación”. Universidad Simón Bolívar, 2012.

**Figura 5.** Componentes del Top Drive



Fuente: Manual de uso y mantenimiento, Drillmec, 2012

#### **1.4.2.5 Sistema de seguridad**

Este sistema se usa para controlar y prevenir la invasión de fluidos del yacimiento al pozo y a superficie, esto se conoce como un amago de reventón o si se vuelve incontrolable se llama reventón (blowout). La arremetida de fluidos (gas y/o petróleo, agua: fresca o salada) de la formación hacia el pozo, ocurre cuando la presión ejercida por el fluido de perforación en el pozo es menor que la presión que tienen algunas de las formaciones perforadas o la formación que está siendo penetrada por la broca. Las manifestaciones de la arremetida de fluido se captan en la superficie debido al aumento de volumen de fluido en el tanque y por el comportamiento simultáneo de las presiones en la sarta y el espacio anular. La magnitud del volumen adicional de fluido descargado da una idea de la gravedad de la situación. La apreciación rápida del tipo de fluido desbordado ayudará a poner en ejecución uno de los varios métodos adecuados de contención, cuya finalidad,

no obstante las diferencias de procedimientos, es permitir acondicionar el fluido de perforación al peso requerido y bombearlo al hoyo; mientras tanto se controla el comportamiento del flujo por el espacio anular para descargar la arremetida.

El sistema de prevención tiene los siguientes componentes:

- Conjunto preventor de reventones (BOP): Consiste en un juego único de válvulas hidráulicas con grandes orificios de tamaño considerable, niveles de presión altos y que además accionan con rapidez. La finalidad del conjunto BOP (blow out preventor) es cerrar el pozo en la eventualidad de una patada. Teniendo esto en cuenta podrá observarse que muchas de las configuraciones posibles del conjunto pueden dar resultados satisfactorios. Este conjunto está normalmente formado por un preventor anular, unos preventores de ariete o esclusas y bridas de perforación.
- Acumulador: La finalidad del acumulador es proveer una forma rápida, confiable y práctica de cerrar los BOP en caso de emergencia. Dada la importancia del factor de confiabilidad, los sistemas de cierre poseen bombas extra y volumen en exceso de fluido, al igual que sistemas alternativos o de reserva. Normalmente, se localiza a cierta distancia del taladro y puede activarse desde un tablero de control remoto desde el piso del taladro o por un tablero que forma parte del mismo acumulador.
- Sistema de soporte de estrangulamiento: Consiste en dos componentes, el primero es el manifold de estrangulamiento que es un aparejo de conexiones para tubería de brida, resistentes a presiones altas, con válvulas de salida laterales, de control manual o automático; su función es la de controlar y mantener la contrapresión requerida durante un “golpe de ariete” y de dispersar los fluidos de la formación presentes en el hueco a las fosas de reserva, al separador de gas o al área de reacondicionamiento de lodos, hasta quedar

controlado el amago o patada. El segundo componente es la línea para matar la cual se conecta al BOP frente a la línea para estrangular, a través de la línea para matar se bombean fluidos de perforación al hueco, para ayudar a balancear las presiones existentes en éste y así, poder controlar el amago o patada<sup>9</sup>.

## **1.5 TALADROS HIDRÁULICOS**

El taladro de perforación hidráulica cuenta con un sistema automatizado es decir se deben activar secuencialmente las diferentes actividades de manejo de tuberías, almacenamiento de tubería vertical, remolque montado. Fue diseñado y construido para operaciones de perforación y workover en pozos de petróleo y gas. La plataforma está diseñada de acuerdo con las especificaciones API y toda la construcción está de acuerdo con las normas recomendadas por la API que rigen la fabricación, soldadura, recubrimiento, almacenamiento, etc. El esquema general de un taladro hidráulico se puede observar en la Figura 6.

### **1.5.1 Componentes del equipo<sup>10</sup>**

- Unidad torre de perforación
- Mástil Telescópico
- Subestructura y Mesa de trabajo
- Equipo de potencia hidráulica
- Equipo de potencia hidráulica auxiliar
- Sistema Top drive
- Power Tong y Power Slips

---

<sup>9</sup> FERNÁNDEZ Euclides. “Verificación del proceso de selección de un taladro de perforación”. Universidad Simón Bolívar, 2012.

<sup>10</sup> SALCEDO. E, NOGUERA. H, ACOSTA.H, DUEÑAS. J, CLAVIJO. L, BERRIO. L. HERNANDEZ. R y SANCHEZ. W. “Arme de un equipo hidráulico HH300”.Escuela de perforación. Villavicencio, 2012.

- Mesa rotaria
- Pipehandling modular vertical y Sistema de almacenamiento de tubería
- Mordaza hidráulica Mouse hole

**Figura 6.** Taladro hidráulico



Fuente: HH Series Automated Hydraulic rigs, Drillmec, 2012

## 1.6 OPERACIONES DE PERFORACIÓN

El tiempo de perforación de un pozo dependerá de la profundidad programada y las condiciones geológicas del subsuelo. La perforación se realiza por etapas, de tal manera que el tamaño del pozo en la parte superior es ancho y en las partes inferiores cada vez más angosto.

Durante la perforación es fundamental la circulación permanente de un lodo, el cual da consistencia y soporte a las paredes del pozo, enfría la broca y saca a la superficie el material triturado, entre otras funciones. Ese lodo se inyecta en la parte interior de la tubería, sale por la broca y asciende por el espacio anular que hay entre la tubería y las paredes del hueco. El material que sube sirve para tomar muestras y saber qué capa rocosa se está atravesando y si hay indicios de hidrocarburos.

Durante la perforación también se toman registros eléctricos que ayudan a conocer los tipos de formación y las características físicas de las rocas, tales como densidad, porosidad, contenidos de agua, de petróleo y de gas natural. Igualmente se extraen pequeños bloques de roca a los que se denominan núcleos y a los que se efectúan análisis en laboratorio para obtener un mayor conocimiento de las capas que se están perforando.

Para proteger el pozo de derrumbes, filtraciones o cualquier otro problema propio de la perforación se recubren a las paredes del hueco por etapas con tubos metálicos de revestimientos usando un cemento especial que se inyecta a través de la misma tubería y se desplaza en ascenso por el espacio anular donde se solidifica. El último tramo de la tubería de revestimiento se llama "liner de producción" y se fija con cemento al fondo del pozo.

Al finalizar la perforación el pozo queda literalmente entubado (revestido) desde la superficie hasta el fondo (Según lo dicte el estado mecánico), lo que garantiza su consistencia y facilitará posteriormente la extracción del petróleo.

Para evitar la surgencia del pozo, desde que comienza la perforación se instalan pesadas válvulas "preventoras".

### **1.6.1 Técnicas de perforación**

La plataforma de perforación sirve de base para que los operarios acoplen y desacoplen las secciones de tubería de perforación que se utilizan para aumentar la profundidad de perforación. A medida que aumenta la profundidad del pozo se va alargando el tubo y por tanto el peso que es cargado por la torre de perforación.

Cuando hay que cambiar una broca, se extrae del pozo toda la columna del tubo de perforación, separando cada una de las secciones que la integran y disponiéndolas dentro de la torre. Una vez colocada la nueva broca, el proceso se invierte y el tubo vuelve a situarse en el agujero para proseguir con la perforación. Debe prestarse mucha atención en que el tubo de la columna de perforación no se desenrosque y caiga en el interior del pozo, ya que sería difícil y muy costoso recuperarlo y podría dar lugar, incluso, a que el pozo tuviera que abandonarse. Otro problema que puede plantearse es que las herramientas de perforación se atasquen en el agujero al detener la perforación. Por ello, una vez que se inicia ésta normalmente se continúa sin interrupción hasta terminar el pozo, recirculando en el caso de cambio de broca.

### **1.6.2 Lodo de perforación**

El lodo de perforación es un líquido compuesto de agua o petróleo y arcilla con aditivos químicos (por ejemplo, formaldehído, cal, hidróxido de sodio, baritina). A menudo se añade soda cáustica para controlar el pH (acidez) del lodo de perforación y neutralizar aditivos del lodo y líquidos de terminación potencialmente peligrosos. El lodo de perforación se inyecta en el pozo bajo presión desde el tanque de mezcla en la superficie, por el interior de la tubería de perforación hasta la broca. Después, el lodo asciende por entre la superficie exterior de la tubería de perforación y las paredes del agujero y vuelve a la superficie, donde se filtra, limpia y recircula.

El lodo de perforación se utiliza para refrigerar y lubricar la broca, lubricar la tubería y expulsar del agujero de perforación los fragmentos de roca triturados. El lodo de perforación se utiliza también para controlar el flujo que sale del pozo, al revestir las paredes del agujero y oponer resistencia a la presión del gas, petróleo o agua que encuentre la broca. Se pueden inyectar chorros de lodo a presión en el fondo del agujero para facilitar la perforación.

### **1.6.3 Revestimiento y cementación**

El revestimiento es una tubería pesada de acero especial que recubre las paredes del pozo. Se utiliza para evitar el derrumbe de las paredes del pozo y proteger los estratos de agua dulce previniendo fugas del flujo de lodo de retorno durante las operaciones de perforación. El revestimiento sella también las arenas impregnadas de agua y las zonas de gas a alta presión. Inicialmente se utiliza cerca de la superficie y se cementa para guiar la tubería de perforación. Para ello se bombea una lechada de cemento a la tubería y se le fuerza a subir por el espacio comprendido entre el revestimiento y las paredes del pozo. Una vez fraguado el cemento y colocado el revestimiento, se continúa con la perforación utilizando una broca de menor diámetro.

Después de colocar en el pozo el revestimiento superficial, se montan en la parte superior de éste dispositivos antireventones (grandes válvulas, sacos o empaquetaduras), en lo que se denomina un árbol. Cuando se descubre petróleo o gas, se entuba el fondo del pozo, es decir, se reviste para evitar que penetren en el agujero de perforación tierra, rocas, agua salada y otros contaminantes, y también con objeto de crear un conducto para las tuberías de extracción de crudo y gas.<sup>11</sup>

## **1.7 PROCEDIMIENTOS DE SEGURIDAD EN OPERACIONES DE PERFORACIÓN**

### **1.7.1 Seguridad en operación del equipo de levantamiento**

- Seguridad en el manejo de cuñas y elevadores:

- El supervisor debe realizar una instrucción adecuada en el uso y el mantenimiento y uso de cuñas y elevadores.

---

<sup>11</sup> GARZÓN, Milton. “Mantenimiento de torres de perforación petrolera”. Quito, 2006.

- Se deben inspeccionar constantemente para corroborar que se detecte si hay desgaste excesivo.
- El personal tienen que mantener sus manos y pies apartadas de las manijas de la cuña cuando la mesa rotaria este en movimiento.
- Las cuñas deben ubicarse en sitios donde no se conviertan en un obstáculo en el trabajo.
- Cuando se vaya a coger una cuña las manijas deben cogerse con las palmas de las manos hacia arriba.
- La cuña se debe levantar entre dos cuñeros.
- Las orejas del elevador deben asegurarse muy bien con pernos de acero de tamaño adecuado.

- El elevador causa lesiones frecuentes por:

- Enganche entre el elevador y la tubería.
- Enganche en el mecanismo de cerrado.
- Enganche entre el elevador y otro objeto.
- Inspeccionar seguros y resortes del elevador antes de usarlos.
- Se debe asegurar de manera correcta el equipo de levantamiento.
- Siempre que se vaya a levantar un objeto con el winche se debe asegurar que la cadena este unida al cable con un acople giratorio.
- Cuando sean cargas grandes y pesadas se debe tener una línea de control para que la carga se pueda manejar mejor.
- Todo gancho tiene que tener un cerrojo de seguridad el cual evita que la carga zafe el gancho.
- El indicador de peso debe poseer un diseño y una calibración para que este registre los pesos con un máximo de error de 5%.
- Las cuñas se deben colocar en la rotaria cuando el maquinista indique que la tubería ha parado completamente.
- No se deben dar punta pies a las cuñas siempre se deben usar las manos.

### **1.7.2 Seguridad en el manejo del malacate**

- Cuando el malacate este inactivo el freno debe asegurarse con la cadena
- Cuando se necesita hacerle mantenimiento al bloque corona el freno del malacate se debe asegurar firmemente con cadena para que el bloque viajero no se mueva.
- Se tiene que activar el freno de seguridad para que los controles queden inactivos.
- Para mayor seguridad un sistema de frenado de emergencia debe ser instalado al alcance del perforador.
- Se debe informar al perforador antes de iniciar cualquier trabajo.

### **1.7.3 Seguridad en el levantamiento de cargas**

Seguridad en el izamiento del winche:

- No se debe usar el freno neumático del winche para suspender una carga en el aire. El freno solo se usa para disminuir la velocidad de elevación o descenso.
- Se debe usar la guía del cable para que sea enrollado uniformemente.
- Se debe rectificar que el cable del winche y el seguro de toma fuerza estén en buen estado para su uso.
- Se debe asegurar con estrobos o cadenas la carga que se vaya a levantar.
- Se debe asesorar con ayudantes cuando se desee levantar el winche.

### **1.7.4 Seguridad en el manejo de cables de acero**

- La U que se encuentra en la abrazadera debe quedar sobre el extremo muerto para así prevenir que el extremo vivo se debilite o aplaste.
- No se deben usar nunca cables desgastados o con presencia de corrosión.
- Al enrollar el cable se deben evitar torceduras o daños.

- El cable que se usa para suspender las llaves tiene que ser inspeccionado por el encuellador continuamente para informar problemas sobre el desgaste.
- Se deben usar poleas adecuadas para el cable para que este no roce otros equipos.
- Esta operación se realiza cuando la broca está cerca al zapato del último revestimiento no se debe hacer la operación con tubería afuera.
- Cuando se hace la corrida del cable se tiene que bajar el bloque viajero al piso.
- Siempre que se corte el cable se debe usar cinta adhesiva para que el cable no se desenrosque.
- Use solamente eslingas certificadas.

#### **1.7.5 Seguridad en el manejo de herramientas de potencia**

- Son actividades que se realizan con la fuerza mecánica, hidráulica, neumática y eléctrica.
- Llaves para el manejo de tubería de perforación: hay una alta estadística de accidentes relacionados con el uso de llaves de potencia dado por el enganche de las llaves y golpes debido a la acción de giro.
- No deje cables sueltos en el suelo ya que puede ocasionar que una persona tropiece.
- No las deje caer ni las maltrate se pueden romper.
- Las llaves deben ser aseguradas y ancladas con cables.
- Las llaves tienen que tener mantenimiento y deben ser remplazadas si están deterioradas.
- Las llaves deben tener una línea de seguridad para prevenir que se caigan y puedan golpear a miembros de la cuadrilla.
- Al cambiar muelas en las llaves tiene que usar guantes de cuero, peto de cuero y protector para toda la cara.
- Las llaves de potencia deben ser engrasadas antes y después de cada viaje.
- Las llaves siempre se deben tomar por las manijas de la cabeza.

- El operador no debe operar la rotaria sino hasta cuando los cuñeros hayan soltado la llave de contrafuerza.

#### **1.7.6 Seguridad en el manejo de la tubería**

- El bloque viajero debe ser supervisado por toda la cuadrilla.
- La rotaria se debe mantener siempre limpia.
- Al desconectar una parada de tubería los cuñeros deben sostener firmemente en la parte inferior y se debe llevar al lugar de apoyo de tubería.
- Cuando la tubería se esté metiendo en el hueco se debe verificar los niveles del lodo, chequear el flujo y usar un tanque de viaje.
- Es una práctica peligrosa usar la potencia de la rotaria para desenroscar la tubería.
- Las brocas se deben lubricar con agua solvente y detergente
- La tubería debe ser transportada y levantada horizontalmente.

#### **1.7.7 Seguridad corriendo el revestimiento**

- Se debe instruir muy bien a los operarios.
- Todo el personal debe estar muy atento al movimiento del revestimiento.
- Antes de levantar la sarta de revestimiento el perforador debe estar muy atento a que el encuellador haya cambiado de elevador.
- Cuando se tengan que operar las cuñas neumáticas deben mantener las manos fuera del alcance de las muletas.
- Cuando el revestimiento está corriendo el encuellador debe asegurarse con el cinturón de seguridad amarrado a la torre.

#### **1.7.8 Seguridad en operaciones de cementación**

- Se debe realizar una charla operacional para empapar de conocimiento sobre la operación que se va a hacer.

- Solo el personal necesario debe permanecer alrededor de la mesa rotaria.
- Asegure con cable o cadenas las líneas de cementación.
- No se deben obstaculizar las salidas con las líneas de cementación.
- Debe usar protección auditiva mientras se encuentra en la mesa rotaria.
- Se debe colocar el letrero de alta presión y ubique extintores cerca. <sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> MARTINEZ. L, BUSTOS. D, “Desarrollo del software de capacitación, evaluación y selección de personal workover/drilling”. Bogota, 2016.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS FÍSICOS Y MODO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS TALADROS CONVENCIONALES E HIDRÁULICOS**

La perforación de un pozo es un proceso sumamente costoso y riesgoso para el cual las empresas deben hacer una inversión muy importante de capital, es por ese motivo que la industria continúa trabajando en innovación tecnológica para la disminución de dichos costos y riesgos con el propósito de mejorar el desarrollo del proceso. Como resultado de los avances e investigaciones se diseñó el taladro hidráulico, el cual es un equipo que a comparación con el taladro convencional ofrece una serie de ventajas en el desarrollo de cada una de las actividades durante el proceso de perforación, esto lo convierte en una opción más segura y eficiente.

Pese a todo lo anterior los taladros hidráulicos son una tecnología muy poco usada en Colombia debido a la falta de información disponible sobre su funcionamiento, sus características y las ventajas que pueda llegar a ofrecer sobre el taladro convencional.

Para hacer una correcta comparación entre los dos equipos ya mencionados se hace necesario el conocimiento de los componentes y el modo de funcionamiento en general de cada uno de los equipos que los conforman y los diferencian, haciendo énfasis en las diferencias que se presentan de un equipo al otro. Estas diferencias se encuentran principalmente en el sistema de levantamiento o izaje puesto que los componentes contenidos dentro de los sistemas de circulación, potencia, seguridad y rotación son idénticos; los aspectos físicos y componentes del sistema de levantamiento se presentaran a continuación:

El sistema de levantamiento es el encargado de proporcionar los equipos y las áreas de trabajo adecuadas, la altura necesaria para la fácil manipulación de las largas paradas de tubería y también debe soportar todo el peso tanto de las estructuras y

accesorios como de la tubería usada para la perforación y revestimiento del pozo. El sistema de levantamiento se puede dividir en dos principales partes según su función; las cuales son estructura de soporte y el sistema de izaje.

## **2.1 TALADROS CONVENCIONALES**

### **2.1.1 Estructura de soporte**

Para la perforación de un pozo se requieren diversos equipos y accesorios en las diferentes áreas de trabajo; todos estos equipos y accesorios agregan un peso adicional al de la torre y al de la tubería de perforación necesaria. Todo este peso debe ser soportado por la subestructura, la cual es una de las partes de la estructura de soporte del taladro y está ubicada justo bajo el piso de la mesa y sobre el suelo de la locación de trabajo; la subestructura es también la encargada de elevar la mesa de trabajo a la altura requerida para permitir la correcta y fácil instalación del sistema de seguridad del pozo. La subestructura varía su diseño y forma en cada uno de los dos tipos de taladros.

En el taladro convencional, la subestructura es un armazón rígido de acero de alto carbón que está conformado por un conjunto de piezas lineales ensambladas entre sí con el propósito de soportar el peso al cual será sometida y proveer la altura necesaria para generar el espacio libre requerido para la instalación de las preventoras.

Como segunda parte de la estructura de soporte tenemos el piso del taladro; sobre el piso esta erguido el mástil o la torre de perforación. Además, en él están posicionados todos los accesorios requeridos como los usados para el ensamble y quiebre de la tubería o las cuñas que soportan los tubos durante el proceso; el piso del taladro también brinda un área de trabajo apropiada para los cuñeros.

En el piso del taladro de un equipo de perforación convencional se ubican los siguientes accesorios, sitios o herramientas:

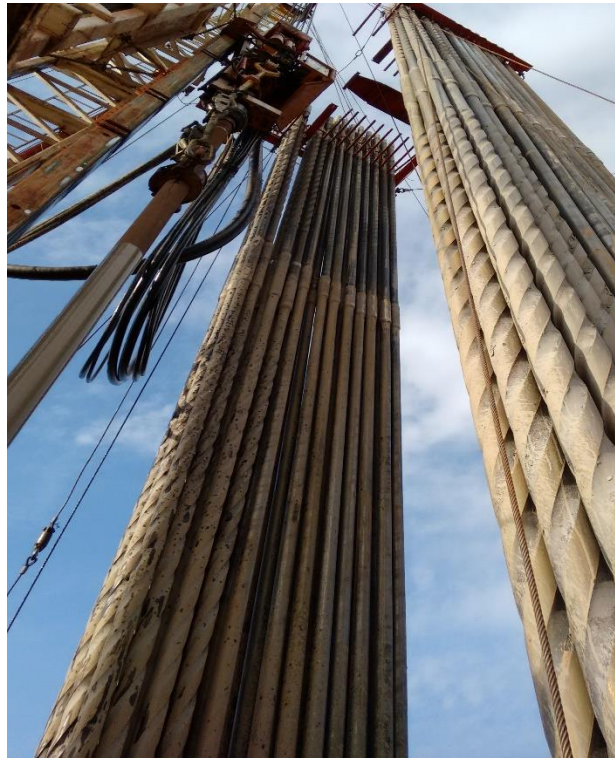
- Caseta de los cuñeros. Es también denominada vulgarmente como “Casa del perro” y es allí donde los cuñeros y encuelladores encuentran un sitio de descanso fuera de la exposición a la intemperie durante los lapsos de tiempo cuando no sea necesaria su presencia en el área de trabajo.
- Caseta del perforador. Es allí donde se encuentran los controles del taladro como los del malacate y top drive los cuales son manipulados por el perforador para el desarrollo de las operaciones; allí mismo se encuentran los accesorios de monitoreo como el Martin Decker. Esta caseta es un pequeño espacio ubicado a un costado de la torre desde donde se pueden visualizar los movimientos ejecutados por el taladro.
- Rampa de tubería. La rampa de tubería es una planchada inclinada ubicada a un lado del piso que es usada para para subir o bajar tubería o herramienta desde el suelo hasta la mesa. Una rampa de tubería de un taladro convencional se muestra en la Figura 7.

**Figura 7.** Rampa para tubería de un taladro convencional



- Encuelladero. El encuelladero es una pequeña área de trabajo ubicada sobre la torre de perforación aproximadamente a 90 pies de altura desde el piso de la mesa; desde allí el encuellador se encarga de soltar las paradas de los racks de almacenamiento y ubicarlas en los elevadores de tubería cuando se está descendiendo en el pozo o viceversa cuando se hacen viajes de salida.
- Racks de almacenamiento. Como su nombre lo indica son racks para almacenar las paradas de tubería de perforación con la intención de tenerlas disponibles para su uso; se encuentran sobre el piso de la mesa a los costados del área de trabajo de los cuñeros. Los racks de almacenamiento de un taladro convencional pueden ser visos en la Figura 8.

**Figura 8.** Sistema de almacenamiento de la tubería de perforación en un taladro convencional



- Grúa de carga. La grúa de carga está ubicada sobre la torre de perforación y es usada para subir y bajar tubería por la rampa desde el piso a la mesa; su palanca de control se encuentra sobre la mesa a un lado de la rampa.
- Llaves de potencia. Las llaves de potencia son herramientas usadas para ajustar o quebrar las paradas de tubería cuando se corran o se saquen del pozo; siempre están sobre la mesa en el área de trabajo y son accionadas después de estar ajustadas a la tubería por medio de guayas a las que se le aplica tensión con gatos hidráulicos que van anclados a la torre bien sea a sus costados o a la parte trasera. Estas herramientas poseen manómetros para asegurar que se aplica el torque requerido por cada tubería y son controladas desde el mando

del perforador. Una llave de potencia de un taladro convencional se muestra en la Figura 9.

**Figura 9.** Llaves de potencia implementadas en un taladro convencional



- **Cuñas.** Las cuñas son herramientas usadas para aprisionar la tubería dentro del pozo con la mesa, evitando así que esta descienda o se deslice hacia abajo; las cuñas son levantadas por los cuñeros para ponerlas en la posición necesaria deteniendo la tubería o sacándolas para permitir continuar la operación. Una cuña manual empleada en equipos convencionales puede ser observada en la Figura 10.

**Figura 10. Cuñas manuales**



El mástil de perforación es el tercer elemento que conforma la estructura de soporte; este es el encargado de proporcionar la altura adecuada para la correcta manipulación de las tuberías necesarias. La altura de la torre determinara la longitud de las paradas que podrán ser manipuladas durante la operación que pueden ser sencillas, dobles o triples según el grado de tubería.

En los taladros convencionales el mástil de perforación es al igual que la subestructura un armazón rígido metálico generalmente de forma rectangular alargado verticalmente que está anclado al piso por medio de “Vientos”. Los vientos son templetes de acero que unen el tope de la torre con postes o varillas de anclaje en tierra; estos un le agregan estabilidad y resistencia a la torre para evitar que esta se incline peligrosamente debido al movimiento de cargas o fuertes vientos. Sobre esta torre se ubican diversos equipos necesarios para el sistema de levantamiento

como lo son el bloque corona y el bloque viajero, entre otros que serán mencionados a continuación.

### **2.1.2 Sistema de levantamiento**

Como ya se mencionó, una de las partes principales en las que se subdivide el sistema de izaje son las que están involucradas netamente al proceso de levantar o bajar la tubería dentro del pozo; esto es denominado sistema de levantamiento o de carga de tubería. Estos equipos son los que se ocupan del movimiento vertical de la sarta dentro del pozo, por ello deben soportar el peso total de la tubería que se encuentra dentro del hueco dado que esta llega hasta el fondo del mismo; el cual puede llegar a cientos de toneladas. Debido a esto es muy importante que el sistema de levantamiento tenga una gran capacidad de carga porque es este uno de los factores limitantes para determinar la profundidad a la cual se puede perforar con cada taladro. Este sistema es también el encargado de controlar el peso que se aplica sobre la broca en cada momento de la perforación; el peso que no es aplicado sobre la broca es soportado por la torre.

Para hacer efectiva la realización de las funciones del sistema de carga es necesaria la intervención de ciertos componentes; en el taladro convencional este trabajo es realizado por los siguientes:

- **Malacate.** El malacate es la pieza principal en el sistema de izaje de un taladro de perforación puesto que es el elemento que proporciona la fuerza necesaria para cargar la sarta que se encuentra dentro del pozo; algunos malacates proporcionan también la fuerza a la mesa rotaria o a los equipos de ensamble y quiebre de tubería como lo son las llaves de potencia. Debido a que el malacate es un equipo clave en el levantamiento de cargas y perforación en general es muy importante el correcto mantenimiento del mismo. Este equipo está ubicado detrás de los soportes traseros de la torre de perforación y consta principalmente de un carrete sobre el cual se enrolla el cable de perforación; dentro de este

carrete van acondicionados potentes frenos tipo tambor con bandas que tienen la función de detener el deslizamiento de la tubería al interior del pozo cuando se está descendiendo y sostener cargas en estado estático para cuando se requieran hacer trabajos en superficie. El malacate es también accionado por motores cuando se precise izar la carga; estos equipos van conectados por medio de articulaciones y cables a una palanca que se encuentra en la caseta del perforador con la cual se opera el malacate mediante movimientos hacia adelante o hacia atrás. Un malacate puede ser observado en la Figura 11.

**Figura 11.** Malacate de perforación



- Bloque corona. El bloque corona es un juego de poleas estacionarias localizadas en la parte superior del mástil o torre de perforación; a través del bloque corona pasa la línea de perforación que la une al bloque viajero con el fin de transmitirle movimiento y capacidad de carga.

**Figura 12. Bloque corona**



Fuente: Manual de uso y mantenimiento, Drillmec, 2012

- Bloque viajero. El bloque viajero es un juego de poleas móviles que se encuentran en suspensión bajo el bloque corona mediante el cable de perforación que se enhebra a través de él. Estas poleas se desplazan en un movimiento vertical, suben si el malacate enrolla cable o bajan cuando lo suelta; este movimiento es transferido al top drive, a los elevadores y finalmente a la sarta de perforación.
- Cable de perforación. La línea de perforación es la encargada de convertir la fuerza rotacional que ejerce el malacate en el movimiento vertical que se realiza sobre la tubería de perforación dentro del pozo. Este cable está hecho de múltiples guayas de acero hiladas entre sí para generar una alta resistencia de tensión debido a que estará expuesta a grandes pesos. El circuito que realiza la línea empieza desde el tambor del malacate en donde se encuentra enroscada y debidamente asegurada con grapas y platinas de seguridad. Desde ahí sale la línea rápida hacia las poleas fijas ubicadas en el bloque corona, es llamada línea rápida debido a que en ella se presenta la mayor velocidad de movimiento del cable en toda la trayectoria. Una vez se encuentre la línea en el bloque corona

se enhebra a través de las poleas fijas ubicadas allí mismo y se pasa a través de las poleas móviles que se encuentran en el bloque viajero. El bloque viajero está suspendido bajo el bloque corona gracias al cable de perforación y sube o baja según se enrosque o suerte cable del malacate. Este arreglo de poleas poseen la virtud de hacer que cada uno de los cables que pasan por ellas carguen un peso menor al peso total cargado ejercido por la tubería dentro del pozo. La división de este peso es directamente proporcional al número de poleas y reducen también la fuerza que el malacate debe realizar para el levantamiento de la carga; después de atar el bloque viajero al bloque corona la línea retorna nuevamente al bloque corona y de allí se desprende la línea muerta hacia el ancla. Es llamada línea muerta porque durante el proceso de perforación se mantiene estática, el ancla es un componente que está situado a un costado de la torre y nos permite atar y asegurar la línea muerta para evitar que se deslice o ceda durante la operación y allí termina el recorrido del cable de perforación.

Durante la operación de perforación el cable se encuentra sometido permanentemente a un gran peso, sumado a esto encontramos que está sujeto a deterioro por la insistente fricción con las poleas que atraviesa y está expuesto a la corrosión debido a que se encuentra a la intemperie. Es por ello que el cable debe ser reemplazado periódicamente en un proceso no rutinario dependiendo del desgaste al que fue expuesto; todo esto con la intención de evitar accidentes. Para el proceso de cambio de la línea se debe verificar que no se encuentre tubería siendo cargada por la torre y se debe asegurar el bloque viajero con el güinche de carga de la mesa; después de esto se suelta el cable viejo del ancla y se ata al cable nuevo por medio de una "culebra" y se acciona el malacate en el sentido de enrosca la línea para que así el cable nuevo atravesase todo el recorrido desplazando el cable viejo, cuando la nueva línea llega al malacate se asegura nuevamente con grapas y platinas de seguridad y se enrosca cierto número de vueltas las cuales son determinadas por el diámetro del tambor, la

altura de la torre y el número de poleas de los bloques viajero y corona. Cuando ha pasado todo el cable requerido se asegura el otro extremo al ancla y se corta el cable restante de los bloques viajero y corona, cuando ha pasado todo el cable requerido se asegura el otro extremo al ancla y se corta el cable restante.

- Elevadores. Los elevadores de sarta son herramientas tipo abrazadera cónica muy resistentes diseñadas para sujetar la tubería debajo del ensanchamiento de diámetro del tubo en el tool joint; esto con la finalidad de poder manipular los tubos de manera fácil y segura. La mayoría de los elevadores tienen bisagras y el personal de la cuadrilla las abre y cierra accionando el cerrojo. Una vez asegurado el perforador puede subir y bajar la tubería ya sea para entrada y salida del hueco. El elevador se adjunta hacia el Top Drive con dos varillas de acero de alto grado llamados eslabones.

## **2.2 TALADROS HIDRÁULICOS**

### **2.2.1 Estructura de soporte**

En la estructura de soporte de los taladros hidráulicos encontramos que se subdivide del mismo modo que un taladro convencional y cada una de las divisiones se encarga de las mismas funciones.

La subestructura, es la encargada de soportar todo el peso del taladro y proveer la altura necesaria para la instalación de las preventoras. En este tipo de taladros la subestructura se compone por un juego de cuatro brazos hidráulicos que están instalados en el remolque del equipo de perforación; cuando la HPU (Hydraulic Pressure Unit) se acciona, estos brazos descienden haciendo que se eleve el tráiler por completo. Estos brazos son controlados por el panel de elevación hidráulico y por el operador que se encarga de ubicarlos al mismo nivel. Cuando el tráiler ha subido a la altura requerida y los brazos han descendido se acoplan a una estructura

de acero que se ubica directamente sobre el terreno; además de los brazos hidráulicos, la subestructura posee un juego de diagonales de arriostramiento hidráulicas que se empalman al igual que los brazos desde la estructura de acero en el piso con el tráiler del taladro. Todas estas vigas de soporte proporcionan estabilidad y apoyo al mástil de perforación. Un ejemplo de una estructura de soporte de un equipo hidráulico puede ser hallado en la Figura 13.

**Figura 13.** Subestructura de soporte



Sobre el tráiler del mástil de perforación se acopla el piso de la mesa en donde trabajan los cuñeros; este piso es un armazón de acero que por un lado se soporta en el tráiler del taladro y al otro lado se sostiene por medio de dos largos soportes hidráulicos con la estructura ubicada en el suelo. Justo bajo el armazón del piso de la mesa de trabajo va a ser perforado el pozo y por ende serán posicionadas las preventoras. Es por ello que allí se establece un espacio libre con la altura suficiente para la manipulación y correcta instalación del sistema de seguridad.

Como segundo elemento de la estructura de soporte está el piso de trabajo de la mesa. En los taladros hidráulicos el área de trabajo es brindada por dos estructuras, una de ellas es el armazón de acero que se acopla al tráiler del mástil de perforación que fue mencionado anteriormente y la segunda es un área de trabajo que viene dentro del diseño del tráiler del manipulador de tubos. Estas dos áreas se acoplan para formar un lugar en el cual se ubican los accesorios y las herramientas usadas en las operaciones de perforación del pozo al igual que los espacios requeridos para llevar a cabo el control de los procesos. Las herramientas y accesorios que allí se encuentran son los siguientes:

- Cabina de control. La cabina de control de un taladro hidráulico es el lugar desde donde el perforador monitorea y controla todas las acciones del taladro; allí se encuentra ubicado el panel de control y elementos de monitoreo como el Martin Decker, un indicador de comandos electrónico que mide y reporta en tiempo real con gran precisión y un panel de control para bombas de lodo. La cabina de control es un recinto cerrado ubicado a un costado del área de trabajo de los cuñeros que permite la visualización de cada una de las herramientas que el perforador controla. Esta área está diseñada para generar un cómodo ambiente de trabajo para evitar el desgaste durante las largas jornadas de trabajo. En la Figura 14. se observa una cabina de control de un equipo hidráulico.

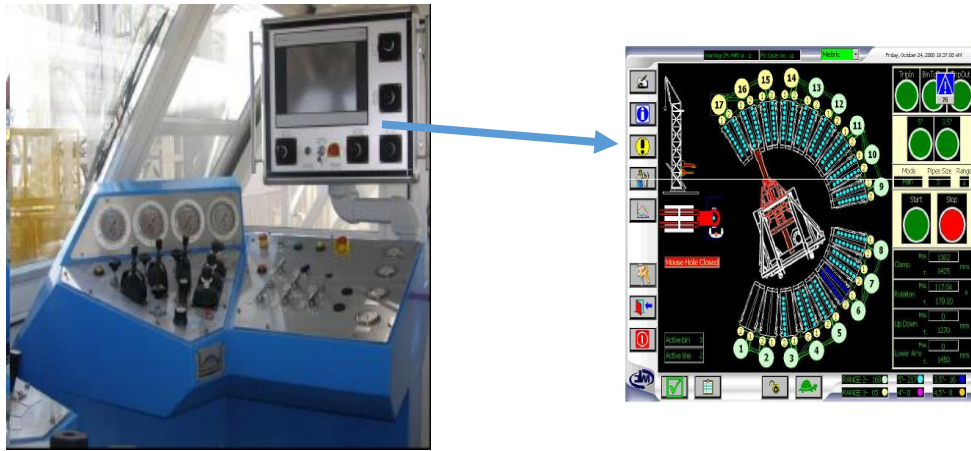
**Figura 14.** Centro de control de un taladro hidráulico



Fuente: Manual de uso y mantenimiento, Drillmec, 2012

- Panel de control. El panel de control es un tablero de comando ubicado dentro de la caseta del perforador desde donde el controla y monitorea las operaciones y las secuencias que realiza el taladro al igual que las herramientas auxiliares como la power tong o las cuñas automáticas. Entre los principales comandos están los usados para subir y bajar el top drive con la manipulación del mástil telescópico, hacer rotar la tubería, llevar el top drive al mouse hole para enroscar una nueva tubería y ponerlo nuevamente en el centro del pozo, activar el centralizador y mordaza del mouse hole para sostener la tubería, accionar las cuñas automáticas y mover y poner en funcionamiento la power tong para ajustar o quebrar las tuberías. En la Figura 15. se puede observar el panel de control de un equipo hidráulico y la pantalla de operaciones que controla.

**Figura 15.** Panel de control



Fuente: Manual de uso y mantenimiento, Drillmec, 2012

- Racks verticales para tubos. Los racks verticales para tubos son bastidores incorporados en trailers que son usados para transportar la tubería al engancharlo a un camión y para almacenarla durante la perforación al ponerlo en posición vertical mediante gatos hidráulicos. La Figura 16. muestra los racks verticales usados en un taladro hidráulico.

**Figura 16.** Racks verticales para tubería de perforación



- Grúa Bandera. La grúa bandera es la usada para el movimiento y manipulación de tubería. La principal función es la de tomar la tubería de los racks de almacenamiento y ubicarla en el mouse hole donde posteriormente será tomada por el top drive o viceversa, también es usada para subir o bajar herramienta o tubería desde el suelo hasta el piso de la mesa. La grúa bandera está ubicada sobre un tráiler diferente al del mástil y es puesta en posición de trabajo mediante gatos hidráulicos que la elevan; esta tráiler adicionalmente trae incorporado la rampa para tubería y herramientas y un espacio de trabajo para el encuellador. En esta área de trabajo se encuentran los controles de la grúa que es accionada por el encuellador. En la Figura 17. podemos observar la grúa bandera que se encuentra ubicada al lado izquierdo del mástil telescópico.

**Figura 17.** Grúa manipuladora de tubería

Grúa Bandera



- Rampa de tubería. La rampa de tubería es una planchada inclinada que está ubicada bajo la grúa bandera y es por donde se suben herramientas o tuberías necesarias en el piso de la mesa. En la figura 18. se puede ver la rampa para tubería instalada en equipos hidráulicos.

**Figura 18.** Rampa para tubería de un taladro hidráulico



- Mouse hole. El mouse hole es un agujero muy poco profundo perforado frente al pozo; allí es donde se ubican las tuberías que van a ser usadas en la perforación. El mouse hole posee un juego de mordaza y centralizador hidráulicos que sujetan y suspenden la tubería a determinada altura evitando así que esta repose sobre su rosca y se deteriore; esta tubería es ubicada allí por el encuellador haciendo uso de la grúa bandera que la toma de los rack de almacenamiento y la posiciona. Desde el mouse hole la tubería es enroscada y sujeta por el top drive para incorporarla al proceso. En la Figura 19 podemos observar el mouse hole, la mordaza y el centralizador.

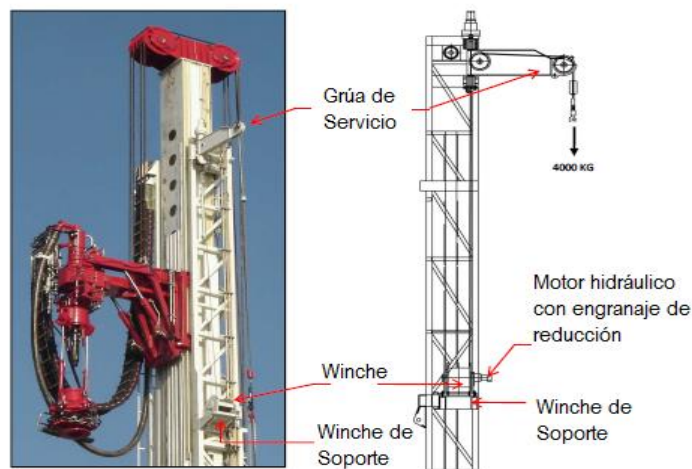
**Figura 19.** Equipos del mouse hole



Fuente: Manual de uso y mantenimiento, Drillmec, 2012

- Grúa de servicio. Es una grúa instalada en la sección fija del mástil telescópico arriba de la power tong; es usada para la movilización o instalación de herramientas pesadas sobre la mesa como lo pueden ser cabezales de cementación o herramientas para la corrida de registros. La grúa de servicio posee un manómetro para la determinación de peso y es manipulada desde el piso de perforación. En la Figura 20, podemos observar la grúa de servicio instalada sobre el mástil y un diagrama del mismo.

**Figura 20.** Grúa con brazo hidráulico auxiliar.



Fuente: Manual de uso y mantenimiento, Drillmec, 2012.

- Power tong. La power tong es una unidad de torque que permite ajustar o quebrar la sarta de perforación; está ubicada a un lado del pozo y consiste en una mordaza fija inferior y una mordaza superior rotante que es operada hidráulicamente. La power tong puede ser desplazada verticalmente y desde su posición de reposo hacia el centro del pozo por el perforador desde el panel de control con el fin de ubicarla correctamente para sujetar los cuellos de las tuberías; una vez la unidad esta lista para ser usada con la tubería en posición, las mordazas se cierran y la mordaza superior proporciona el torque necesario para cada tipo de tubería, este torque puede ser ajustado desde la cabina del perforador al valor óptimo. En la Figura 21. vemos una power tong usada en equipos hidráulicos.

**Figura 21.** Unidad de torque para tubería de perforación



Fuente: Manual de uso y mantenimiento, Drillmec, 2012

- **Cuñas automáticas.** Las cuñas automáticas están ubicadas sobre la boca del pozo; desde el panel de control del perforador se accionan para hacerlas descender y soportar la tubería o soltar subir para soltarla y permitir el movimiento de esta. Las cuas se ubican justo bajo la power tong cuando esta está alineada al centro del pozo. La Figura 22. muestra una cuña automática usada en taladros hidráulicos.

**Figura 22.** Cuñas automáticas de un taladro hidráulico



- **Soltador de broca.** El soltador de broca es como su nombre lo indica una llave de potencia que es usada para ajustar o soltar la broca debido a que por ser de un diámetro muy superior al de la tubería de perforación no es correctamente sujetado por la power tong, es accionado por un cilindro hidráulico controlado desde el panel de control principal, posee un indicador y regulador manual de torque para ajustar la torsión necesaria por la broca y bit-sub.

**Figura 23.** Llave de potencia para broca



Fuente: Manual de uso y mantenimiento, Drillmec, 2012.

- Central de energía hidráulica auxiliar. La central hidráulica de generación independiente está ubicada en el tráiler del mástil de perforación y está diseñada para accionar los 4 estabilizadores del tráiler y los dos cilindros de elevación del mástil, posee una línea hidráulica adicional para la elevación del manipulador de tubería y las operaciones de la grúa bandera, esta central auxiliar está diseñada para permitir la operación de montaje sin la necesidad de tener el sistema hidráulico principal disponible o instalado.

El último elemento que compone la estructura de soporte en los taladros hidráulicos es el mástil de perforación; el mástil es una barra telescópica rectangular construida de acero de alta resistencia y soldada eléctricamente que está conformada por dos piezas principales, una de ellas es la sección fija que va anclada al tráiler de transporte y la segunda es la sección móvil, la cual se desplaza verticalmente dentro de la sección fija mediante unos rodillos en la sección fija que se enganchan en las guías de la sección móvil. El mástil está equipado con interruptores de limite que evitan que se golpee con el extremo al final de la carrera de subida o bajada; este mástil telescópico proporciona la altura necesaria para la manipulación de tubería de perforación API rango 3 y brinda soporte del peso cargado por el top drive. Sobre el mástil de perforación se ubican varios elementos encargados del proporcionar el

levantamiento y algunos accesorios adicionales como lo son la grúa de servicio o la power tong.

### **2.2.2 Sistema de levantamiento**

En el sistema de izaje se encuentran los mecanismos y herramientas que se encargan esencialmente del levantamiento de cargas; estos equipos son los que proveen el movimiento vertical del top drive y de las tuberías dentro del pozo, por ende estarán sometidos a esfuerzos de cientos de toneladas así que debe ser un sistema confiable y eficiente para asegurar el cumplimiento de los objetivos en los taladros.

En la industria petrolera se han desarrollado nuevas tecnologías que implementan diferentes mecanismos de levantamiento y uno de ellos es el taladro con sistema de izaje hidráulico, sus componentes y funcionamiento son los siguientes:

- Unidad de potencia hidráulica (HPU). Es la unidad principal de generación de potencia hidráulica y es la encargada del movimiento vertical de la sección móvil de la barra telescópica, la rotación del cabezal de inyección, la rotación de la mesa y el accionamiento de las herramientas hidráulicas, todo esto mediante la activación de bombas de pistón; la unidad cuenta con dos de estas bombas las cuales están conectadas a un sistema hidráulico compuesto lo que permite continuar la operación en caso de mal funcionamiento de una de ellas aunque a una velocidad media. La HPU está montada en un contenedor a prueba de sonido ubicado en un tráiler que facilita su movilización y transporte a otras locaciones; la HPU está provista de un motor Diésel que se encarga de la generación de energía eléctrica para su funcionamiento.
- Mástil telescópico. El mástil telescópico es el equipo encargado de generar el movimiento vertical que se le transmite al top drive así como de levantar todo el

peso que este esté cargando; para entender el funcionamiento de este dispositivo podemos suponer que tenemos toda la sección móvil inmersa dentro de la sección fija del mástil y que solo sobre sale el bloque corona que está en el tope de la sección móvil, en ese mismo instante el top drive se encuentra en su posición más baja cerca a la mesa rotaria y sobre la altura de la power tong, bombear aceite con las bombas de pistón de las unidades de generación de potencia hidráulica hacia el cilindro de la sección móvil lo fuerza a salir de la sección fija del mástil; supongamos que la sección móvil ha salido de la sección fija cierta altura (1 metro), las líneas de perforación desplazan el top drive hacia arriba, el recorrido del top drive se duplica debido a que está sujeto por los cables que se encuentran a cada lado del mástil y son afectados de manera doble por el recorrido de la sección móvil; ahora supongamos que el top drive está cargando un peso (1 tonelada), este peso afecta tanto a los cables conectados al top drive como los conectados al anclaje posterior, como consecuencia la fuerza que debe ser ejercida por las bombas de pistón y transportada al cilindro de la sección móvil del mástil para desplazarse hacia arriba se duplica (2 toneladas) en comparación con los cables individuales. En la Figura 24. observamos un mástil telescópico de un taladro hidráulico en su posición más baja y más alta.

**Figura 24.** Torre telescópica dentro y fuera de la sección fija del mástil



- Bloque corona. El bloque corona está ubicado en el extremo superior de la sección móvil del mástil telescópico y consiste en una estructura de pares de poleas en serie por donde se enhebra la línea de perforación, dichas poleas están montadas en cojinetes y cuentan con un sistema de lubricación para reducir la fricción en su movimiento.
- Cabeza motriz. La cabeza motriz es un equipo ubicado en el mástil de perforación el cual se desplaza verticalmente debido a que a él van sujetos los extremos de las líneas de perforación; sobre él se instala el top drive y es el encargado de alejarlo del mástil hasta la posición del mouse hole en donde sujeta o suelta la tubería de perforación y de acercarlo nuevamente hasta la posición del centro del pozo, este desplazamiento lo hace con el accionamiento de un par de brazos hidráulicos. Sobre él se instalan también elementos como de bombeo de lodo y equipos adicionales necesarios como el enrosador de casing. En la Figura 25. se puede observar el mástil de perforación de un taladro hidráulico sobre el cual va montada la cabeza motriz.

**Figura 25.** Cabeza motriz que desplaza el Top Drive.



Fuente: Manual de uso y mantenimiento, Drillmec, 2012

- Carro de la cabeza motriz. El carro de la cabeza motriz es la guía por la cual la cabeza motriz se desplaza verticalmente frente al mástil telescópico, la guía está ubicada sobre el mástil de perforación.
- Llave de torque wrench. La llave de torque wrench es un dispositivo de roscado de tubería de perforación que se acciona hidráulicamente; proporciona la rotación necesaria para la conexión de los tubos del mouse hole al top drive durante las operaciones de perforación y maniobras. Este dispositivo se instala bajo el top drive, conectado a las orejas de gancho doble por medio de dos cilindros hidráulicos de suspensión. Estos cilindros se usan para levantar y bajar las mordazas que componen la llave de torque a la altura necesaria para sujetar la tubería; la mordaza superior es móvil y la encargada de rotar la tubería y la inferior es la encargada de sostenerla suspendida en el aire bajo el top drive. La Figura 26. muestra una llave de torque wrench.

**Figura 26.** Llave de torque wrench



Fuente: Manual de uso y mantenimiento, Drillmec, 2012

- Cables de perforación. Los cables o líneas de perforación son las que se encargan de sujetar y transmitir el movimiento vertical a la cabeza motriz; son unas guayas de acero entrelazadas con una alta resistencia a la tensión capaz de soportar grandes pesos. Estas líneas de perforación van ancladas al tráiler del mástil en la parte trasera de la barra telescópica con el fin de igualar las cargas a cada lado de la torre; desde allí se desprenden, suben al bloque corona y se enhebran en cada par de poleas que se ubican una en la parte trasera y otra en la parte frontal del bloque; desde allí descienden y se atan a la cabeza motriz. El movimiento vertical se produce cuando la sección móvil entra o sale de la sección fija del mástil debido a la acción de los pistones en la unidad de generación de potencia hidráulica. Como son cables expuestos a grandes esfuerzos de tensión deben ser inspeccionados periódicamente para el control del desgaste en especial las secciones sometidas a la fricción y/o abrasión con las poleas.

### **3. DIFERENCIAS ENTRE TALADROS HIDRÁULICOS Y CONVENCIONALES**

Dado que actualmente las empresas petroleras han empezado a asumir riesgos cada vez más grandes con el propósito de extracción de hidrocarburos de manera rentable, muchas empresas han activado proyectos de investigación e innovación tecnológica con el fin de fabricar maquinarias con las que se puedan asumir esos retos de una manera más sencilla que los métodos que se han estado usando convencionalmente; es de esa motivación de donde surgieron los taladros hidráulicos. Los taladros hidráulicos son equipos que en ciertos aspectos son similares a los taladros convencionales pero que aun así cuentan con numerosas diferencias en herramientas y procesos que incluyen nuevas tecnologías por lo que desde su creación se han estado perfilando como equipos más eficientes y seguros que los convencionales, dichas diferencias serán explicadas a continuación.

#### **3.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE**

Como se mencionó anteriormente, la estructura de soporte se puede referenciar según sus tres principales partes. En este capítulo se abordaran cada una de ellas con la finalidad de mencionar y puntualizar las diferencias existentes entre los dos tipos de taladros tanto en su composición, forma y partes como en la manera que estas se pueden disponer para ser transportadas.

##### **3.1.1 Subestructura**

Como ya se mencionó, la subestructura es la encargada de soportar todo el peso de la torre, herramientas y tubería usada así como de brindar la altura necesaria para la correcta colocación del sistema de seguridad (BOP's) En los taladros convencionales la subestructura es un gran armazón de acero que lleva sobre si el

piso de la torre; esta estructura debe ser transportada individualmente en un tráiler diferente al usado para transportar la torre de perforación lo que agrega costos en los procesos de transporte; además, se debe tener una muy buena coordinación y logística en este proceso debido a que el orden de llegada de los camiones influirá en el tiempo de instalación del taladro puesto que un retraso en el arribo del tráiler que transporta la subestructura resulta en un retraso en la instalación de los equipos auxiliares y por supuesto la torre de perforación. La disposición de la subestructura de un taladro convencional desde su posición de trabajo a su posición de transporte es un proceso lento que conlleva tiempo para la preparación y recursos como lo es el uso de una grúa telescópica para levantar el armazón y ubicarlo sobre el tráiler que lo transporta. La Figura 27, se muestra la subestructura de los taladros convencionales e hidráulicos.

**Figura 27.** Subestructura de cada tipo de taladro



Fuente: Desarrollo del software de capacitación, evaluación y selección de personal  
“workover/drilling. Bogota, 2016

En los taladros hidráulicos la subestructura está compuesta por cuatro brazos hidráulicos que al accionarse usando el comando de control proveen la elevación del tráiler del mástil; el trailer es asegurado a esa altura por las diagonales de refuerzo que agregan soporte y resistencia a la subestructura; adicionalmente, la subestructura tiene dos brazos hidráulicos que suportan el peso del armazón de la mesa del taladro que se encuentra elevada justo sobre el espacio destinado para la instalación de las BOP's. La preparación de la subestructura para el inicio de las operaciones es un proceso rápido y sencillo que ayuda a aminorar los tiempos que se registran en la perforación de un pozo y por lo tanto se puede iniciar las tareas más rápidamente que en un taladro convencional. En los taladros hidráulicos la subestructura está incorporada directamente en el tráiler que transporta el taladro de perforación, por lo que se reducen los gastos de recursos en transporte y se evitan retrasos en la instalación del taladro, debido a que las estructuras que deben ser secuencialmente armadas se encuentran en el mismo tráiler.

### **3.1.2 Piso del taladro**

El piso del taladro o área de trabajo es el sitio en el cual los trabajadores se establecen para realizar cada una de las actividades necesarias, además, es el área sobre la cual se levanta el mástil de perforación y se ubican las herramientas requeridas para las tareas. En los taladros convencionales el piso de la mesa es una gran área que está saturada con múltiples herramientas además de la caseta del perforador y las tuberías de perforación apiladas para el uso. En los taladros hidráulicos el área de trabajo como ya se mencionó la proveen dos estructuras diferentes. Una de esas estructuras es la mesa del taladro y la otra la planchada de la grúa bandera. Comparando el área brindada exclusivamente por la mesa, notamos que es un poco mayor la encontrada en los taladros convencionales que la de los hidráulicos pero en estos equipos el área disponible para la movilización de los trabajadores se ve mucho más reducida debido a que sobre la mesa se ubican más herramientas al igual que las paradas de tubería izadas para su uso y

la caseta del perforador. En los taladros hidráulicos el área que corresponde únicamente a la mesa del taladro es un poco menor en comparación con la de los equipos convencionales pero esta está menos saturada de herramientas y accesorios debido a que han sido instalados para ser accionados remotamente desde la cabina de control quitando la necesidad de que sean manipulados por los trabajadores. Los taladros hidráulicos cuentan además con el área de la estructura de la grúa bandera, lo que permite a los trabajadores estar mejor posicionados para las actividades. Tomando en consideración el área disponible sobre la cual se pueden movilizar los trabajadores para la realización de sus tareas es mucho mayor la brindada por los taladros hidráulicos, no solo porque la componen dos estructuras diferentes sino porque no se encuentra atestada de accesorios y herramientas.

### **3.1.3 Mástil de perforación**

El mástil o torre de perforación es la estructura encargada de proveer la altura necesaria para la manipulación de la tubería. En este elemento de la estructura de soporte encontramos una serie de diferencias tanto en su diseño como en su funcionalidad. Una de dichas diferencias esta dada en su estructura. Mientras que en los taladros convencionales es un armazón de acero que después de ser instalado en la locación se fija a una altura determinada que no varía durante las operaciones, en los taladros hidráulicos se trata de un mástil telescópico que está en constante movimiento vertical haciendo que la altura a la que se encuentra el bloque corona aumente o disminuya según los requerimientos operativos. Debido a esto y al diseño de transporte con el que cuentan las torres de cada uno de los dos equipos, se tiene que las torres de los taladros convencionales están provistas de una altura mayor que la de los taladros hidráulicos permitiendo así la manipulación de secciones de tubería más largas. Normalmente los taladros convencionales usan secciones de sarta de tres juntas de rango 2 API, lo cual equivaldría aproximadamente a 90 ft mientras que en los taladros hidráulicos solo se permite el manejo de una junta de tubería de rango 3 API, lo que corresponde

aproximadamente a 45 ft. Esta diferencia genera que los equipos convencionales parezcan aventajar a los hidráulicos en las operaciones de viajes de tubería. En la Tabla 3, se muestran los rangos de tubería y sus respectivas longitudes según el Instituto Americano de Petróleo (Pos sus siglas en ingles API).

**Tabla 3.** Clasificación API para rango de tubería de perforación

RANGO	LONGITUD	
	PIES	METROS
1	18 – 22	5,49 – 6,71
2	27 – 30	8,23 – 9,14
3	38 - 45	11,58 – 13,72

### 3.2 SISTEMA DE LEVANTAMIENTO

En este apartado del capítulo enfocaremos nuestra atención directamente a las diferencias que existen entre un taladro hidráulico y uno convencional en sus sistemas de levantamiento, el cual es el que suministra la fuerza necesaria para el movimiento vertical de las cargas de tubería que se encuentran dentro del pozo. Es en este sistema donde se encuentran la mayor cantidad de diferencias puesto que se reemplaza el sistema de levantamiento convencional por un sistema de levantamiento mediante potencia hidráulica.

#### 3.2.1 Equipo generador de fuerza

La primera diferencia en el sistema de izaje entre los dos tipos de taladros la encontramos en el equipo generador de la fuerza necesaria para la carga de la tubería. En los taladros convencionales se usa un malacate alimentado

eléctricamente por el sistema de potencia para generar rotación del tambor; según el sentido de rotación del mismo, se recoge o se suelta cable de perforación para subir o bajar el top drive y la tubería. En los taladros hidráulicos el malacate es sustituido por unidades de potencia hidráulica (HPU's) que están compuestas por motores Diésel de generación eléctrica independientes, bombas de pistón hidráulicas diseñadas para empujar el fluido hidráulico a los cilindros que se encuentran dentro del mástil cuando se requiera que este se eleve y tapones de drenaje que permiten la salida de dicho fluido de los cilindros para hacer que este descienda. En la figura 28, podemos apreciar los equipos generadores de potencia de cada taladro.

**Figura 28.** Equipos generadores de energía

Malacate - Convencional



HPU (Unidad de Potencia Hidráulica)



### 3.2.2 Torre de perforación

La torre de perforación es un elemento importante en el sistema de izaje y es también uno de las mayores diferencias que presenta un equipo hidráulico con relación a uno convencional. Los taladros convencionales poseen como torre una estructura rígida completamente estática de gran altura mientras que los equipos hidráulicos tienen un mástil telescópico auto elevable de menor altura que se divide en dos partes. Una es la sección fija la cual está anclada al tráiler y la otra es la sección móvil que se encuentra en constante movimiento vertical según las bombas de pistón introduzcan o permitan la salida del fluido hidráulico de su cilindro interno. En la Figura 29, se muestran las torres de perforación de los equipos convencionales e hidráulicos.

**Figura 29.** Comparación gráfica de los dos tipos de taladros



Fuente: Petroworks S.A. [en línea] [citado el 15 de marzo de 2017] disponible en:  
<http://www.petroworks.com.co/web/es/taladros/drilling.html>

### 3.2.3 Bloque corona

El bloque corona ejerce la misma función en los dos tipos de taladros la cual es dar un soporte alto a la línea de perforación. En los taladros convencionales es un arreglo de poleas paralelas estáticas ubicadas en el tope de la torre de perforación mientras que en los taladros hidráulicos son un juego de pares de poleas en serie móviles, que viajan en el tope de la sección móvil del mástil telescópico, suben o bajan según la sección móvil salga o se introduzca en la sección fija. En la Figura 30, se pueden observar los tipos de bloque coronas pertenecientes al equipo convencional e hidráulico.

**Figura 30.** Bloque corona

Convencional

Hidráulico

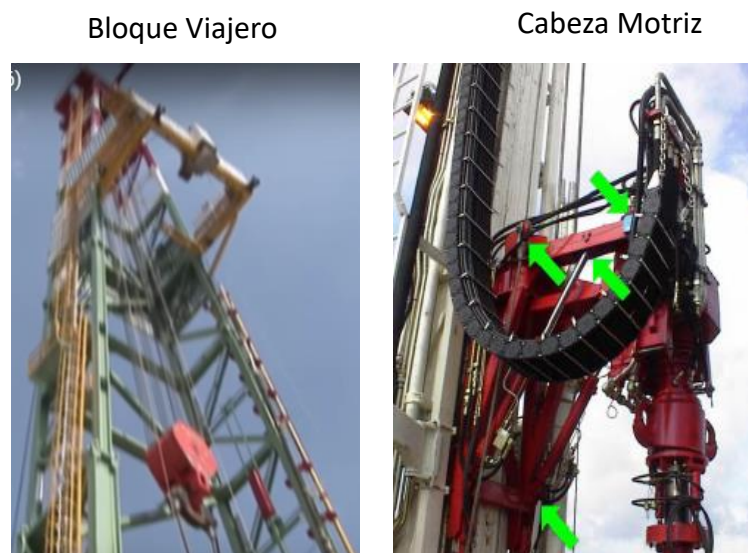


Fuente: Drillmec Drilling Technologies, [en línea] [citado el 15 de marzo de 2017] disponible en:  
<http://www.drillmec.com/en/p/land-rigs/>

### 3.2.4 Bloque viajero – Cabeza motriz

El bloque viajero en el taladro convencional es un arreglo de poleas paralelas móviles ubicadas justo bajo el bloque corona y sobre la mesa de trabajo; poseen un movimiento vertical producido por el cable de perforación que lo atraviesa y lo ata al bloque corona. En los taladros hidráulicos el bloque viajero es sustituido por una base de acero llamada cabeza motriz; la cabeza motriz, al igual que el bloque viajero es la encargada de sostener el top drive pero en este caso no posee poleas para moverse puesto que es un soporte que se ajusta a una guía en el mástil telescópico llamado carro de la cabeza motriz por donde se desplaza. A la cabeza motriz se atan las líneas de perforación las cuales dirigen el movimiento que este posee. Adicionalmente, la cabeza motriz posee un movimiento frontal que permite desplazar el top drive entre el mouse hole al ser empujado y la boca del pozo cuando es acercado nuevamente al mástil de perforación, este movimiento es esencial para las operaciones con tubería y es una ventajas más relevantes que brinda el taladro hidráulico sobre el convencional. En la Figura 31, podemos apreciar la comparación entre el bloque viajero y la cabeza motriz.

**Figura 31.** Comparación gráfica entre taladros convencionales e hidráulicos



Fuente: Drillmec Drilling Technologies, [en línea] [citado el 15 de marzo de 2017] disponible en:  
<http://www.drillmec.com/en/p/land-rigs/>

### **3.2.5 Línea de perforación**

La línea o cable de perforación que se encuentra en los taladros convencionales es de gran longitud debido a que esta debe estar enrollada en el tambor del malacate cierto número de vueltas según sean los requerimientos del equipo; de allí la línea de perforación continua hacia el bloque corona donde se enhebra en sus poleas y en las del bloque viajero, todo esto con la finalidad de transformar el movimiento rotacional generado en el malacate a un movimiento vertical en el top drive. En los taladros hidráulicos la longitud de la línea de perforación es menor que en los convencionales y posee un recorrido menos difícil puesto que simplemente se anclan a la parte posterior del mástil, suben y atraviesan las poleas del bloque corona y de allí se aseguran firmemente al carro motriz donde esta soportado el top drive; la finalidad del cable de perforación en los equipos hidráulicos es muy similar a la de los convencionales puesto que transfieren el movimiento vertical de la sección móvil del mástil telescópico a la cabeza motriz y por ende al top drive.

El cable de perforación siempre está siendo expuesto a desgaste por la tensión a la que se somete y la fricción con las poleas que este atraviesa, es por ello que son constantemente cambiados para evitar accidentes; el monitoreo de estos cables para el cálculo del límite de su vida útil depende del peso cargado, la distancia recorrida y ciertamente del calibre del cable y la cantidad de cables usados en el caso de los equipos hidráulicos. El cambio de la línea de perforación es un procedimiento mucho más sencillo de hacer en un taladro hidráulico que en uno convencional puesto que solo se debe asegurar la cabeza motriz, bajar la sección móvil de la barra telescópica, soltar los cables de la cabeza motriz y de la parte posterior de la torre y reemplazarlos si ya cumplieron su ciclo de vida o darles la vuelta cuando están a mitad de ciclo; este procedimiento es mucho más rápido y menos complicado que el uso de una culebra para enrollar nuevamente la línea en las poleas que hacen parte de un equipo convencional como ya se explicó anteriormente.

### 3.2.6 Elevadores – Torque Wrench

Los elevadores son los equipos usados para sostener la tubería bajo el top drive antes de que este la sujete; son herramientas empleadas constantemente en los taladros convencionales para todas las operaciones que requieran manipulación de tubería. En los equipos hidráulicos son reemplazados por la llave de torque wrench, las cuales son las encargadas no solo de tomar la tubería del mouse hole sino de aplicar torque para que esta se rosque en el pin del top drive. En la Figura 32. se pueden observar los elevadores de un equipo convencional y la llave de torque de uno hidráulico instalados en el top drive

**Figura 32.** Elevadores (Convencional) y Torque Wrench (Hidráulico)



Fuente: Drillmec Drilling Technologies, [en línea] [citado el 15 de marzo de 2017] disponible en:  
<http://www.drillmec.com/en/p/land-rigs/>

### **3.3 EQUIPOS Y OPERACIONES DE PERFORACIÓN**

Como es de esperarse después de una reestructuración física y funcional en el taladro cambian muchos equipos y por ende la forma de realizar las operaciones; la intención de estas diferencias es la de optimizar integralmente cada plan de perforación que se quiera emprender haciendo uso de sistemas automatizados, controles centrales y reduciendo el personal sobre la mesa de perforación permitiendo así procesos de perforación más seguros, eficientes, más económicos y con un mayor rendimiento. En este orden de ideas mostraremos las diferencias que se presentan tanto en las herramientas como en los procedimientos entre un taladro convencional y un equipo hidráulico.

#### **3.3.1 Equipos**

Las diferencias que se presentan en los equipos son producto de la investigación y los avances tecnológicos; estos se desarrollan para hacer más fácil los procesos y aminorar la carga y esfuerzo que recae sobre los trabajadores, evitando así el desgaste físico y riesgos latentes a los que se exponen.

- Racks de almacenamiento de tubería. Los racks de almacenamiento de tubería presentan un gran cambio puesto que en los taladros convencionales estos están diseñados para almacenar la tubería sobre la mesa de trabajo de la torre, lo cual genera que el espacio disponible para los trabajadores se vea reducido. En lugar de eso, los equipos hidráulicos cuentan con canastas que van montadas sobre tráileres; estos tráileres tienen equipados jacks hidráulicos de levantamiento que permiten instalar las canastas verticalmente a un lado del área de trabajo del encuellador evitando así el gasto del espacio disponible sobre la mesa para ubicar la tubería. En la Figura 33. se observan los racks de almacenamiento en los equipos convencionales e hidráulicos.

**Figura 33.** Racks de almacenamiento de tubería.

Convencional



Hidráulico



- Encuelladero. El encuelladero es el área destinada para el trabajo del personal encargado de preparar la tubería para ser tomada por el top drive con el fin de introducirla al pozo o recibirla del mismo para ubicarla en su posición de almacenamiento. En los equipos convencionales el encuelladero es una pequeña área que está ubicada aproximadamente a 90 ft de altura sobre la mesa

del taladro, esto genera un potencial riesgo en la seguridad del encuellador por la exposición a caídas. En los equipos hidráulicos el encuelladero es un área más grande que la ofrecida por los equipos convencionales y se ubica a la misma altura de la mesa lo que lo convierte en un trabajo más seguro y cómodo de realizar. En la Figura 34. Se puede observar un trabajador en el encuelladero de un equipo convencional.

**Figura 34.** Encuelladero



Fuente: RAMOS. Hernán, Curso de capacitación y desarrollo de habilidades de actividades de perforación y mantenimiento de pozos

- Grúa bandera. La grúa bandera es un accesorio adicional con el que cuentan los equipos hidráulicos sobre los convencionales; está ubicada sobre el encuelladero y es manipulada a control remoto por el encuellador. Esta grúa es usada para sujetar la tubería desde los racks de almacenamiento y llevarla hasta el mouse hole. En la Figura 35. observamos cuando la grúa bandera es puesta en posición vertical con su plataforma de trabajo, el cual es el lugar donde opera el encuellador de los equipos hidráulicos.

**Figura 35.** Grúa bandera



- Mouse hole. El mouse hole o hueco auxiliar es un hoyo de poca profundidad perforado frente al pozo principal que normalmente se usa para sostener tubería que será usada. En los taladros convencionales es un agujero circular en la mesa donde se introducen y sostienen las tuberías que serán ajustadas para formar las paradas que serán almacenadas en los racks o viceversa. En los taladros hidráulicos el mouse hole es permanentemente usado porque es en el donde el encuellador descarga la tubería que moviliza desde las canastas. En los equipos hidráulicos el mouse hole es más sistematizado que en los equipos convencionales puesto que está equipado con una mordaza y un centralizador que sostienen la tubería antes de ser enganchada por la llave de torque wrench y por el top drive. La importancia del uso de centralizadores es porque el proceso de roscado de la tubería que se encuentra en el mouse hole con el pin del top

drive debe ser exacto para evitar desgaste de las roscas. En la Figura 36. se muestra el mouse hole de un equipo convencional y uno hidráulico.

**Figura 36.** Mouse Hole

Convencional



Hidráulico



- Grúa de servicio. La grúa de servicio está ubicada en los dos tipos de taladro en la torre de perforación y es usada para el movimiento de herramientas o equipos pesados sobre la mesa de perforación; la principal diferencia entre estas dos grúas es que la de los equipos hidráulicos es un brazo movido por jacks hidráulicos, este brazo puede ser movido horizontalmente y es manipulado a

control remoto por los cuñeros. En lugar de eso, la grúa de los equipos convencionales es un pequeño malacate operado desde el piso de la mesa por medio de una palanca para recoger o soltar el cable que no posee direccionamiento horizontal alguno; el brazo hidráulico que posee el equipo hidráulico brinda mayores ventajas por su movilidad y fácil forma de tomar cosas ubicadas en los laterales de la mesa, mientras que la grúa del equipo convencional es principalmente usada para subir la tubería o herramientas desde el suelo por medio de la rampa.

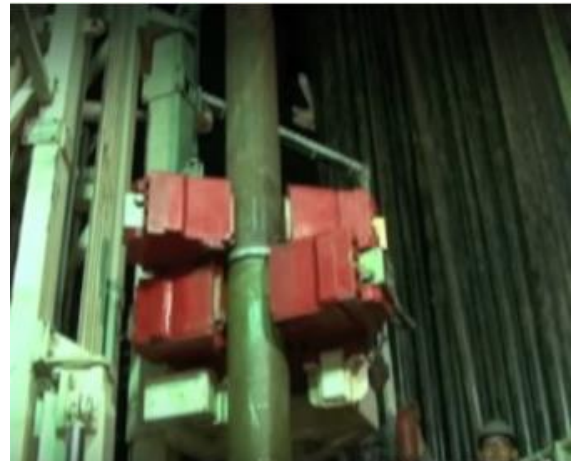
- Llaves de potencia - Power tong. La power tong es en el taladro hidráulico el equivalente a las llaves de potencia de los taladros convencionales; son usadas para ajustar o quebrar las tuberías que son introducidas o retiradas del pozo. La power tong es un equipo automatizado operado desde el panel del perforador, esto significa que no necesita un operador presencial que se esté exponiendo a los riesgos presentes al momento de usarla como es el caso de las llaves de potencia de los taladros convencionales. Además, la power tong puede ser ajustada al torque requerido de cada tipo de tubería desde el panel de control del perforador para ser ajustadas. En la Figura 37. se muestra las llaves de potencia de un equipo convencional que son manipuladas por tres hombres y la power tong de un equipo hidráulico que es accionada automáticamente.

**Figura 37.** Llaves de potencia (convencional) y Power Tong (Hidráulico)

Convencional



Hidráulico



Fuente: RAMOS. Hernán, Curso de capacitación y desarrollo de habilidades de actividades de perforación y mantenimiento de pozos

- Soltador de broca. El soltador de broca es una herramienta encontrada en los taladros hidráulicos muy similar a las llaves de potencia de los equipos convencionales, es usada para ajustar o soltar la broca debido a que no puede ser correctamente sujeta por la power tong.
- Cuñas. Las cuñas cambian del equipo convencional al hidráulico porque en este último se encuentran sistematizadas. Las cuñas en los taladros convencionales deben ser ubicadas y retiradas del pozo manualmente por los cuñeros, esto se evita en los equipos hidráulicos puesto que son accionadas a distancia desde el panel del perforador; esta automatización evita accidentes y exposición de los trabajadores a riesgo de atrapamiento. En la Figura 38. observamos tres trabajadores ubicando la cuña de un equipo convencional mientras la de los equipos hidráulicos se acciona automáticamente.

**Figura 38.** Cuñas de los dos tipos de taladros

Convencional

Hidráulico



Fuente: RAMOS. Hernán, Curso de capacitación y desarrollo de habilidades de actividades de perforación y mantenimiento de pozos

- Caseta del perforador. Los taladros convencionales cuentan con la caseta del perforador que es un sitio a la intemperie desde donde se direccionan las maniobras del taladro; además, cuentan con un espacio donde los cuñeros pueden encontrar resguardo cuando no sean requeridos en la mesa. En los taladros hidráulicos la caseta del perforador fue movida e instalada dentro de la cabina de resguardo reduciendo así el área ocupada sobre la mesa y liberando espacio de trabajo para los cuñeros; además, la cabina de los taladros hidráulicos provee un mayor confort para los trabajadores puesto que es un recinto cerrado a prueba de ruido con aire acondicionado que evita el desgaste en las jornadas de trabajo. Esta cabina está situada a un costado del taladro y su ubicación permite la completa visualización de las operaciones. Una



hasta las bombas de lodo. Además, los equipos para monitoreo del proceso pasan a ser pantallas digitales que verifican en tiempo real todos los parámetros que puedan ser necesarios y brindan una mayor precisión en las lecturas.

### **3.3.2 Operaciones**

Del mismo modo en que los avances tecnológicos ayudan a que los equipos y herramientas evolucionen, se hace posible que los procedimientos para determinada tarea cambien también, convirtiéndolos en procesos más rápidos y eficientes que optimizan los recursos y el tiempo.

- Preparación de la locación. Cuando son determinadas las coordenadas en las cuales debe ser instalado el taladro de perforación se procede a preparar la locación. En esta operación se debe asegurar un espacio limpio y firme sobre el cual se arme el equipo. Los equipos hidráulicos al ser mucho más compactos que los convencionales ofrecen como ventaja que la locación que debe ser dispuesta para su instalación es aproximadamente un 50% menor; esto nos asegura que su disposición será mucho más rápida y económica.
- Movilización. El proceso de movilización es mediante el cual se llevan todos los equipos requeridos para la perforación de pozos hacia la locación determinada. Los equipos hidráulicos están diseñados con la intención de que sea fácil su transporte; es por esto que la mayoría de sus unidades y accesorios están incorporados a tráileres que los pueden trasladar juntos como es el caso de la subestructura, el mástil y el top drive que en un equipo convencional son movilizadas en tráileres diferentes. Estas estructuras de los taladros hidráulicos requieren simplemente estar desinstaladas (Posición de transporte) para ser movilizadas y ser acopladas por la cabina del camión para empezar el traslado. Los equipos convencionales por ser mucho más grandes que los equipos

hidráulicos requieren una mayor cantidad de camiones que los transporten. Además, ocupan equipos adicionales como los son grúas de trabajo pesado que ayuden a ordenar las piezas sobre cada tráiler. El uso de los taladros hidráulicos genera aproximadamente un 40% en la reducción de los costos asociados a la movilización en comparación con los equipos convencionales.

- Arme y desarme de los equipos. La instalación de los equipos desde su posición de transporte a su posición de trabajo para iniciar la perforación o viceversa es una operación que ciertamente requiere un tiempo considerable debido que se está trabajando con equipos que tienen un gran peso y tamaño y es una tarea que requiere coordinación y precisión para finalizarla correctamente. Los taladros hidráulicos brindan ventajas en esta operación sobre los taladros convencionales porque son equipos más pequeños y tienen incorporadas dentro de su diseño las herramientas necesarias para ser instalados. Un claro ejemplo es el caso de la subestructura y el mástil. Un equipo convencional requiere el uso de grúas para el descargue e instalación de la subestructura; para la instalación del mástil es necesario también el uso de grúas que lo descarguen y lo posicionen para ser elevado a su posición vertical por el malacate el cual debe haber sido instalado previamente. En lugar de eso los taladros hidráulicos cuentan con brazos hidráulicos y estructuras de soporte que conforman la subestructura y posicionan la torre a la altura adecuada para posteriormente izar el mástil con sus elevadores hidráulicos; todos estos elevadores hidráulicos, tanto de la subestructura como del mástil son accionados por la unidad de potencia hidráulica auxiliar que está instalada sobre el mismo tráiler que los transporta; todos los equipos del sistema de levantamiento que poseen los taladros hidráulicos son de fácil y rápida instalación por su diseño de elevadores hidráulicos que permiten una reducción en tiempo y costos de aproximadamente un 40%. En la Figura 40. podemos observar una imagen de un proceso de arme de un taladro convencional mientras que en la Figura 41. se refiere al arme de un equipo hidráulico.

**Figura 40.** Arme y desarme de un taladro convencional



Fuente: Drillmec Drilling Technologies, [en línea] [citado el 15 de marzo de 2017] disponible en:  
<http://www.drillmec.com/en/p/land-rigs/>

**Figura 41.** Arme y desarme de un taladro hidráulico



- Subida de tubería. El proceso de subida de tubería a la mesa se realiza en los taladros convencionales con la finalidad de probar el correcto funcionamiento de los equipos instalados y preparar las paradas de tubería que serán usadas

durante la perforación; la preparación de las paradas se hace uniendo las juntas necesarias según la altura de la torre y ubicándolas en los racks de almacenamiento; este procedimiento se debe realizar antes de la perforación de cada pozo puesto que la tubería debe ser quebradas para su transporte de una locación a otra. Esta operación no es necesaria en los equipos hidráulicos puesto que estos cuentan con un sistema modular de canastas de almacenamiento de tubería verticales instalados sobre un tráiler; esto permite su fácil transporte e instalación a un costado del encuelladero. La omisión de este procedimiento en los equipos hidráulicos genera una reducción en el tiempo empleado para la perforación de un pozo por lo cual origina un aumento en el rendimiento y eficacia.

- Perforación del pozo. El proceso principal para el que fue orientado el diseño tanto del taladro como las herramientas auxiliares es la correcta y eficaz perforación de pozos. Esta operación difiere mucho de un equipo a otro debido a la actualización de las herramientas usadas y puede ser dividido en procedimientos más cortos que trabajan en conjunto para desarrollarla.

El primer proceso que puede ser listado es el acople del BHA (Por sus siglas en inglés Bottom Hole Assembly), todas las piezas del BHA son subidas a la mesa por la rampa de tubería con la ayuda de la grúa bandera en el taladro hidráulico y el cabrestante o gúinche de la torre en los convencionales. El procedimiento de ajuste del BHA se realiza en los taladros convencionales usando para todos los elementos las llaves de potencia, mientras que en los hidráulicos se usa el ajustador de broca para apretar la broca con el Bit Sub y para ajustar el resto de accesorios se usa la power tong. Debido a que la power tong es accionada desde el panel de control del perforador su uso no requiere ningún operario sobre la mesa que se exponga a lesiones o golpes como puede suceder en los equipos convencionales si alguna llave de potencia llegase a trabajar incorrectamente; el sistema Free-Hands que ofrecen los equipos hidráulicos no solo aumenta la

seguridad del personal sino que permite una reducción de costos en la mano de obra por requerir menos trabajadores.

Como segundo proceso podemos mencionar el encuellado de la tubería. Los taladros convencionales requieren un encuellador ubicado en el monkey board que es una pequeña plataforma de trabajo ubicada a aproximadamente 90 ft de altura sobre la mesa. La función del encuellador es tomar la tubería de los racks de almacenamiento y prepararla para ser atrapada por los elevadores que se encuentran siempre en constante movimiento; este trabajador se ayuda de una soga para guiar las paradas y así evitar la exposición de sus manos a atrapamiento por las tuberías o el elevador. Este trabajador debe cumplir también con normas de seguridad para el trabajo en alturas y aditamentos que permitan un trabajo más seguro y eviten caídas; pese a esto se sigue considerando un trabajo peligroso porque no está exento de fatalidades o siniestros producidos por cualquiera de una gran cantidad de variables como pueden ser errores por falta de pericia o por cansancio. El proceso de encuellado en los equipos hidráulicos es notablemente más fácil y seguro que en los convencionales puesto que solo requiere un trabajador a la altura de la mesa. Este trabajador debe manipular la grúa bandera a control remoto y sujetar las tuberías de las canastas con la abrazadera ubicada en el extremo de la guaya; posteriormente debe ubicar dicha tubería en el mouse hole donde la sujeta la mordaza hidráulica accionada por el mismo, o por el perforador desde su panel de control.

Como operación principal, la perforación del pozo se hace de modo similar. Los dos taladros toman la tubería, los convencionales desde los racks y los hidráulicos desde el mouse hole, con las llaves de potencia en los convencionales y en los hidráulicos con la power tong. Estas paradas son ajustadas al resto de tubería que esta sostenida por la mesa con las cuñas que son manuales en los convencionales y automáticas en los hidráulicos y se continúa el proceso. Los equipos hidráulicos poseen dentro de sus sistemas de automatización la función “autodrilling” que permite programar el taladro para

mantener una velocidad de perforación o ROP (Por sus siglas en ingles Rate Of Penetration) constante; el sistema es capaz de analizar los datos que se registran para modificar el peso aplicado sobre la broca (WOB por sus siglas en ingles Weight On Bit) o las revoluciones por minuto (RPM) cuando detecta un cambio en las características de la formación que está atravesando. Además, tiene incorporadas alarmas de máximos y mínimos que controlan las subidas y caídas de presión en el pozo; este nuevo sistema lo hace un equipo más confiable puesto que evita que se puedan presentar errores humanos. La Figura 42 muestra imágenes tomadas durante los procesos de perforación de pozos con equipos convencionales e hidráulicos.

**Figura 42.** Perforación de un pozo

Convencional



Hidráulico



Fuente: RAMOS. Hernán, Curso de capacitación y desarrollo de habilidades de actividades de perforación y mantenimiento de pozos

El siguiente proceso es uno de los más comunes en el taladro y es RIH o POOH (Por sus siglas en inglés Run In Hole y Put Out Of Hole) que son las corridas de medida o sacada de tubería del pozo. En estos procesos, una de las más grandes diferencias es que los equipos convencionales pueden hacer estas operaciones por paradas de 3 juntas de rango API 2, lo que equivale a aproximadamente 90 ft mientras que los equipos hidráulicos deben hacerlo tubo a tubo de rango API 3 que son solamente 45 ft. En el proceso de quiebre o ajuste de las paradas, los taladros convencionales requieren al menos tres personas sobre la mesa para la correcta manipulación de las pesadas cuñas manuales y las llaves de potencia y un trabajador en la monkey board guiando la tubería desde los racks; estas corridas normalmente se hacen sosteniendo la tubería únicamente con los elevadores sin estar conectados al top drive. En los equipos hidráulicos cada tubo es tomado desde el mouse hole con la llave de torque wrench, se lleva al centro del pozo y se conecta al top drive; el ajuste y quiebre de cada tubo se hace con la power tong evitando así la exposición del cuñero a riesgos ergonómicos por levantar pesadas herramientas. Los taladros hidráulicos solo tienen el requerimiento de un trabajador sobre la mesa que es el encargado de limpiar, engrasar y guiar las roscas de los tubos para no deteriorar los pines y agilizar la operación. Una de las más grandes ventajas que presta el taladro hidráulico además de la reducción de personal sobre la mesa y el aumento en la seguridad para ellos está basada en lo que se considera su mayor desventaja que es hacer las corridas tubo a tubo siempre conectadas directamente al top drive; esta conexión permanente permite estar siempre prestos a reaccionar en cualquier amague de pega ya sea encendiendo las bombas o accionando la rotación.

- Corrida de registros. La corrida de registros a hueco abierto es un procedimiento muy común en cada etapa de la perforación según indique el estado mecánico del pozo; la toma de registros se hace ubicando una rueda guía elevada para asegurar que las herramientas son extraídas del pozo a una velocidad constante.

En los taladros convencionales esta rueda guía es ubicada sobre el centro del pozo con las azas enganchadas al gancho doble mientras que en los equipos hidráulicos es puesta en elevación sobre el centro del pozo con la grúa de servicio.

- Corrida del casing. Para la corrida del casing en los equipos hidráulicos se usa una herramienta denominada Casing Spinner; esta herramienta es instalada en la cabeza motriz después de retirar la llave de torque wrench. La operación de corrida de casing ocupa elevadores especiales para casing según el OD que se esté trabajando. El revestimiento se sube con el manipulador de tubería (Grúa bandera) por la rampa; una vez ha llegado a la mesa es tomado por el elevador y se levanta el top drive para poner el casing en posición vertical; el casing es llevado al casing spinner por medio del encogimiento de los cilindros hidráulicos que sostienen el elevador del gancho doble; habiendo cazado el revestimiento con el casing spinner se le aplica rotación con la cabeza motriz para asegurar la tubería y poder descender en el pozo o roscar con el casing anterior; este procedimiento en el equipo hidráulico requiere el uso de cuñas manuales. Los equipos convencionales usan el CRT (Por sus siglas en inglés Casing Running Tube), el cual es una herramienta para asegurar el revestimiento al top drive con pequeñas cuñas por dentro del tubo; el procedimiento es similar al del hidráulico para subirlo pero una vez en posición vertical no es fácil de acercar el revestimiento al CRT, depende de la pericia del perforador “Atrapar” rápidamente el tubo para continuar la operación. En la Figura 43. se muestra el CRT del equipo convencional y el casing spinner del equipo hidráulico.

**Figura 43.** Corrida de casing

Convencional



Hidráulico



- Cementación. Los procesos de cementación no presentan una diferencia significativa puesto que las instalaciones requeridas son realizadas manualmente en los dos tipos de equipos.
- Abandono de la locación. El abandono de la locación se realiza después de terminar la perforación y completamiento del pozo, como ya se mencionó la locación es mucho más pequeña en los equipos hidráulicos que en los convencionales, por tanto el área para arreglar y readecuar es mucho menor, esto contribuye a reducir el impacto ambiental y los costos de reparación forestal si fuese necesario.

### **3.4 SEGURIDAD LABORAL**

La seguridad en el trabajo es una política que implementa la generación de ambientes laborales libres de riesgos para los trabajadores. Cada empresa debe procurar reducir el número de accidentes ocurridos a la menor cifra posible debido a que cada uno de estos accidentes lleva consigo implicaciones legales y económicas difíciles de solventar. La reducción de riesgos y exposiciones a factores nocivos es una ventaja que los taladros hidráulicos ofrecen sobre los convencionales, estas ventajas se presentan por su diseño y forma.

Los riesgos de caídas de alturas deben ser abordados con mucha delicadeza puesto que pueden resultar en accidentes discapacitantes o peor aún, pueden llegar a ser mortales. Este tipo de accidentes están predispuestos a suceder en los taladros convencionales donde encontramos que el área de trabajo del encuellador se encuentra a aproximadamente 90 ft de altura sobre la mesa del taladro; ciertamente dicho trabajador debe cumplir con una gran cantidad de requisitos y normas de seguridad para realizar su labor pero nada de esto lo exime de cometer algún error que lo conlleve a alguna eventualidad. La monkey board es inexistente en los equipos hidráulicos, en este caso el área de trabajo del encuellador es una plataforma que se encuentra a la misma altura de la mesa del taladro, lo que proporciona ambiente de trabajo más seguro; la inexistencia de la monkey board en los equipos hidráulicos elimina también la necesidad de preparación de los trabajadores con cursos de alturas y la compra del equipo requerido para trabajo en alturas.

La exposición de las manos a ser atrapadas por las herramientas es un riesgo muy común en las actividades de perforación de pozos puesto que en los equipos la mayoría de las herramientas deben ser operadas manualmente. El desarrollo tecnológico que ha sido implementado en los equipos hidráulicos permite la automatización de la mayoría de las herramientas encontradas como es el caso de las cuñas y las llaves de potencia y también permiten la eliminación de otras

herramientas como los elevadores para la corrida de tubería. Estas mejoras brindan una mayor seguridad a los trabajadores y los alejan de actividades riesgosas reduciendo así el número de accidentes que puedan ser causados por la mala manipulación o por un error humano del operador.

Los procesos de instalación y desinstalación de los equipos han sido históricamente procesos riesgosos debido a que en estos se manipulan y movilizan elementos de un gran peso; a lo largo de la historia de perforación con equipos convencionales se han registrado lamentables accidentes donde acontece la caída de alguno de estos objetos con resultados fatales para personal involucrado en la operación. Los taladros hidráulicos son equipos más compactos, pequeños y de menor peso que los equipos convencionales, lo que facilita los procesos de arme y desarme debido a sus características de diseño reduciendo así la propensión a este tipo de accidentes.

Dentro de los riesgos laborales presentes en los procesos de perforación se hace notar también la exposición a ruido. Las grandes maquinarias que hacen posible la realización de los proyectos producen ruido en altos niveles al cual están expuestos los trabajadores; el uso de los elementos de protección personal, más concretamente los tapa oídos, permite una disminución en la intensidad percibida por el personal pero aun así las prolongadas jornadas de exposición pueden acarrear una disminución en la capacidad auditiva a largo plazo. Los taladros hidráulicos brindan una disminución del ruido generado por las maquinarias haciéndolas más silenciosas que los equipos convencionales y ubicándolas en containers insonorizados. Los taladros hidráulicos brindan protección sonora adicional a los trabajadores haciendo que la cabina del perforador sea a prueba de ruido.

### 3.5 MEDIO AMBIENTE

Las normativas medioambientales son estipulaciones obligatorias para todas las empresas; estas normas son muy estrictas con los procesos de perforación debido a la alta generación de residuos contaminantes durante sus operaciones. Sin embargo, estas normativas no solo se refieren a la contaminación por residuos, sino que también hacen referencia a los impactos generados en la localidad por la construcción del área de trabajo. Uno de los impactos que se ocasiona es el impacto visual; la instalación de las grandes estructuras usadas genera una alteración paisajística del lugar; este impacto es reducido de manera notable cuando se hace uso de los equipos hidráulicos debido a su menor tamaño y menor espacio requerido para la operación. Además, debido a que el área necesaria para la locación destinada para la construcción de los equipos hidráulicos se reduce en aproximadamente un 35% también disminuye el área que debe ser deforestada en su preparación. En la Figura 44. se observa una comparación de los tamaños entre equipos hidráulicos y convencional de similar potencia.

**Figura 44.** Estructura general de los dos tipos de taladros



Fuente: Petroworks S.A

### 3.6 RESUMEN COMPARATIVO

Tabla 4. Cuadro comparativo entre taladros convencional e hidráulico

<u>ITEM</u>	<u>TALADRO CONVENCIONAL</u>	<u>TALADRO HIDRAULICO</u>
<b>ESTRUCTURA DE SOPORTE</b>		
<b>SUBESTRUCTURA</b>	Es un gran almacén de acero que debe ser transportado individualmente en un tráiler adicional, ocupa equipos adicionales para ser armado y desarmado.	Se compone de brazos y diagonales hidráulicas instaladas en el tráiler de transporte del taladro, se accionan usando el comando de control.
<b>PISO DEL TALADRO</b>	Es un área ubicada sobre la subestructura y se encuentra saturada con herramientas manuales y las paradas de tubería que serán usadas.	Es un área proporcionada por dos diferentes estructuras, esto provee un área mayor. En estos equipos el piso del taladro se encuentra libre de herramientas y tuberías.
<b>MÁSTIL DE PERFORACIÓN</b>	Es una estructura de acero de altura fija. Es instalada en posición vertical con la ayuda del malacate.	Es un mástil telescópico anclado a un tráiler sobre el cual se transporta. Es armado o desarmado con jacks hidráulicos.
<b>SISTEMA DE LEVANTAMIENTO</b>		
<b>GENERADOR DE POTENCIA</b>	Es un malacate alimentado eléctricamente para producir la rotación de su tambor y así recoger o soltar cable según se quiera bajar o subir el top drive.	Es una unidad de potencia hidráulica que posee motores diésel independientes que alimentan bombas de pistón usadas para desplazar fluido hidráulico al mástil telescópico.
<b>TORE DE PERFORACIÓN</b>	Es un almacén de acero de gran altura que permite la manipulación de paradas de más de una junta, más comúnmente 3 juntas rango 2 API (Aprox. 90 Ft).	Es un mástil telescópico de activación hidráulica de altura reducida que solo permite la manipulación de un tubo por vez. La tubería usada es rango 3 API (Aprox. 45 Ft).
<b>BLOQUE CORONA</b>	Es un juego de poleas paralelas fijas en la parte superior de la torre por la cual se enhebra la línea de perforación para sostener el bloque viajero.	Es un juego de pares de poleas en serie ubicadas en el tope de la sección móvil del mástil telescópico. Se desplaza verticalmente según se mueva la sección móvil.
<b>BLOQUE VIAJERO</b>	Es un juego de poleas paralelas que se suspenden en el aire bajo el bloque corona mediante la línea de perforación. Sobre él se instala el top drive.	Es una cabeza motriz sujeta al mástil mediante una guía, se desplaza arriba o abajo según la sección móvil de mástil salga o entre de la sección fija. Sobre

		ella se instala el to drive y posee la función de alejarlo o acercarlo nuevamente a la torre.
<b>LINEA DE PERFORACIÓN</b>	Un cable de acero de gran longitud que se enrolla en el tambor del malacate y pasa al bloque corona y viajero. Es el usado para convertir el movimiento rotacional del malacate a movimiento vertical en el top drive.	Son varios cables de acero según el tamaño del equipo que se anclan tras el mástil, pasan por el bloque corona y finalizan en la cabeza motriz. Es encargado de transmitir el movimiento vertical al top drive finalmente.
<b>ELEVADORES</b>	Son abrazaderas manuales usadas para sujetar y mover la tubería que se encuentra en el piso o en los racks y será tomada por el top drive	Son abrazaderas hidráulicas automáticas con las que se toma la tubería del mouse hole y se le aplica torque para asegurarla al top drive.
<b>EQUIPOS DEL TALADRO</b>		
<b>RACKS DE ALMACENAMIENTO</b>	Son estructuras ubicadas sobre la mesa de trabajo y en la torre de perforación. La tubería almacenada ocupa espacio en el piso del taladro.	Son canastas modulares instaladas sobre tráileres que las movilizan. Son instaladas por medio de jacks hidráulicos a un costado del área de trabajo.
<b>ENCUELLADERO</b>	Es una pequeña área de trabajo ubicada a 90 Ft sobre el piso del taladro donde se ubica un trabajador que guía las paradas para ser tomadas por los elevadores.	Es un área al nivel del piso del taladro desde donde un trabajador guía la tubería con ayuda de la grúa bandera. Hacia el mouse hole.
<b>GRÚA BANDERA</b>	No posee.	Es una grúa ubicada sobre el encuelladero y es accionada a control remoto por el encuellador para movilizar tubería o accesorios.
<b>MOUSE HOLE</b>	Pozo de poca profundidad que se usa para armar o desarmar las paradas de tubería usadas.	Pozo de poca profundidad equipado con centralizador y mordaza hidráulica que toma la tubería que será usada para perforar.
<b>GRÚA DE SERVICIO</b>	Es un pequeño malacate ubicado en la torre de perforación que es accionado mediante una palanca en el piso de la mesa.	Es un brazo hidráulico manipulado a control remoto que puede ser desplazado horizontalmente.
<b>LLAVES DE PODER</b>	Son grandes llaves usadas para ajustar o quebrar la sarta de perforación, deben ser manipuladas por 3 personas.	Son reemplazadas por la power tong. Es un equipo automatizado compuesto por dos mordazas hidráulicas, una fija y una rotante; la rotante

	Son accionadas por cables de acero de alta tensión.	proporciona el torque. Es activado por el perforador desde la cabina.
<b>SOLTADOR DE BROCA</b>	Se usan las llaves de potencia.	Es una llave de potencia usada para ajustar la broca debido a que no puede ser correctamente ajustada por la power tong.
<b>CUÑAS</b>	Son accesorios que deben ser puestos en su posición por trabajadores que se exponen a riesgos.	Son equipos automáticos que se accionan desde la cabina del perforador.
<b>CASETA DEL PERFORADOR</b>	Espacio a la intemperie desde donde el perforador comanda el taladro. Tiene visibilidad completa del taladro.	Es un recinto cerrado e insonorizado desde donde el perforador controla el taladro y equipos adicionales como bombas. Tiene visibilidad completa del taladro.
<b>PANEL DE CONTROL</b>	Son selectores y palancas que dirigen el funcionamiento de taladro.	Son botones, selectores y juegos de joysticks desde donde le perforador tiene control absoluto de la mayoría de los equipos involucrados en la perforación.
<b>OPERACIONES DE PERFORACIÓN</b>		
<b>PREPARACIÓN DE LA LOCACIÓN</b>	Requiere un área más extensa que la de los equipos hidráulicos por lo que puede tardar más y ser más costosa la preparación.	Es aproximadamente un 50% menor que la de los equipos convencionales por lo que su preparación es más rápida y económica.
<b>MOVILIZACIÓN</b>	Requiere equipos adicionales como grúas para posicionar todos los equipos sobre los tráileres que los transportaran.	La mayoría de los equipos están instalados en tráileres. Esto beneficia la movilización puesto que es más rápida y económica.
<b>ARME DE EQUIPOS</b>	Son estructuras grandes y pesadas que hacen que sea un proceso lento y que requiere el uso de grúas adicionales.	Son instalados con la activación de jacks hidráulicos. Esta metodología permite una rápida disposición de los equipos.
<b>PARADA DE TUBERÍA</b>	Consiste en armar las paradas de tubería con las juntas requeridas sobre la mesa y ubicarlas en los racks de almacenamiento. Es un proceso que consume extenso tiempo.	No lo realiza. La tubería de perforación esta lista para usarse en las canastas de almacenamiento.
<b>PERFORACIÓN DEL POZO</b>	Realiza los procesos de perforación rotacional convencional. Los parámetros deben ser siempre indicados por el perforador.	Posee un sistema de perforación Auto-Drilling que permite indicar la velocidad de perforación deseada y el sistema actualiza los

		parámetros automáticamente cuando detecta variaciones en el fondo de pozo.
<b>CORRIDA DE REGISTROS</b>	La rueda guía de los equipos de registros se engancha al gancho doble.	La rueda guía de los equipos de registros se engancha a la grúa de servicio.
<b>CORRIDA DE CASING</b>	Ocupa el uso de CRT y elevadores especiales para casing. Es un procedimiento que requiere pericia del perforador.	Se hace con el uso de Casing Spinner y elevadores para casing. Los elevadores tienen brazos hidráulicos que permiten acercar el casing al spinner y convertirlo en un proceso sencillo.
<b>ABANDONO DE LOCACIÓN</b>	Requiere procesos de limpieza, readecuación y reforestación del área usada. Usa un área mayor que los equipos hidráulicos, por ello estos procesos tardan más y son más costosos.	Al ser un área más pequeña el abandono y readecuación son más rápidos y económicos que en un equipo convencional.
<b>SEGURIDAD LABORAL</b>		
<b>RIESGOS</b>	Los trabajadores se encuentran en constantes riesgos de atrapamiento de extremidades, caídas y exposición sonora. Esto hace que la seguridad laboral no sea óptima.	Sus procesos son Free-Hands y no presenta riesgos de caídas ni alta exposición sonora. La seguridad en general aumenta debido a que la exposición a riesgos es mucho menor.
<b>MEDIO AMBIENTE</b>		
<b>CONTAMINACIÓN</b>	Son de gran tamaño y por ello aumenta el impacto visual y paisajístico en las locaciones. Adicionalmente, las locaciones son más grandes y requieren grandes áreas deforestadas para la instalación de equipos.	El tamaño reducido ayuda a reducir el impacto visual en la localidad y la reducción de área de la locación evitar grandes áreas deforestadas.

#### **4. ANTECEDENTES DEL USO DE TALADROS HIDRAULICOS EN COLOMBIA**

Alrededor del mundo se ha visto la necesidad de optimizar los procesos de perforación de pozos para que sean más seguros, prácticos y rentables; es por esto que se han implementado nuevas tecnologías con el fin de tratar de satisfacer esas necesidades. Una buena manera que se encontró para la inclusión de esas nuevas tecnologías es la implementación de los taladros hidráulicos en las operaciones para así hacer uso de todas las ventajas que este puede brindar por sobre el uso de taladros convencionales.

Los taladros hidráulicos, desde su primera aparición en la industria petrolera han sido ampliamente usados en muchas operaciones en todo el planeta, y tal ha sido la aceptación por su buen desempeño que su uso ha tenido continuidad y permanencia en muchas compañías y campos petroleros.

Los taladros hidráulicos han sido usados en la mayoría de los países de Suramérica con muy buenos resultados. Sin embargo estos equipos no han destacado debido a que las unidades disponibles aún son bajas porque las empresas operadoras suelen ser todavía muy conservadoras y prefieren apostar por los taladros convencionales disminuyendo así la facilidad de ingreso de los equipos hidráulicos.

En Colombia los taladros hidráulicos han participado en varias campañas de perforación demostrando en cada una de ellas las ventajas que brindan y por qué representan una mejor elección sobre los equipos convencionales.

La compañía Petroworks posee actualmente 4 taladros hidráulicos marca Drillmec serie HH y es la empresa que cuenta con más equipos Drillmec en Colombia. En este capítulo hacemos énfasis a las experiencias y resultados obtenidos por los cuatro equipos utilizados en diferentes campos colombianos, uno de 550 Hp, dos de 1000 Hp y de 1500 Hp, los cuales han operado exitosamente en Colombia.

Lograron perforar un total de 170 pozos desde el 2011, año en el que llegó el primer taladro HH 102, hasta el año 2015.

En cada uno de estos equipos se mostraron los campos en los cuales se ejecutaron las diferentes actividades de perforación, posteriormente se enseñaron las estadísticas de Rig Down que se presentaron. El Rig Down son las horas perdidas por el equipo sobre las horas trabajadas de los mismos, este parámetro es también usado para evaluar la eficiencia de los equipos a nivel internacional; la meta del 1% es un margen que se impone para lograr determinar si el equipo tiene o no un buen desempeño. Por último se expondrán las estadísticas de HSE inscritas al funcionamiento de cada uno de los equipos.

#### **4.1 TALADRO PW 140 (550Hp) – DRILLMEC SERIE HH102**

Esta unidad es un taladro pequeño con una potencia de 550Hp que fue construido en el año 2010 con la capacidad de alcanzar profundidades de hasta 8000 Ft. Con él, la compañía Petroworks perforo 57 pozos.

*Campaña Ecopetrol (Caño sur).* Esta campaña fue realizada en Caño sur ubicado en el municipio de Puerto Gaitán, en el departamento del Meta. La compañía empleo el taladro para la perforación de un pozo exploratorio y 3 pozos verticales en el año 2011 alcanzando una profundidad vertical máxima de 3100 Ft.

*Campaña Pacific E&P (Rubiales y Quifa).* En esta campaña se perforaron pozos verticales, desviados y horizontales y se realizaron corazonamientos y completamientos siendo un total de 53 pozos consecutivos donde se presentó únicamente una pega en un pozo horizontal a 4590 Ft. La implementación de la tecnología de taladros hidráulicos redujo el tiempo de perforación de cada pozo de 14 días a 9 días.

- Rig Down. El Rig Down o NPT (Por sus siglas en inglés, No Productive Time) hace referencia a las horas que el taladro no estuvo en operación sobre las horas totales trabajadas.

**Tabla 5.** Rig Down del taladro PW 140

RIG DOWN PW 140		
2013	2014	2015
0,26%	0,64%	1,34%

Fuente: Petroworks S.A

- Tiempos de movilización y Layout. Estos tiempos son los calculados en las operaciones de desarme, movilización y nueva instalación del taladro. Las comparaciones se hicieron con base a taladros similares en un recorrido de distancias similares.

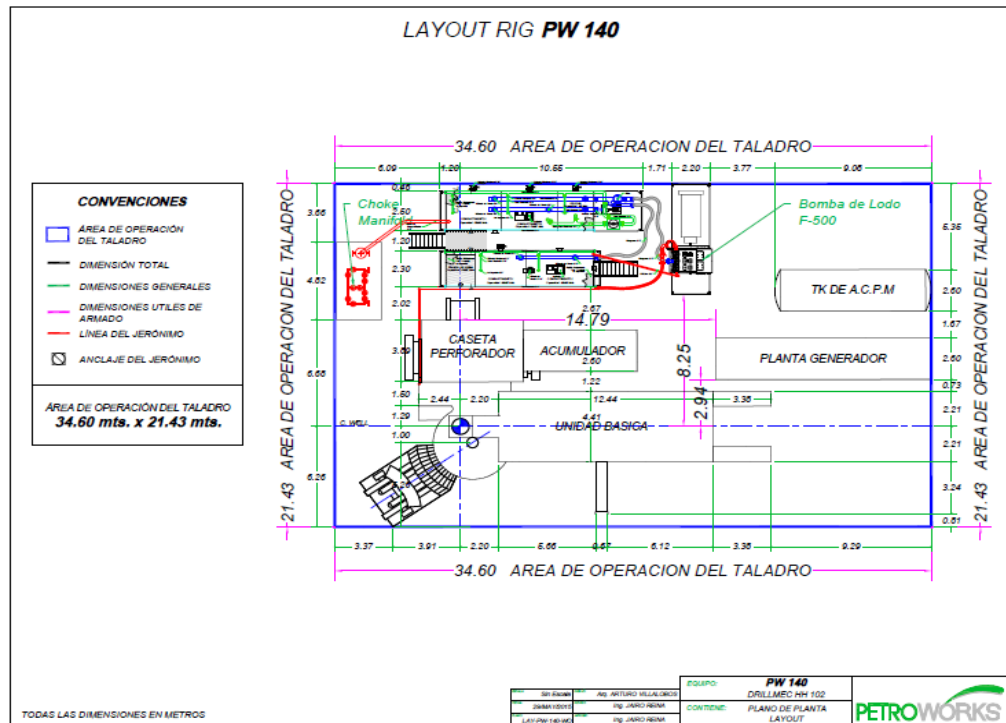
**Tabla 6.** Tiempos de movilización del taladro PW 140

	HH102	Taladro convencional
Misma locación, trasladando solo el taladro.	14 horas	24 horas
Misma Localización Trasladando todo el equipo	18 horas	32 horas
0 Km – 15 Km	36 horas	48 horas
15 Km – 30 Km	48 horas	56 horas

Fuente: Petroworks S.A

El área para la construcción del taladro más pequeño es de 741 m<sup>2</sup> aproximadamente, esto ayuda a un ahorro de las áreas de construcción por lo tanto también ayuda a economizar más dinero y a ser más amigable con el medio ambiente.

**Figura 45. Área de operación del taladro PW 140**



Fuente: Petroworks S.A

- Estadísticas HSE. Las estadísticas HSE reportan la cantidad de accidentes ocurridos en el equipo. Estas estadísticas se muestran con indicadores. Uno de los más simples y que mejor describen la situación de seguridad es el Índice de Frecuencia de Incidentes (IFI) que se determina de la siguiente forma:

$$IFI = \frac{\text{Numero de Incidentes} * 200000}{\text{Numero total de horas trabajadas}}$$

Donde:

El número de horas trabajadas es el número total de horas trabajadas por todos los empleados del equipo e incluye los sobretiempos pero no incluye vacaciones o licencias por enfermedad.

La constante 200.000 es un requerimiento de la norma OSHA que indica un valor estándar de horas trabajadas en un año por 100 empleados, 40 horas a la semana por 50 semanas al año.

HHT, son las horas hombre trabajadas en un año.

**Tabla 7.** Valores HSE del taladro PW 140

ESTADISTICAS DE HSE PW 140							
2012		2013		2014		2015	
HHT	IFI	HHT	IFI	HHT	IFI	HHT	IFI
153150	0,0	152035	0,0	156333	0,0	104482	1,9

Fuente: Petroworks S.A

#### **4.2 TALADRO PW 150 (1000Hp) – DRILLMEC SERIE HH220**

Esta unidad es un taladro de talla media con una potencia de 1000Hp, construido en el año 2012 con la capacidad de alcanzar profundidades de hasta 10000 Ft. Fue usado por la compañía Petroworks con el propósito de perforar 30 pozos en diversas campañas.

*Campaña Esmerald Energy (Ombú).* El campo Ombú está localizado en la Cuenca del Caguán-Putumayo; en este campo se perforaron con el equipo HH 15 pozos consecutivos con una profundidad vertical máxima de 6373 Ft encontrada en un pozo desviado. No se presentó ningún problema de pega de tubería y se logró un ahorro de aproximadamente 3 días por pozo realizándolos en 14 días de los 17 días planificados inicialmente, acumulando un ahorro total de 33 días.

*Campaña Hocol (La Hocha).* La Hocha es un campo ubicado en el departamento del Huila en el cual el equipo perforo un pozo vertical a una profundidad de 4600 Ft sin registrar ningún tipo de pega.

*Campaña Ecopetrol (Llanito)*. El llanito es un campo ubicado en la cuenca del valle medio del Magdalena donde se perforaron 14 pozos consecutivos con el equipo hidráulico alcanzando una profundidad vertical máxima de 7970 Ft sin registrar ninguna pega de tubería. El equipo permitió la reducción del tiempo de perforación de 15 días planificados a 12,3 días, lo cual genera un acumulado de 38 días de reducción de tiempo.

- Rig Down

**Tabla 8.** Rig Down del taladro PW 150

RIG DOWN PW 150		
2013	2014	2015
1,10%	0,14%	0,42%

Fuente: Petroworks S.A

- Tiempos de movilización y Layout

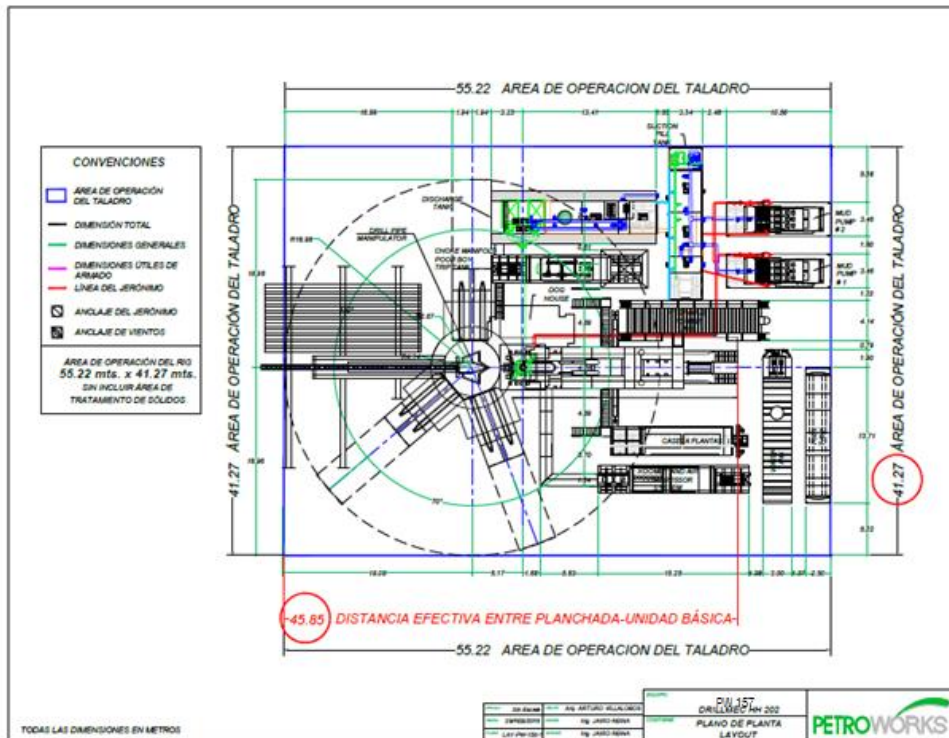
**Tabla 9.** Tiempos de movilización del taladro PW 150

	HH220	Taladro convencional
Misma locación, trasladando solo el taladro.	18 horas	28 horas
Misma Localización Trasladando todo el equipo	24 horas	36 horas
0 Km – 15 Km	36 horas	48 horas
15 Km – 30 Km	48 horas	56 horas

Fuente: Petroworks S.A

El área para el taladro PW 150 es de 2.255 m<sup>2</sup> aproximadamente, son áreas reales de proyectos ya realizados y de esta manera se ve el ahorro de área de trabajo.

**Figura 46.** Área de operación del taladro PW 150



Fuente: Petroworks S.A

- Estadísticas HSE

**Tabla 10.** Valores HSE del taladro 150

ESTADÍSTICAS DE HSE PW 150							
2012		2013		2014		2015	
HHT	IFI	HHT	IFI	HHT	IFI	HHT	IFI
175229	0,0	191104	1,0	153587	0,0	75411	1,9

Fuente: Petroworks S.A

### 4.3 TALADRO PW 157 (1000Hp) – DRILLMEC SERIE HH220

Esta unidad es un taladro de talla media con una potencia de 1000Hp, construido en el año 2013; es similar al equipo PW 150 con capacidad de alcanzar

profundidades de hasta 10000 Ft. Fue usado por la compañía Petroworks con el propósito de perforar 52 pozos en su primera campaña.

*Campaña Pacific E&P (Rubiales y Quifa).* En la campaña realizada se perforaron exitosamente 52 pozos consecutivos sin que se registrara ninguna pega de tubería. Se generó una reducción en los tiempos de 15 días a tan solo 9,5 días, esto fue ayudado por los avances tecnológicos y el mejoramiento en el movimiento de cargas denominado “Fast move”.

- Rig Down

**Tabla 11.** Rig Down del taladro PW 157

RIG DOWN PW 157		
2013	2014	2015
0,13%	1,48%	0,19%

Fuente: Petroworks S.A

- Tiempos de movilización y Layout

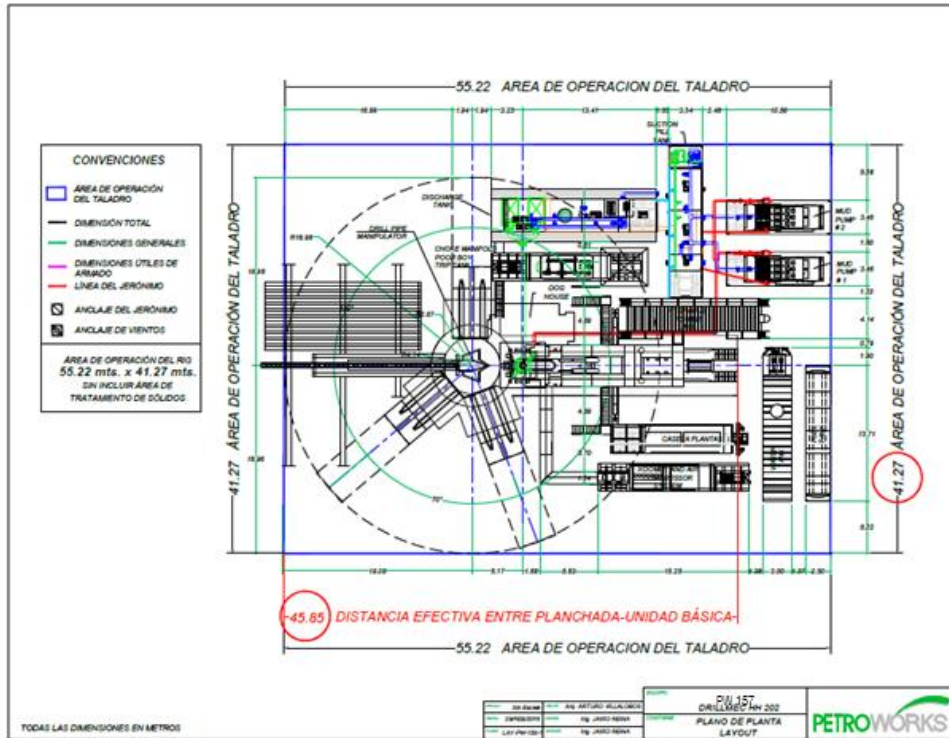
**Tabla 12.** Tiempos de movilización del taladro PW 157

	HH220	Taladro convencional
Misma locación, trasladando solo el taladro.	18 horas	28 horas
Misma Localización Traslado todo el equipo	24 horas	36 horas
0 Km – 15 Km	36 horas	48 horas
15 Km – 30 Km	48 horas	56 horas

Fuente: Petroworks S.A

El área para el taladro PW 157 es de 2.255 m<sup>2</sup> aproximadamente igual que la del taladro PW 150.

**Figura 47.** Área de operación del taladro PW 157



Fuente: Petroworks S.A

- Estadísticas HSE

**Tabla 13.** Valores HSE del taladro 157

ESTADISTICAS DE HSE PW 157					
2013		2014		2015	
HHT	IFI	HHT	IFI	HHT	IFI
61308	0,0	148938	0,0	143333	0,0

Fuente: Petroworks S.A

#### 4.4 TALADRO PW 147 (1500Hp) – DRILLMEC SERIE HH350

Este equipo es el más grande con el que cuenta Petroworks. Fue construido en el año 2011 con una potencia de 1500 Hp y cuenta con una capacidad de alcanzar hasta 12000 Ft, fue usado para la perforación de 32 pozos.

*Campaña Gran Tierra (Costayaco).* El campo Costayaco está ubicado en la cuenca Caguán-Putumayo y allí se perforo un único pozo en la campaña; este pozo tuvo una duración de 31 días, logrando una reducción de tiempo puesto que estaba planeado para 34. No se presentó ninguna pega de tubería siendo un pozo desviado a 8879 Ft de profundidad vertical.

*Campaña Ecopetrol (Yariguies).* Este campo se encuentra en la cuenca del Valle medio de Magdalena y allí se perforaron 26 pozos, los pozos se lograron terminar en 14 días permitiendo un ahorro de 3 días en cada uno generando un ahorro acumulado de más de 50 días. No se presentó ninguna pega.

*Campaña Wogsa (Llanos 34).* En la campaña de Wogsa se perforaron 5 pozos con un tiempo promedio de 32 días de 35 planeados con un ahorro estimado de 15 días sin que se registrara ninguna pega de tubería.

- Rig Down.

**Tabla 14.** Rig Down del taladro PW 147

RIG DOWN PW 147		
2013	2014	2015
2,28%	1,13%	1,01%

Fuente: Petroworks S.A

- Tiempos de movilización y Layout.

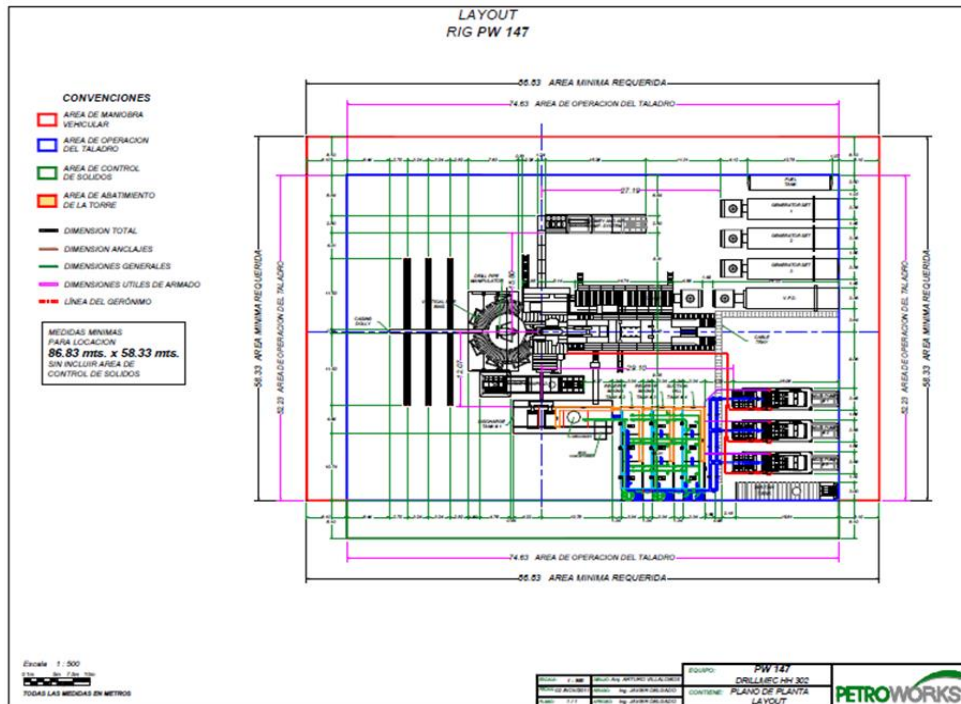
**Tabla 15.** Tiempos de movilización del taladro PW 147

	HH350	Taladro convencional
Misma locación, trasladando solo el taladro.	2 Días	2,5 Días
Misma Localización Trasladando todo el equipo	3 Días	3,5 Días
0 Km – 15 Km	5 Días	6 Días
15 Km – 30 Km	6 Días	7 Días

Fuente: Petroworks S.A

El área para el taladro PW 147 de 1500 Hp es de 4.988 m<sup>2</sup> aproximadamente.

**Figura 48.** Área de operación del taladro PW 147



Fuente: Petroworks S.A

- Estadísticas HSE

**Tabla 16.** Valores HSE del taladro 147

ESTADÍSTICAS DE HSE PW 147							
2012		2013		2014		2015	
HHT	IFI	HHT	IFI	HHT	IFI	HHT	IFI
92955	0,0	62202	0,0	212930	0,0	225566	0,0

Fuente: Petroworks S.A

#### 4.5 CASOS ESPECIALES

- El día 7 de Febrero del año 2015 se inició la perforación del pozo Cantagallo-157 a 7000 Ft de profundidad, este pozo estaba planeado para 14 días pero fue terminado en tan solo 9,54 días convirtiéndose así en el pozo más rápido perforado allí en su momento, todo eso fue resultado de:
  - Utilización de equipo hidráulico de última tecnología con perforado automático.
  - Optimización de parámetros de perforación con MSE (Energía Mecánica Especifica).
  - Eliminación de viajes intermedios de calibración del hueco.
  - Implementación de mejores prácticas operativas.
- En el campo Costayaco se perforo el Pozo Costayaco-18 el cual en su momento estableció record en los tiempos de perforación en toda la historia siendo perforado en tan solo 31 días de los 43 planeados generando un ahorro de aproximadamente 1,6 millones de dólares. Esto se logró debido al uso de taladro de perforación de última tecnología, nuevas tecnologías en brocas, revestimientos y herramientas generales y al uso de un nuevo diseño en el fluido de perforación, siendo este un pozo exitoso pozo experimental.

## 5. PARÁMETROS DE SELECCIÓN DE TALADROS DE PERFORACIÓN

La perforación de un pozo es un procedimiento en el cual intervienen una gran cantidad de equipos que deben tener un buen desempeño para que el objetivo en común sea logrado. El taladro de perforación es uno de los más valiosos instrumentos durante las operaciones; es por ello que la correcta selección de un taladro de perforación es un procedimiento muy importante para la ejecución exitosa de un proyecto de perforación de un pozo petrolero. Para asegurar lograr la correcta escogencia se debe desarrollar un análisis integral de los requerimientos que evalúen los parámetros a los que va a ser sometido el equipo ya sean físicos, técnicos o legales; posteriormente se debe estudiar la viabilidad que presentan cada uno de los equipos disponibles para la ejecución de sus tareas según la comparación de los requerimientos determinados con las virtudes ofrecidas por cada uno de los ellos garantizando que el resultado del proceso sea eficiente y técnicamente rentable.

Las empresas operadoras son las encargadas de la administración del campo que será explotado y son ellas quienes encomiendan la tarea de perforación a una empresa especializada previamente seleccionada. Para lograr ser seleccionada dicha empresa debe poner a disposición las características técnicas de los taladros y equipos con los que disponen para así analizar cuan viable será su uso en los proyectos; las empresas operadoras toman las propuestas en consideración y evalúan diversos parámetros según los requerimientos de la campaña a realizar como pueden ser el fácil transporte del equipo, si se planea perforar varios pozos consecutivos con el mismo, la capacidad de carga que es la que determina la profundidad máxima a la que se puede perforar, costos de trabajo del taladro y sus equipos auxiliares como sistemas de lodo o seguridad y la calidad, tradición, seriedad y confiabilidad de la compañía.

En este proyecto realizaremos un estudio de los parámetros de selección referentes a las capacidades y virtudes únicamente al taladro de perforación y su sistema de levantamiento.

## **5.1 PROCESO DE SELECCIÓN**

El proceso de selección de los taladros según la metodología planteada por el Instituto Americano del Petróleo (API) en su documento “API BULL D10 Procedure for Selecting Rotary Drilling Equipment” se puede reducir a tres simples pasos que son establecer las necesidades para la operación en el campo, el cálculo de los factores de seguridad de dichos requerimientos y la posterior comparación con los equipos disponibles para la campaña.

### **5.1.1 Requerimientos de operación**

Los requerimientos de operación son establecidos por la empresa operadora del campo teniendo en cuenta los estudios inscritos dentro de la prognosis geológica y el plan de desarrollo de la campaña de perforación. Con esta información en adición al estudio de los pozos de correlación (Si existen) se desarrolla el estado mecánico del pozo, el cual debe incluir una información suficiente sobre el diseño total del pozo y los tipos de formaciones a perforar.

Los parámetros de operación a los que se someten los taladros de perforación y deben ser analizados para los procesos de selección son:

- **Facilidad de transporte.** La facilidad de transporte puede llegar a ser uno de los factores más importantes en la selección de un taladro debido a que muchos de las ubicaciones en las que se desea perforar son sitios de difícil acceso que requieren la construcción de vías para ser alcanzados. Estas vías deben ser diseñadas según los requerimientos de los vehículos que transportan los taladros; también muchas campañas de perforación requieren que el taladro sea

movilizado constantemente al finalizar un pozo hasta un nuevo objetivo para iniciar nuevamente el proceso de perforación. Es por esto que puede ser requerido que los procesos de instalación y desinstalación sean rápidos para no gastar tanto tiempo en operaciones tan frecuentes; las facilidades para el transporte del taladro las determinan el diseño de fábrica del mismo.

- Profundidad máxima del pozo. La profundidad máxima que puede ser alcanzada en un pozo por el taladro es ciertamente una gran limitante en su elección. La profundidad es un dato que debe estar registrado en el estado mecánico del pozo; la profundidad máxima que puede ser alcanzada está relacionada directamente con el peso máximo que puede ser soportado por el taladro, el cual está determinado por la capacidad de carga máxima del mismo. Este referente debe ser entregado por los dueños del equipo al momento de inscribir su taladro a la convocatoria de la compañía.
- Diámetros máximos de tubería. Los diámetros máximos de tubería que pueden ser usados por el equipo son determinados por las herramientas en superficie. Es importante el conocimiento de este valor para la selección puesto que algunos pozos precisan el uso de diámetros grandes de tubería para la compartimentación del pozo en un mayor número de fases y si el taladro es muy pequeño probablemente no sea apto para el uso de los diámetros requeridos.
- Rangos de tuberías usados según los esfuerzos estimados. Los estudios del estado mecánico del pozo y otros documentos tal como la prognosis geológica nos indican los valores de esfuerzos a los que se espera que la tubería de perforación sea sometida dentro del pozo. Con base a estos datos se determina el grado de tubería que debe ser usada. La selección de este grado y clase de la tubería nos indica los valores de la densidad lineal (Lb/ft) de la misma y con ella se calcula el peso total de la sarta que debe ser cargada por el taladro. Este

parámetro se relaciona directamente con la capacidad de carga máxima del equipo.

- Alturas requeridas. La altura requerida por la mesa es un valor que dicta el tamaño del sistema de seguridad (BOP) y está vinculado al tipo de pozo que se perfora, el tipo de yacimiento en el objetivo y los fluidos que este contiene. En el caso de requerirse un preventor doble debe ser necesario que este pueda ser instalado fácilmente en el área bajo la mesa. Para ello es importante que tenga la altura requerida.
- Tiempo no productivo. El tiempo no productivo (NPT, por sus siglas en inglés No Productive Time) es definido como tiempo en el cual el taladro se encuentra inoperativo por alguna razón. Son muchos los diversos factores que influyen en la generación de tiempo no productivo. Este lapso de tiempo genera costos que la empresa debe costear sin que el proyecto avance y es por ello que el NPT es un valor que puede ser determinante en la selección del taladro.
- Seguridad en el equipo. La seguridad en los taladros es un parámetro muy importante para las empresas operadoras debido a que los accidentes que se puedan registrar en los equipos generan costos adicionales e implicaciones legales que se deben afrontar.
- Medio ambiente. Las compañías han tomado conciencia ambiental lo que las motiva a la elección de equipos que le ofrezcan ventajas ambientales por sobre otros, como pueden ser la reducción de la contaminación, o del área requerida para la construcción.

### **5.1.2 Cálculo de los factores de seguridad**

Muchos de los parámetros registrados anteriormente son valores estimados que pueden o no ser mayores o menores a los reales. Es por esto la importancia de aplicar valores de seguridad. Una subestimación de alguno puede resultar en pérdidas sustanciales de dinero, equipos y hasta del pozo por completo.

### **5.1.3 Comparación de los valores obtenidos con los equipos disponibles**

Una vez realizados los cálculos, la empresa operadora procede a hacer comparaciones entre los resultados y los valores brindados por cada uno de los dueños de los equipos, descartando así los que no cumplan con los requisitos estipulados.

Posteriormente la compañía puede contratar todos los equipos que cumplan los criterios si la campaña lo requiere o hacer comparaciones más minuciosas de los demás factores entre los equipos disponibles, depurando la lista hasta tener únicamente los necesarios para el planeado proceso.

## 6. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS CASOS MUESTRA

En este capítulo se abordara el análisis directo entre dos muestras de pozos para dar un sustento real a las ventajas que se puedan presentar debido a las diferencias de los dos taladros basados en la comparación de los tiempos registrados para la terminación del pozo.

### 6.1 DATOS RECOPIRADOS

Los siguientes datos son valores verdaderos que fueron registrados en los reportes diarios de perforación de dos pozos horizontales ubicados en el campo Quifa a una distancia aproximada de 10km entre sí. Estos pozos fueron diseñados idénticamente y perforados por la empresa Petroworks con equipos similares (1000Hp) marca Drillmec, uno hidráulico (PW157) y el otro convencional (PW137).

El campo Quifa está ubicado en la cuenca de los llanos orientales, la cual es de tipo antepaís, dicha cuenca tiene como formación generadora a Gacheta y como roca reservorio a Carbonera, Mirador, Gacheta y Guadalupe.

- **POZO QUIFA 509 (EQUIPO HIDRÁULICO PW 157)**

#### **Fase 1 (12 ¼")**

**Tabla 17.** Datos del pozo Quifa 509 – Fase 1

Día	Tiempo (hr)	Descripción
10/12/2016	1	Se perforo fase 12 ¼ con BHA #1 hasta 260 ft a 100 RPM.
	0,5	Se sacó BHA #1 desde 260 ft hasta superficie.
	1	Bajo casing de 9 5/8 hasta 255 ft.
<b>TOTAL</b>	2,5	

**Fase 2 (8 ½")**

**Tabla 18.** Datos del pozo Quifa 509 – Fase 2

Día	Tiempo (hr)	Descripción
11/12/2016	3	Se arma BHA #2 y se baja hasta el tope de cemento.
	0,5	Drill out desde 243 hasta 260.
	8	Se continuo perforando la fase 8 ½, hasta 1671 ft a 70 RPM.
	4,5	Se continua perforando con BHA #2, con herramienta direccional Halliburton, broca 8 ½ PDC, orientado, deslizando y realizando toma de survey desde 1671 ft hasta 2174 ft a 70 RPM.
12/12/2016	2	Continúo perforando con BHA #2, desde 2174 ft hasta 2454 ft a 70 RPM.
	1,5	Se sacó BHA #2, viaje de acondicionamiento desde 2454 ft hasta 281 ft.
	2	Se bajó BHA # 2 desde 281 ft hasta 2545 ft a 50 RPM.
	3	Continúo perforando con BHA #2, desde 2545 ft hasta 2671 ft a 70 RPM.
	5	Continua perforando fase 8 ½, siguiendo plan direccional desde 2671 ft hasta 3024 ft a 70 RPM.
	5	Continua perforando con BHA #2, realizando toma de survey desde 3024 ft hasta 3383 ft a 70 RPM.
13/12/2016	5	Continuo perforando BHA #2 realizando toma de survey desde 3383 ft hasta 3691 ft a 70 RPM.
	4,5	Continuo perforando fase de 8 ½, con herramienta direccional rotando y deslizando desde 3691 ft hasta 3977 ft a 70 RPM.
	2,5	Realizo viaje corto de acondicionamiento de hueco de 8 ½ desde 3977 ft hasta 2454 ft; Se realizó back reaming desde 3075 ft hasta 2892 ft.
	2	Bajo sarta con BHA #2 desde 2454 ft hasta 3977 ft.
	2	Continúo perforando BHA #2 desde 3977 hasta 4065 ft.
	5	Continuo perforando BHA #2, con herramienta direccional Halliburton, broca 8 ½ PDC, realizando toma de survey desde 4065 ft hasta 4290 ft a 70 RPM.
14/12/2016	1	Continúo perforando BHA #2, desde 4290 ft hasta 4356 ft. Se sacó desde 4356 ft hasta 4200 ft.
	2	Inicio a sacar BHA #2, con herramienta direccional Halliburton desde 4200 ft hasta 3790 ft. En la profundidad de 4078 ft se presentó restricción, 20.000 Lbs de tensión, se trabajó sarta mecánicamente.

		Desde la profundidad de 4046 ft comenzó a sacar con bomba y realizó backreaming por tensión de 20000 Lbs, repasando dos veces hasta la profundidad de 3790 ft.
	1,5	Continúa sacando BHA #2, con herramienta direccional Halliburton desde 3790 ft hasta 2900 ft, a la profundidad de 3726 ft se presentó restricción con 20000 de tensión, se sacó con bomba y repaso dos veces.
	4,5	Continúa sacando BHA #2 con herramienta direccional desde 2900 ft hasta 122 ft, llevando control del llenado cada cinco juntas por línea del Kill line.
	1	Saco quebrando herramientas direccionales desde 122 ft hasta superficie.
	2	Bajo casing de 7" desde superficie hasta 1886 ft.
	3,5	Continúa bajando casing desde 1886 ft hasta 4350 ft zapato. Rompiendo circulación cada 500 ft y circulando cada 1000 ft.
<b>TOTAL</b>	71	

### Fase 3 (6 1/8")

**Tabla 19.** Datos del pozo Quifa 509 – Fase 3

Día	Tiempo (hr)	Descripción
<b>15/12/2016</b>	3,5	Armo BHA #3 de limpieza con broca TRC 6 1/8 y bajo desde superficie hasta 4267 ft, tope cemento.
	1,5	Drill out desde 4267 hasta 4356 ft.
	1	Saco BHA #3 de limpieza con broca 6 1/8 desde 4356 ft hasta 2600 ft.
	2	Continúa sacando BHA #3 de limpieza con broca 6 1/8 y desde 2600 ft hasta superficie.
<b>16/12/2016</b>	1	Armando BHA #4 Direccional desde superficie hasta 99.31 ft.
	4,5	Bajo con BHA #4 herramienta direccional, Broca PDC 6 1/8, desde 125 ft hasta 4356 ft.
	6,5	Ajusto parámetros inicio a navegar en arenas basales con herramienta direccional, Broca 6 1/8, desde 4356 ft hasta 4955 ft a 60 RPM.
	1,5	Inicio viaje acondicionamiento desde 4910 ft hasta 4336 ft (huevo viejo). Inicia a bajar viaje de acondicionamiento desde 4336 ft hasta 4955 ft.

	2,5	Continúa perforando con BHA #4 herramienta direccional Broca 6 1/8 PDC, desde 4955 ft hasta 5264 ft a 60 RPM.
17/12/2016	5	Continúa perforando con BHA #4 herramienta direccional Broca 6 1/8 PDC, desde 5264 ft hasta 5510 ft a 60 RPM Nota: Sacó DP #85, según tally por sello malo. Sacó desde 5510 ft hasta 5449 ft, DP #86.
	1,5	Continúo sacando desde 5449 ft hasta 4955 ft.
	1	Regreso a fondo desde 4955 ft hasta 5510 ft.
	1	Saco BHA #4 con herramienta direccional desde 5510 ft hasta 4336 ft, 20 ft arriba del zapato de 7", llevo control de llenado cada 7 juntas por Kill Line.
	1	Continuo sacando BHA #4 con herramienta direccional desde 4336 ft hasta 3336 ft base de la tangente, llevando control de llenado cada 7 juntas afuera.
	2,5	Continuo sacando BHA #4 con herramienta direccional desde 3336 ft hasta 130,44 ft, llevando control de llenado cada 7 juntas afuera por la línea Kill Line
	1	Quebró herramientas direccionales desde 130.44 ft hasta superficie, descargo motor.
	<b>TOTAL</b>	37

- **POZO QUIFA 284 (EQUIPO CONVENCIONAL PW 137)**

#### Parada de tubería

**Tabla 20.** Datos del pozo Quifa 509 – Fase 2

Día	Tiempo (hr)	Descripción
12/12/2016	5	Se paran tuberías dobles de 4".

### Fase 1 (12 ¼")

**Tabla 21.** Datos del pozo Quifa 284 – Fase 1

Día	Tiempo (hr)	Descripción
13/12/2016	2	Arme de BHA con broca 12 ¼ PDC e inicio de perforación hasta 145 ft a 40/50 RPM
	1	Se continua perforando la primera fase de 12 ¼ desde 145 ft hasta 250 ft a 80 / 100 RPM
	1	Inicio sacar a la torre en paradas 3 dobles de HW y quebró a dos racks, 2 juntas, Bit Sub y Bit PDC 12 ¼
	2	Acondicionar mesa, acoplar herramientas para bajar revestimiento de 9 5/8, Probar CRT, bajar revestimiento desde superficie hasta 245 ft.
<b>TOTAL</b>	<b>6</b>	

### Fase 2 (8 ½")

**Tabla 22.** Datos del pozo Quifa 284 – Fase 2

Día	Tiempo (hr)	Descripción
13/12/2016	2	Realizando arme BHA # 2, direccional con Bit PDC 8 ½ ft, a una MD 154 ft.
14/12/2016	0,5	Continúo bajando hasta tope de cemento a 242 ft.
	0,5	Drill out desde 242 hasta 250 ft.
	3,5	Continúo perforando con parámetros dirigidos por personal de Halliburton desde 250 ft hasta una MD de 510 ft, a 40 RPM
	6	Perforando fase dos de 8 ½ con la herramienta direccional de acuerdo al plan desde 510 ft hasta 605 ft, a 40 RPM. Continuando perforando fase 8 ½ con herramienta direccional de acuerdo al programa desde 605 ft hasta 1230 ft, a 40 RPM
	4	Continuando perforando fase 2 con herramienta direccional desde 1230 ft hasta 1632 ft a 50 RPM.
	1	Continuando perforando fase dos, (Formación León) con herramienta direccional de acuerdo al programa. Desde 1632 ft hasta 1756 ft, a 50 RPM.
	4	Continuamos perforando con parámetros controlados por Halliburton, llegando a una MD 2126 ft, a 40 RPM.
15/12/2016	0,5	Se terminó de perforar llegando a una profundidad de 2310 ft, se procede a circular bombeando píldora viscosa.
	2	Sacando tubería DpHw 4" hasta 235 ft,

	2	Bajando sarta de BHA #2 direccional (Viaje de acondicionamiento) hasta 2310 ft.
	5	Oriento herramienta direccional e inicio perforación con BHA N° 2 Direccional de acuerdo al programa desde 2310 ft hasta 2660 ft.
	6	Continúa perforando deslizando con el BHA N°2, direccional Fase 8 ½, desde 2660 ft hasta 3094 ft.
	2	Se bombea píldora de limpieza y se continuó perforando hasta una profundidad de 3320 ft.
<b>16/12/2016</b>	5,5	Se continuó perforando hasta una profundidad de 3563 ft.
	3	Inicio sacar sarta con BHA direccional desde 3563 ft hasta 2310 ft, (observo punto apretado a 2998 ft) se corrigió, Volvió a fondo y bajo circulando última parada por diez minutos (reciproco sarta).
	3	Se continuo perforando fase dos de 8 ½, con BHA direccional en arenas basales desde 3564 ft hasta 3665 ft.
	2,5	Continuo perforando fase 2 de 8 ½, con BHA direccional en arenas basales desde 3665 ft hasta 3847 ft.
	4	Realizo viaje de acondicionamiento desde 3847 ft hasta 3564 ft, Volvió a fondo circulando última parada a 3847 ft, Saco una parada más una junta y ubico sarta a 3754 ft. Circulo píldora viscosa, fondos arriba retornos limpios, reciproco sarta desde 2847 ft hasta 3754 ft. Se bombeo 20 Bls de píldora pesada, se sacó sarta con BHA #2 direccional desde 3754 hasta 1563.
	3	Quebrando BHA # 2, direccional, drilling Jar. Quebrando a los racks herramienta direccional, del personal de Halliburton.
	2	Acondicionamiento de herramienta y equipo "CRT" para corrida de revestimiento de casing de 7". Se conecta y torquea casing, torqueando con CRT, bajando con collar las primeras diez juntas, profundidad de 158 ft.
<b>17/12/2016</b>	2	Continuo bajando tubería de casing 7", llegando a una profundidad de 284 ft, obteniendo restricción, trabajo de sarta.
	6	Continúo bajando casing de 7", llegando a una profundidad de 3729 ft. Retiro CRT y extensión de los brazos, instalar grilletes, soportes, instalar cabezal de cementación, válvulas y líneas.
<b>TOTAL</b>	<b>70</b>	

**Fase 3 (6 1/8")**

**Tabla 23.** Datos del pozo Quifa 284 – Fase 3

Día	Tiempo (hr)	Descripción
<b>18/12/2016</b>	3,5	Armar y bajar BHA # 3 de limpieza con broca 6 ½ hasta 3738 ft (tope de cemento).
	1	Drill out desde 3738 hasta 3744 ft.
	2	Se continuó perforando hasta 3818 ft.
	2,5	Sacar sarta y BHA #3 de limpieza desde 3818 ft hasta superficie
	7,5	Arme de BHA N° 4 Direccional de geo navegación sección 6 1/8, Bajando hasta una profundidad de 2014 ft.
<b>19/12/2016</b>	2	Continúo bajando hasta 3818 ft.
	3,5	Continúo perforando con parámetros controlados por personal de Sperry – Halliburton a una profundidad de 3818 ft hasta 4069 ft, a 40 RPM.
	1	Continuando geonavegando en arenas basales fase 6 1/8, herramienta direccional desde 4069 ft hasta 4129 ft.
	4,5	Sacar sarta desde 4129 ft hasta 3815 ft (viaje de acondicionamiento), bajo sarta a fondo y continuó geonavegando con arenas basales de acuerdo al programa desde 4129 ft hasta 4255 ft.
	1,5	Realizo viaje de acondicionamiento desde 4255 ft hasta 3823 ft y se volvió a fondo circulando.
	1	Saco sarta con herramienta direccional de geonavegacion desde 4255 ft hasta 3795 ft.
	1	Continuo sacando sarta desde 3795 ft hasta 3096 ft (base de la tangente) inclinación 60°.
	3,5	Continúo sacando sarta con BHA #4 desde 3095 ft hasta superficie.
	<b>TOTAL</b>	<b>34,5</b>

## 6.2 MÉTODO DE ANÁLISIS

El método de análisis que será empleado será una comparación directa de los tiempos registrados en las operaciones de perforación y corridas de tubería y revestimiento, todo esto teniendo en cuenta las diferencias de profundidades alcanzadas

A continuación se agrupan los tiempos registrados por cada uno de los taladros en cada una de las operaciones en sus respectivas fases.

### 6.2.1 Perforación

#### POZO QUIFA 509 (EQUIPO HIDRÁULICO PW 157)

**Tabla 24.** Tiempos de perforación del pozo Quifa 509

Día	Fase	Tiempo (hr)	Descripción
10/12/2016	12 ¼"	1	Se perforo fase 12 ¼ con BHA #1 hasta 260 ft a 100 RPM
<b>TOTAL</b>		1	
11/12/2016	8 ½"	0,5	Drill out desde 243 hasta 260.
		8	Se continuo perforando la fase 8 ½, hasta 1671 ft.
		4,5	Se continúa perforando con BHA #2, desde 1671 ft hasta 2174 ft.
12/12/2016		2	Continúo perforando con BHA #2, desde 2174 ft hasta 2545 ft.
		3	Continúo perforando con BHA #2, desde 2545 ft hasta 2671 ft.
		5	Continua perforando fase 8 ½, desde 2671 ft hasta 3024 ft.
		5	Continúa perforando con BHA #2, desde 3024 ft hasta 3383 ft.
13/12/2016		5	Continúo perforando con BHA #2 desde 3383 ft hasta 3691 ft.
		4,5	Continuo perforando fase de 8 ½, desde 3691 ft hasta 3977 ft.

		2	Continúo perforando BHA #2 desde 3977 hasta 4065 ft.
		5	Continúo perforando BHA #2, desde 4065 ft hasta 4290 ft.
14/12/2016		0,5	Continúo perforando BHA #2, desde 4290 ft hasta 4356 ft.
<b>TOTAL</b>		45	
15/12/2016		1,5	Drill out desde 4267 hasta 4356 ft.
16/12/2016	6 1/8"	6,5	Inicio a navegar en arenas basales desde 4356 ft hasta 4955 ft.
		2,5	Continúa perforando con BHA #4 herramienta direccional Broca PDC 6 1/8, desde 4955 ft hasta 5264 ft.
17/12/2016		3	Continúa perforando, desde 5264 ft hasta 5510 ft.
<b>TOTAL</b>		13,5	
<b>TOTAL ACUMULADO</b>			<b>59,5 HORAS</b>

## POZO QUIFA 284 (EQUIPO CONVENCIONAL PW 137)

Tabla 25. Tiempos de perforación del pozo Quifa 284

Día	Fase	Tiempo (hr)	Descripción
13/12/2016	12 ¼"	2	Arme de BHA con broca 12 ¼ PDC e inicio de perforación hasta 145 ft.
		1	Se continua perforando la primera fase de 12 ¼ desde 145 ft hasta 250.
<b>TOTAL</b>		3	
14/12/2016	8 ½"	0,5	Drill out desde 242 hasta 250 ft.
		3,5	Continúo perforando con parámetros dirigidos por personal de Halliburton desde 250 ft hasta una MD de 510 ft
		6	Perforando fase dos de 8 ½ desde 510 ft hasta 1230 ft.
		4	Continuando perforando fase 2 desde 1230 ft hasta 1632 ft.
		1	Continuando perforando fase dos, (Formación León) desde 1632 ft hasta 1756 ft.
		4	Continuamos llegando a una MD 2126 ft.

15/12/2016		0,5	Se terminó de perforar llegando a una profundidad de 2310 ft.
		5	Inicio perforación con BHA N° 2 desde 2310 ft hasta 2660 ft.
		6	Continúa perforando desde 2660 ft hasta 3094 ft.
16/12/2016		5,5	Se continuó perforando hasta una profundidad de 3563 ft.
		3	Se continuó perforando fase dos desde 3564 ft hasta 3665 ft.
		2,5	Continúo perforando fase 2 en arenas basales desde 3665 ft hasta 3847 ft.
<b>TOTAL</b>		41,5	
18/12/2016	6 1/8"	1	Drill out desde 3738 hasta 3744 ft.
		2	Se continuó perforando hasta 3818 ft.
19/12/2016		3,5	Continúo perforando desde 3818 ft hasta 4069 ft.
		1	Continuando geonavegando en arenas basales desde 4069 ft hasta 4129 ft.
		4,5	Continúo geonavegando en arenas basales desde 4129 ft hasta 4255 ft.
<b>TOTAL</b>		12	
<b>TOTAL ACUMULADO</b>			<b>56,5 HORAS</b>

### 6.2.2 POOH (Put out of hole desde fondo)

#### POZO QUIFA 509 (EQUIPO HIDRÁULICO PW 157)

Tabla 26. Tiempos de POOH del pozo Quifa 509

Día	Fase	Tiempo (hr)	Descripción
10/12/2016	12 ¼"	0,5	Se sacó BHA #1 desde 260 ft hasta superficie.
<b>TOTAL</b>		0,5	
14/12/2016	8 ½"	2	Inicio a sacar BHA #2, con herramienta direccional Halliburton desde 4200 ft hasta 3790 ft.
		1,5	Continúa sacando BHA #2 desde 3790 ft hasta 2900 ft
		4,5	Continúa sacando BHA #2 desde 2900 ft hasta 122 ft.

		1	Sacó quebrando herramientas direccionales desde 122 ft hasta superficie.
<b>TOTAL</b>		9	
17/12/2016	6 1/8"	1	Saco BHA #4 desde 5510 ft hasta 4336 ft
		1	Continúo sacando BHA #4 desde 4336 ft hasta 3336 ft.
		2,5	Continúo sacando BHA #4 desde 3336 ft hasta 130,44 ft.
		1	Quebró herramientas direccionales desde 130.44 ft hasta superficie, descargo motor.
<b>TOTAL</b>		5,5	
<b>TOTAL ACUMULADO</b>			<b>14 HORAS</b>

### POZO QUIFA 284 (EQUIPO CONVENCIONAL PW 137)

Tabla 27. Tiempos de POOH del pozo Quifa 284

Día	Fase	Tiempo (hr)	Descripción
13/12/2016	12 ¼"	1	Inicio sacar a la torre en paradas 3 dobles de HW y quebró a dos racks, 2 juntas, Bit Sub y Bit PDC 12 ¼ desde 250 ft.
<b>TOTAL</b>		1	
16/12/2016	8 ½"	4	Se sacó sarta con BHA #2 direccional desde 3754 hasta 1563.
		3	Quebrando BHA # 2 y racks de herramienta direccional, del personal de Halliburton.
<b>TOTAL</b>		7	
19/12/2016	6 1/8"	1	Sacó sarta con herramienta direccional de geonavegacion desde 4255 ft hasta 3795 ft.
		1	Continuo sacando sarta desde 3795 ft hasta 3096 ft (base de la tangente) inclinación 60°.
		3,5	Continúo sacando sarta con BHA #4 desde 3095 ft hasta superficie.
<b>TOTAL</b>		5,5	
<b>TOTAL ACUMULADO</b>			<b>13,5 HORAS</b>

### 6.2.3 Corrida de revestimiento

#### POZO QUIFA 509 (EQUIPO HIDRÁULICO PW 157)

**Tabla 28.** Tiempos de corrida de revestimiento del pozo Quifa 509

Día	Fase	Tiempo (hr)	Descripción
10/12/2016	12 ¼"	1	Bajo casing de 9 5/8 hasta 255 ft.
<b>TOTAL</b>		1	
14/12/2016	8 ½"	2	Bajo casing de 7" desde superficie hasta 1886 ft.
		3,5	Continúa bajando casing desde 1886 ft hasta 4350 ft zapato.
<b>TOTAL</b>		5,5	
<b>TOTAL ACUMULADO</b>			<b>6,5 HORAS</b>

#### POZO QUIFA 284 (EQUIPO CONVENCIONAL PW 137)

**Tabla 29.** Tiempos de corrida de revestimiento del pozo Quifa 284

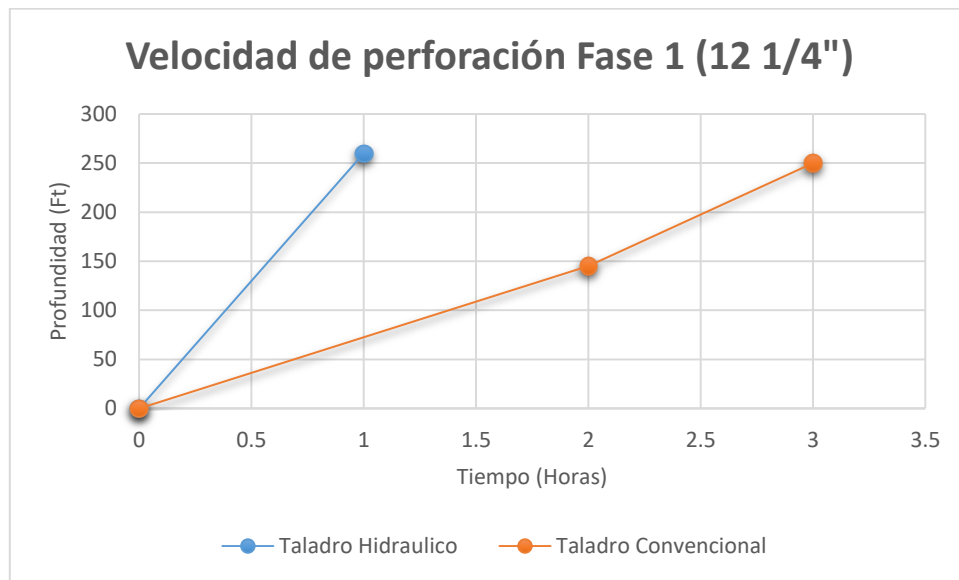
Día	Fase	Tiempo (hr)	Descripción
13/12/2016	12 ¼"	2	Probar CRT, bajar revestimiento desde superficie hasta 245 ft.
<b>TOTAL</b>		2	
16/12/2016	8 ½"	2	Se conecta y tornea casing, torqueando con CRT, bajando con collar las primeras diez juntas, profundidad de 158 ft.
17/12/2016		2	Continúo bajando tubería de casing 7", llegando a una profundidad de 284 ft.
		6	Continúo bajando casing de 7", llegando a una profundidad de 3729 ft.
<b>TOTAL</b>		8	
<b>TOTAL ACUMULADO</b>			<b>10 HORAS</b>

### 6.3 COMPARACIÓN GRAFICA DE LA MUESTRA

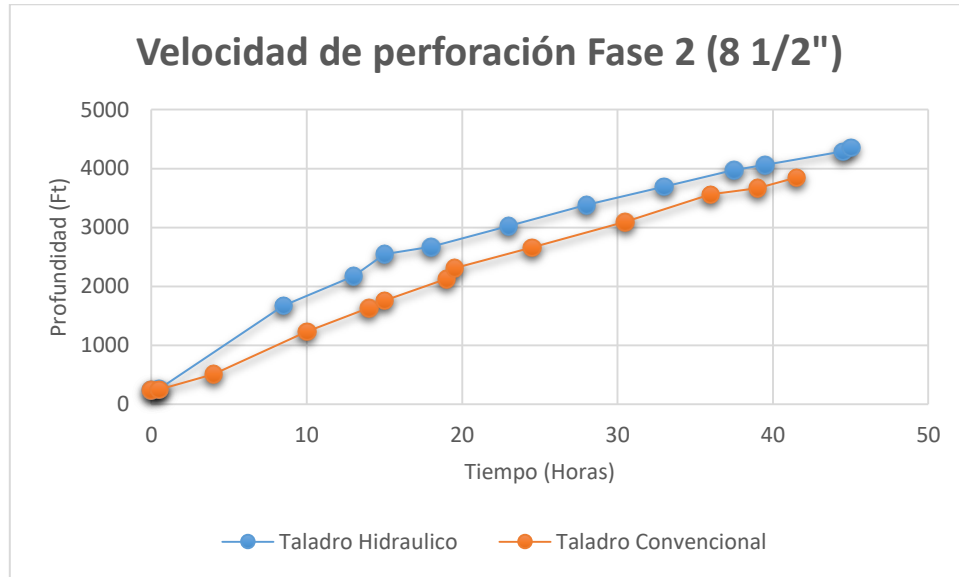
Se realizó un análisis con base a los datos de los reportes diarios de perforación de dos pozos perforados en el campo Quifa uno de ellos perforado con el taladro Hidráulico PW 157 y el otro pozo perforado con el taladro convencional PW 137.

Las variables analizadas son los tiempos y las profundidades de dichas operaciones (rig up, rig down). Estas variables serán analizadas con tablas y graficas donde se podrán comparar visualmente mediante curvas la velocidad de viaje y perforación en los dos diferentes taladros.

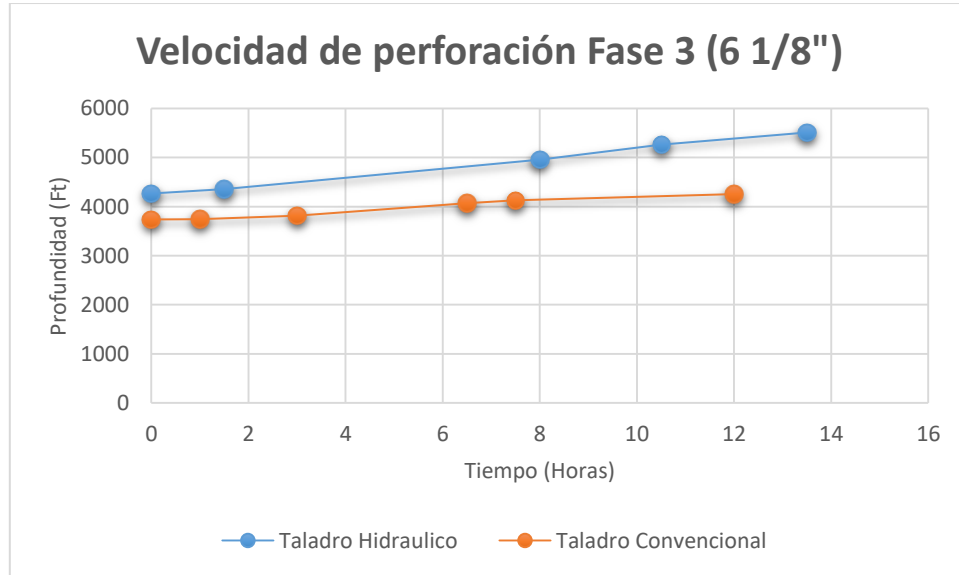
**Figura 49.** Comparación gráfica de velocidad de perforación en la fase 1



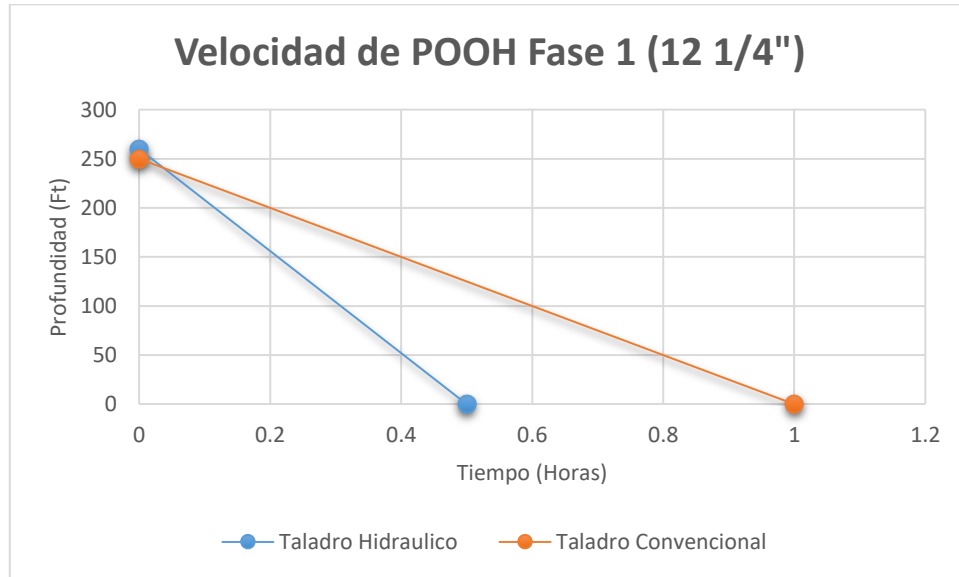
**Figura 50.** Comparación gráfica de velocidad de perforación en la fase 2



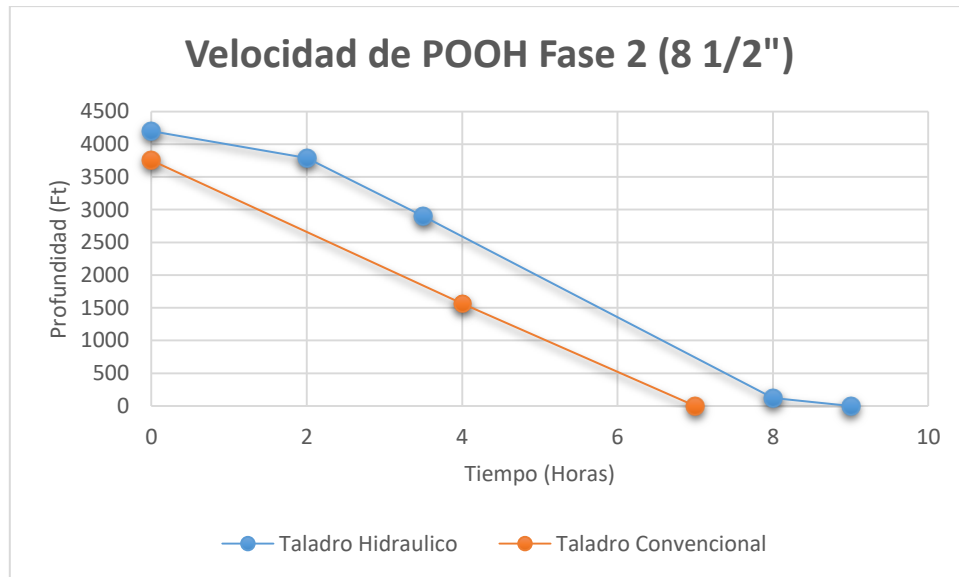
**Figura 51.** Comparación gráfica de velocidad de perforación en la fase 3.



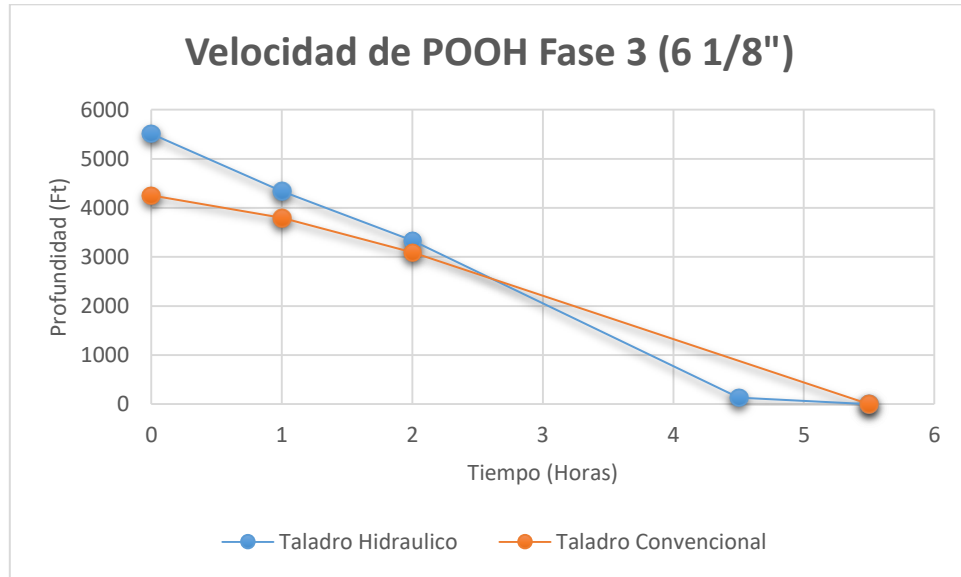
**Figura 52.** Comparación gráfica de sacada de tubería en la fase 1



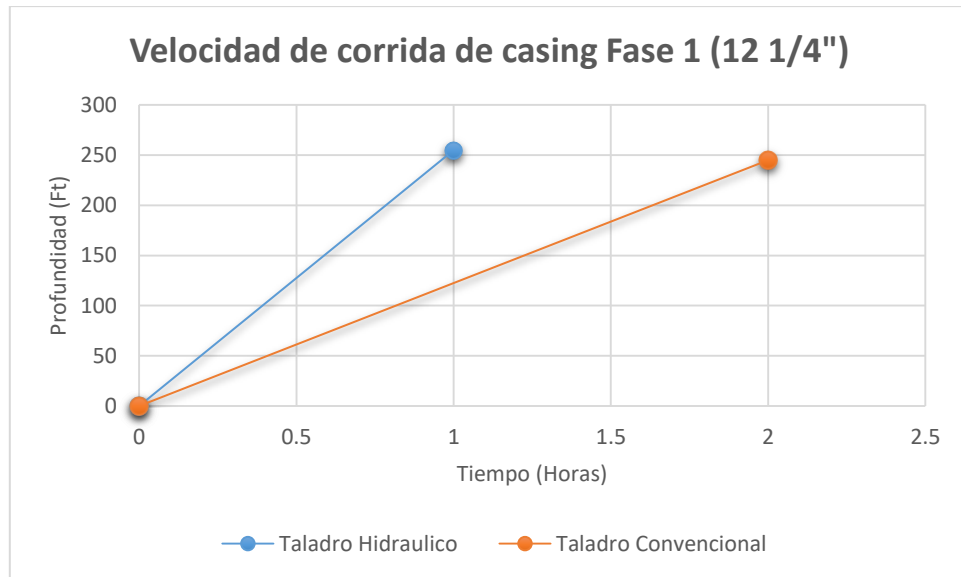
**Figura 53.** Comparación gráfica de sacada de tubería en la fase 2



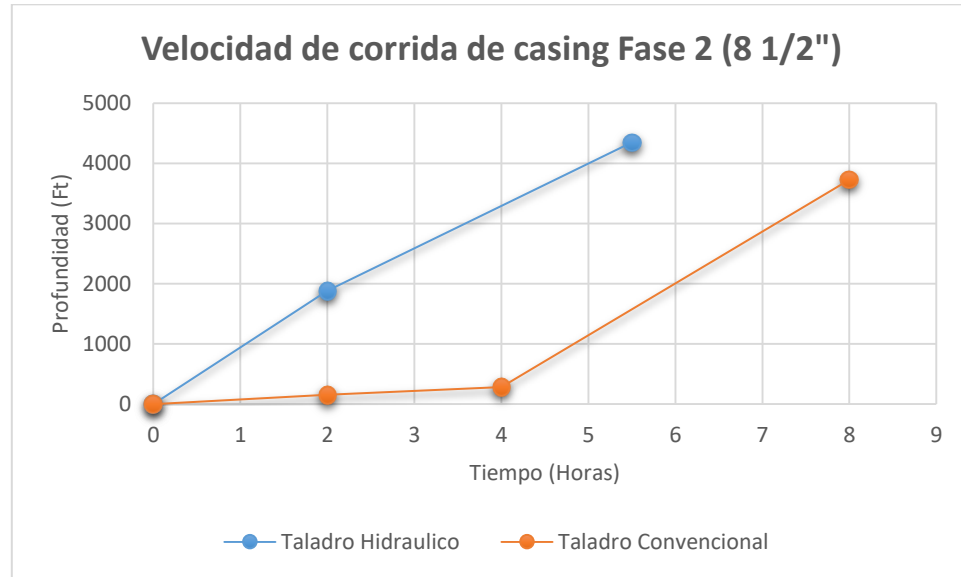
**Figura 54.** Comparación gráfica de sacada de tubería en la fase 3



**Figura 55.** Comparación grafica de corrida de revestimiento en la fase 1



**Figura 56.** Comparación grafica de corrida de revestimiento en la fase 2



## 6.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como ya se mencionó anteriormente los dos pozos perforados por los dos diferentes taladros estaban ubicados en el mismo campo y por ende perforaron las mismas formaciones con una gran similitud en sus espesores; esto supone condiciones similares para los dos equipos e implica que la divergencia de los datos está basada únicamente en el desempeño del equipo de perforación, más específicamente el sistema de levantamiento y herramientas auxiliares, obviando los otros sistemas pues son similares en los dos equipos.

### 6.4.1 Parada de tubería

Como mención especial cabe destacar que el equipo convencional tardó 5 horas parando y torqueando la tubería de perforación sobre la mesa de trabajo. Esta es una actividad que no es requerida en los taladros hidráulicos debido a que la tubería es transportada y almacenada en racks modulares instalados sobre un tráiler de

camión con jacks hidráulicos para ser posicionada verticalmente. Esto representa desde el inicio de la operación un ahorro importante para la empresa contratista puesto que se puede empezar con mayor presteza la perforación.

#### **6.4.2 Perforación**

- En la primera etapa de perforación (Fase No. 1) notamos una gran diferencia de velocidades de perforación, donde el taladro convencional perforo el hueco conductor (250 Ft) en aproximadamente 3 horas llegando a una velocidad promedio de 83Ft/hr, el equipo hidráulico logro realizar la misma operación de perforación (260 Ft) en tan solo una hora alcanzando velocidades promedio de 260Ft/hr, esto indica que el desempeño del equipo hidráulico fue tres veces mayor que el del equipo convencional.
- En la perforación de la segunda fase (8 ½”) lo primero que podemos notar es que el taladro hidráulico perforo una profundidad mayor, esta decisión fue tomada en base a su desempeño y se estableció que sería fructífero cambiar el diseño original del pozo para lograr una mayor rentabilidad en las etapas de producción, es por esto que se aprecia una diferencia de aproximadamente 510 ft de ventaja para el equipo hidráulico sobre el convencional, esta mayor profundidad permitirá una mayor longitud en la navegación horizontal del pozo. Los tiempos de perforación fueron un poco menores en los equipos convencionales por la diferencia de profundidades mencionadas pero las velocidades de perforación observadas son ligeramente mayores en los hidráulicos sobre los convencionales siendo estas aproximadamente 92Ft/hr y 87Ft/hr respectivamente.
- La tercera fase era la correspondiente a la navegación horizontal en donde cabe recalcar que nuevamente el equipo hidráulico alcanzo una profundidad mayor que el equipo convencional navegando aproximadamente 1260Ft mas, debido a esto, el área que puede ser drenada por el pozo perforado por el taladro hidráulico será mayor que la del equipo convencional lo que representara mayor

rentabilidad a futuro para la compañía operadora del campo, aun así el equipo hidráulico presento una velocidad de perforación dos veces más grande que la del equipo convencional siendo estas las siguientes: aproximadamente 92Ft/hr para el taladro hidráulico y 42Ft/hr para el convencional.

#### **6.4.3 POOH – Sacada de tubería**

Durante la perforación se generan varios viajes de tubería para repasar el hueco o para diversas operaciones, estos viajes solo pueden ser comparables cuando se requieren las mismas actividades y las distancias son similares, es por esto que se comparan los viajes de tubería de fondo hacia arriba en cada fase pues nos dan una idea de la velocidad real a la que se pueden realizar.

- En la sacada de la tubería de perforación de la primera fase notamos una reducción de tiempo a la mitad por parte del taladro hidráulico, como son distancias cortas su conversión a tiempo solo da un ahorro de media hora pero su comparación en velocidad nos indica que el equipo hidráulico puede duplicar la velocidad de los convencionales. Las velocidades de viaje en los equipos hidráulicos tienen a permanecer constantes pues son actividades automáticas y secuenciales con poca intervención de trabajadores. En lugar de eso las velocidades de los viajes en los equipos convencionales dependen de muchos factores incluido el estado anímico de los trabajadores.
- En la segunda fase encontramos velocidades de 467Ft/hr y 536Ft/hr para los taladros hidráulicos y convencionales respectivamente, en esta fase la velocidad de viaje de los equipos convencionales fue superior a la de los hidráulicos validando lo anteriormente dicho acerca de la variación de las velocidades de viaje por su dependencia de muchos factores.
- En la tercer y última fase notamos velocidades de aproximadamente 1000Ft/hr y 770Ft/hr para equipos hidráulicos y convencionales respectivamente, estas velocidades muestran una diferencia aplastante que favorece a los taladros hidráulicos, sumando estas velocidades a la mayor profundidad de perforación

que se logró con ellos apreciamos que se obtuvo un mejor desempeño en los equipos HH.

#### **6.4.4 Corrida de revestimiento**

- En la corrida del revestimiento de la primera fase nuevamente notamos que la velocidad del equipo hidráulico duplica la generada por el equipo convencional, esto se debe a las nuevas herramientas que lo hacen un taladro más eficiente.
- En la segunda corrida de revestimiento se puede apreciar que con el taladro hidráulico se llegó a un zapato ubicado 621 por debajo del zapato del pozo perforado con equipos convencionales y esto se logró en 2,5 horas menos con unas velocidades de 791Ft/hr y 466Ft/hr para los taladros hidráulicos y convencional respectivamente. Esta corrida de revestimiento nos deja en claro que la eficiencia de trabajo del equipo hidráulico está por encima de la del equipo convencional.

#### **6.4.5 Seguridad**

En ninguno de los dos equipos se presentaron accidentes debido a los altos estándares de seguridad implementados por la empresa Petroworks pero ciertamente se pudo evidenciar una reducción importante en la exposición a riesgos en los taladros hidráulicos además de la mayor comodidad en el aspecto laboral al que se encuentre sometida la cuadrilla.

#### **6.4.6 Cambio de la línea de perforación**

En la perforación de estos pozos no se presentó el cambio de la línea de perforación pero según los registros de los taladros el último cambio que se hizo a la línea en cada uno de los equipos tuvieron una duración de 1 horas en el equipo hidráulico, donde reemplazaron las 4 líneas y un tiempo de 2 horas en el taladro convencional

en donde reemplazaron una sola línea con el uso de la culebra, cortaron y sujetaron el nuevo cable; estos dos tiempos nos demuestran que el mismo procedimiento se puede realizar en la mitad del tiempo en un equipo hidráulico sobre uno convencional lo que nos permite reanudar tareas y operaciones más rápidas.

#### 6.4.7 Records de la campaña Quifa 2016

La campaña de perforación en Quifa tenía presupuestada la perforación de un gran número de pozos con diversas compañías de taladros entre ella Petroworks. El pozo Quifa 509 fue perforado con el taladro PW 157 y es el pozo más profundo que se perforo durante la campaña, siendo aun así uno de los más rápidos. En la Tabla 29. se pueden observar los pozos más rápidos que fueron perforados en la campaña de perforación en Quifa en el año 2016 con sus respectivas fechas de inicio, profundidades y tiempos empleados.

**Tabla 30.** Records de pozos perforados en campo Quifa

Pozo	Inicio		Finalización		Profundidad	Duración
<b>QUIFA 383</b>	13/11/16	3:00	21/11/16	21:00	4537 Ft	8,75 Días
<b>QUIFA 531</b>	23/11/16	20:00	02/12/16	14:30	4856 Ft	8,77 Días
<b>QUIFA 509</b>	10/12/16	7:30	19/12/16	6:30	5510 Ft	8,9 Días

Se puede notar que la diferencia del pozo perforado por Petroworks (Quifa 509) con el pozo más rápido de la campaña son 973 Ft más profundo con una diferencia de tiempo de tan solo 0,15 días que equivalen a 3,6 horas.

## CONCLUSIONES

El uso de los equipos hidráulicos proporciona un aumento en los estándares de seguridad laboral que posee la empresa que lo ocupa permitiendo la reducción de los riegos y la exposición ya sea a alturas, atrapamiento, sonora o ergonómica. Esto garantiza un menor desgaste en el recurso humano y por ende minimiza los accidentes, esto se logra gracias a la inclusión de este tipo de nuevas tecnologías en las operaciones.

La mayor desventaja que presentan los equipos hidráulicos se encuentra en el procedimiento de viajes de tubería puesto que se hace tubo a tubo y no por paradas de varias juntas como es el caso de los equipos convencionales. Esta desventaja acarrea consigo una gran ventaja en el sentido de la presta reacción a las posibles pegas de tubería que se puedan presentar ya sea circulando el lodo o haciendo rotar la sarta. Esta ventaja viene dada debido a que el top drive siempre se encuentra conectado a las tuberías mientras se está haciendo un viaje, diferente a los taladros convencionales donde los viajes normalmente se hacen solo con el uso de elevadores, evitando la conexión al top drive puesto que esto requeriría un tiempo mayor y convertiría la operación en un proceso menos eficiente.

Los taladros hidráulicos son equipos de muy alta tecnología que automatizan la mayoría de las operaciones rutinarias en la perforación de pozos. Esta automatización permite a la empresa una reducción en el personal necesario para la operación lo cual también origina una reducción en el costo de operación.

El rendimiento en los taladros convencionales es muy variante debido a que depende de muchos factores como pueden llegar a ser el clima o el estado anímico

y las relaciones de la cuadrilla que está trabajando. En lugar de eso, los equipos hidráulicos pueden ser programados para ejecutar cada una de sus tareas secuencialmente en un orden específico con una baja necesidad de irrupción humana en el proceso. Esto nos permite obtener un alto desempeño de una manera más uniforme a lo largo del tiempo.

Los taladros hidráulicos brindan grandes ventajas que nos ayudan a disminuir el impacto medioambiental como lo es la reducción del área necesaria para su instalación en cerca de un 50%. Esto ayuda a reducir la deforestación y los costos de readecuamiento en el momento de la entrega de la locación después de terminado el pozo. Además esta reducción de área necesaria le permite trabajar en zonas donde este puede ser un recurso limitado.

El traslado e instalación de los taladros convencionales es uno de los procedimientos que más consume tiempo y recursos puesto que son tareas arduas, extensas y complejas. Los taladros hidráulicos han sufrido rediseños y la implementación de herramientas tecnológicas que le proporcionan una mayor facilidad para estos procedimientos convirtiendo estas largas tareas en procesos rápidos y sencillos dando cabida a un ahorro en tiempo que consecuentemente se convertirá en un ahorro monetario.

Durante los procesos de selección de taladros para la realización de una campaña de perforación existen numerosas características a tener en cuenta, unas más relevantes que otras. En la mayoría de ellas los taladros hidráulicos muestran un muy buen desempeño y comportamiento, lo que lo convierte en un equipo competente capaz de realizar y mejorar las campañas realizadas por equipos convencionales.

El uso de los taladros hidráulicos en Colombia no ha sido tan grande como en otros países debido a que el costo inicial de cada uno de ellos supera en cerca del 20% a los taladros convencionales similares. El costo final del uso de taladros hidráulicos puede llegar a ser menor que el de los convencionales generando así ahorros para las compañías. El desconocimiento de las ventajas que los equipos hidráulicos brindan conlleva a que las decisiones y selecciones estén guiadas únicamente por los valores fijos iniciales que son equivocadamente relacionados con los costos finales del proyecto.

Esta tecnología de taladros hidráulicos llegó a Colombia a mediados del año 2010 esto quiere decir que es una tecnología reciente que se encuentra en periodo de prueba lo cual toma cierto tiempo en coger cabida, razón por la cual el taladro convencional sigue siendo el más usado en el país a pesar de que los taladros hidráulicos son equipos innovadores creados para optimizar el proceso de perforación.

## RECOMENDACIONES

Se hace necesario realizar un estudio financiero donde se puedan registrar de manera real cada uno de los costos de los diferentes tipos de taladros para determinar así bajo qué condiciones se podrían presentar ahorros monetarios y de este modo dar una base para cuantificarlos para las empresas que requerirán los servicios.

Realizar un análisis comparativo del desempeño de este tipo de taladros en pozos perforados en una cuenca diferente a los llanos orientales para examinar nuevamente los parámetros de rendimiento y seguridad en otro ambiente laboral mientras se enfrentan nuevo desafíos.

Hacer una labor investigativa acerca del desempeño y rendimiento que los taladros hidráulicos puedan llegar a demostrar en operaciones costa afuera ya que por su menor requerimiento de espacio se convierte en un buen competidor en ese campo.

Analizar la competitividad que presentan los taladros hidráulicos con los equipos convencionales de última tecnología así como con cualquier otro tipo de taladro lanzado recientemente al mercado.

## BIBLIOGRAFÍA

CHAUSTRE, Andrés; ROJAS, Fabián. Diseño de una herramienta de cálculo para seleccionar el taladro para un programa integral de perforación. Bucaramanga, 2011, 29p. Universidad Industrial de Santander. Ingeniería de Petróleos.

Drillmec Drilling Technologies, [en línea] disponible en: <http://www.drillmec.com/en/p/land-rigs/>

FERNÁNDEZ MULLER, Euclides Andrés. Verificación del proceso de selección de un taladro de perforación. Sartenejas, 2012, 11-41 p. Universidad Simón Bolívar. Ingeniería Mecánica.

GRINGORD, M. Continuous motion rig: a step change in drilling equipment. [online] Enero 2010. [cited: 10 Jul. 2016]. Disponible base de datos: ONE PETRO.

MAÑOZCA CRUZ, Daniela. Manual de operaciones de perforación. Neiva, 1994, 25-58 p. Versión 1.

MARTÍNEZ, Ludwing; BUSTOS, David. Desarrollo del software de capacitación, evaluación y selección de personal “workover/drilling”. Bogotá, 2016, 56-67p. Fundación Universidad de América. Ingeniería de Petróleos.

MEJÍA AMAYA, Carlos Fernando. Evaluación de los problemas de operaciones de wellservice, workover, perforación e incorporación de nuevas tecnologías a las condiciones operativas del campo caño limón. Bucaramanga, 2004, 66p. Universidad Industrial de Santander. Ingeniería de Petróleos.

PÉREZ RAMÍREZ, Mario Alberto. Diseño del proyecto de perforación de pozos petroleros. México, 2005, 29p. Universidad Nacional de México. Especialidad en perforación de pozos petroleros.

Petroworks S.A. [en línea] disponible en:  
<http://www.petroworks.com.co/web/es/taladros/drilling.html>

QUINLAN, Mark. "Extended reach: New-generation frontier drilling rigs". [online] Julio 2007. [15 Jul. 2016]. Disponible base de datos: ONE PETRO.

RAMOS JIMÉNEZ, Hernán. Curso de capacitación y desarrollo de habilidades de actividades de perforación y mantenimiento de pozos. Tabasco, 2012.

VARHAUG, Matt. Un giro a la derecha: Una visión general de las operaciones de perforación. Oilfield Review Schlumberger. Vol. 23, N° 3 (2011); p. 61.

VANEGAS, Daniel; GONZÁLEZ, Christian. Herramienta multimedia para el estudio del área de perforación de pozos en el programa académico de ingeniería de petróleo. Bucaramanga, 2010, 45-57p. Universidad Industrial de Santander. Ingeniería de Petróleos.

XOY CÓRDOBA, Rodolfo Guillermo. Mantenimiento preventivo y correctivo para torres de perforación de pozos petroleros. Guatemala, 2006, 78p. Universidad de San Carlos de Guatemala. Ingeniería Mecánica.