

EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA DEL DESEMPEÑO EN LA  
PERFORACIÓN DE UN POZO CON EL TALADRO HIDRÁULICO PW-147 1500  
HP DE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA -TECNOLOGÍA SÚPER SINGLE- EN EL  
CAMPO YARIGUÍ

MARIO ANDRÉS NAVARRO CUADRADO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BOGOTÁ, D.C  
2016

EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA DEL DESEMPEÑO EN LA  
PERFORACIÓN DE UN POZO CON EL TALADRO HIDRÁULICO PW-147 1500  
HP DE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA -TECNOLOGÍA SÚPER SINGLE- EN EL  
CAMPO YARIGUÍ

MARIO ANDRÉS NAVARRO CUADRADO

Proyecto integral de grado para optar el título de  
INGENIERO DE PETRÓLEOS

Director:

JOSÉ JAVIER RODRIGUEZ CASTELLANOS  
Ingeniero de Petróleos

Asesor

JUAN CARLOS CASTRO ROJAS  
Ingeniero de Petróleos

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BOGOTÁ, D.C  
2016

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Ingeniero Juan Carlos Castro Rojas**  
**Presidente del jurado**

---

**Ingeniero Iván Eduardo Peñaloza Cristancho**  
**Jurado**

---

**Ingeniero Jaime Fernando Amariz Ortiz**  
**Jurado**

Bogotá D.C, Noviembre de 2016

## DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

**Dr. JAIME POSADA DIAZ**

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

**Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA**

Vicerrectora Académica y de Posgrado

**Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS**

Secretario General

**Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA**

Decano Facultad de Ingenierías

**Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI**

Director Programa Ingeniería de Petróleos

**Dr. EDGAR DAVID CEDEÑO LIGARRETO**

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente al autor.

Quiero agradecer principalmente a Dios por guiar mi camino siempre, a mi gran mama por ser un apoyo incondicional en todo momento a lo largo del desarrollo de mi carrera profesional, de mi trabajo de grado y mi vida, por su cariño, sus consejos, compañía e invaluable amor.

A mi demás familia por desearme siempre lo mejor y grandes consejos los cuales contribuyeron a culminar satisfactoriamente esta meta.

Mario Andrés Navarro Cuadrado

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

A mi mamá y a mi familia, por brindarme su apoyo en todo momento, por ser una inspiración y motivación constante a lo largo de este proceso, por su paciencia y por darme la oportunidad de lograr esta meta.

A la empresa PETROWORKS S.A.S por la amabilidad de cada uno de sus ingenieros y empleados que la componen, por abrir sus puertas y proporcionar la información y las herramientas necesarias para el desarrollo de cada uno de los objetivos de este proyecto.

Al ingeniero Marco Antonio Molina Soles por su gran amabilidad, afecto y por permitirme realizar este trabajo de grado en la empresa PETROWORKS S.A.S

Al Ingeniero José Javier Rodríguez Castellanos por dedicar parte de su tiempo en la dirección de este proyecto, por su apoyo incondicional e interés constante en cada uno de los avances del trabajo de grado.

A mis orientadores el Ingeniero Iván Peñaloza Cristancho y el ingeniero Juan Carlos Castro Rojas por su, paciencia y apoyo, quienes estuvieron en todo momento a disposición para colaborar y dar seguimiento durante el desarrollo técnico de este proyecto.

A los asesores Dr. Luis González Restrepo, Dr Pedro Pablo Moreno y Dra. María Chamorro por el apoyo académico en los aspectos financieros y geológicos del proyecto.

A Las Directivas, Cuerpo Docente y Personal Administrativo de la Universidad América por brindar las herramientas académicas necesarias para poder terminar de manera satisfactoria el proyecto de trabajo de grado.

A todas las demás personas que hicieron posible la realización de este proyecto, desafortunadamente no lo puedo nombrar todas, solo resta decir gracias por su compromiso e interés hacia mí.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	26
OBJETIVOS	27
1. GENERALIDADES DEL CAMPO YARIGUI	28
1.1 HISTORIA DEL CAMPO YARIGUI	28
1.2 LOCALIZACIÓN	29
1.3 GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO	31
1.3.1 Roca generadora	33
1.3.1.1 Formación Tablazo	33
1.3.1.2 Formación Simití	33
1.3.1.3 Formación La Luna	33
1.3.1.4 Formación Umir	34
1.3.2 Roca almacenadora	34
1.3.3 Roca sello	35
1.3.4 Migración	35
1.3.5 Trampa	36
1.4 HISTORIA DE PRODUCCION DEL CAMPO	36
1.4.1 Método de producción	36
1.4.2 Tiempo de producción	37
1.5 Características generales	37
2. MARCO TEÓRICO	39
2.1 HISTORIA DE LA PERFORACIÓN	39
2.1.1 Perforación por Percusión	40
2.1.2 Perforación rotaria	41
2.2 TALADRO DE PERFORACIÓN EN TIERRA	41
2.2.1 Sistema de potencia	42
2.2.2 Sistema de circulación	43
2.2.3 Sistema de rotación	44
2.2.4 Sistema de levantamiento	45
2.2.5 Sistema de control	47
2.3 TORRES DE PERFORACIÓN EN MAR ADENTRO	48
2.3.1 Barcazas	48
2.3.2 Plataformas de columnas plegables	48
2.3.3 Plataformas semi-sumergibles	48
2.3.4 Buques de perforación	49

2.3.5 Plataformas fijas	49
2.4 PLANEACIÓN DE UN PROGRAMA DE PERFORACIÓN.	50
2.4.1 Información geológica	50
2.4.2 Pozos vecinos	51
2.4.3 Formato A.P.I D10-A	51
2.5 TALADRO CONVENCIONAL 1500 HP	52
2.5.1 Clasificación de los taladros convencionales	53
2.5.2 Equipos de un taladro convencional	54
2.5.3 Ficha técnica de un taladro convencional 1500 hp	56
2.6 TALADRO HIDRÁULICO PW-147 1500 HP DE LIMENTACIÓN AUTOMÁTICA TECNOLOGÍA SÚPER SINGLE	58
2.6.1 Fichas técnicas de los equipos del Taladro PW-147	59
2.6.2 Unidad de potencia hidráulica	59
2.6.3 Mástil	61
2.6.4 Corona PW-147	62
2.6.5 Subestructura PW-147	63
2.6.6 Sarta de perforación	63
2.6.7 Mesa rotaria	64
2.6.8 Top drive	65
2.6.9 Herramienta de potencia hidráulica	67
2.6.10 Manipulador de tubería	68
2.6.11 Bombas de lodo	69
2.6.12 Tanques	74
2.6.13 Generadores de potencia PW-147	76
2.6.14 Acumulador	77
2.6.15 Manifold	78
2.6.16 Preventoras	79
3. PERFORACIÓN DEL POZO CG-172H CON EL TALADRO HIDRÁULICO PW-147 1500 HP DE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA	80
3.1 POZO CG-172H	80
3.1.1 Curva de avance del pozo CG-172H	81
3.2 MOVILIZACIÓN, DESARME Y ARME DEL TALADRO PW-147	82
3.2.1 Día uno	82
3.2.2 Día dos	82
3.2.3 Día tres	83
3.2.4 Día cuatro	84
3.2.5 Día cinco	84
3.3 PRIMERA FASE DE PERFORACIÓN DEL POZO CG172H	85
3.3.1 Día uno de perforación de la primera fase 17 ½"	85
3.3.2 Día dos perforación de la primera fase 17 ½"	86
3.3.3 Día tres fase 17 ½"	88

3.3.4 Día cuatro fase 17 ½"	90
3.4 Perforación de la segunda fase 12 ¼"	91
3.4.1 Día dos de la segunda fase de perforación 12 ¼"	91
3.4.2 Día tres fase 12 ¼"	93
3.4.3 Día cuatro fase 12 ¼"	94
3.4.4 Día cinco fase 12 ¼"	96
3.4.5 Día seis fase 12 ¼"	97
3.4.6 Día siete fase 12 ¼"	98
3.4.7 Día ocho fase 12 ¼"	100
3.4.8 Día nueve fase 12 ¼"	101
3.4.9 Día diez fase 12 ¼"	101
3.4.10 Día once fase 12 ¼"	102
3.4.11 Día doce fase 12 ¼"	102
3.5 DÍA UNO FASE 8 ½"	103
3.5.1 Día dos fase 8 ½"	105
3.5.2 Día tres fase 8 ½"	106
3.5.3 Día cuatro de la fase 8 ½"	106
3.5.4 Día cinco fase 8 ½"	107
3.5.5 Día seis fase 8 ½"	109
3.5.6 Día siete fase 8 ½"	110
3.5.6.1 Día ocho acondicionamiento	110
3.5.6.2 Día nueve acondicionamiento fase 8 ½"	111
3.5.6.3 Día diez fase 8 ½"	112
3.6 DESARME DEL TALADRO PW-147 DÍA UNO	112
3.6.1 Día dos desarme del Taladro PW-147	113
3.7 ANÁLISIS DE FALLAS DEL EQUIPO	115
4. EVALUACIÓN DE TIEMPOS	117
4.1 POZO CG-1 y CG-1'	117
4.2 POZO CG-2 y CG-2'	120
4.3 POZO CG-3 y CG-3'	122
4.4 TIEMPOS DE LOS POZOS FASE A FASE	124
4.4.1 TIEMPOS DE CONEXIONES FASE 17 ½"	124
4.4.2 TIEMPOS DE CONEXIONES FASE 12 ¼"	125
4.4.3 TIEMPOS DE CONEXIONES FASE 8 ½"	126
4.5 TIEMPOS ADICIONALES	127
5. ANALISIS COMPARATIVO	131
5.1 VENTAJAS DE UN TALADRO HIDRÁULICO	131
5.2 PERSONAL TALADRO PW-147 Y TALADRO CONVENCIONAL	132
5.3 DIFERENCIAS FÍSICAS TALADRO PW-147 Y TALADRO CONVENCIONAL	134

6. ANALÍSIS FINANCIERO	140
6.1 COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX)	140
6.2 COSTOS DE OPERACIÓN (OPEX)	147
6.3 ANÁLISIS DE INGRESOS	149
6.4 EVALUACIÓN FINANCIERA	151
6.4.1 Valor Presente Neto (VPN)	151
6.4.2 Flujo de Caja	152
6.5 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS FINANCIERO	154
7. CONCLUSIONES	155
8. RECOMENDACIONES	157
BIBLIOGRAFIA	158
ANEXOS	160

## LISTA DE TABLAS

	pág.
<b>Tabla 1.</b> Mecanismos de producción Campo Yariguí	37
<b>Tabla 2.</b> Características generales de yacimiento	38
<b>Tabla 3.</b> Hitos de la perforación en el mundo	40
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de los taladros convencionales	54
<b>Tabla 5.</b> Ficha técnica taladro convencional 1500 hp	56
<b>Tabla 6.</b> Clasificación de los taladros hidráulicos	57
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de los taladros hidráulicos	57
<b>Tabla 8.</b> Ficha técnica del Taladro PW-147	59
<b>Tabla 9.</b> Unidad hidráulica del Taladro PW-147	60
<b>Tabla 10.</b> Ficha técnica del mástil del Taladro PW-147	62
<b>Tabla 11.</b> Ficha técnica de la corona del Taladro PW-147	63
<b>Tabla 12.</b> Ficha técnica de la subestructura del Taladro PW-147	63
<b>Tabla 13.</b> Ficha técnica de la tubería del Taladro PW-147	64
<b>Tabla 14.</b> Ficha técnica de la mesa rotaria del Taladro PW-147	65
<b>Tabla 15.</b> Ficha técnica del top drive del Taladro PW-147	67
<b>Tabla 16.</b> Ficha técnica de llave hidráulica del Taladro PW-147	68
<b>Tabla 17.</b> Ficha técnica del manipulador de tubería del Taladro PW-147	69
<b>Tabla 18.</b> Ficha técnica bomba de lodo 1 del Taladro PW-147	71
<b>Tabla 19.</b> Ficha técnica bomba de lodo 2 del Taladro PW-147	72
<b>Tabla 20.</b> Ficha técnica bomba de lodo 3 del Taladro PW-147	73
<b>Tabla 21.</b> Ficha técnica tanques de lodo del Taladro PW-147	75
<b>Tabla 22.</b> Ficha técnica generadores de potencia del Taladro PW-147	77
<b>Tabla 23.</b> Ficha técnica acumulador del Taladro PW-147	78
<b>Tabla 24.</b> Ficha técnica manifold del Taladro PW-147	79
<b>Tabla 25.</b> Ficha técnica preventoras del Taladro PW-147	79
<b>Tabla 26.</b> Día uno movilización	82
<b>Tabla 27.</b> Día dos movilización	83
<b>Tabla 28.</b> Día tres movilización	83
<b>Tabla 29.</b> Día cuatro arme del taladro	84
<b>Tabla 30.</b> Día cinco arme Taladro PW-147	84
<b>Tabla 31.</b> Día uno de perforación de la primera fase 17 ½"	85
<b>Tabla 32.</b> Fluido de perforación Fase 17 ½"	86
<b>Tabla 33.</b> Día dos perforación de la primera fase 17 ½"	87
<b>Tabla 34.</b> Fluido de perforación Fase 17 ½" día 2	88
<b>Tabla 35.</b> Día tres fase 17 ½"	89
<b>Tabla 36.</b> Fluido de perforación día tres fase 17 ½"	90
<b>Tabla 37.</b> Día cuatro fase 17 ½"	90

<b>Tabla 38.</b> Perforación de la segunda fase 12 ¼"	91
<b>Tabla 39.</b> Día dos de la segunda fase 12 ¼"	92
<b>Tabla 40.</b> Fluido de perforación fase 12 ¼" día 2	93
<b>Tabla 41.</b> Día tres de perforación de la fase 12 ¼"	93
<b>Tabla 42.</b> Fluido de perforación fase 12 ¼" día 3	94
<b>Tabla 43.</b> Día cuatro de perforación de la fase 12 ¼"	95
<b>Tabla 44.</b> Fluido de perforación fase 12 ¼" día 4	96
<b>Tabla 45.</b> Día cinco de perforación de la fase 12 ¼"	96
<b>Tabla 46.</b> Fluido de perforación fase 12 ¼" día 5	97
<b>Tabla 47.</b> Día seis de perforación de la fase 12 ¼"	97
<b>Tabla 48.</b> Fluido de perforación fase 12 ¼" día 6	98
<b>Tabla 49.</b> Día siete de perforación de la fase 12 ¼"	99
<b>Tabla 50.</b> Fluido de perforación fase 12 ¼" día 7	100
<b>Tabla 51.</b> Corrida de casing 9 5/8"	100
<b>Tabla 52.</b> Día nueve fase 12 ¼"	101
<b>Tabla 53.</b> Día diez fase 12 ¼"	101
<b>Tabla 54.</b> Día once fase 12 ¼"	102
<b>Tabla 55.</b> Fluido de perforación fase 12 ¼" día 9	102
<b>Tabla 56.</b> Actividades día doce fase 12 ¼"	103
<b>Tabla 57.</b> Día uno de perforación de la fase 8 ½"	104
<b>Tabla 58.</b> Día dos perforación de la fase 8 ½"	105
<b>Tabla 59.</b> Fluido de perforación fase 8 ½" día 2	106
<b>Tabla 60.</b> Día tres de la fase 8 ½"	106
<b>Tabla 61.</b> Día cuatro de la fase 8 ½"	107
<b>Tabla 62.</b> Fluido de perforación fase 8 ½" día 4	107
<b>Tabla 63.</b> Actividades día cinco fase 8 ½"	108
<b>Tabla 64.</b> Fluido de perforación fase 8 ½" día 5	109
<b>Tabla 65.</b> Día seis fase 8 ½"	109
<b>Tabla 66.</b> Fluido de perforación fase 8 ½" día 6	110
<b>Tabla 67.</b> Actividades operacionales día siete fase 8 ½"	110
<b>Tabla 68.</b> Actividades operacionales día ocho fase 8 ½"	111
<b>Tabla 69.</b> Actividades operacionales día nueve fase 8 ½"	111
<b>Tabla 70.</b> Actividades operacionales día 10 fase 8 ½"	112
<b>Tabla 71.</b> Desarme del Taladro PW-147 día uno	113
<b>Tabla 72.</b> Día dos desarme del Taladro PW-147	113
<b>Tabla 73.</b> Resumen operaciones de perforación pozo CG-172H	114
<b>Tabla 74.</b> Datos de perforación pozo CG-1 Taladro PW-147	119
<b>Tabla 75.</b> Datos de perforación pozo CG-1' Taladro convencional	119
<b>Tabla 76.</b> Datos de perforación pozo CG-2 Taladro PW-147	122
<b>Tabla 77.</b> Datos de perforación pozo CG-2' Taladro convencional	122
<b>Tabla 78.</b> Datos de perforación pozo CG-3 Taladro PW-147	124

<b>Tabla 79.</b> Datos de perforación pozo CG-3 Taladro convencional	124
<b>Tabla 80.</b> Tiempos de arme de tubería de un taladro convencional	128
<b>Tabla 81.</b> Personal de operación de un taladro de perforación	132
<b>Tabla 82.</b> Equipos de un taladro hidráulico	136
<b>Tabla 83.</b> Equipos de un Taladro convencional	138
<b>Tabla 84.</b> Movilización, arme y desarme PW-147	138
<b>Tabla 85.</b> Movilización, arme y desarme Taladro Convencional	139
<b>Tabla 86.</b> Ventajas Taladro PW-147 vs Taladro Convencional	139
<b>Tabla 87.</b> Inflación proyectada EE UU	141
<b>Tabla 88.</b> Campaña de perforación	141
<b>Tabla 89.</b> Costos Taladro convencional por día	141
<b>Tabla 90.</b> Tiempos de perforación Taladro convencional	142
<b>Tabla 91.</b> Costos de inversión Taladro Convencional	144
<b>Tabla 92.</b> Costos totales de inversión Taladro Convencional	144
<b>Tabla 93.</b> Costos Taladro PW-147 por día	144
<b>Tabla 94.</b> Tiempos de perforación Taladro PW-147	145
<b>Tabla 95.</b> Costos de inversión Taladro PW-147	147
<b>Tabla 96.</b> Costos totales de inversión Taladro PW-147	147
<b>Tabla 97.</b> Producción estimada	148
<b>Tabla 98.</b> Costos de levantamiento	148
<b>Tabla 99.</b> Producción estimada	148
<b>Tabla 100.</b> Costos de levantamiento	149
<b>Tabla 101.</b> Precio de venta por barril de crudo	149
<b>Tabla 102.</b> Precio de venta ajustado	149
<b>Tabla 103.</b> Producción neta	150
<b>Tabla 104.</b> Ingresos totales	150
<b>Tabla 105.</b> Producción neta	150
<b>Tabla 106.</b> Ingresos totales	151

## LISTA DE GRAFICAS

	pág.
<b>Grafica 1.</b> Historia de producción Campo Yariguí	37
<b>Grafica 2.</b> Curva de avance pozo CG-172H	81
<b>Grafica 3.</b> Tiempos fase 17 ½”	125
<b>Grafica 4.</b> Tiempos fase 12 ¼”	126
<b>Grafica 5.</b> Tiempos fase 8 ½”	127

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Localización del Campo Yariguí- Cantagallo	30
<b>Figura 2.</b> Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Valle Medio del Magdalena	32
<b>Figura 3.</b> Taladro de perforación en tierra	42
<b>Figura 4.</b> Generadores eléctricos del Taladro	43
<b>Figura 5.</b> Sistema de circulación	44
<b>Figura 6.</b> Top drive	45
<b>Figura 7.</b> Mesa rotaria	45
<b>Figura 8.</b> Sistema de levantamiento	46
<b>Figura 9.</b> Consola del perforador	47
<b>Figura 10.</b> Preventoras de reventones (BOP)	47
<b>Figura 11.</b> Taladro Convencional 1500 HP	53
<b>Figura 12.</b> Equipos de un Taladro Convencional	55
<b>Figura 13.</b> Taladro PW-147	58
<b>Figura 14.</b> Mástil del Taladro PW-147	61
<b>Figura 15.</b> Tubería del Taladro PW-147	64
<b>Figura 16.</b> Mesa rotaria del Taladro PW-147	65
<b>Figura 18.</b> Herramienta hidráulica PW-147	68
<b>Figura 19.</b> Bombas de lodo del Taladro PW-147	70
<b>Figura 20.</b> Tanques de lodo del Taladro PW-147	74
<b>Figura 21.</b> Generadores de potencia del Taladro PW-147	76
<b>Figura 22.</b> Acumulador del Taladro PW-147	78
<b>Figura 23.</b> Esquema pozo CG-172H	80
<b>Figura 24.</b> Dimensión de un taladro hidráulico y convencional	131
<b>Figura 25.</b> Personal de un taladro HH y un convencional	133
<b>Figura 26.</b> Diferencias de un taladro hidráulico y un convencional	134
<b>Figura 27.</b> Componentes de un Taladro HH	135
<b>Figura 28.</b> Componentes de un Taladro HH	136
<b>Figura 29.</b> Componentes de un Taladro convencional	137
<b>Figura 30.</b> Esquema CG-1	118
<b>Figura 31.</b> Esquema CG-2	121
<b>Figura 32.</b> Esquema CG-3	123
<b>Figura 33.</b> Planchada de un taladro convencional	129
<b>Figura 34.</b> Flujo de caja Taladro convencional	152
<b>Figura 35.</b> Flujo de caja neto Taladro convencional	152
<b>Figura 36.</b> Flujo de caja taladro PW-147	153
<b>Figura 37.</b> Flujo de caja neto Taladro PW-147	153

## LISTA DE ECUACIONES

	pág.
<b>Ecuación 1.</b> Ecuación de Valor presente neto	151
<b>Ecuación 2.</b> Ecuación Valor presente neto Taladro convencional	152
<b>Ecuación 3.</b> Ecuación Valor presente neto Taladro PW-147	153

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
<b>Anexo A.</b> Producción estimada taladro convencional	161
<b>Anexo B.</b> Producción estimada taladro hidráulico	163
<b>Anexo C.</b> Layout Taladro PW-147	165

## LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
''	Pulgada(s)
'	Pie
°API	Gravedad API
°F	Grados Fahrenheit
°R	Grados Rankine
API	Instituto Americano
BHA	Ensamblaje de fondo (Botton Hole Assembly)
Bls	Barriles
BOP	Preventor de reventones (Blow out preventor)
Cc	Centímetros cúbicos
cc/30 min	Centímetros cúbicos por 30 min
Cm	Centímetros
Cp	Centipoise
DC	Collares de perforación (Drill collar)
DL	Densidad de lodo
DP	Tubería de perforación (Drill pipe)
gal	Galón
Gpm	Galones por minuto
ID	Diámetro interno (Inside diameter)
kg/m <sup>3</sup>	Kilogramo por metro cubico
Lb	Libra (s)
lb/bls	Libras por barril
lb/gal	Libras por galón
lb/min	Libras por minuto
lb/pulg <sup>2</sup>	Libras por pulgada cuadrada
lb/pulg <sup>3</sup>	Libras por pulgada cubica
lb/pulg <sup>2</sup> /pie	Libras por pulgada cuadrada por pie
lb/100 pie <sup>2</sup>	Libras por 100 pies cuadrados
M	Metro
MD	Profundidad medida (Measument Deep)
MI	Mililitro(s)
Mm	Milímetro (s)
OD	Diámetro externo (Outside Diameter)
Pf	Presión de formación

PH	Presión hidrostática
pie/min	Pie (s) por minuto
pie <sup>3</sup> /min	Pie(s) cúbicos por minuto
Ppm	Partes por millón
Pulg	Pulgada(s)
PVT	Totalizador del volumen en tanques
ROP	Tasa de penetración (Rate of Penetration)
SG	Gravedad específica (Specific Gravity)
Spm	Estroques por minuto (Strokes per Minute)
SPP	Presión reducida de la bomba
TD	Profundidad final (Target Depp)
TVD	Profundidad vertical verdadera (True Vertical Deep)
VPN	Valor Presente Neto

## GLOSARIO

**ARENISCAS:** roca sedimentaria detrítica, de origen marino, con textura clástica y de granos de cuarzo relativamente redondeados, de 1/16 mm a 2 mm, compuesta por fragmentos de roca o minerales, básicamente cuarzo, calcita, micas o feldespatos, que pueden estar acompañados por otros como la magnetita.

**ARCILLOLITAS:** roca sedimentaria detrítica consolidada, sin fisilidad, formada por partículas de tamaño de tamaño muy pequeño inferior a 0.0002mm, compuesta por limo, arcilla y un 50% de CO<sub>3</sub>Ca.

**BHA:** el ensamble de fondo es la sección de la sarta de perforación que agrupa el conjunto de herramientas entra la broca tubería de perforación. Su función principal es proporcionar el peso requerido sobre la broca para maximizar la tasa de penetración a la formación, evitar desviaciones, minimizar vibraciones y pega de tubería.

**BROCA:** conocida también como mecha o barrena es el equipo corta la formación en la perforación de pozos. Se tienen dos tipo de broca pdc y tricornias.

**CALIZAS:** roca sedimentaria carbonatada cuya textura es densa afanítica, donde los granos varían de finos a gruesos, su composición generalmente contiene en más de un 50% calcita y en ocasiones pequeñas cantidades de arcilla, hematita y siderita.

**CABALGAMIENTO:** conjunto de capas rocosas de edad más antigua que se superponen sobre otras de edad más moderna por efecto de presiones laterales.

**CAMPO:** es una acumulación o grupo de acumulaciones de hidrocarburos presentes en el subsuelo, el cual está formado por un yacimiento con una forma adecuada para el entrapamiento de hidrocarburos, que se encuentra cubierto por una roca impermeable o una roca que actúa como sello.

**COLLAR DE PERFORACIÓN (DRILL COLLAR):** son tubos pesados de paredes gruesas usados entre la broca y la tubería de perforación para colocar peso sobre el fondo de la sarta y ayudar en la perforación.

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA:** es la representación gráfica de las unidades litológicas de los cuerpos rocosos en un determinado sitio o región. Se obtiene a partir del levantamiento de observaciones y mediciones de sucesiones estratigráficas realizadas con sumo detalle. Algunos de sus elementos son, variaciones litológicas (representación gráfica de naturaleza litológica), cronología, escala, espesor, estructuras sedimentarias, contenido fosilífero e identificación.

**CONCORDANCIA:** relación geométrica entre dos unidades estratigráficas superpuestas en las que existe paralelismo entre los materiales infra y suprayacentes.

**CONGLOMERADO:** roca sedimentaria detrítica, formada mayoritariamente por clastos redondeados de tamaño mayor a 2 mm y una matriz o cemento que lo engloba, puede constituirse de componentes clásticos, pelíticos y arenosos. Los conglomerados se forman principalmente en los cauces de los ríos.

**CROSSOVER:** son herramientas de acople que permiten el cambio de un diámetro de tubería y de rosca a otro que sea necesario.

**CUENCA SEDIMENTARIA:** acumulación importante de sedimentos producidos principalmente por la erosión de la superficie de la Tierra o por la acumulación de minerales de origen biológico.

**CUÑAS:** dispositivo circular de acero empleada para sujetar la sarta de perforación y revestidores cuando se realizan las operaciones de perforación.

**DISCORDANCIA:** discontinuidad estratigráfica en la que no hay paralelismo entre los materiales infra y suprayacentes.

**ESPESOR:** es la distancia entre el piso o límite inferior de una capa y techo o límite superior.

**ESTRUCTURA DUPLEX:** se dan cuando hay dos niveles de despegue próximos entre sí dentro de una secuencia sedimentaria, como la parte superior y la base de una capa relativamente resistente de areniscas limitada entre dos capas de lutitas relativamente plásticas.

**FALLA:** fractura del terreno con desplazamiento relativo de las partes separadas.

**FALLA INVERSA:** es cuando el piso baja con respecto al techo o el techo sube con respecto al piso, o ambos bloques se desplazan en el sentido indicado. Las fallas inversas, generalmente son producto de los esfuerzos de compresión.

**FALLA NORMAL:** es cuando el techo baja con respecto al piso o el piso sube con respecto al techo, o ambos se desplazan en el sentido indicado. Las fallas normales son, generalmente producto de los esfuerzos de tensión. Sinónimo: Falla de gravedad.

**FORMACIÓN:** unidad litoestratigráfica fundamental. Cuerpo de rocas identificado por sus características litológicas y su posición estratigráfica.

**GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO:** ciencia que se ocupa del estudio de los yacimientos de petróleo. Estudia su origen, época de formación, rocas favorables,

condiciones geológicas favorables para su entrapamiento, su evaluación (cubicación), etc.

**INFRAYACENTE:** es que yace por debajo de algo, es decir que se ubica bajo una formación.

**LIMOLITAS:** roca sedimentaria clástica, sus granos poseen un tamaño entre 1/16 y 1/256 mm en la escala phi ( $\phi$ ) de Krumbein, caracterizada por componentes varios (coloides, arcillas, silts, limos), principalmente (más de 2/3) de limo. Las limolitas difieren significativamente de las areniscas debido a sus poros más pequeños y una mayor propensión a que contiene una significativa fracción de arcilla.

**MIGRACIÓN:** es el movimiento generado por los hidrocarburos desde las roca fuente hacia la roca yacimiento, la migración se produce habitualmente desde un área estructuralmente baja hacia un área más alta. La migración puede ser local o producirse a lo largo de distancias de cientos de kilómetros en cuencas sedimentarias grande.

**PÉRDIDAS DE CIRCULACIÓN:** es la pérdida de fluido de perforación hacia la formación, y se puede generar por invasión (formaciones cavernosas, fisuradas o poco consolidadas) o por fracturamiento hidráulico (por presiones inducidas).

**PERFORACIÓN:** actividad mediante la cual se penetra el subsuelo para hacer un pozo de petróleo o gas.

**PERMEABILIDAD:** es la capacidad que tiene una roca de permitir el flujo de fluidos a través de sus poros interconectados. Se mide en *Darcys*.

**PLEGAMENTO:** deformación resultante de la flexión o torsión de rocas.

**POROSIDAD:** medida de la capacidad de almacenamiento de fluidos que posee una roca y se define como la fracción del volumen total de la roca que corresponde a espacios que pueden almacenar fluidos.

**POZO COMPLETADO:** es aquel pozo productor comercial de hidrocarburos y/o gas natural y en condiciones mecánicas de ser conectado a las instalaciones de producción existentes en el campo petrolero.

**PUNTO DE ARRANQUE (KICKOFF POINT-KOP):** es la profundidad del hoyo en el cual se coloca la herramienta de deflexión inicial y se comienza el desvío.

**ROCA ALMACENADORA:** roca con alta permeabilidad y con buena porosidad que permite el alojamiento de los hidrocarburos, como las areniscas, aunque también pueden ser carbonatos.

**ROCA FUENTE:** roca rica en contenido de materia orgánica que, a temperatura y presión adecuada generará hidrocarburos. Las rocas generadoras típicas normalmente son lutitas, arcillotitas o calizas.

**ROCA SELLO:** roca relativamente impermeable, normalmente lutita, anhidrita o sal, que forma una barrera cubierta sobre alrededor de la roca yacimiento, de manera que los fluidos no puedan migrar más allá del yacimiento.

**SIDE TRACK:** desviación de un hoyo perforado originalmente, es el caso de un pozo que no marcha según la trayectoria programada, bien sea por problemas de operaciones o fenómenos inherentes a las formaciones atravesadas.

**SHALE:** roca sedimentaria detrítica compuesta por partículas de arcilla y de limo, de origen marino, cuyos granos tienen un diámetro inferior a 62 micrómetros. Estas rocas detríticas de grano fino constituyen más de la mitad de todas las rocas sedimentarias. Las partículas de estas rocas son tan pequeñas que no pueden identificarse con facilidad sin grandes aumentos y por esta razón, resulta más difícil estudiar y analizar estas rocas.

**SISTEMA PETROLIFERO:** son los componentes geológicos y los procesos necesarios para generar y almacenar hidrocarburos; esto incluye una roca generadora, una roca yacimiento, una roca sello, un trayecto de migración y una trampa.

**TRAMPA:** estructura geológica que hace posible la acumulación o depositación de petróleo, manteniéndolo atrapado y sin posibilidad de escapar de los poros de una roca permeable.

**TRAMPA ESTRATIGRAFICA:** las trampas de hidrocarburos resultantes de cambios en el tipo de roca o de acuñamientos, discordancias u otros rasgos sedimentarios, tales como los arrecifes o las acumulaciones, se denominan trampas estratigráficas.

**TUBERÍA DE PERFORACIÓN (DRILL PIPE):** son tubos de alto peso usados para rotar la broca y circular el fluido de perforación. Por lo general son juntas de 30ft que permiten acoplarse entre ellas y con las herramientas necesarias para perforar.

**TUBERÍA DE REVESTIMIENTO (CASING):** es la tubería que permite revestir o cubrir el hueco abierto para mantener la integridad y geometría del mismo.

**TUBERÍA PESADA DE PERFORACIÓN (HWDP):** la tubería pesada constituye el componente intermedio del ensamblaje de fondo. Es un tubular de espesor de pared gruesa, similar a las barras de diámetro pequeño, cuya conexión posee las mismas dimensiones que las de la tubería de perforación para facilitar su manejo, pero es ligeramente más larga.

## RESUMEN

Se evaluó técnico-financieramente el desempeño en la perforación de un pozo con el taladro hidráulico pw-147 1500 hp de alimentación automática -tecnología súper single- en el Campo Yariguí.

Iniciando con la descripción de las generalidades del Campo Yariguí, posteriormente se explica de manera teórica los sistemas de perforación al igual que una breve reseña de la historia de la perforación, tipos de taladros de perforación y características técnicas del Taladro PW-147 de la compañía PETROWORKS S.A.S.

A continuando se realizó un análisis del comportamiento del Taladro PW-147 en la perforación del pozo CG-172H en el Campo Yariguí, con el propósito de evaluar su desempeño.

Posteriormente se realizó una comparación entre el Taladro hidráulico PW-147 y un taladro convencional de la misma capacidad de carga (1500hp), teniendo en cuenta tiempos operacionales, arme y desarme, movilización, características físicas, equipos, ventajas y desventajas en la perforación de pozos en el Campo Yariguí. Esto con el fin de evaluar que taladro brinda mejores ventajas técnicas y operacionales al momento de perforar un pozo.

Finalmente se determinaron los costos operacionales en las futuras campañas de perforación para el Campo Yariguí utilizando los dos taladros. Con el propósito de evaluar qué taladro es más atractivo para la operadora dueña del campo objeto de estudio.

**Palabras clave:** Taladro PW-147, perforación, tecnología súper single, Campo Yariguí.

## INTRODUCCIÓN

El Campo Yariguí se encuentra ubicado en la sección Noroccidental de la Cuenca del Valle Medio del Magdalena entre los departamentos de Santander y Bolívar, donde las operaciones asociadas a la perforación de pozos se realiza con Taladros convencionales, los cuales tienen un desempeño adecuado en todas las etapas de perforación, sin embargo los taladros convencionales presentan ciertas desventajas como: alto grado de exposición civil con las herramientas de la mesa rotaria, tiempos prolongados de movilización, arme y desarme del taladro, requiere un área de ocupación considerablemente extensa en las localizaciones. Por lo que es necesario evaluar la selección de otro tipo de taladros que se adecuen a las necesidades del campo Yariguí.

El Taladro PW-147 1500 hp de alimentación automática, se compone de equipos automatizados que permiten un mejor control de los parámetros de perforación. Debido a que su área de ocupación es menor que la de un taladro convencional permite operar en campos de área reducida, en cuanto a su movilización se define como movilización rápida (fast moving) ya que, maneja y traslada la tubería en una canasta hidráulica.

Por lo anterior este trabajo de grado evalúa técnica y financieramente la implementación del Taladro Hidráulico PW-147 1500 hp de alimentación automática tecnología súper single en la perforación nuevos pozos para el Campo Yariguí.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar técnico-financieramente el desempeño en la perforación de un pozo con el Taladro hidráulico PW-147 1500 hp de alimentación automática, tecnología súper single en el Campo Yariguí.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Describir las generalidades del Campo Yariguí.
2. Describir las funciones e importancia de los equipos hidráulicos que componen el Taladro PW-147 1500 hp de alimentación automática tecnología súper single.
3. Describir las generalidades de los componentes de un taladro convencional en el Campo Yariguí.
4. Analizar el comportamiento del Taladro PW-147 1500 hp de alimentación automática en la perforación de un pozo en el Campo Yariguí.
5. Evaluar los equipos hidráulicos que componen el Taladro PW-147 1500 hp de alimentación automática respecto al taladro convencional usados en la perforación de pozos en el Campo Yariguí con base en los resultados de los tiempo de operación.
6. Realizar un análisis comparativo entre los equipos hidráulicos de alimentación automática del Taladro PW-147 y un taladro convencional según sus características.
7. Evaluar la viabilidad financiera del Taladro PW-147 1500 hp comparado con un taladro convencional para el Campo Yariguí mediante los indicadores de Valor Presente Neto (VPN).

## **1. GENERALIDADES DEL CAMPO YARIGUI**

En este capítulo se describen aspectos de la Cuenca Valle Medio del Magdalena, historia, ubicación geográfica, marco geológico e historia de producción del Campo Yariguí

### **1.1 HISTORIA DEL CAMPO YARIGUI**

La historia del campo Yariguí comienza a finales del año de 1937 con los inicios de los estudios de la empresa subsidiaria Socony Vacuum (Empresa de Petróleos del Río Magdalena), sin embargo hasta el 16 de Diciembre de 1939 le fue otorgada la concesión Cantagallo.

En diciembre de 1941, la compañía de petróleo del Valle Medio del Magdalena, inició la exploración del Campo Yariguí sobre un área de 14 km<sup>2</sup> con la perforación de dos pozos, Cantagallo 1 y Cantagallo 2, el pozo Cantagallo 1 alcanzó una profundidad de 1494 ft encontrando rocas del grupo Girón evidenciando presencia de gas y aceite hacia la base de la secuencia terciaria, seguido a este se procedió a perforar el pozo Cantagallo 2, alcanzando una profundidad de 6170 ft, el cual encontró sedimentos de cretáceo, iniciando con la producción del Campo Yariguí. Seguido a este suceso se perforan diez pozos más con el objetivo de desarrollo en el periodo comprendido entre los años de 1943 y 1949, sin embargo para mediados de 1949 se suspenden las operaciones de perforación en el campo.

A mediados del año 1951, la concesión fue adquirida por la empresa Shell Cóndor la cual decide continuar con la perforación de pozos que se había suspendido en el año de 1949, posterior a éste y evidenciando resultados solicitó al gobierno Colombiano La Concesión San Pablo otorgada en el año 1953, la cual le permite iniciar actividades en el área de Yariguí comprendida en 7 km de largo y 2 km de ancho, siendo la continuación lateral hacia el oriente del Campo Cantagallo descubriendo así el Campo Yariguí. Para los años de 1953 a 1962 se perforan 40 pozos, aunque solo 33 de estos pozos resultaron exitosos, debido a inviabilidad comercial y a un fallamiento mecánico.

Para los dos años siguientes la explotación del campo alcanza su producción máxima, sin embargo, en el año siguiente Shell Cóndor suspende las actividades de perforación del campo, permitiendo solamente obtener la producción del mismo.

Entre 1974 y 1975 se creó la Compañía de Explotaciones Cóndor S.A, fruto de una negociación entre Shell y Ecopetrol. Sin embargo en 1986 revierte al estado colombiano la concesión de San Pablo y en el año siguiente, el 14 de diciembre de 1987 se revierte la concesión de Cantagallo.

“En 1995 Ecopetrol S.A inicia el proyecto de reinyección de aguas producidas, con el cual se buscaba eliminar los vertimientos de esta agua al río Magdalena y de esta manera dar cumplimiento a las políticas gubernamentales del momento y de la empresa sobre la conservación ambiental”<sup>1</sup>. El campo es intervenido nuevamente por Ecopetrol S.A en el año 2003.

Entre los años 2004 y 2005 se perforan 14 pozos y Ecopetrol implementa la instalación de sistemas de bombeo electrosumergible (BES) en 11 pozos, y activa la realización de un piloto de estimulación (fracturamiento hidráulico), obteniendo resultados satisfactorios. Para la década siguiente el Campo Yariguí se mantiene en desarrollo constante.

Para el año de 2014 el Campo Yariguí es noticia nacional ya que alcanza su producción máxima, la cual no se registraba desde 1965.

En Abril de 2016 Ecopetrol S.A operadora del Campo Yariguí, cuya área se conserva, en conjunto con el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) evalúan la viabilidad de implementar métodos de recuperación terciaria en campos maduros, entre los cuales se encuentra el Campo Yariguí.

## **1.2 LOCALIZACIÓN**

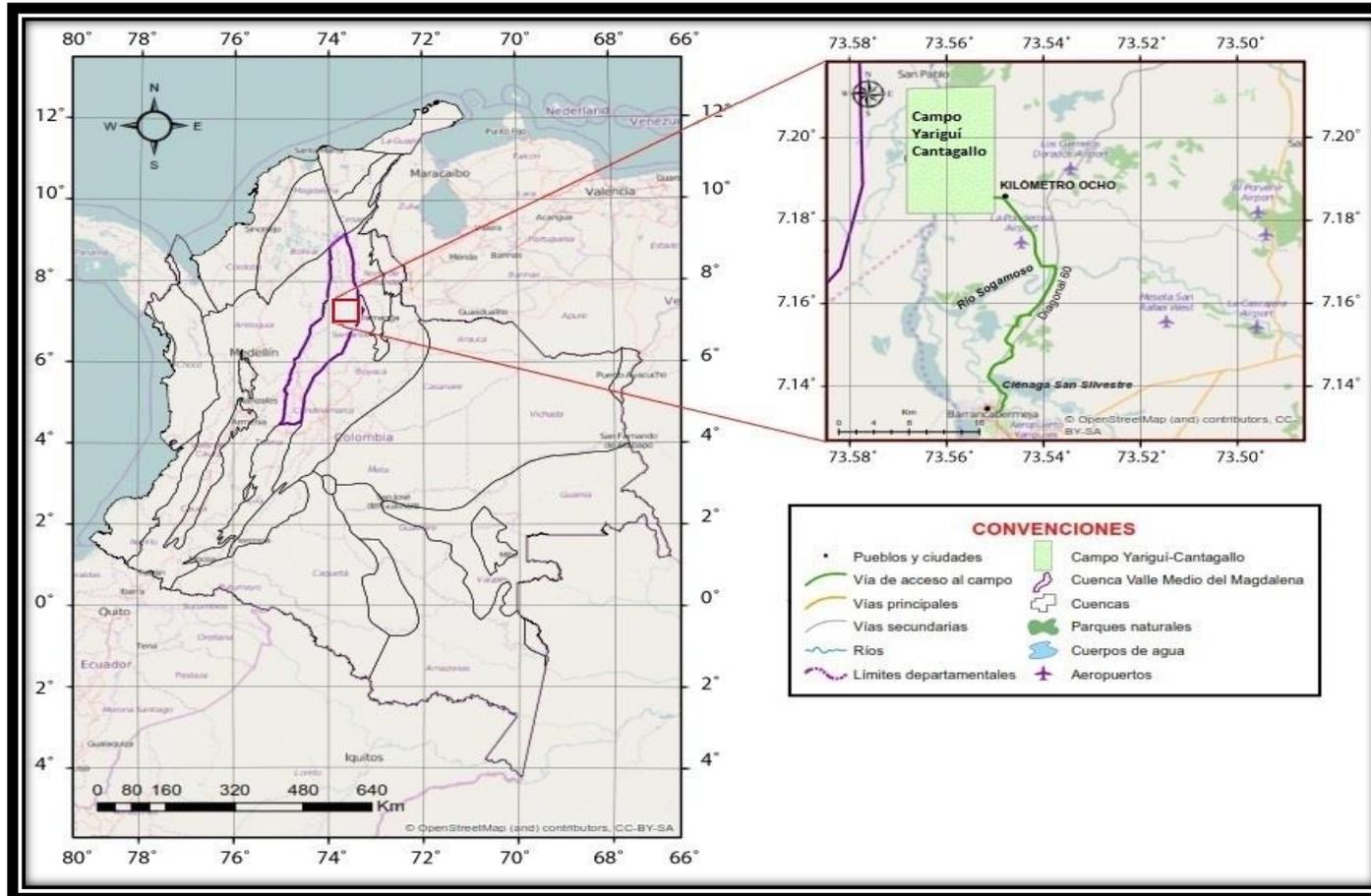
El Campo Yariguí – Cantagallo se encuentra localizado en la sección Noroccidental de la Cuenca del Valle Medio Del Magdalena, en el departamento de Santander, a la altura del municipio de Puerto Wilches, a una distancia aproximada de 20 km al Noreste de la ciudad de Barrancabermeja y a 290 km al Noroeste de Santafé de Bogotá.

Para acceder al Campo Yariguí saliendo desde la ciudad de Barrancabermeja por vía terrestre, se recorren aproximadamente 40 kilómetros por la Diagonal 60 en sentido norte, pasando por la Ciénaga San Silvestre y Río Sogamoso hasta llegar al Municipio Kilómetro 8, posteriormente se transitan 1.5 kilómetros hacia el oeste hasta llegar Campo Yariguí. (Véase **Figura 1**).

---

<sup>1</sup> CASTRO H. Henry. y Christian José Gámez Mejía evaluación de la depositación de incrustaciones en sistemas de bombeo electrosumergible en el campo cantagallo universidad industrial de Santander 2009

**Figura 1. Localización del Campo Yarigui- Cantagallo**



Fuente: ArcGIS for Desktop. Versión 10.3.0.4322: ESRI Inc. Disponible en ESRI Inc. Página web de ESRI disponible en: < <http://www.esri.com/> />

### **1.3 GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO.**

En consecuencia a que el proyecto asociado al pozo CG-172H no involucra detalles geológicos, a continuación se describen las formaciones asociadas al sistema petrolífero de la Cuenca Valle medio de Magdalena; sin ampliar mayormente la información de las otras formaciones por considerar que este proyecto no lo requiere. El pozo CG-172H perforó hasta el terciario, estando allí solo involucrada las rocas sello y reservorio.

La **Figura 2** presenta la columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Valle Medio del Magdalena y los principales elementos de su sistema petrolífero.

**Figura 2.** Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Valle Medio del Magdalena

ERA	PERÍODO	EDAD M.A	FORMACIONES	LITOLOGÍA	ELEMENTOS DEL SIITEMA PETROLÍFERO		
CENOZOICO	CUATERNARIO	2.58-0.0	LA MESA				
	NEOGENO	PALEOCENO	5.33-2.58	GRUPO REAL			
		MIOCENO	23.03-5.33				CIRA SHALE
		OLIGOCENO					COLORADO
	PALEOCENO	EOCENO	33.90-23.03	MUGROSA <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">Arena B3</span>			
		ESMERALDAS					
		PALEOCENO	56.0-33.9	LA PAZ			
		LISAMA					
	MEZOSOICO	MAASTRICHTIAN	72.1-66.0	UMIR			
		CRETACEO	CAMPANARIO	83.6-72.1	LA LUNA	GALEMBO	
SANTONIANO			86.3-83.6	PUJAMANA			
CONACIANO			89.8-85.3	SALADA			
TURONIANO			93.9-89.8	SIMITÍ			
CENEMANIANO			100.5-93.9	TABLAZO	GRUPO BASAL		
ALBIANO			113.-100.5	PAJA			
APTIANO			125.0-113.0	ROSA BLANCA		COLOAERO	
PALEOZOICO		BARREMIANO	129.4-125.0	TAMBOR			
		HAUTERIVIANO	132.9-129.4				
	VALANGINIANO	139.8-132.9					
	JURASICO	150.0-139.8	LOS SANTOS	GRUPO GIRON			

Conglomerado 
 Areniscas 
 Shales 
 Calizas 
 Roca Sello 
 Roca Generadora 
 Roca Almacenadora

Fuente: ANH. Modificado por el autor

**1.3.1 Roca generadora.** Para la cuenca Valle Medio del Magdalena la principal roca generadora es la Formación La Luna, la cual cuenta con un contenido de materia orgánica aproximado del 4%, el Kerógeno es de tipo II y presentan un Ro del 1.1%. Adicionalmente existen otras rocas potencialmente generadoras como las calizas y shales en las Formaciones Tablazo, Simití y Umir.

A continuación se describen las formaciones mencionadas, de la más antigua a la más reciente.

**1.3.1.1 Formación Tablazo.** Según MORALES et al<sup>2</sup> la Formación Tablazo tiene edad del Cretáceo, Cenemaniaco, está compuesta principalmente por calizas de color gris a negro, con intercalaciones de arcillolitas de color gris a gris azulado las cuales se presentan en capas de medianas a gruesas. Tiene un espesor promedio de 1070 ft. Se depositó bajo un ambiente nerítico poco profundo. La Formación Tablazo se encuentra en contacto concordante con la Formación Paja que la infrayace y en contacto concordante con la Formación Simití que la suprayace.

**1.3.1.2 Formación Simití.** Según MORALES et al<sup>3</sup> la Formación Simití tiene edad del Cretáceo, Turoriano, está compuesta por lutitas marrones a grises, que varían de no calcáreas a moderadamente calcáreas, duras y compactas, sin embargo presentan venas de calcita. Tiene un espesor promedio de 2135 ft. Se depositó bajo un ambiente nerítico bajo a medio. La Formación Simití se encuentra en contacto concordante con la Formación Tablazo que la infrayace y en contacto concordante con la Formación La Luna que la suprayace.

**1.3.1.3 Formación La Luna.** Según GARNER<sup>4</sup> La Formación La Luna asociada al Campo Yariguí, tiene una edad del Cretáceo, Santoniano a posiblemente Campaniano inferior, está compuesta de shales negros y calizas. Está constituida por tres Miembros denominados de base a techo: Miembro Salada, el cual está constituido por shales negros laminados y algunos niveles de calizas, Miembro Pujamana, está constituido principalmente por shale calcáreos de color gris a negro y Miembro Galembó que está constituido por una secuencia de lodolitas calcáreas intercaladas con delgadas capas de caliza. La Formación La Luna tiene un espesor que oscila de 400 ft a 1000 ft. Se depositó en un ambiente de canales fluviales. La Formación La Luna se encuentra en contacto concordante con la Formación Simití que la infrayace y en contacto discordante con la Formación Umir que la suprayace.

---

<sup>2</sup> MORALES (L. G.) et al, 1958 citado por Julivert, M. Colombia. Léxico Estratigráfico Internacional. Volumen V. Fascículo 4 a. 1968. p. 445

<sup>3</sup> Ibíd., p. 437

<sup>4</sup> GARNER (A. H.), 1926 citado por Julivert, M. Colombia. Léxico Estratigráfico Internacional. Volumen V. Fascículo 4 a. 1968. p. 301

**1.3.1.4 Formación Umir.** Según MORALES et al, 1958<sup>5</sup> la Formación Umir tiene una edad del Cretáceo, Campaniano, la cual está constituida principalmente de lodolitas físilas gris oscura a lodolita gris medio, con delgadas interestratificaciones de limolita, las cuales son más abundantes en la parte superior de la formación, donde alternan con delgadas capas de areniscas de grano fino y capas delgadas de carbón, cuyo espesor aproximado está entre 2850 y 4440 ft. Se depositó en un ambiente nerítico en su parte inferior hasta llanuras de marea y frentes deltaicos en su parte superior. La Formación La Umir se encuentra en contacto discordante con la Formación La Luna que la infrayace y en contacto concordante con la Formación Lisama que la suprayace.

**1.3.2 Roca almacenadora.** Para la cuenca Valle Medio del Magdalena tal como se muestra en la...Figura 2...la principal roca almacenadora correspondiente a las areniscas de grano medio asociadas al Paleoceno en la Formación Colorado, con porosidad del 19% y permeabilidad que oscila de 200 a 600 mD. Existen otras rocas almacenadoras como las areniscas de la Formación Mugrosa, las areniscas de la Formación La Paz y las calizas de la Formación Rosablanca. Las cuales se depositaron bajo un ambiente continental fluvial. Otro tipo de rocas reservorio presentes en la Cuenca Valle Medio del Magdalena son las calizas fracturadas presentes en la Formación La Luna y Formación Tablazo.

La roca reservorio del Campo Yariguí se presenta en la Formación La Paz que tiene una porosidad promedio del 19% y permeabilidad de 400 a 600 mD y la Formación Mugrosa la cual presenta una porosidad del 19 al 20% y permeabilidad de 200 a 600 mD, pertenecientes a las Arenas B3, estas arenas se encuentran contra un límite de no flujo o Falla de Cantagallo.

A continuación se describen las formaciones nombradas.

Según WHEELER<sup>6</sup> la Formación Rosablanca tiene edad del Cretáceo, Aptiano. Está compuesta de calizas, negras duras y densas, hacia el tope se evidencia degradación en la calidad de las calizas las cuales presentan coloraciones marrones a gris y trazas de minerales pesados. Tiene un espesor promedio de 1250 ft. Se depositó bajo un ambiente nerítico. La Formación Rosablanca se encuentra en contacto concordante con la Formación Tambor que la infrayace y en contacto concordante con la Formación Paja que la suprayace.

---

<sup>5</sup> MORALES (L. G.) et al., 1958 citado por Julivert, M. Colombia. Léxico Estratigráfico Internacional. Volumen V. Fascículo 4 a. 1968. p. 458

<sup>6</sup> WHEELER (O.C.), 1929 citado por Julivert, M. Colombia. Léxico Estratigráfico Internacional. Volumen V. Fascículo 4 a. 1968. p. 432

Según STUTZER<sup>7</sup> la Formación La Paz tiene una edad entre el Terciario, el paleoceno y el eoceno superior. Está compuesta por conglomerados, areniscas lutitas y limolitas. Cuenta con un espesor aproximado de 2000 ft. El depósito de los sedimentos se desarrolló en un ambiente continental fluvial. La Formación La Paz se encuentra en contacto discordante con la Formación Lisama que la infrayace y en contacto concordante con la Formación Esmeraldas que la suprayace.

Según WHEELER<sup>8</sup> la Formación Mugrosa tiene una edad comprendida en el Terciario oligoceno. Litológicamente están constituidas por areniscas feldespáticas poco consolidadas, con intercalaciones de arcillolitas y limolitas varicoloreadas. Tiene espesor aproximado de 2050 ft. Se depositó bajo un ambiente continental fluvial. La Formación Mugrosa se encuentra en contacto discordante con la Formación La Paz que la infrayace y en contacto concordante con la Formación Colorado que la suprayace.

❖ **Arenas B3.** Estas arenas cuentan con un espesor neto petrolífero alrededor de 40 ft aproximadamente, un área productora de 700 acres aproximadamente, y una porosidad de 20% en promedio y una permeabilidad de 260 md.

**1.3.3 Roca sello.** La cuenca Valle Medio del Magdalena como se aprecia en la...Figura 2...presenta rocas sello a lo largo de toda su columna estratigráfica, no obstante las principales son las lutitas de las Formaciones La Paz, Colorado, Esmeraldas del Paleógeno, los shales de las Formaciones Paja, Tablazo, del Cretáceo

Para el caso del campo objeto de estudio de este proyecto el principal sello lo constituyen las arcillolitas de la Formación Colorado, la cual Según WHEELER<sup>9</sup> tiene una edad del terciario, Mioceno temprano a medio. Está conformada por intercalaciones de arcillolitas varicoloreadas, cuenta con espesor comprendido entre 2800 y 3000 ft. Su ambiente de depositación es de tipo fluvial. La Formación Colorado se encuentra en contacto concordante con la Formación Mugrosa que la infrayace y en contacto discordante con la Formación Real que la suprayace.

**1.3.4 Migración.** En la Cuenca Valle Medio del Magdalena la discordancia del Eoceno produce un sistema de rutas de migración apropiado para el transporte de hidrocarburos, según la ANH<sup>10</sup> la migración directa de los hidrocarburos

---

<sup>7</sup> STUTZER (O.), 1923 citado por De Porta, J. Colombia. Léxico Estratigráfico Internacional. Volumen V. Fascículo 4 a. 1968. p. 305

<sup>8</sup> *Ibid.*, p. 373

<sup>9</sup> *Ibid.*, p. 142

<sup>10</sup> ANH. Colombian sedimentary basins: Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology, a new proposal.2012, P.80.

generados en la Formación La luna hacia la discordancia del eoceno, la migración lateral a lo largo de las areniscas del eoceno y la migración vertical a través de superficies de falla en áreas donde la Formación La Luna no subyace la discordancia del eoceno

La migración de hidrocarburos del campo se presenta inicialmente por la discordancia del Eoceno, el cual separa el yacimiento principal de las rocas fuentes, generando así un ambiente propicio para la migración de hidrocarburos. Las fallas secundarias y la Falla Cantagallo son las principales barreras de la migración de hidrocarburos en el Campo Yariguí.

**1.3.5 Trampa.** La cuenca Valle Medio del Magdalena presenta trampas de tipo estructural, debido a pliegues bajo superficie de cabalgamiento asociados a fallas inversas y normales, estructuras dúplex de cabalgamiento con cierre independiente y trampas de tipo estratigráfico debido a lentes geológicos.

En el Campo Yariguí, geológicamente, la acumulación de hidrocarburos se presenta por la acción ejercida por la Falla Cantagallo y pliegues asociados a fallas inversas, por lo cual el tipo de entrapamiento que predomina es de tipo estructural. En el pozo CG-172H la acumulación de hidrocarburos se encuentra en una trampa de tipo estructural asociado a una falla inversa.

## **1.4 HISTORIA DE PRODUCCION DEL CAMPO**

La producción del Campo Yariguí comienza en el año de 1941 con el pozo Cantagallo 2, alcanzando una profundidad de 6170 ft y produciendo 286 BOPD con una gravedad de 20.1 °API inicialmente.

**1.4.1 Método de producción.** Los pozos presentes en el Campo Yariguí utilizan principalmente como métodos de producción, bombeo electrosumergible y bombeo mecánico. En la **Tabla 1** se observan los diferentes mecanismos de producción y sistemas de levantamiento implementados en cada uno de los bloques que componen el Campo Yariguí.

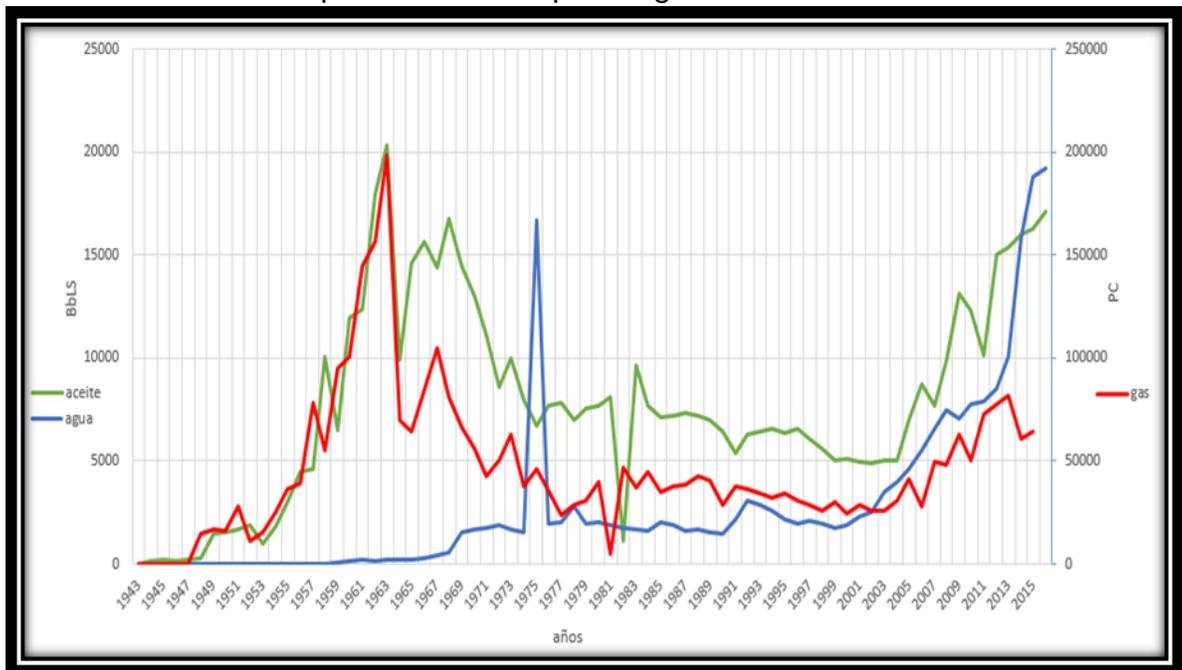
**Tabla 1.** Mecanismos de producción Campo Yariguí

Bloque	Mecanismo de producción	Sistema de levantamiento
I	Gas en solución	Bombeo mecánico
II	Gas en solución	Bombeo mecánico
III	Gas en solución	Bombeo mecánico
IV	Empuje hidráulico	Bombeo mecánico y BES
VC	Gas en solución y empuje parcial de agua	Bombeo mecánico y BES
VN	Gas en solución y empuje parcial de agua	Bombeo mecánico y BES
VS	Gas en solución	Bombeo mecánico y BES

Fuente: ECOPEL S.A. Modificado por el autor

**1.4.2 Tiempo de producción.** El Campo Yariguí viene produciendo hace 74 años, el cual inició su producción en el año 1941 con el pozo Cantagallo 2, con una producción de 286 BOPD. La producción acumulada del campo es de 216 MMBIS, se presenta el histograma de producción en la **Figura 3** del Campo Yariguí desde su comercialización hasta el año 2015.

**Grafica 1.** Historia de producción Campo Yariguí



Fuente: ANH. Modificado por el autor

**1.5 Características generales.** En la **Tabla 2** se muestran las propiedades correspondientes a las formaciones del Campo Yariguí, las cuales se obtuvieron

mediante los diferentes estudios realizados durante la maduración de los yacimientos.

**Tabla 2.** Características generales de yacimiento

Descripción	Cantidad	Unidad
Espesor neto	420	ft
Temperatura de yacimiento	138	°C
Presión inicial de yacimiento	3250	psi
Presión actual de yacimiento	2000	psi
Factor de recobro	17	%
Aceite original en sitio	1048	MMbls
Producción acumulada de petróleo	181.5	MMbls
Gravedad API del crudo @ 15 °C	21	°API
Producción actual de petróleo aproximada	13700	BOPD
Producción actual de agua aproximada	6000	BWPD
Producción acumulada de gas aproximada	4.5	MMscfd

**Fuente:** Ecopetrol S.A. Modificado por el autor

## 2. MARCO TEÓRICO

Con el propósito de mejorar los procesos de perforación, hacer más segura y eficiente su operación se puede evidenciar un gran avance a lo largo de la historia, pero la aplicación de nuevas tecnologías y taladros de perforación depende también de factores económicos y de disponibilidad, teniendo en cuenta lo anterior en el transcurso de este capítulo se definen conceptos claves que representan los objetivos de este trabajo de grado y permiten comprender mejor los capítulos siguientes, como las funciones de e importancia de los equipos que componen el Taladro PW-147, y las generalidades de los componentes de un taladro convencional. De igual manera se mencionan aspectos importantes como: historia de la perforación, tipos de taladros con sus sistemas y específicamente los progresos de optimización de perforación en el campo Yariguí.

### 2.1 HISTORIA DE LA PERFORACIÓN

Los primeros en perforar la tierra en busca de algún recurso fueron los chinos hace más de 2000 años, con el fin de obtener salmuera de la cual sacaban sal. Este proceso lo realizaban mediante la percusión de una herramienta cortante y pesada sostenida por un cable sobre una estructura de madera, este método logro perforar hasta 2900 ft de profundidad, sin embargo, no era muy efectivo por que demandaba mucho tiempo llegar al objetivo.

Al igual que los chinos en la industria petrolera en sus primeros años se seguía el mismo método de percusión para la perforación de pozos, pero tiempo después el método de percusión fue remplazado por la perforación rotaria, el cual permitía perforar pozos a mayor profundidad y en menor tiempo.

Los pozos petrolíferos más antiguos que se conocen fueron perforados en China en el año 347 d.C. tenían una profundidad de aproximadamente 820 pies y funcionaban mediante brocas fijadas a cañas de bambú<sup>11</sup>.

En el año de 1858 el Coronel Drake cerca de Titusville (Pensylvania) comenzó con la perforación de un pozo utilizando una técnica novedosa para la época, introduciendo un tubo en la tierra que le permitía taladrar y que impedía el derrumbamiento del pozo. Meses después de trabajo incesante la mañana del 27 de agosto de 1859 un trabajador observó como por el tubo del pozo emanaba

---

<sup>11</sup> GEORGE E. TOTTEN, PH.D Astm committe d02 and the petroleum industry. Vea en linea: < [http://www.astm.org/COMMIT/D02/to1899\\_index.html](http://www.astm.org/COMMIT/D02/to1899_index.html)>

lentamente petróleo, la profundidad del pozo era de unos 21 metros aproximadamente y producía alrededor de 25 BOPD.

A continuación en la siguiente tabla se muestran algunos Hitos de la evolución de la perforación más representativos.

**Tabla 3.** Hitos de la perforación en el mundo

AÑO	EVENTO
1888	Surge el principio de perforación rotaria.
1904-1908	Halliburton desarrolla diseños de tubería de revestimiento y cementación. Sharp & Hughes crea las primeras brocas de conos.
1910	Se usan las primeras bombas de lodo.
1914	Se establecen los fluidos de perforación por la Nacional Lead Co.
1935	Se fabrican las primeras brocas con carburo de tungsteno en Alemania Surge el uso de bentonita en los fluidos de perforación
1948-1974	Aparece la primera perforación automatizada. Surgen las primeras turbinas en la perforación. En 1974 se logra perforar hasta 31000 ft.
1978-1995	Se utilizan motores de fondo. La perforación comienza a ser planeada Se introducen las computadoras en los procesos de perforación

**Fuente:** Historia de la perforación petrolera en el mundo. Modificado por el autor.

La perforación continúa siendo una actividad de riesgo que requiere tiempo y costos, por lo cual sin la aprobación de geofísicos y geólogos no se disponen los recursos necesarios para perforar un pozo. A lo largo de la historia se han evidenciado grandes avances con el propósito de realizar las operaciones en el menor tiempo posible, reducir costos y asegurar las operacionales.

**2.1.1 Perforación por Percusión.** Esta denominación engloba todas aquellas formas de perforación en las que la fragmentación de la roca se produce básicamente por impacto de una herramienta afilada sobre la formación. La técnica de percusión simple es todavía utilizada por algunos equipos de perforación de pozos de agua y en la industria de la construcción.

En los primeros días de la exploración y producción de petróleo en el mundo, los pozos eran perforados con torres de perforación con equipos de cable. La técnica utilizada fue la perforación por percusión, donde una broca y la sarta de perforación suspendían por un cable, se dejaban caer repetidamente para ir haciendo el hueco, el proceso consiste en repetidos golpes que van penetrando la formación profundizando el pozo hasta alcanzar el objetivo.

Sin embargo, la perforación por percusión o perforación por cable presentaba algunas desventajas, lo cual limitaba los procesos de perforación de pozos como, ratas de perforación muy lentas y que no había forma de controlar la presión de formación desde el sitio de operación.

Debido a estas limitantes y con la necesidad de que los pozos fueran cada vez más profundos y realizar los trabajos de perforación en un menor tiempo se procedió a disponer elementos de corte móviles, que permitieran perforar a mayor profundidad minimizando el tiempo y reduciendo los desgastes, llegando así a la perforación rotaria.

**2.1.2 Perforación rotaria.** En la actualidad el método de perforación de pozos de hidrocarburos más utilizado en el mundo es la perforación rotaria, que consiste en hacer girar la tubería de perforación y la broca con impactos sucesivos penetrando de forma continua la formación en distintos puntos. Durante los procesos de perforación se utilizan diferentes tipos de brocas dependiendo de la formación a perforar, sin embargo la más usada es la tricónica, la cual posee tres conos con dientes de carburo de tungsteno ya que es un material resistente al desgaste.

En la industria el sistema de rotación es el encargado de proporcionar la potencia necesaria para que la sarta de perforación y la broca giren, con el propósito de perforar la formación, los sistemas más utilizados son el top drive, cuadrante o kelly y la mesa rotaria, los cuales se encuentran ubicados en la torre de perforación.

## **2.2 TALADRO DE PERFORACIÓN EN TIERRA**

El taladro de perforación o torre de perforación (**Figura 3**) es un dispositivo diseñado para realizar la perforación de las formaciones del subsuelo, lo cual consiste en hacer un orificio hasta llegar a la zona de interés, con el fin de extraer los hidrocarburos presentes en el yacimiento. El taladro se conforma por cinco sistemas básicos, los cuales realizan un trabajo en conjunto para que se pueda

realizar eficientemente la perforación de pozos y de la manera más segura posible, los principales sistemas son los siguientes.

**Figura 3.** Taladro de perforación en tierra



Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**2.2.1 Sistema de potencia.** El sistema de potencia tiene como función principal generar la energía necesaria para que los demás sistemas puedan operar eficientemente durante la operación. (**Figura 4**). Entre el sistema de potencia se encuentra dos clases, el sistema de potencia eléctrico e hidráulico. El eléctrico es el encargado de generar energía para cada una de las partes eléctricas del taladro, mientras que el hidráulico es el encargado de proporcionar energía a las herramientas hidráulicas por medio de un fluido hidráulico que es potencializado por unas bombas y llevado a través de mangueras hasta estas herramientas donde transforma esa energía hidráulica en mecánica, logrando así levantar y manejar los pesos de la tubería de perforación.

**Figura 4.** Generadores eléctricos del Taladro



Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**2.2.2 Sistema de circulación.** En este sistema se tiene en cuenta cada uno de los equipos relacionados con el fluido de perforación, involucrando su preparación y circulación.

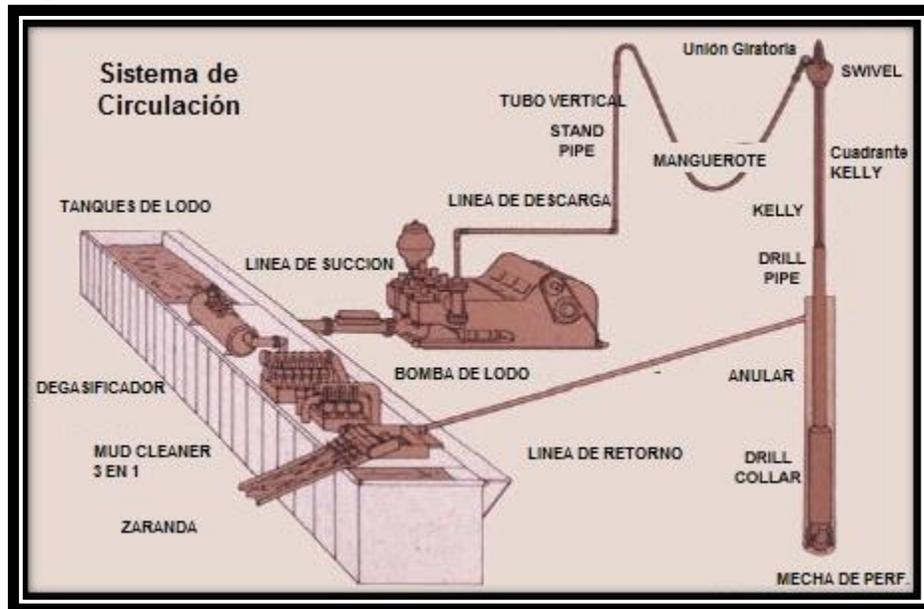
Para llevar a cabo este proceso es necesario tener tanques en los cuales se prepara el lodo o fluido de perforación y otros tanques para su almacenamiento, cabe resaltar que el fluido de perforación se prepara inicialmente en un laboratorio al cual se le realizan distintas pruebas, para garantizar que cumpla con cada una de sus funciones.

Otros equipos que hacen parte del sistema de circulación son los de control de sólidos, en los cuales se le remueve la mayor cantidad de sólidos presentes en el lodo, con el propósito de circular el fluido nuevamente.

En la **Figura 5** se puede observar detalladamente el proceso de circulación que tiene el lodo desde los tanques de almacenamiento, previamente preparado, es impulsado por las bombas de lodo, llega a la sarta de perforación y es evacuado

por los poros de la broca, seguido a esto el lodo sube por el espacio anular con algunos rípios hasta superficie, finalmente para continuar con el proceso de circulación el lodo pasa por la línea de retorno hasta los equipos de control de sólidos, donde el lodo se limpia y se deja en condiciones óptimas para continuar su recirculación.

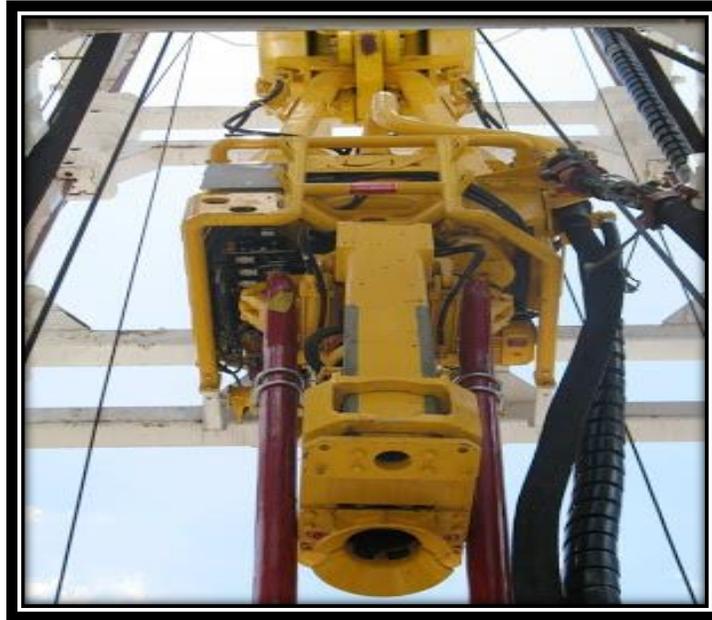
**Figura 5.** Sistema de circulación



Fuente: Perfob.blogspot

**2.2.3 Sistema de rotación.** El sistema de rotación es el encargado de proporcionar la potencia suficiente para que la broca y toda la sarta de perforación giren y así poder penetrar la formación. En la industria se utilizan dos tipos de sistema de rotación top drive (**Figura 6**) o mesa rotaria (**Figura 7**), para ambos sistemas se puede utilizar un motor en fondo o la energía para rotar se suministra desde superficie hasta el fondo del pozo por medio de la sarta de perforación.

**Figura 6. Top drive**



Fuente: Advantages of top drive drilling

**Figura 7. Mesa rotaria**



Fuente: Emec componentes de taladro

**2.2.4 Sistema de levantamiento.** El sistema de levantamiento (**Figura 8**) incluye los distintos equipos cuya función es bajar y elevar otros componentes y soportar grandes pesos, como revestimientos o sarta de perforación.

**Figura 8.** Sistema de levantamiento



Fuente: PETROWORKS S.A.S.

El sistema de levantamiento se compone de múltiples equipos sin embargo los principales son.

- ❖ Corona: Se encuentra en la parte superior del taladro, donde a través de las poleas se da movilidad bloque viajero.
- ❖ Malacate: Es un cilindro de gran tamaño el cual enrolla el cable de perforación permitiendo el movimiento de la sarta.
- ❖ Bloque viajero: Está compuesto por un conjunto de poleas donde pasa el cable de perforación.
- ❖ Cable de perforación: Es un cable de acero de 11/8 pulgadas de diámetro enroscado en un carrito cuya finalidad es bajar la tubería de perforación o el revestimiento dentro del pozo.
- ❖ Consola del perforador: Accesorio que permite al perforador monitorear todo cada uno de los equipos del sistema de levantamiento (**Figura 9**).

**Figura 9.** Consola del perforador



Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**2.2.5 Sistema de control.** El sistema de control está encargado de interrumpir el flujo de fluidos a superficie y evitar arremetidas o reventones durante las operaciones de perforación. Para evitar que un fluido no deseado salga a superficie se instalan válvula impide reventones conocidas por sus sigla BOP (blow out preventor) (**Figura 10**), ubicadas en la superficie del pozo, entre sus funciones están sellar el hueco al momento de una arremetida, y mantener la contrapresión del pozo, para que la cuadrilla pueda controlar la arremetida y evitar un reventón.

**Figura 10.** Preventoras de reventones (BOP)



Fuente: El taladro y sus componentes. P. 31

## 2.3 TORRES DE PERFORACIÓN EN MAR ADENTRO

La perforación Mar adentro requiere de un buque completamente autosuficiente, no sólo en términos de perforación, sino también de acomodación del personal, localizados en ubicaciones remotas y ambientes difíciles, son mucho más costosos de operar y requieren medidas de seguridad más sofisticadas puesto que el nivel del agua separa la cabeza del pozo de la torre de perforación.

Existen diferentes tipos de torre de perforación en mar adentro y su uso depende principalmente de la profundidad del agua en que se ve a operar.

**2.3.1 Barcazas.** Las barcazas son pequeños buques de fondo plano que sólo se pueden usar en aguas poco profundas como en los deltas, pantanos, lagunas, y lagos pandos.

**2.3.2 Plataformas de columnas plegables.** Son buques móviles convenientes para taladrar a poca profundidad. Están formados por un casco o plataforma fijos, los cuales se apoyan en un cierto número de columnas, generalmente tres, que se apoyan en el lecho del mar. Para mover una plataforma plegable, dichas columnas se levantan y el taladro puede flotar en su casco y así ser remolcado. Dado que así plegado tiene muy alto el centro de gravedad, por lo tanto muy inestable durante el remolque, debiendo ser remolcado con el mar muy calmo y a muy bajas velocidades para evitar el volcamiento. Una vez en la posición requerida, las columnas se asientan en el lecho del mar, haciendo una estructura muy estable que no es afectada por las olas. Las preventoras se instalan bajo el nivel de la mesa del taladro, lo cual hace necesario un tubo conductor muy largo hasta el lecho del mar para conectar el pozo al taladro y permitir la circulación del fluido de perforación<sup>12</sup>.

**2.3.3 Plataformas semi-sumergibles.** Las plataformas semi-sumergibles son taladros flotantes capaces de perforar en aguas más profundas que aquellos de patas plegables. La mesa es soportada por cierto número de patas o columnas. Bajo el nivel del agua estas columnas están soportadas por pontones que pueden estar o no conectados entre sí. Las columnas y pontones pueden ser utilizados para lastrar y equilibrar la plataforma. Esta estructura queda equilibrada por debajo del nivel del agua, evitando el inconveniente principal que es la turbulencia del mar

---

<sup>12</sup> ESTEPA. YEISER producción de petróleo y gas. Vea en línea: <<http://documentslide.com/documents/respuesta-guia-9.html>>

en la superficie. Esto la hace más estable que los buques de perforación y por lo tanto más apropiadas para perforar en aguas turbulentas. Los pontones tienen hélices motrices para ajustar su posición y para moverse, aunque en general son remolcadas por barcazas y usan las hélices para un posicionamiento más preciso. Una vez correctamente posicionada, la plataforma es anclada en el lugar, aunque en aguas más profundas las hélices pueden seguir siendo usadas para mantener la posición por medio de un control automático de posición. A diferencia de la plataforma de patas plegables, en este tipo de plataforma las BOPs se instalan sobre el lecho marino, directamente conectadas al revestimiento del pozo. Instalar las BOPs es un proceso sumamente complejo y se efectúa por medio de vehículos a control remoto y cámaras marinas. Esto permite que la plataforma pueda abandonar el pozo en caso de necesidad. Un conductor largo, flexible y telescópico, llamado riser, conecta las BOPs a la plataforma, permitiendo circular al fluido de perforación y entrar y salir del pozo a la sarta de perforación<sup>13</sup>.

**2.3.4 Buques de perforación.** Los Buques de perforación pueden perforar en aguas más profundas. Generalmente tiene su propio medio de propulsión y viajan fácilmente de una a otra localización. Son sumamente móviles, pero no tan estables como las plataformas semi-sumergibles, y por lo tanto no son aptos para perforar en aguas muy turbulentas. Un buque de perforación puede ser anclado, o su posición mantenida mediante un control automático de posición parecido al de una plataforma semi-sumergible.

Los Buques de perforación tienen exactamente el mismo equipo que las plataformas semisumergibles, con las BOPs conectadas sobre el lecho marino. Para compensar el movimiento del buque (al igual que en las plataformas semi-sumergibles) el riser tiene una junta escualizable en el lecho marino que permite el movimiento horizontal. La longitud de este riser es comúnmente el factor limitante en la perforación en aguas profundas, antes de que llegue a sus límites de esfuerzo y deformación<sup>14</sup>.

**2.3.5 Plataformas fijas.** Las plataformas fijas son estructuras permanentes montadas especialmente cuando no se requiere movilidad. Típicamente cuando múltiples pozos han de ser perforados para desarrollar y entrar a producir un campo. Pueden ser de dos diseños, soportadas con pilotes o por gravedad. Una plataforma sostenida por pilotes consiste en una estructura de acero así soportada

---

<sup>13</sup> Ibid.

<sup>14</sup> Ibid.

por dichos pilotes clavados en el lecho del mar. Este tipo de plataforma es muy estable cuando hay mal clima, pero es muy poco móvil. Usualmente se construyen en secciones separadas que son remolcadas separadamente hasta el sitio y allí ensambladas. Las plataformas de tipo por gravedad son hechas en concreto, o acero, o en una combinación de ambos. Tienen una base modular, la cual provee de sitio para lastre y almacenamiento, y sobre esta base van las columnas verticales que han de soportar la mesa de perforación. Normalmente son construidas completamente y luego remolcadas y lastradas en su posición definitiva<sup>15</sup>.

## **2.4 PLANEACIÓN DE UN PROGRAMA DE PERFORACIÓN**

El éxito de la perforación de un pozo, depende directamente de una óptima planificación inicial. La importancia de un apropiado plan comienza con la decisión de perforar y terminar cuando el pozo está completado y el taladro listo para movilizarse a otra localización. La exactitud con la cual el plan es preparado, contribuirá a una reducción de costos y una disminución de los problemas potenciales. Al mismo tiempo, un control diario de las operaciones ayudará a realizar correctivos a medida que el pozo se perfora. Una de las claves de éxito, es el de anticipar lo inesperado, ya que muchos de los problemas que se presentan en nuestras operaciones ocurren en pozos de desarrollo y durante las ejecución de tareas cotidianas. Finalmente, este Plan de Perforación nos permite la selección adecuada del taladro de Perforación, lo cual garantiza que las actividades descritas en dicho Plan, tengan asegurado su proceso de ejecución operacional, contando para ello con los equipos acordes con su potencia y capacidad de respuesta. Como se mencionó anteriormente existen dos factores importantes en la planeación de un programa de perforación, como lo es, la Información geológica del yacimiento y la Información de Pozos vecinos.

**2.4.1 Información geológica.** La información geológica es proporcionada por un geólogo o ingeniero de explotación, dicha información debe suministrar datos exactos como lo son, el mapa de acceso al campo, mapa de ubicación del pozo a perforar, cortes estructurales, columna estratigráfica de la cuenca y del campo, al igual que información referente al control de pozos como, data de presiones anormales, formaciones sobrepresionadas, y proporcionar información sobre los pozos cercanos al pozo planeado a perforar.

---

<sup>15</sup> Ibid.

Esta información debe ser lo más completa posible con el fin de prevenir zonas de pérdida de circulación y/o pega de tubería, cualquier arena cargada con alta presión, formaciones superficiales cargadas debido a fugas de pozos vecinos, buzamientos de las secciones a atravesar o susceptibles a daño o no compatibilidad con el fluido de perforación. Debe mostrarse igualmente en esta información: Programa de registros, pruebas muestras, programa de núcleos, zonas de transición, profundidades recomendadas de los puntos de asentamiento de los revestidores.

**2.4.2 Pozos vecinos.** En la información de pozos vecinos, está el mayor porcentaje operacional y de ingeniería de diseño a desarrollar en la planificación del pozo. Su información generalmente está plasmada en resúmenes esquematizados y de orden secuencial asociado al proceso de perforación.

A continuación se presenta una guía de la información a rescatar de dichos resúmenes y que servirán para armar el programa de perforación:

- ❖ Tipos y características de los fluidos de perforación (lodo de perforación)
- ❖ Tipos y componentes de la sarta de perforación. P.S.M y R.P.M
- ❖ Tipos de brocas utilizadas.
- ❖ Métodos hidráulicos utilizados. R.O.P
- ❖ Presión de poros y de fractura. Prueba L.O.T. Densidad máxima equivalente
- ❖ Puntos de asentamiento de los revestidores
- ❖ Tipo y grado de los revestidores.
- ❖ Tipos de lechadas de cemento utilizado.
- ❖ Registros tomados.
- ❖ Tipos de completación.
- ❖ Actividades Complementarias (Pruebas, Núcleos, cañoneo)
- ❖ Análisis de tiempo y Costos del pozo por fase
- ❖ Contingencias por fase.

**2.4.3 Formato A.P.I D10-A.** El formato D10-A presenta un análisis de un plan de perforación (Drilling Plan Analysis D.P.A), el cual fue desarrollado por el Instituto Americano del Petróleo (A.P.I) en el cual de una manera secuencial se plasman todas las fases y aspectos de mayor incidencia en la selección óptima de un taladro de perforación para operaciones de tierra o agua.

Este formato se encuentra dividido en faces o secciones, en las cuales se requiere realizar cálculos relacionados a aspectos operacionales los cuales finalmente contribuirán a la selección apropiada de un taladro de perforación.

A continuación se mencionan las fases en las que se divide el formato D10-A:

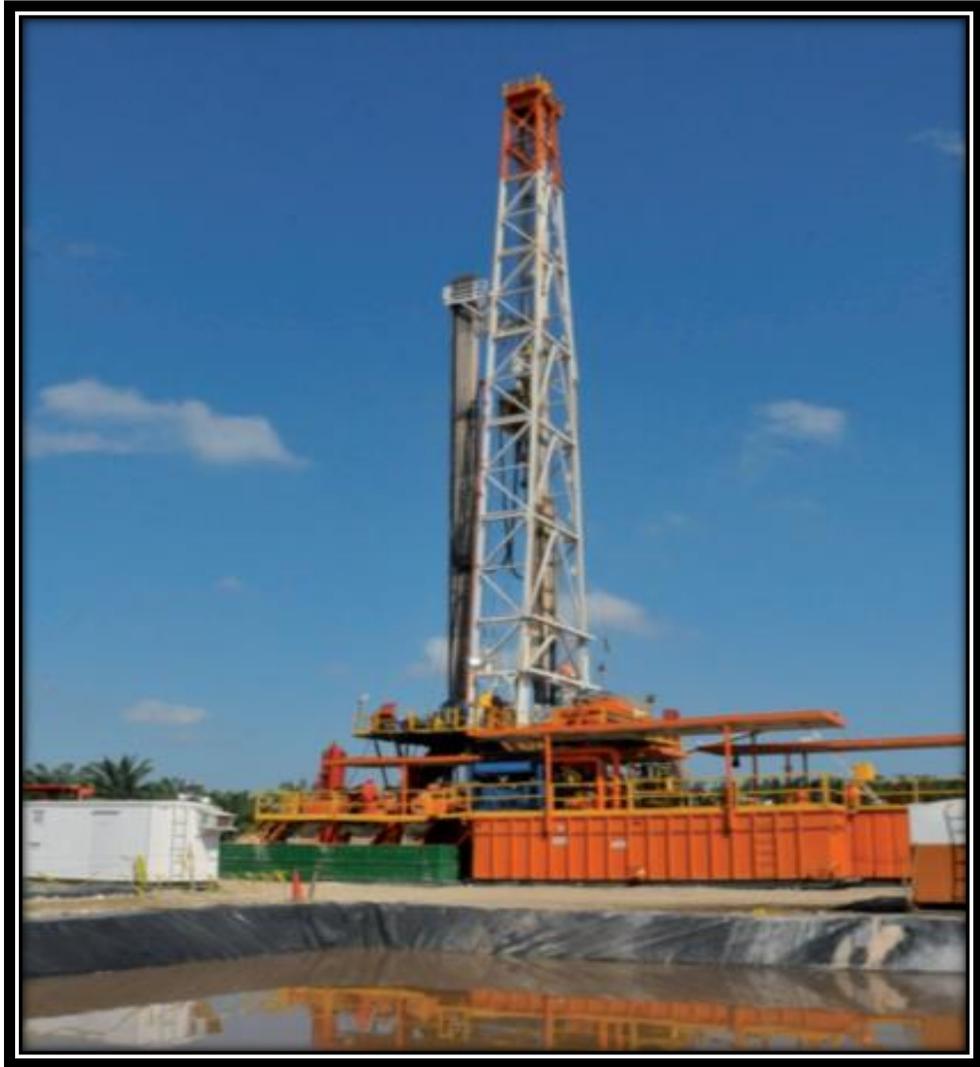
- Fase 1. Información Básica del Pozo
- Fase 2. Programa del Hoyo y Revestimiento
- Fase 3. Sarta de Perforación Recomendada
- Fase 4. Requisitos de la Torre de Perforación
- Fase 5. Necesidades Hidráulicas
- Fase 6. Necesidades Rotatorias
- Fase 7. Equipos Auxiliares

## **2.5 TALADRO CONVENCIONAL 1500 HP**

Los taladros convencionales, al igual que los taladros hidráulicos requieren de los cinco sistemas mencionados anteriormente (sistema de potencia, levantamiento, rotación, circulación y control) para que su funcionamiento sea el más seguro y eficiente.

El Taladro Rig 1008 1000hp (**Figura 11**) es un taladro convencional con una capacidad de carga de 770,000 lbs aproximadamente, el cual está compuesto de distintos equipos los cuales cumplen una función esencial en las operaciones de perforación de pozos, con el propósito que sea una operación eficiente y segura.

**Figura 11.** Taladro Convencional 1500 HP



**Fuente:** ESTRELLA INTERNATIONAL ENERGY SERVICES.

**2.5.1 Clasificación de los taladros convencionales.** En la industria se encuentran diferentes tipos de taladros convencionales, que a su vez se catalogan dependiendo de sus características requeridas de operación, a continuación en la **Tabla 4** se observa su clasificación clasificada según su referencia, capacidad y demás características.

**Tabla 4.** Clasificación de los taladros convencionales

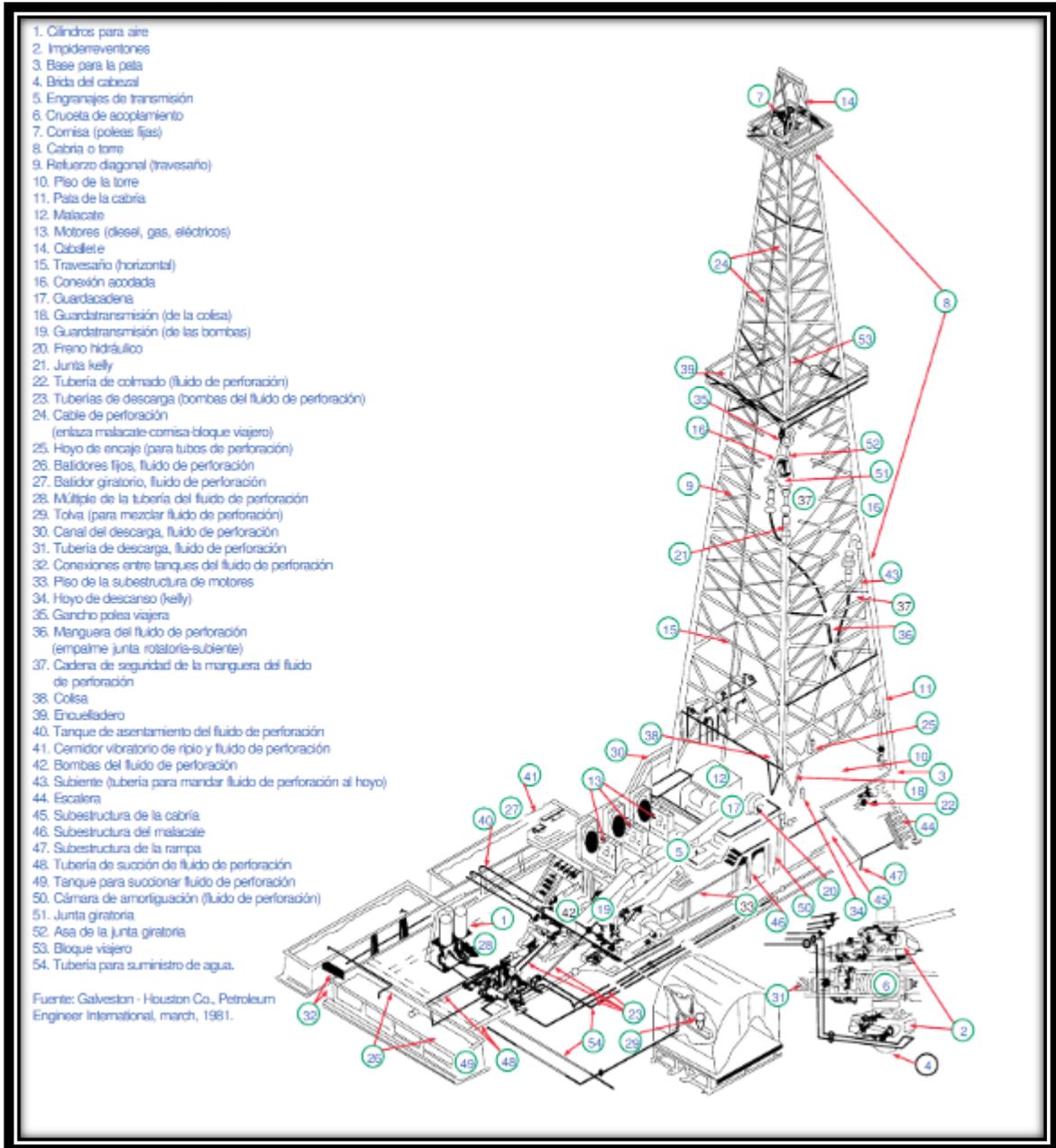
Taladro	Carga Gancho	Líneas	Capacidad Retroceso	Potencia Entrada Malacate	Altura Mástil	Altura Sub Estructura
<b>TIPO</b>	<b>ft</b>	<b>-</b>	<b>lbs</b>	<b>hp</b>	<b>ft</b>	<b>ft</b>
DM 750	750000	-	450000	1500	152	30
DM 1000	1000000	-	800000	2000	156	35
DM 1300	1300000	-	800000	2000	156	35
DM 1500	1500000	-	1000000	3000	156	40
DM 2000	2000000	-	1000000	3000	160	45
HSL 750	750000	-	450000	1500	152	30
HSL 1000	1000000	-	800000	2000	156	35
HSL 1300	1300000	-	800000	2000	156	35
HSL 1500	1500000	-	1000000	3000	156	40

**Fuente:** DRILLMEC DRILLING TECHNOLOGIES. Modificado por el autor

**2.5.2 Equipos de un taladro convencional.** Cada taladro de perforación se compone de diferentes equipos, los cuales cumplen una función principal y funciones secundarias. Estos equipos deben de trabajar de manera conjunta, con el fin de cumplir con el objetivo de perforar un pozo de manera eficiente y segura.

A continuación en la **Figura 12** se pueden observar los equipos que componen un taladro de perforación convencional y su posición de trabajo.

**Figura 12. Equipos de un Taladro Convencional**



**Fuente:** Usmpetrolero y Estadístico. Véase también en línea  
 <<https://usmpetrolero.wordpress.com>>

**2.5.3 Ficha técnica de un taladro convencional 1500 hp.** Cada taladro de perforación sea convencional o hidráulico, tiene una ficha técnica en la cual se describen las características generales del taladro y se mencionan cada uno de los equipos que lo conforman al igual que sus características operacionales.

A continuación en la **Tabla 5** se puede observar la ficha técnica del Taladro Convencional Rig 1008 1500 hp de la empresa Estrella Energy usado en la pasada campaña de perforación del Campo Yariguí, donde se describen las características operacionales de manera generalizada de los equipos que componen este taladro.

**Tabla 5.** Ficha técnica taladro convencional 1500 hp

<b>Mástil</b>	
Altura	136 ft
Capacidad de carga	570000 lbs
<b>Top drive</b>	
Capacidad de halado	350 ton
<b>Bombas de lodo</b>	
Cantidad	3 bombas triplex
Potencia	1000 hp
<b>Tanques de lodo</b>	
Cantidad	2 tanques
Capacidad	910 lbs
<b>Preventoras (BOP´S) 13 5/8 "</b>	
Presión de trabajo	5000 psi
<b>Choque manifold</b>	
Presión de trabajo	5000 psi
<b>Gancho</b>	
Capacidad	350 ton
<b>Mesa rotaria</b>	
Carga de rotación	500000 lbs
Capacidad de retroceso	450000 lbs

**Fuente:** ESTRELLA ENERGY. Modificado por el autor

Al igual que los taladros convencionales o taladro mecánicos, existen varios tipos de taladros hidráulicos los cuales se clasifican según las características técnicas y

operacionales propias de cada uno, en la **Tabla 6** y en la **Tabla 7** se muestran los diferentes tipos de taladros que existen en el mercado utilizados en la perforación de pozos petrolíferos. La selección de un taladro depende de la capacidad de carga que se requiera para las operaciones de perforación.

**Tabla 6.** Clasificación de los taladros hidráulicos

Taladro	Potencia Instalada	Capacidad De Carga Estática Gancho	Máximo Despliegue	Altura Máxima Desde Nivel Tierra	Altura Libre Desde Nivel Rt	Capacidad Nominal RT	Datos Accionador De Tope Máximo RPM
TIPO	hp	Lbs	lbs	ft	ft	lbs	N
HH 75	540	165000	44000	71.8	49.2	165000	150
HH102	575	220000	44000	36.8	52.5	220000	154
HH150	956	300000	44000	98	51.5	300000	200
HH220	1340	440000	44000	98	51.5	440000	200
HH300	1542	600000	66000	102.7	52.5	600000	200
HH350	1542	700000	66000	102.7	52.5	700000	200
HH375	1600	750000	66000	102.7	52.5	750000	200
HH600	2261	1200000	88000	136.1	74	1200000	250

Fuente: DRILLMEC DRILLING TECHNOLOGIES. Modificado por el autor

**Tabla 7.** Clasificación de los taladros hidráulicos

Taladro	Potencia Instalada	Datos Accionador De Tope Par Máximo	Línea de perforación	Diámetro Nominal Línea de Perforación	línea de Perforación Fuerza rotura	Capacidad Bastidor Tubo Vertical Dp 3" ½	Capacidad Bastidor Tubo Vertical Dp 5 "
UNIDADES	hp	ft / lbs	n	in	lbs	ft	ft
HH 75	540	26435	2	1.11/32	255153	3360	2395
HH102	575	26435	2	1.11/32	255153	9500	5900
HH150	956	26435	4	1.11/32	255153	15000	11800
HH220	1340	26435	4	1.11/32	255153	15000	11800
HH300	1542	38521	4	1.11/32	255153	15170	11800
HH350	1542	38521	4	1.65	376875	15170	12040
HH375	1600	38521	4	1.73	376875	15170	12040
HH600	2261	72200	8	1.65	373000	-	12040

Fuente: DRILLMEC DRILLING TECHNOLOGIES. Modificado por el autor

Este proyecto se enfoca en el comportamiento operacional del Taladro Hidráulico PW-147 1500 hp de la empresa Petroworks S.A.S, en la perforación de un pozo vertical en el Campo Yarigüí en la campaña de perforación 2015-2016.

A continuación se muestra la ficha técnica del Taladro PW-147

## 2.6 TALADRO HIDRÁULICO PW-147 1500 HP DE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA TECNOLOGÍA SÚPER SINGLE

El Taladro PW-147 (**Figura 13**) es un equipo de perforación de la empresa Petroworks S.A.S el cual fue contratado por la empresa operadora Ecopetrol para la perforación de pozos de las campañas en el Campo Yariguí.

En la **Tabla 8** se muestran las especificaciones generales del Taladro PW-147.

**Figura 13.** Taladro PW-147



Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**Tabla 8.** Ficha técnica del Taladro PW-147

MARCA / BRAND	DRILLMEC
MODELO / MODEL	HH 350
TIPO / TYPE	TRANSPORTE QUINTA RUEDA / TRANSPORT FIFTH WHEEL
AÑO /YEAR	Fabricado en el año 2011 / Fabricated on 2011
POTENCIA / POWER	1542 HP
CAPACIDAD / CAPACITY	700.000 LBS
N° INTERNO / RIG NUMBER	PW 147

Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**2.6.1 Fichas técnicas de los equipos del Taladro PW-147.** Todos los taladros de perforación cuentan con cinco sistemas principales para que su desempeño sea el mejor y a su vez cuenta con múltiples equipos que componen el taladro, que hacen posible su funcionamiento.

A continuación se muestran los equipos que componen el Taladro PW-147.

**2.6.2 Unidad de potencia hidráulica.** La unidad de potencia hidráulica para el Taladro PW-147, de la serie HH 350, cuenta con un motor de corriente alterna, 2 bombas hidráulicas principales, una para la elevación y descenso del mástil y otra para la rotación de la sarta de perforación, además cuenta con una potencia instalada de 1542 HP y 1150 KW.

En la **Tabla 9** se muestran las especificaciones de la unidad hidráulica que compone el Taladro PW-147.

**Tabla 9.** Unidad hidráulica del Taladro PW-147

<b>UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA</b>	
HYDRAULIC POWER UNIT	
MODELO/ MODEL	HH 350
POTENCIA TOTAL INSTALADA / TOTAL POWER	1542 HP (1150 KW)
No. HPU CENTRALES / No. CENTRALS HPU	2 (ELECTRO-HIDRAULICOS)
MOTOR / MOTOR	CORRIENTE ALTERNA
POTENCIA / POWER	575 KW, 600 VOLTIOS, 60 HZ a 1800 RPM
BOMBAS HIDRAULICAS PRINCIPALES / HYDRAULIC PISTON PUMPS	2, (1 PARA ELEVACION Y DESCENSO MASTIL, 1 PARA ROTACION)
BOMBA HIDRAULICA DE SERVICIOS / HYDRAULIC PISTON PUMP FOR THE SERVICES	1
BOMBA PALETA PARA ALIMENTACION DE ROTARIA / VANE PUMP FOR ROTARY TABLE POWERING	1
BOMBA PALETA PARA DISPOSITIVOS SERVO – CONTROLADOS / VANEN PUMP FOR SERVO-CONTROLLED DEVICES	1
BOMBAS DE TORNILLO PARA FILTRADO Y ENFRIAMIENTO / SCREW PUMPS FOR FILTRATION AND COOL	2
TANQUE HIDRAULICO / OIL TANK	1 (CON ALARMA DE NIVEL)
CAPACIDAD TANQUE HIDRAULICO / HYDRAULIC OIL TANK CAPACITY	1320 GLS (5000 LTS)
INTERCAMBIADORES DE CALOR AIRE – ACEITE / HEAT EXCHANGER AIR-OIL	2
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO TERMICO / HEAT EXCHANGE CAPACITY	105 KW
POTENCIA TOTAL PARA ENFRIAMIENTO ACEITE / TOTAL COOLING POWER OIL	420 KW a 40°C / 104°F

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S.

**2.6.3 Mástil.** El mástil o torre es una estructura portátil, con la capacidad de ser izada como una unidad a la posición de trabajo (ver **Figura 14**), en la **Tabla 10** se encuentran la especificaciones técnicas del mástil que compone el Taladro PW-147.

**Figura 14.** Mástil del Taladro PW-147



**Fuente:** PETROWORKS S.A.S.

**Tabla 10.** Ficha técnica del mástil del Taladro PW-147

<b>MASTIL /DERRICK</b>	
MARCA / BRAND	DRILLMEC
POTENCIA / POWER	1542 HP
CAPACIDAD MAXIMA DE HALADO / MAX PULL UP LOAD	700.000 LBS (317 TON METRICAS)
CAPACIDAD MAXIMA DE CARGA / MAX PULL DOWN LOAD	60.000 LBS (30 TON METRICAS)
TIPO / TYPE	1 SECCION TELESCOPIC HYDRAULIC
GATOS HIDRAULICOS PARA ASCENSO Y DESCENSO MASTIL / HYDRAULIC JACKS FOR RAISING AND LOWERING OF MAST	2
CILINDRO HIDRAULICO DE ELEVACION / HOISTING HYDRAULIC CYLINDER	1
DIÁMETRO DE CABLE / DIAMETER LINE	1 10/16 inch (6 X 26" RL IWCS, IPS)
No. LINEAS / No. LINES	8
CARRERA TRABAJO MASTIL / WORKING STROKE OF MAST	16,6 MTS ( 54,46 FT)
PRESTACIONES EN CASO DE CARGA EXTRAORDINARIA / BENEFITS IN CASE OF SPECIAL CHARGE:	
PRESION DE EJERCICIO ACEITE / OIL PRESSURE EXERCISE	410 BAR
VELOCIDAD MAXIMA ELEVACION /MAXIMUM SPEED LIFT	4,8 MTS / MIN
RECORRIDO DE TRABAJO / TRAVEL WORK	13,6 MTS

Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**2.6.4 Corona PW-147.** La corona o bloque corona, constituye la parte superior del taladro de perforación, donde el peso de la sarta de perforación es transmitido a la torre a través de un sistema de poleas (Bloque corona) el cual sostiene y brinda movilidad al bloque viajero. En la **Tabla 11** se encuentran las especificaciones técnicas de la corona pw-147.

**Tabla 11.** Ficha técnica de la corona del Taladro PW-147

<b>CORONA / CROWN</b>	
MARCA / BRAND	DRILLMEC
No. POLEAS / No. SHEAVES	8
DIAMETRO POLEAS / DIAMETER SHEAVES	31 ½ inch
RANURA POLEAS / GROOVES SHEAVES	42 mm

Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**2.6.5 Subestructura PW-147.** Es la unidad del taladro que tiene como función soportar el piso de perforación, proporcionar espacio para el equipo y personal, a su vez proveer espacio debajo del piso para alojar las válvulas preventoras. La subestructura puede soportar todo el peso de la sarta cuando está suspendida en las cuñas.

A continuación se muestra en la **Tabla 12** las especificaciones de la subestructura del Taladro PW-147.

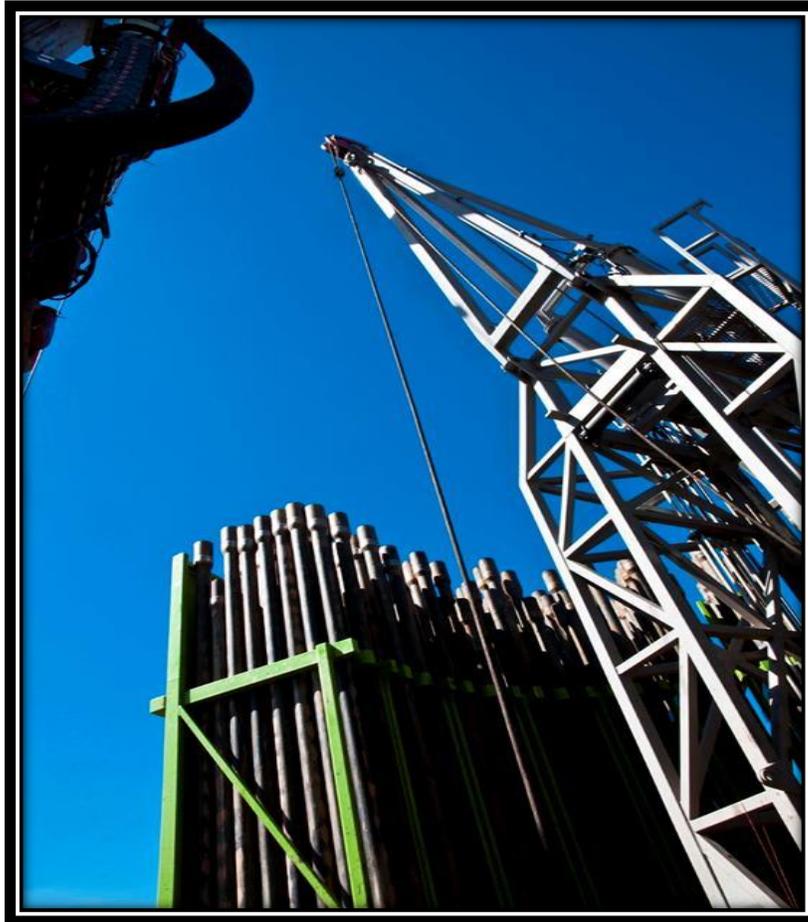
**Tabla 12.** Ficha técnica de la subestructura del Taladro PW-147

SUBESTRUCTURA/ SUBSTRUCTURE	
MARCA / BRAND	DRILLMEC
ALTURA PISO PERFORACION / DRILL FLOOR HEIGHT	25 FT + 3.5 inch
ALTURA DEBAJO DE VIGAS / CLEAR HEIGHT UNDER ROTARY BEAMS	22 FT
CAPACIDAD DE CARGA / ROTARY TABLE LOAD CAPACITY	700.000 LBS (180 TON METRICAS)

Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**2.6.6 Sarta de perforación.** Esta compuesta por un conjunto de tubos (ver **Figura 15**), los cuales se enroscan entre sí para poder formar la longitud necesaria a fin de lograr una profundidad dada. En la **Tabla 13** se mencionan las especificaciones de la tubería que usa el Taladro PW-147.

**Figura 15.** Tubería del Taladro PW-147



Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**Tabla 13.** Ficha técnica de la tubería del Taladro PW-147

<b>TUBERIA</b>	
TUBULARS	
DIAMETRO EXTERNO / OD DRILL PIPE	5 inch
GRADO / GRADE	S – 135
LONGITUD TOTAL / TOTAL LENGTH	12000 FT
RANGO / RANGE	III

Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**2.6.7 Mesa rotaria.** Es una maquinaria sumamente fuerte y resistente que hace girar el cuadrante y a la sarta de perforación (ver **Figura 16**). Cuando la perforación avanza, la mesa rotaria gira hacia la derecha; luego, cuando se extrae la tubería del hoyo, la mesa sostiene la sarta de perforación con las cuñas durante los intervalos cuando la tubería no está suspendida del gancho. Cuando la broca

llega al fondo del hueco, la mesa rotaria vuelve a girar variando su velocidad entre 40 a 200 RPM.

A continuación en la **Tabla 14** se muestran las especificaciones de la mesa rotaria del Taladro PW-147.

**Figura 16.** Mesa rotaria del Taladro PW-147



Fuente: PETROWORKS S.A.S.

**Tabla 14.** Ficha técnica de la mesa rotaria del Taladro PW-147

MESA ROTARIA/ROTARY TABLE	
MARCA / BRAND	DRILLMEC
DIMENSION DE HUECO / ROTARY TABLE HOLE DIMENSION	37 ½ inch
CARGA MAXIMA ESTATICA / MAXIMUN STATIC LOAD	700.000 LBS (317 TON METRICAS)
MAXIMA VELOCIDAD DE ROTACION /MAX ROTATING SPEED	45 RPM
MAXIMA POTENCIA DE TORQUE / MAX OUTPUT TORQUE	7233 LSB/FT (980 DaNm)

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**2.6.8 Top drive.** Equipo cuya función consiste en que la sarta de perforación y el ensamble de fondo reciben la energía para su rotación, por medio de un motor que va colgado del bloque viajero (ver **Figura 17**). El equipo cuenta con un swivel integrado, un manejador de tubería, el cual posee un sistema para enroscar y desenroscar tubería, una cabeza rotaria y válvulas de seguridad.

En la **Tabla 15** se muestran las especificaciones del top drive que compone el Taladro PW-147.

**Figura 17.** Top drive del Taladro PW-147



**Fuente:** PETROWORKS S.A.S

**Tabla 15.** Ficha técnica del top drive del Taladro PW-147

<b>UNIDAD SUPERIOR</b>	
<b>TOP DRIVE</b>	
MARCA / BRAND	DRILLMEC
POTENCIA / POWER	1542 HP
RECORRIDO	16,6 MTS (54,46 FT)
CAPACIDAD MAXIMA DE HALADO / MAX PULL UP LOAD	700.000 LBS (317 TON METRICAS)
CAPACIDAD MAXIMA DE CARGA / MAX PULL DOWN LOAD	66.000 LBS (30 TON METRICAS)
RANGO DE RPM / RANGE OF RPM	0 – 199
TORQUE MAXIMO / MAX TORQUE	36200 LBS/FT (4910 DaNm)
DIAMETRO INTERNO LINEA CIRCULACION / INSIDE DIAMETER DIRECT CIRCULATION	3 inch
PRESION MAXIMA DE TRABAJO / MAX WORKING PRESURE	5000 PSI (345 BAR)
CAPACIDAD DESTORQUEO / CAVITY BREAK BIT OUT, CASING MAKE BACK UP	58.000 LBS/FT (7848 DaNm)
MAXIMA PRESION TRABAJO VALVULA INTERNA / INSIDE BOP MAX WORKING PRESSURE	10000 PSI (345 BAR)

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**2.6.9 Herramienta de potencia hidráulica.** La herramienta de potencia hidráulica es una llave de torsión hidráulica se encuentra en el cuerpo principal del top drive. (**Figura 18**). Cuenta con un torque máximo de conexión de 74680 lbs/ft y un torque máximo de desconexión de 106310 lbs/ft.

En la **Tabla 16** se muestran las especificaciones de la herramienta de potencia hidráulica del Taladro PW-147.

**Figura 18.** Herramienta hidráulica PW-147



Fuente: PETROWORKS S.A.S

**Tabla 16.** Ficha técnica de llave hidráulica del Taladro PW-147

<b>LLAVE HIDRAULICA DE TORQUE /HYDRAULIC TORQUE WRENCH</b>	
MARCA / BRAND	DRILLMEC
DIAMETRO MINIMO EXTERNO DE MANEJO / MIN OUTSIDE DIAMETERS HANDLING	2 3/8"
DIAMETRO MAXIMO EXTERNO DE MANEJO / MAX OUTSIDE DIAMETERS HANDLING	8"
TORQUE MAXIMO EN CONEXION / MAX BRAKE-UP TORQUE	74680 LBS/FT (10125 DaNm)
TORQUE MAXIMO EN DESCONEXION / MAX MAKE-UP TORQUE	106310 LBS/FT (14410 DaNm)

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**2.6.10 Manipulador de tubería.** El manipulador de tubería está equipado con un sistema totalmente rápido y automático de manipulación de tuberías. Los contenedores de tuberías se instalan por el manejador de tuberías con todas las tuberías, listos para su uso. El manejador de tubería elimina o añade automáticamente un tubo en el agujero del ratón de acuerdo con el modo de trabajo.

A continuación en la **Tabla 17** se muestra la ficha técnica del manipulador de tubería.

**Tabla 17.** Ficha técnica del manipulador de tubería del Taladro PW-147

<b>MANIPULADOR DE TUBERIA</b>	
<b>PIPE HANDLER</b>	
MARCA / BRAND	DRILLMEC
MOTOR HIDRAULICO / HYDRAULIC MOTOR	1
GATO HIDRAULICO PARA ELEVACION – DESCENSO GRUA / HYDRAULIC JACK TO RISE AND LOWER THE CRANE	1
WINCHE HIDRAULICO PARA ELEVACION TUBERIA / HYDRAULIC WINCH FOR PIPE HOISTING	1
PINZAS AUTOMATICAS PARA ELEVACION TUBERIA / CLAMP AUTOMATIC FOR PIPE HOISTING	2
DIAMETRO DEL CABLE / DIAMETER LINE	24 mm
CAPACIDAD / CAPACITY	12 TON METRICAS

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**2.6.11 Bombas de lodo.** Son bombas de gran tamaño de desplazamiento positivo cuya función es circular el fluido de perforación en el taladro (ver **Figura 19**). Se alimentan con potencia generada por motores de combustión interna. En las **Tablas 18,19 y 20** se muestran las especificaciones de cada una de las bombas triplex usadas por el Taladro PW-147.

**Figura 19.** Bombas de lodo del Taladro PW-147



**Fuente:** PETROWORKS S.A.S

**Tabla 18.** Ficha técnica bomba de lodo 1 del Taladro PW-147

<b>BOMBA N. 1 / MUD PUMP N. 1</b>	
MARCA / BRAND	DRILLMEC
MODELO / MODEL	12T – 1600
TIPO / TYPE	TRIPLEX
CARRERA / SPREAD	12"
DIAMETRO CAMISA / PISTON LINERS	4 ½" a 7 ½"
POTENCIA CORRIENTE ALTERA / AC POWER	1150 HP
DIAMETRO DE SUCCION / SUCTION DIAMETER	10"
DIAMETRO DE SALIDA / DELIVERY DIAMETER	5"
DESCARGA MAXIMA / MAX RATED OUTPUT	3127 LTS / MIN
PRESION MAXIMA / MAX PRESSURE	5000 PSI (344 BAR)
CONTROL REMOTO / REMOTE CONTROL	CONSOLA DEL MAQUINISTA / MOUNTED AT DRILL PANEL
<b>MOTOR / ENGINE</b>	
TIPO / TYPE	ELECTRICO
MARCA / BRAND	JOLIET HITACHI
POTENCIA / POWER	1150 HP, 600 VAC, 1120 AMP, 800 HP a 1500 RPM
TRANSMISION /	
TRANSMISION	
TIPO DE TRANSMISION / TRANSMISION TYPE	CORREAS
RELACION DE TRANSMISION / GEAR RATIO	3,171
No CORREAS / No. BELTS	12
TIPO DE CORREAS / BELTS TYPE	8V-3150
SISTEMA DE TENSION / TENSION SYSTEM	SI / YES
<b>GRUA PLUMA / JIB CRANE</b>	
CAPACIDAD NOMINAL / NOMINAL CAPACITY	500 KG (1,100 LBS)

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**Tabla 19.** Ficha técnica bomba de lodo 2 del Taladro PW-147

<b>BOMBA N. 2 / MUD PUMP N. 2</b>	
MARCA / BRAND	DRILLMEC
MODELO / MODEL	12T – 1600
TIPO / TYPE	TRIPLEX
CARRERA / SPREAD	12 inch
DIAMETRO CAMISA / PISTON LINERS	4 ½" a 7 ½" inch
POTENCIA CORRIENTE ALTERA / AC POWER	1150 HP
DIAMETRO DE SUCCION / SUCTION DIAMETER	10 inch
DIAMETRO DE SALIDA / DELIVERY DIAMETER	5 inch
DESCARGA MAXIMA / MAX RATED OUTPUT	3127 LTS / MIN
PRESION MAXIMA / MAX PRESSURE	5000 PSI (344 BAR)
CONTROL REMOTO / REMOTE CONTROL	CONSOLA DEL MAQUINISTA / MOUNTED AT DRILL PANEL
<b>MOTOR / ENGINE</b>	
TIPO / TYPE	ELECTRICO
MARCA / BRAND	JOLIET HITACHI
POTENCIA / POWER	1150 HP, 600 VAC, 1120 AMP, 800 HP a 1500 RPM
<b>TRANSMISION / TRANSMISSION</b>	
TIPO DE TRANSMISION / TRANSMISSION TYPE	CORREAS
RELACION DE TRANSMISION / GEAR RATIO	3,171
No CORREAS / No. BELTS	12
TIPO DE CORREAS / BELTS TYPE	8V-3150
SISTEMA DE TENSION / TENSION SYSTEM	SI / YES
<b>GRUA PLUMA / JIB CRANE</b>	
CAPACIDAD NOMINAL / NOMINAL CAPACITY	500 KG (1,100 LBS)

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**Tabla 20.** Ficha técnica bomba de lodo 3 del Taladro PW-147

<b>BOMBA N. 3 / MUD PUMP N. 3</b>	
MARCA / BRAND	DRILLMEC
MODELO / MODEL	12T – 1600
TIPO / TYPE	TRIPLEX
CARRERA / SPREAD	12 inch
DIAMETRO CAMISA / PISTON LINERS	4 ½" a 7 ½" inch
POTENCIA CORRIENTE ALTERA / AC POWER	1150 HP
DIAMETRO DE SUCCION / SUCTION DIAMETER	10 inch
DIAMETRO DE SALIDA / DELIVERY DIAMETER	5 inch
DESCARGA MAXIMA / MAX RATED OUTPUT	3127 LTS / MIN
PRESION MAXIMA / MAX PRESSURE	5000 PSI (344 BAR)
CONTROL REMOTO / REMOTE CONTROL	CONSOLA DEL MAQUINISTA / MOUNTED AT DRILL PANEL
<b>MOTOR / ENGINE</b>	
TIPO / TYPE	ELECTRICO
MARCA / BRAND	JOLIET HITACHI
POTENCIA / POWER	1150 HP, 600 VAC, 1120 AMP, 800 HP a 1500 RPM
<b>TRANSMISION / TRANSMISSION</b>	
TIPO DE TRANSMISION / TRANSMISSION TYPE	CORREAS
RELACION DE TRANSMISION / GEAR RATIO	3,171
No CORREAS / No. BELTS	12
TIPO DE CORREAS / BELTS TYPE	8V-3150
SISTEMA DE TENSION / TENSION SYSTEM	SI / YES
<b>GRUA PLUMA / JIB CRANE</b>	
CAPACIDAD NOMINAL / NOMINAL CAPACITY	500 KG (1,100 LBS)

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**2.6.12 Tanques.** En el sistema de circulación es necesario tener un conjunto de tanques (ver **Figura 20**), por los cuales se va a almacenar, preparar y tratar el fluido de perforación. En la **Tabla 21** se muestran las especificaciones técnicas de cada uno de los tanques usados en el sistema de circulación del Taladro PW-147.

**Figura 20.** Tanques de lodo del Taladro PW-147



Fuente: PETROWORKS S.A.S

**Tabla 21.** Ficha técnica tanques de lodo del Taladro PW-147

<b>SISTEMA DE LODOS / MUD SYSTEM</b>	
<b>TANQUE RETORNO / RETURN TANK</b>	
CAPACIDAD / CAPACITY	285 BBLS
ZARANDA / SHALE SHAKER	DOS (2), MI SWACO
3 EN 1 / MUD CLEANER	UNO (1), MI SWACO
AGITADORES DE LODO / MUD STIRRER	DOS (2), MCM
BOMBAS CENTRIFUGAS / CENTRIFUGAL PUMP	DOS (2), MCM
No. COMPARTIMENTOS / No. DIVISIONS	4 (CON TRAMPA DE ARENA)
<b>TANQUE INTERMEDIO / INTERMEDIUM TANK</b>	
CAPACIDAD / CAPACITY	312 BBLS
AGITADORES DE LODO / MUD STIRRER	TRES (3), MCM
BOMBAS CENTRIFUGAS / CENTRIFUGAL PUMP	DOS (2), MCM
No. COMPARTIMENTOS / No. DIVISIONS	3
<b>TANQUE SUCCION / SUCTION TANK</b>	
CAPACIDAD / CAPACITY	312 BBLS
AGITADORES DE LODO / MUD STIRRER	TRES (3), MCM
BOMBAS CENTRIFUGAS / CENTRIFUGAL PUMP	DOS (2), MCM
No. COMPARTIMENTOS / No. DIVISIONS	3
<b>TANQUE RESERVA / RESERVE TANK</b>	
CAPACIDAD / CAPACITY	312 BBLS
AGITADORES DE LODO / MUD STIRRER	TRES (3), MCM
BOMBAS CENTRIFUGAS / CENTRIFUGAL PUMP	DOS (2), MCM
No. COMPARTIMENTOS / No. DIVISIONS	3
<b>TANQUE VIAJE / TRIP TANK</b>	
CAPACIDAD / CAPACITY	87 BBLS
BOMBA CENTRIFUGA / CENTRIFUGAL PUMP	UNO (1), MCM

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**2.6.13 Generadores de potencia PW-147.** El Taladro PW-147 tiene un sistema de alimentación que consta de tres generadores diésel de 400 kw cada uno (ver **Figura 21**). En la **Tabla 22** se describen las especificaciones técnicas de cada uno de los generadores del Taladro PW-147.

**Figura 21.** Generadores de potencia del Taladro PW-147



**Fuente:** PETROWORKS S.A.S

**Tabla 22.** Ficha técnica generadores de potencia del Taladro PW-147

<b>GENERADOR N. 1 / GENERATOR N. 1</b>	
MOTOR / MOTOR	DIESEL
MARCA / BRAND	CATERPILLAR
MODELO / MODEL	CAT 3512
POTENCIA CONTINUA / CONTINUOUS RATING POWER	1200 HP
GENERADOR ELECTRICO / ELETRIC GENERATOR	KATO
MODELO / MODEL	AA27 G47 0016
POTENCIA / POWER RATING	400 KW
FRECUENCIA / FRECUENTY	60 HZ @ 1800 RPM
<b>GENERADOR N. 2 / GENERATOR N. 2</b>	
MOTOR / MOTOR	DIESEL
MARCA / BRAND	CATERPILLAR
MODELO / MODEL	CAT 3512
POTENCIA CONTINUA / CONTINUOUS RATING POWER	1200 HP
GENERADOR ELECTRICO / ELETRIC GENERATOR	KATO
MODELO / MODEL	AA27 G47 0016
POTENCIA / POWER RATING	400 KW
FRECUENCIA / FRECUENTY	60 HZ @ 1800 RPM
<b>GENERADOR N. 3 / GENERATOR N. 3</b>	
MOTOR / MOTOR	DIESEL
MARCA / BRAND	CATERPILLAR
MODELO / MODEL	CAT 3512
POTENCIA CONTINUA / CONTINUOUS RATING POWER	1200 HP
GENERADOR ELECTRICO / ELETRIC GENERATOR	KATO
MODELO / MODEL	AA27 G47 0016
POTENCIA / POWER RATING	400 KW
FRECUENCIA / FRECUENTY	60 HZ @ 1800 RPM

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**2.6.14 Acumulador.** Es el equipo encargado de almacenar el fluido hidráulico a presión (ver **Figura 22**) que es usado en la operación de la válvulas preventoras.

En la **Tabla 22** se aprecian algunas especificaciones del acumulador del Taladro PW-147.

**Figura 22.** Acumulador del Taladro PW-147



Fuente: PETROWORKS S.A.S

**Tabla 23.** Ficha técnica acumulador del Taladro PW-147

ACUMULADOR / ACCUMULATOR CLOSING UNIT	
MARCA / BRAND	OPEN AND CLOSE
MODELO / MODEL	MODELO OCA7-320-20-TE-2P, SERIE 2111, UNIDAD DE CONTROL SERIE E, MANIFOLD HIDRÁULICO SERIE G. BOMBA TRIPLEX MARCA O&C CON PLUNGER 7/8", MOTOR ELECTRICO MARCA BALDOR 20 HP 1765 RPM, 3 BOMBAS NEUMATICAS 8 ½ 60:1, COMPRESOR CON INTERRUPTOR HIDRO-NEUMÁTICO Y TANQUE DE 374 GALONES DE CAPACIDAD, TEST PUMP SERIE 2104 MARCA O&C RANGO 0-20000. CONSOLA SUPER CHOKE MCM TOOL
BOTELLONES / BOTTLES	20 BOTELLAS X 11 GALONES C/U / GALLONS EA

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**2.6.15 Manifold.** Es un arreglo de tubería y válvulas especiales, por las cuales circula el fluido de perforación cuando se cierran las preventoras para controlar presiones anormales. En la **Tabla 24** se pueden observar las especificaciones técnicas del manifold presente en el Taladro PW-147.

**Tabla 24.** Ficha técnica manifold del Taladro PW-147

<b>MANIFOLD STAND PIPE / STAND PIPE MANIFOLD</b>	
DIAMETRO NOMINAL / NOMNAL DIAMETER	4"
PRESION DE TRABAJO / WORKING PRESSURE	5000 PSI (345 BAR)
DIAMETRO INTERNO MANGUERA ROTARIA / INSIDE DIAMETER ROTARY HOSE	3 ½"
PRESION DE TRABAJO / WORKING PRESSURE	5000 PSI (345 BAR)
LONGITUD / LENGHT ROTARY HOSE	48 FT
DIAMETRO INTERNO MANGUERA VIBRATORIA / INSIDE DIAMETER VIBRATOR HOSE	3 ½"
PRESION DE TRABAJO / WORKING PRESSURE	5000 PSI (345 BAR)
MANIFOLD DE MANIOBRAS / CHOCKE MANIFOLD	FLANCHADO / FLANGED 2.1/16" x 5000 PSI
UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA AUXILIAR / HPU	SI / YES

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**2.6.16 Preventoras.** Conocidas por sus siglas en inglés como BOP'S (blow out preventer) es un conjunto de válvulas o dispositivos mecánicos las cuales se colocan en la superficie del pozo y que tienen como función principal controlar el pozo en caso de un reventón, o la liberación incontrolada de hidrocarburo.

A continuación en la **Tabla 25** se pueden observar las especificaciones técnicas las válvulas preventoras que conforman el Taladro PW-147.

**Tabla 25.** Ficha técnica preventoras del Taladro PW-147

<b>13 5/8" BOB STACK</b>	
<b>BOP DOBLE / DOUBLE BOP</b>	
MARCA / BRAND	HYDRILL
MODELO / MODEL	SENTRY DUAL WORKOVER RAM
PRESION DE TRABAJO / WORKING PRESSURE	5000 PSI
<b>ANULAR / ANNULAR</b>	
MARCA / BRAND	SHAFFER
MODELO / MODEL	GK Annular
PRESION DE TRABAJO / WORKING PRESSURE	5000 PSI

Fuente: PETROWORKS S.A.S

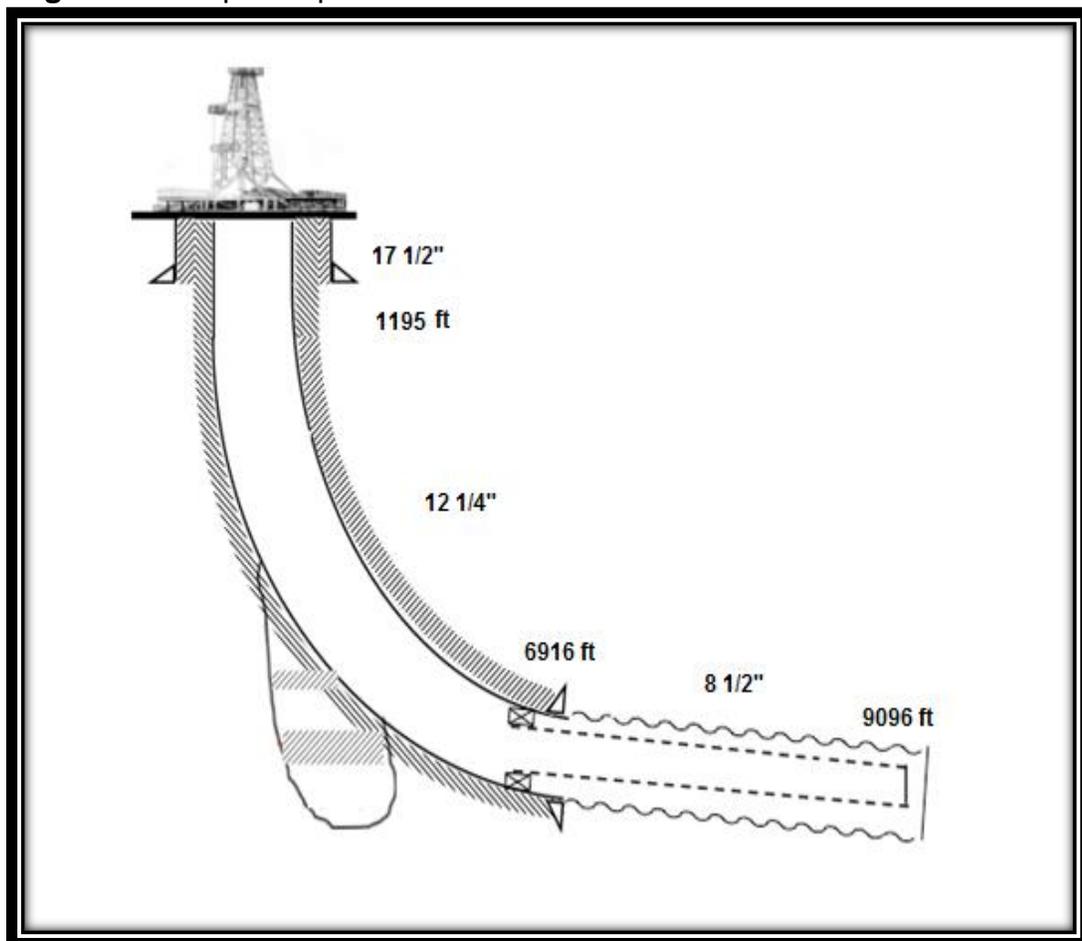
### 3. PERFORACIÓN DEL POZO CG-172H CON EL TALADRO HIDRÁULICO PW-147 1500 HP DE ALIMENTACIÓN AUTOMÁTICA

Este capítulo tiene con fin analizar el comportamiento del Taladro PW-147 durante la perforación del pozo CG-172H en el Campo Yariguí, al igual que describir cada uno de los eventos preoperacionales y operacionales tenidos en cuenta en la perforación del pozo CG172H.

#### 3.1 POZO CG-172H

El pozo CG-172H según la clasificación descriptiva del código Lahee es un pozo de desarrollo A2, desviado de tipo horizontal el cual se encuentra ubicado en el Campo Yariguí, bloque 5 central, a la altura del municipio de Cantagallo. En la **Figura 23** se muestra el esquema del pozo CG-172H.

**Figura 23.** Esquema pozo CG-172H

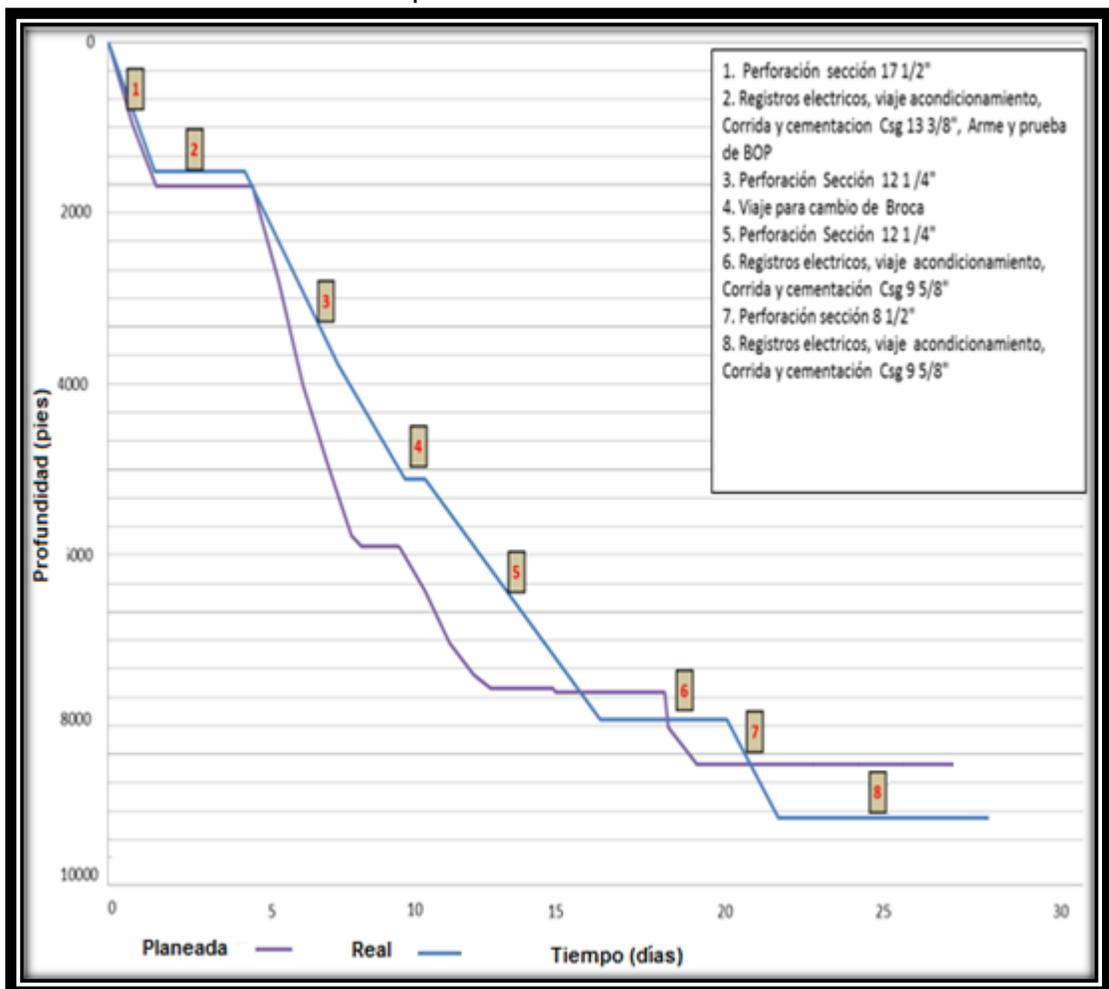


Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.1.1 Curva de avance del pozo CG-172H.** Antes de iniciar con las operaciones de perforación de un pozo se realiza una curva de avance en la que se muestran los días en los que inicialmente se planea hacer el pozo, versus los días que tardó, esto con el propósito de comparar los tiempos planeados con los tiempos reales de operación. En la curva de avance también se registran los tiempos planos, es decir, los tiempos perdidos por causas bien sean operacionales o ajenas a la operación, donde se describen cada una de las actividades.

A continuación en la **Grafica 2** se puede observar la curva de avance para el pozo CG-172H.

**Grafica 2.** Curva de avance pozo CG-172H



Fuente: PETROWORKS S.A.S.

Se observa que inicialmente se tenía planeado terminar el pozo CG-172H en un rango de 27 días. Sin embargo el pozo se terminó en 28 días.

### 3.2 MOVILIZACIÓN, DESARME Y ARME DEL TALADRO PW-147

La movilización, desarme y arme del Taladro PW-147 para dar inicio a las operaciones de perforación del pozo CG-172H se realizó en 5 días y medio de, a continuación se mencionan las actividades de operación.

**3.2.1 Día uno.** En el primer día de operación se procedió a iniciar el desarme y movilización del equipo Taladro PW-147 desde Cantagallo 168H a Cantagallo 172H para dar inicio con la perforación del pozo CG-172H, a continuación se describen las actividades del primer día en la **Tabla 26**.

**Tabla 26.** Día uno movilización

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>Descripción operacional</b>
00:00	06:00	Se bajaron canasta y base de las mismas y se recogieron cables de bombas 2 y 3.
06:00	18:00	Se bajó manipulador de tubería, la herramienta de potencia hidráulica, se acondicionó mesa para bajar torre, posteriormente se bajó torre, se bajó la línea de flujo y el pool boy.
18:00	24:00	Se recogieron los cables de los generadores, se quitó las mangueras de la unidad básica al igual que la línea del stand pipe.

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.2.2 Día dos.** En el segundo día de operación se tiene como actividad proyectada vestir el Taladro PW-147.

En este día se continúa con la movilización del Taladro PW-147, en la **Tabla 27** se muestra cada una de las actividades diarias del día 8 de septiembre del 2015.

**Tabla 27.** Día dos movilización

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	01:30	Se quitó mud board del manipulador. Se quitó manipulador. Se quitó pool boy. Se quitó lines stand pipe.
01:30	06:00	Se suspendió la operación debido a tormenta eléctrica
06:00	12:00	Se retiró: dog house, unidad básica, canasta y para rayo de la torre, líneas de las bombas de lodo. Posteriormente se entregó locación para obras civiles.
12:00	22:00	Personal de obras civiles realizó acondicionamiento de contra pozo CG172H.
22:00	24:00	Se posicionó mud board de la unidad básica Equipo desvestido = 100% Equipo movido = 2% Equipo vestido = 0 %

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.2.3 Día tres.** Para el tercer día se tiene como actividad programada continuar con el arme del Taladro PW-147. A continuación en la **Tabla 28** se presentan las actividades detalladas para este día de operación.

**Tabla 28.** Día tres movilización

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	05:00	Parado por fuerte tormenta eléctrica tipo III
05:00	24:00	Se movilizó el acumulador y manipulador de tubería, acondiciono sub estructura de la mesa rotaria, se instaló la casa del perro (dog house), se levantó unidad básica y mástil de la torre, se instaló escaleras laterales de ascenso y descenso a la unidad básica y a la mesa rotaria, al igual que el enganche, movilización y ubicación de los siguientes equipos:  Generador 1, generador 2, generador 3, ACPM 1, ACPM 2, tanques de retorno, tanques de viaje, choke manifold y pool boy  Desarme 100 % Movilización 60 % Arme 50 %

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**3.2.4 Día cuatro.** Para el cuarto día se tiene como actividad programada terminar de armar el Taladro PW-147 para dar inicio a la primera fase 17 ½". En este día se continua con el arme del equipo, en la **Tabla 29** se describen las actividades del día.

**Tabla 29.** Día cuatro arme del taladro

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	02:30	Se colocó línea de flujo. Se izaron 5 canastas de tubería. Se colocó y paro pool boy. Se colocó descarga del pool boy.
02:30	06:00	Se suspenden actividades por fuertes tormentas eléctricas
06:00	12:00	Se posicionaron: Tanque de reserva 1 y Tanque de reserva 2. Se colocaron pisos de los tanques y líneas internas.
12:00	18:00	Se posicionaron bombas de lodo 1,2 y 3. Se instalaron manguera de succión y retorno bomba 3 Se posiciono frack tank. Se colocaron casetas de geología
18:00	24:00	se movilizaron casetas del minicampamento

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.2.5 Día cinco.** Para el quinto día se tiene como actividad programada continuar con el arme de equipo PW-147, realizar pruebas al equipo PW-147 y dar inicio a las operaciones de perforación. (Ver **Tabla 30**).

**Tabla 30.** Día cinco arme Taladro PW-147

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	24:00	Se continuó con la movilización del minicampamento, se movilizó y ubico la sala de conferencia, se ubicó la caseta y oficinas de terceras compañías, se ubicó la clínica, se ubicó caseta de comedor, caseta mecánico y eléctrico, caseta administrador, se instaló las líneas de flujo del stand pipe, chupador y flow line, se ubicó se soldó tubo conductor de 20" y válvula de 6", se subió e instalo en la mesa de trabajo y llave hidráulica de potencia con su respectiva calibración, se instaló planchada y racks de tubería, se ubicó y levanto set de preventoras 13 5/8"x 11-5m y apretó tornillería. Desarme 100 % Movilización 100 % Arme 100 %

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

### 3.3 PRIMERA FASE DE PERFORACIÓN DEL POZO CG172H

La perforación del pozo CG-172H, se desarrolló el día 7 de septiembre hasta el día 11 de octubre del año 2015, el cual se perforó en tres fases que se especifican a continuación.

**3.3.1 Día uno de perforación de la primera fase 17 ½”.** Para el primer día se tiene como actividad programada perforar la fase 17 ½” con el equipo PW-147.

En la **Tabla 31** se nombran las actividades operacionales del día

**Tabla 31.** Día uno de perforación de la primera fase 17 ½”

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	10:00	De ubicó sancocho de herramientas, caseta direccional. Se instaló xover 6” reg pin x box + saver sub 6” reg x nc 50 pin. Se subió e instalo en la mesa de trabajo llave hidráulica de potencia. Se subió a la mesa herramientas de levante de BHA. Se preparó 700 bls de lodo gel gelex de mw= 8.6 ppg. Se realizó reunión preoperacional para realizar pruebas al equipo PW-147. Se probó sistema hidráulico del equipo, top drive, sistema de frenos de emergencia, mesa rotaria. sistema de levante manipulador, sistema de circulación bomba 1, 2 y 3 con 500 - 3500 psi, durante 5 min. Se verifico calibración de la válvula de seguridad de cada bomba. Se probó línea de alta y línea de stand pipe con 3500 psi durante 10 minutos. Se realizó prueba al equipo de control de sólidos, shakers, mud cleaner. Se revisó funcionamiento de agitadores. Se revisó sistema de válvulas, tanques de lodo. Se probó apagado de emergencia en general de todo el equipo Se recibió equipo PW-147 a las 10:00 hrs del 12 de septiembre de 2015.
10:00	10:30	Se realizó reunión preoperacional para iniciar la perforación de la fase convencional de 17 ½”
10:30	21:30	Se armó, bajó y perforó formación real con BHA #1 convencional desde superficie hasta 394' avance 352' ROP promedio = 32 ft/hr, broca varel trc 17 1/2", tipo: hr1g8jmrs, boquillas (3x16), tfa= 0.589 + bit sub 8" + dc 8" + estabilizador de 17 3/8" + dc 8" + estabilizador de 17/1/4" + xover + (3) dc 6 1/2" + (7) hwdp 5" con los siguientes parametros: q= 150 - 400 gpm, spp= 100 - 450 psi, wob= 2 -15 klbs, tq= 1 – 5 klbs/ft, rpm= 40 – 50. nota: a partir de 205', perforo con el cellar jet al observar que se soltó la camisa del flow line del tubo conductor de 20" por vibraciones.
21:30	22:00	Se bombeó 30 bls de píldora viscosa de mw= 8.7 ppg, vf=120 seg/qt @ 394', caving (bls/hr) antes 0,7, durante 0,8, despues 0,6. Circuló fondos reciprocando sarta hasta observar retornos limpios en superficie con Q= 400 gpm, SPP= 450 psi, RPM= 30, Tq= 1 - 2 klbs/ft.
22:00	23:30	Se realizó check flow, pozo estático Se inició viaje a superficie para cambiar bha. Sacó bha # convencional desde 394' hasta 84' asi: (7) hwdp 5" + (3) dc 6 1/2" + xover.
23:30	24:00	Se sacó y quebró sarta convencional usada en fase de 17 ½”

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado se describen en la **Tabla 32**.

**Tabla 32.** Fluido de perforación Fase 17 ½”

<b>LODO</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Horas</b>	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso	8.6	
Viscosidad	60	
Pv/Yp	10/20	11/20
Geles		
Perdida de fluido		8.7
PH	8.6	8.7
Solidos		

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.3.2 Día dos perforación de la primera fase 17 ½”.** Para el segundo día de perforación se proyectó como actividad perforar con BHA direccional #2.

En la **Tabla 33** se describen cada una de las actividades operacionales ejecutadas.

**Tabla 33.** Día dos perforación de la primera fase 17 ½"

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	01:30	Continuó viaje a superficie para realizar cambio de BHA. Sacó BHA #1 convencional desde 84' hasta superficie así: xover + estabilizador 8 1/4" x 17 1/4" +dc 8" + estabilizador 8 1/8" x 17 3/8" + dc 8"+ bit sub + broca varel trc 17 1/2", tipo: hr1g8jmrs, iadc 115, serial: 1386244, boquillas (3x16), tfa= 0.589. Nota: Quebró a los racks de tubería estabilizadores de 17 1/4" y 17 3/8" + (1) dc 8".
01:30	04:00	No planeado: realizo corte de tubo conductor de 20" con oxicorte. Se alineó a la camisa del flow line, soldo, conecto y se apretó, a la camisa del flow line.
04:00	04:30	Se realizó reunión preoperacional y de seguridad para el arme del BHA #2 direccional con todo el personal.
04:00	05:30	Se armó y bajo BHA #2 direccional desde superficie hasta 48' así: broca varel trc 17 1/2", tipo: hr1g8jmrs, iadc 115, serial: 1386244, boquilla (3x16), tfa= 0.589 + motor (9 5/8" x 17 3/8"), a962m7848gt, schlumberger, 0, 11 rev/gal + float sub + pony nmhc 8".
05:30	06:00	realizo rig service
06:00	10:00	Se continuó armando y bajando bha #2 direccional con desde 48' hasta 394' así: lower saver sub + telescope + upper saver sub + nmhc 8" + dc 8" + xover + (3) dc 6 1/2" + (6) hwdp 5". Se probó motor y herramienta direccional @ 384' con broca trc 17 1/2" con lodo gel gelex mw = 8,7 ppg, con q= 400 gpm, spp= 480 psi. Nota: Al realizar la prueba de las herramientas direccionales, se observó perdida de lodo (10 bls) en superficie por comunicación entre el tubo conductor y el contrapozo. Se abrió válvula de 6" del tubo conductor y se decide continuar perforando.
10:00	24:00	Se armó, bajó y perforó grupo real con BHA #2 direccional, rotando y deslizando desde 394' hasta 1094' avance 700', ROP promedio= 50 ft/hr así: (22) hwdp 5" con los siguientes parámetros: Q= 400 - 500 GPM, SPP= 800 - 900 psi, Pd= 50 - 100 psi, WOB= 10 - 18 klbs, RPMmesa= 40 - 50, RPM motor = 50 - 55, TQ= 1 - 4 klbs/ft, rotando= 375' (54%), ROP efectivo = 118 ft/hr, deslizando 325' (46%), ROP efectivo = 121 ft/hr.

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 34**.

**Tabla 34.** Fluido de perforación Fase 17 ½" día 2

<b>LODO</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Horas</b>	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso	8.7	
Viscosidad	67	
Pv/Yp	13/19	15/20
Geles		
Perdida de fluido		8.9
PH	8.8	8.9
Solidos		

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.3.3 Día tres fase 17 ½".** Para este día la actividad proyectada fue realizar corte en frío de casing de 13 3/8" instalar y soldar sección A del cabezal.

En la **Tabla 35** se describen cada una de las actividades operacionales ejecutadas.

**Tabla 35. Día tres fase 17 ½"**

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	03:00	Se continuó armando , bajando y perforando grupo real con BHA #2 direccional, rotando desde 1094' hasta 1195' avance 101', ROP promedio= 34 ft/hr. Así: (9) hwdp 5" con los siguientes parámetros: Q= 500 gpm, SPP = 900 -1000 psi, P diferencial = 100 psi, WOB = 15 - 24 klbs, RPM mesa= 40 - 50, ROP motor= 50 - 55, Tq = 1 - 5 klbs/ft, rotando= 101' (100%), ROP efectivo = 68 ft/hr.
03:00	04:00	Se bombeó 30 bls de pildora viscosa de mw= 9,0 ppg, vf= 120 seg/qt @ 1195'.
04:00	07:00	Se sacó BHA # 2 direccional desde 1195' hasta 106' así: (31) hwdp espiral de 5" + (3) dc 6 1/2" + xover + dc.
07:00	09:30	Se sacó y quebró herramienta direccional + motor y broca de 17 1/2" trc desde 106' hasta superficie así: dc 8" + upper saver sub + telescope + lower saver sub + pony dc 8" + float sub + motor (9 5/8" x 17 3/8"), a962m7848gt - schlumberger, 0,11 rev/gal + broca varel trc 17 1/2", tipo: hr1g8jMrs, iadc 115, serial: 1386244, boquillas (3x16), tfa= 0.589.
09:30	12:00	Se acondicionó mesa para realizar corrida de casing de 13 3/8", 68 lb/ft, k-55, p-110, n-80, btc. Se destorquéó x-over 6 5/8" x 4 1/2" if. Se acondicionó manipulador.
12:00	12:30	Se realizó reunión preoperacional y de seguridad para la corrida de casing de 13 3/8", 68 lb/ft, p-110, n-80, k-55 con todo el personal involucra.
12:30	16:00	Se levantó primera junta con zapato flotador. Se bajó casing de 13 3/8", combinado p-110, n-80, k-55, 68 lb/ft, btc desde superficie hasta 1192' llenando tubo a tubo Q= 250 gpm.
16:00	17:00	Se circuló pozo @ 1192' con q= 200 gpm, SPP= 50 - 60 psi y acondiciono propiedades reologicas del lodo para realizar trabajo de cementación.
17:00	18:00	La compañía Halliburton cementación realiza rig up de herramientas. Se instaló cabeza de cementación. Se conectó líneas de flujo. Se probó líneas de flujo con 500 y 2000 psi durante 5 minutos.
18:00	21:00	Se realizó trabajo de cementación de revestimiento 13 3/8", combinado p-110, 80 k-55, 68 lb/ft así: bombeo 20 bls de agua fresca 8.33 ppg como lavador @ 5 bpm P inicial= 90 psi, P final= 100 psi bombeando 233 bls de lechada de relleno 13.2 ppg @ 5 bpm, P inicial= 130 psi, P final= 160 psi bombeando 46 bls de lechada principal 15.6 ppg @ 5 bpm. P inicial= 230 psi, P final= 200 psi.
21:00	23:30	Se limpió contrapozo.
23:30	24:00	Se inició rig down de herramientas de cementación, desconectando cabeza y líneas de cementación.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 36.**

**Tabla 36.** Fluido de perforación día tres fase 17 ½"

<b>LODO</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Horas</b>	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso	9	
Viscosidad	81	82
Pv/Yp	15/20	16/16
Geles		
Perdida de fluido		8.8
PH	8.9	8.8
Solidos		

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.3.4 Día cuatro fase 17 ½".** Para este día de operación se planeó continuar armando y bajando BHA #3 convencional, y realizar drill out.

En la **Tabla 37** se describen cada una de las actividades operacionales ejecutadas en el transcurso del día.

**Tabla 37.** Día cuatro fase 17 ½"

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>descripción operacional</b>
00:00	00:30	Se continuó rig down de equipos y herramientas de compañía Halliburton cementación. Se desconectó líneas y se bajó cabeza de cementación.
00:30	03:00	Se desconectó y retiró camisa de 14" del flow line, bandeja recolectora de lodo, levantó casing de 13 3/8", retiró cuña para casing de 13 3/8", realizó amarre del tubo conductor de 20".
03:00	07:00	No planeado: fuertes lluvias y tormenta eléctrica.
07:00	08:00	Se realizó corte en frío de casing de 13 3/8".
08:00	10:30	Se realizó precalentamiento de la sección A e instalo y soldó sección a de 13 5/8" x 5m.
10:30	11:30	Se realizó rig down de herramientas de soldadura. Se esperó enfriamiento de sección a 13 5/8" x 5m.
11:30	12:30	Se instaló válvula lateral de 2 1/16" en la sección A.
12:30	18:30	Se posicionó cables para izar BOP. Se colgó set de preventoras. Se conectó mangueras hidráulicas del acumulador a las BOP's, apretó tornillería.
18:30	24:00	Realizo reunión preoperacional y de seguridad para probar set de preventoras. Se conectó junta dp 5" e instalo test plug de 13 5/8" x 5m, lleno set de BOP's con agua para iniciar prueba. Se realizó prueba de set de preventoras Se probó tiempos de apertura y cierre del acumulador.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

### 3.4 PERFORACIÓN DE LA SEGUNDA FASE 12 1/4"

En este día se programó como actividad principal perforar la fase 12 1/4" con BHA #4. En la **Tabla 38** se describen cada una de las actividades operacionales ejecutadas en el día.

**Tabla 38.** Perforación de la segunda fase 12 1/4"

Desde	Hasta	descripción operacional
00:00	00:30	Se continuó prueba al set de preventoras.
00:30	01:00	Realizó rig services
01:00	02:00	Retiró test plug e instaló wear bushing
02:00	03:00	Se acondicionó mesa e instaló torque wrench, conecto al top drive x-over 6 5/8" reg box x 6 5/8" reg Pin, saver sub de 6 5/8".
03:00	05:00	Se conectó broca 12 1/4" + bit sub + botella de 8" + pup Joint de 20'. Se perforó hueco del mouse hole e instaló funda.
05:00	05:30	Se realizó reunión preoperacional y de seguridad para realizar arme de BHA #3 convencional, para realizar drill out.
05:30	08:30	Se armó y bajó BHA # 3 convencional con broca 12 1/4" trc para realizar drill out desde superficie hasta 438' así: bit trc 12 1/4" tipo: ga115gc, cobit, s/n: 1418863jh, boquillas 3 x 16/32", tfa 0,589 in + bit sub + (2) Dc 8" + xover + (3) dc 6 1/2" od + (9) hwdp espiral de 5" Od
08:30	10:00	No planeado: Al intentar conectar dp 5" al top drive, se observa desalineación la cual forzó la rosca de la conexión.
10:00	12:00	Se continuó bajando BHA #3 convencional de drill out con dp 5" desde 438' hasta 1143' (tope del cemento), con WOB = 10 klbs7ft. Se probó integridad del casing de 13 3/8" @ 1000' con 1000 psi durante 5 minutos. Nota: Se realizó simulacro de patada de pozo.
12:00	14:00	Se realizó drill out así: perforo cemento, zapato flotador y 10' de formación desde 1143' (tope de cemento) hasta 1205' con Q= 350 gpm, SPP= 200 psi, RPM = 20 - 40, Tq = 1 - 3 klbs/ft, WOB = 10 - 15 klbs.
14:00	15:00	Se realizó desplazamiento de agua cemento por lodo kla shield mw = 8.8 ppg, vf = 49 seg/qt, con Q= 350 gpm, SPP = 230 psi, RPM = 30, Tq= 1,5 klbs/ft.
15:00	16:00	Se armó y probó líneas de cementación con 500 - 1500 psi, durante 5 minutos. Se realizó prueba de integridad de formación, con unidad de cementación, lodo kla shield mw = 8.8 ppg, P inicial= 430 psi, P estabilizada= 375 psi, mw= 14,8 ppg. Nota: Se realizó rig down
16:00	17:30	Se realizó check flow en 10 minutos. Se sacó dp 5" con bha # 3 convencional desde 1205' hasta 438'.
17:30	19:30	Se continuó sacando BHA #3 convencional de drill out desde 438' hasta superficie así: (9) hwdp 5" + (3) dc 6 1/2" + xover + (2) dc 8" + bit sub + bit trc 12 1/4" tipo: ga115gc, cobit, s/n: 1418863jh, boquillas 3 x 16/32", tfa 0,589 in. Se quebró broca 12 1/4" trc
19:30	23:30	Se realizó reunión preoperacional y de seguridad para el arme de BHA #4 direccional con todo el personal involucrado. Se armó y bajó BHA #4 direccional desde superficie hasta 140' así: broca pdc 12 1/4" varel, tipo - Vtd519lhux, iadc m323, serial 4005598, boquillas (6x14 -1x13), tfa= 1,032 + motor shlumberger, tipo A800m7840xp, sleeve stb 12 1/8", 0.16 rev/gal + float sub + zinc + arc-8 + lower saver sub + telescope + 825 nf + upper saver sub + 8 nmcd + xover + dc 6 1/2". Nota: Se probó motor con broca y herramientas direccionales.
23:30	24:00	Se continuó armando y bajando BHA #4 direccional desde 140' hasta 200' así: (2) hwdp 5".

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.4.1 Día dos de la segunda fase de perforación 12 1/4".** Para este día se planea continuar perforando fase 12 1/4" con BHA #4 direccional hasta el casing point.

En la **Tabla 39** se describen cada una de las actividades operacionales ejecutadas en el día.

**Tabla 39.** Día dos de la segunda fase 12 ¼"

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>descripción operacional</b>
00:00	03:00	Se continuó armando y bajando BHA #4 direccional desde 200' hasta 1158' así: (16) hwdp 5" + jar 6 1/2" + (3) hwdp 5" + acelerador 6 1/2" + (10) hwdp 5" @ 913'.
03:00	06:00	No planeado: Se suspenden operaciones por presencia de fuertes lluvias y tormenta eléctrica.
06:00	06:30	Se continuó armando y bajando BHA #4 direccional desde 1158' hasta 1205' así: (3) hwdp 5".
06:30	11:30	Se armó, bajó y perforó grupo real con bha # 4 direccional rotando y deslizando desde 1205' hasta 1561', avance 356', ROP promedio= 71.2 ft/hr así: (10) hwdp 5". Parámetros: Q= 600 - 670 gpm, SPP= 900 - 1600 psi, P diferencial= 100 - 150 psi, WOB= 5 - 10 Klbs, Tq= 1 - 3 klbs/ft, RPM mesa= 40, RPM motor= 96 - 107.2. Se Bombeó 30 bls de píldora viscosa mw = 8.8 ppg, vf = 120 seg/qt, @ 1530', caving (bls/hr) antes 0.5, durante 1.4, después 0.4.
11:30	23:30	Se perforó grupo real con bha # 4 direccional + dp 5" rotando y deslizando desde 1561' hasta 2598', avance 1037', ROP promedio= 86.42 ft/hr con Q = 670 - 700 gpm, SPP = 1800 - 1950 psi, pdiferencial= 100 - 200 psi, WOB= 10 - 15 klbs, Tq= 1 - 3 klbs/ft, rpm mesa= 40 RPM motor= 107 - 112 rotando 963' (92%) ROP efectiva= 232.1 ft/hr, deslizando 74' (8%) ROP efectiva= 211.4 ft/hr. Se tomó presiones reducidas @ 2080' así: bomba # 1 stk = 30, Q = 134 gpm, SPP= 120 psi; stk= 40, Q = 177 gpm, SPP = 171 psi; stk= 50, Q = 216 gpm, SPP = 225 psi. Bomba # 2 stk = 30, Q= 134 gpm, SPP= 120 psi; stk= 40, Q = 177 gpm, SPP = 168 psi; stk= 50, Q = 216 gpm, SPP = 222 psi.
23:00	24:00	Rig service

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 40**.

**Tabla 40.** Fluido de perforación fase 12 ¼" día 2

LODO		
Prueba	Horas	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso	8.8	
Viscosidad	51	52
Pv/Yp	13/21	14/22
Geles		
Perdida de fluido		10.1
PH	9.8	10.1
Solidos		

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.4.2 Día tres fase 12 ¼".** Para este día la actividad proyectada fue continuar con las perforación de la fase 12 ¼" con BHA #4 direccional hasta el casing point.

En la **Tabla 41** se describen cada una de las actividades operacionales ejecutadas en el día.

**Tabla 41.** Día tres de perforación de la fase 12 ¼"

Desde	Hasta	descripción operacional
00:00	22:00	<p>Se continuó perforando grupo real, Formación colorado, arenas a0, Formación Mugrosa unidad arenas b0 con BHA # 4 direccional + Dp 5" rotando y deslizado desde 2598' hasta 3983', avance 1385', ROP promedio= 62.95 ft/hr con Q = 700 – 550 gpm, SPP = 2350 - 1800 psi, pdiferencial= 100 - 200 psi, WOB = 5 - 15 klbs, tq= 4 - 8 klbs/ft, RPM mesa= 40 RPM motor= 112 88 rotando 1072' (77%) ROP efectiva= 191.4 ft/hr, deslizado 313' (23%) ROP efectiva= 85.1 ft/hr.</p> <p>Se encontró tope de Formación Colorado @ 2929' MD= 2919' TVD unidad arenas a0 @ 3173' MD = 3157' TVD Formación Mugrosa unidad arenas b0 @ 3971' md, 3858' TVD.</p> <p>Se tomó presiones reducidas @ 3667' así: bomba # 1 stk = 30, Q = 134 gpm, SPP = 160 psi; stk= 40, Q = 173 gpm, SPP = 222 psi; stk= 50, Q = 216 gpm, SPP = 300 psi.</p> <p>Bomba # 2 stk = 30, Q = 134 gpm, SPP = 160 psi; stk= 40, Q = 177 gpm, SPP = 223 psi; stk= 50, Q = 216 gpm, SPP= 302 psi.</p> <p>Se bombeó 30 bls de píldora viscosa mw = 9.0 ppg, vf = 120 seg/qt, @ 3000'.</p> <p>Se bombeó 30 bls de píldora viscosa mw= 9.0 ppg, vf= 130 seg/qt, @ 3507'.</p> <p>Se tomó pesos de la sarta @ 3983' así: Subiendo 180 klbs, bajando 150 klbs, rotando 160 klbs.</p> <p>Nota: @ 3940' redujo parámetros de perforación por programa, por presencia de shale (max 20%).</p> <p>Se Perforó con Q = 550 gpm, SPP = 1500 - 1600 psi, P diferencial= 100 psi, WOB = 8 - 12 klbs, tq= 5 - 7 klbs/ft.</p>
22:00	24:00	No planeado: Se suspenden operaciones por presencia de fuertes lluvias y tormenta eléctrica.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 42**.

**Tabla 42.** Fluido de perforación fase 12 ¼" día 3

<b>LODO</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Horas</b>	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso	9	
Viscosidad	54	55
Pv/Yp	15/22	18/21
Geles		
Perdida de fluido		10.1
PH	10.2	10.1
Solidos		

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.4.3 Día cuatro fase 12 ¼".** Para este día se proyectó como actividad continuar con la perforación de la fase 12 1/4" con BHA #4 direccional hasta el casing point.

En la **Tabla 43** se describen cada una de las actividades operacionales realizadas durante el día.

**Tabla 43.** Día cuatro de perforación de la fase 12 ¼”

Desde	Hasta	descripción operacional
00:00	02:00	No planeado: suspende operaciones por presencia de fuertes lluvias y tormenta eléctrica, nivel iii.
02:00	13:30	<p>Se continuó perforando Formación Mugrosa unida arenas b0 con BHA # 4 direccional + dp 5" rotando y deslizando con parámetros controlados desde 3983' hasta 4505', avance 522', ROP promedio= 45.2 ft/hr Q= 550 - 700 gpm, SPP= 1600 - 2700 psi, P diferencial= 100 - 250 psi, wob= 8 - 15 klbs, tq= 4 - 11 klbs/ft, RPM mesa= 40 RPM motor= 88 - 112 rotando 408' (78%) ROP efectiva= 103.3 ft/hr, deslizando 114' (22%) ROP efectiva= 45.6 ft/hr.</p> <p>Se bombeó 30 bls de píldora viscosa pesada mw = 10.7ppg, vf = 130 seg/qt, @ 4003'.</p> <p>Se tomó presiones reducidas @ 4113' así: Bomba # 1 stk = 30, Q = 134 gpm, SPP= 187 psi; stk= 40, Q = 173 gpm, SPP= 263 psi; stk= 50, = 216 gpm, SPP= 341 psi. Bomba # 2 stk = 30, Q = 134 gpm, SPP = 185 psi; stk= 40, Q = 173 gpm, SPP = 261 psi; stk= 50, Q = 216 gpm, SPP = 346 psi.</p> <p>Se tomó pesos de la sarta @ 4505' así: Subiendo 190 klbs, bajando 150 klbs, rotando 165 klbs.</p> <p>Nota: Se continuó con parametros controlados de perforación por programa, por presencia de sahle (max 20%). Desde 3983' hasta 4156' se perforó con Q= 550 - 650 gpm, SPP= 1500 - 1600 psi, P diferencial= 100 - 200 psi, WOB= 8 - 12 klbs, Tq= 5 - 7 klbs/ft, @ 4156' incremento parámetros normales de perforación.</p>
13:30	14:00	Se realizó rig service.
14:00	15:00	<p>Se continuó perforando Formación mugrosa unidad arenas b0 con BHA # 4 direccional + dp 5" rotando y deslizando desde 4505' hasta 4550', avance 45', ROP promedio= 45.0 ft/hr con Q = 700 gpm, SPP = 2400 – 2700 Psi, P diferencial= 200 - 250 psi, WOB = 8 - 15 klbs, Tq= 6 – 11 Klbs/ft, RPM mesa= 40 RPM motor= 112 rotando 38' (84%) ROP efectiva= 112.12 ft/hr, deslizando 7' (16%) ROP efectiva = 41.6 ft/hr.</p> <p>Se bombeó 30 bls de píldora viscosa pesada mw= 10,5 ppg, vf = 130 seg/qt, @ 4520'.</p> <p>Se tomó pesos de la sarta @ 4550' así: Subiendo 190 klbs, bajando 150 klbs, rotando 165 klbs.</p>
15:00	16:00	No planeado: Se realizó reparación en la tarjeta electrónica de precarga # 1 y cambio pistón de la bomba #2
16:00	24:00	<p>Se continuó perforando Formación Mugrosa unidad arenas b0, b1 con BHA # 4 direccional + dp 5" rotando y deslizando desde 4550' hasta 4948', avance 398', ROP promedio= 49.7 ft/hr con Q = 700 gpm, SPP = 2400 – 2700 psi, P diferencial= 200 - 350 psi, WOB = 8 - 15 klbs, tq= 6 – 11 Klbs/ft, RPM mesa= 40 RPM motor = 112 rotando 266' (67%) ROP efectiva= 121.0 ft/hr, deslizando 132' (33%) ROP efectiva= 49.9 ft/hr.</p> <p>Se encontró tope de la Formación Mugrosa, unidad arenas b1 @ 4556' MD, 4295' TVD.</p>

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 44.**

**Tabla 44.** Fluido de perforación fase 12 ¼" día 4

<b>LODO</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Horas</b>	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso	9.1	
Viscosidad	60	64
Pv/Yp	18/22	19/21
Geles		
Perdida de fluido		10,2
PH	10.3	10.2
Solidos		

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**3.4.4 Día cinco fase 12 ¼".** Para este día se continuó con la perforación de la fase 12 ¼" con BHA #4 direccional hasta el casing point.

En la **Tabla 45** se describen las actividades operacionales realizadas durante el día.

**Tabla 45.** Día cinco de perforación de la fase 12 ¼"

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>descripción operacional</b>
00:00	00:30	Se realizó rig service.
00:30	24:00	Se continuó perforando la Formación Mugrosa unidad arenas b1, b2 con BHA # 4 direccional + dp 5" rotando y deslizando desde 4948' hasta 5660', avance 712', ROP promedio= 30.29 ft/hr con Q = 700 gpm, SPP= 2600 – 2900 psi, P diferencial= 300 - 400 psi, WOB = 15 - 20 klbs, Tq= 9 – 12 Klbs/ft, RPM mesa= 40 RPM motor= 112 rotando 313' (44%) ROP efectiva= 130.4 ft/hr, deslizando 399' (56%) ROP efectiva= 39.0 ft/hr. SE encontro tope de Formación Mugrosa, unidad arenas b2 @ 5579' MD, 4898' TVD. Se bombeó 30 bls de píldora viscosa pesada mw= 11 ppg, vf = 130 seg/qt, @ 4948'. Se bombeó 40 bls de píldora viscosa pesada mw = 11.2 ppg, vf= 130 seg/qt, @ 5568'. Se tomó presiones reducidas @ 5123' así: bomba # 1 stk = 30, Q = 130 gpm, SPP= 187 psi; stk= 40, Q = 173 gpm, SPP= 271 psi; stk= 50, Q = 216 gpm, SPP= 353 psi. Bomba # 2: stk = 30, Q = 130 gpm, SPP= 185 psi; stk= 40, q= 173 gpm, SPP = 268 psi; stk= 50, Q = 216 gpm, SPP = 364 psi. Se tomó pesos de la sarta @ 5660' así: subiendo 210 klbs, bajando 140 klbs, rotando 168 klbs.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 46.**

**Tabla 46.** Fluido de perforación fase 12 ¼" día 5

<b>LODO</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Horas</b>	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso	9.2	
Viscosidad	60	63
Pv/Yp	19/20	21/22
Geles		
Perdida de fluido		10.3
PH	10.2	10.3
Solidos		

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.4.5 Día seis fase 12 ¼".** Para el décimo día de operaciones se continuó con la perforación de la fase 12 1/4" con BHA #4 direccional hasta el casing point.

En la **Tabla 47** se describen las actividades operacionales ejecutadas durante el día.

**Tabla 47.** Día seis de perforación de la fase 12 ¼"

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>descripción operacional</b>
00:00	24:00	<p>Se continuó perforando la Formación Mugrosa unidad arenas b2 con BHA # 4 direccional + dp 5" rotando y deslizado desde 5660' hasta 6371', avance 711', ROP promedio= 29.63 ft/hr con Q = 700 - 610 gpm, SPP= 2900 - 2100 psi, P diferencial= 300 psi, WOB = 15 - 15 klbs, tq= 9 - 13 Klbs/ft, RPM mesa= 40 RPM motor= 112 - 97.6 rotando 295' (41%) ROP efectiva= 131.8 ft/hr, deslizado 416' (59%) ROpefectiva= 42.7 ft/hr.</p> <p>Se bombeó 30 bls de píldora viscosa pesada mw = 11.3 ppg, vf= 130 seg/qt, @ 6000'.</p> <p>Se tomó presiones reducidas @ 6194' así: Bomba # 1: stk = 30, Q= 134 gpm, SPP = 190 psi; stk= 40, Q = 173 gpm, SPP = 272 psi; stk= 50, Q= 216 gpm, SPP = 372 psi.</p>

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 48.**

**Tabla 48.** Fluido de perforación fase 12 ¼" día 6

<b>LODO</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Horas</b>	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso	9.3	
Viscosidad	56	60
Pv/Yp	19/23	20/23
Geles		
Perdida de fluido		10,2
PH	10	10.2
Solidos		

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.4.6 Día siete fase 12 ¼".** Para este día se tiene como actividad proyectada continuar realizando viaje corto de acondicionamiento hasta zapato de 13 3/8".

En la **Tabla 49** se describen las actividades operacionales ejecutadas durante el día.

**Tabla 49.** Día siete de perforación de la fase 12 ¼"

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	03:00	Se realizó rig service
03:00	04:00	Se continuó perforando Formación Mugrosa, unidad arenas B2, B3 con BHA # 4 direccional + dp 5" rotando y deslizando desde 6371' hasta 6504', avance 133', ROP promedio= 38,0 FT/HR con Q= 700 GPM, SPP= 2100 – 2900 PSI, P diferencial= 300 PSI, WOB= 5 - 15 klbs, Tq= 9 – 13 klbs/ft, RPM mesa= 40 RPM motor= 112 rotando 86' (65%) ROP efectiva= 135,9 ft/hr, deslizando 47' (35%) ROP efectiva = 45.6 ft/hr. Se encontró tope de Formación Mugrosa, unidad arenas B3 @ 6448' MD, 5329' TVD. Se bombearon 30 bls de píldora viscosa pesada MW= 11, 3 ppg, VF= 130 seg/qt, @ 6000'. Se tomaron pesos de @ 6504' subiendo 225 klbs.
04:00	06:00	No planeado: Se suspenden operaciones por presencia de fuertes lluvias y tormenta eléctrica.
06:00	20:30	Se continuó perforando Formación Mugrosa unidad arenas B3 con BHA # 4 direccional + dp 5" rotando y deslizando desde 6504' hasta 6916' td, avance 412', ROP promedio = 28.41 ft/hr con Q = 700 gpm, SPP= 2100 – 2900 psi, P diferencial= 100 - 200 psi, WOB= 5 - 15 klbs, TQ= 9 – 16 klbs/ft, RPM mesa= 40 RPM motor= 112 rotando 123' (38%) ROP efectiva= 169.9 ft/hr, deslizando 289' (62%) ROP efectiva= 49.1 ft/hr. Se bombearon 40 bls de píldora viscosa pesada MW= 11, 3 ppg, VF= 130 seg/qt, @ 6632'. Se tomaron presiones reducidas @ 6835' así: Bomba # 1: stk = 30, Q= 134 gpm, SPP= 210 psi; stk= 40, Q= 173 gpm, SPP=290 psi; stk= 50, Q= 215 gpm, SPP= 395 psi. Bomba # 2: stk = 30, Q= 134 gpm, SPP= 210 psi; stk= 40, Q= 173 gpm, SPP= 291 psi; STK= 50, Q= 215 gpm, SPP= 392 psi. Se tomaron pesos de la sarta @ 6916': subiendo 230 klbs, bajando 130 klbs, rotando 170 klbs.
20:30	23:00	Se bombeó tren de píldoras así: Se bombeó 30 bls de píldoras dispersa de MW= 9,5 ppg, VF= 30 seg/qt @ 6916'. Circulo con Q= 700 gpm, SPP= 2800 psi durante 20 minutos. Saco DP 5" y posiciono BHA #4 direccional @ 6814', después de alcanzar los 4000 stk. Continuó circulando fondos arriba reciprocando sarta hasta observar retornos limpios en superficie e incrementar la densidad del lodo kla shield demw = 9,3 ppg @ 9,6 ppg con Q= 700 gpm, SPP= 2700 psi, RPM= 30, Tq 8 - 9 klbs/ft. Se tomaron presiones reducidas @ 6910' así: Bomba # 1: stk=30, Q= 130 gpm, SPP= 216 psi; stk = 40, Q= 173 gpm, SPP= 294 psi; stk = 50, Q= 216 gpm, SPP= 396 psi. Bomba # 3: stk = 30, Q= 130 gpm, SPP= 209 psi; stk = 40, Q= 173 gpm, SPP= 290 psi; stk = 50, Q= 216 gpm, SPP= 393 psi.
23:00	24:00	Se realizó check flow durante 10 minutos, pozo estático. Se inició viaje corto de acondicionamiento para la corrida de casing de 9 5/8", N-80, 43,5 lb/ft, btc. Se sacó DP 5" + BHA # 4 direccional libre desde 6814' hasta 6505'.

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 50**.

**Tabla 50.** Fluido de perforación fase 12 ¼" día 7

<b>LODO</b>		
<b>Prueba</b>	<b>Horas</b>	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso	9.3	
Viscosidad	60	61
Pv/Yp	20/24	20/21
Geles		
Perdida de fluido		10.3
PH	10.3	10.3
Solidos		

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.4.7 Día ocho fase 12 ¼".** Para este día se tiene como actividad programada bajar casing de 9 5/8".

En la **Tabla 51** se describen las actividades operacionales que se realizaron ese día.

**Tabla 51.** Corrida de casing 9 5/8"

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>Descripción operacional</b>
00:00	12:00	Se Continué realizando viaje corto de acondicionamiento para la corrida de casing de 9 5/8", N-80, 43,5 lb/ft, btc. Se sacó DP 5" + BHA #4 direccional libre desde 6505 hasta 1158'. Se observaron puntos con sobre tensión mayor a 30 klbs @ 5232', 4240', 4230' se trabajó la sarta mecánicamente arriba y abajo logrando pasar con éxito. Se repasaron y acondicionaron puntos. Circuló @ 4081', 3111', 3065', 2615', 1710', por incremento de presión y arrastre, con Q= 450 gpm, SPP= 1200 1400 psi, RPM= 40, Tq= 1 - 4 klbs/ft Nota: circuló Q= 450 gpm, SPP=1100 psi, RPM= 20 - 30, Tq= 1 - 3 lbs/ft
12:00	12:30	Se realizó rig service
12:30	16:30	Se continuó perforando sección 12 1/4"
16:30	24:00	Se continuó viaje corto de acondicionamiento para correr casing de 9 5/8", N-80, 43,5 lb/ft, bajo BHA # 4 direccional libre desde 1158' hasta 5090'.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.4.8 Día nueve fase 12 ¼”.** En el treceavo día de perforación de la fase de 12 ¼” las actividades operacionales realizadas durante el día se muestran en la **Tabla 52**.

**Tabla 52.** Día nueve fase 12 ¼”

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	06:00	Se acondicionó la mesa para realizar corrida de casing. Se realizó corrida de casing de 9 5/8”, 43,5 lb/ft, n-80, btc, con herramienta (crt) y anillos de torque de la compañía WTF de superficie a 6911’. Se Inició trabajo de cementación según programa.
06:00	24:00	Se continuó realizando trabajo de cementación de revestimiento 9 5/8” n-80 43.5 lb/ft según programa. Se realizó limpieza de las líneas, flow line, manifold, bombas lodo. Se realizó rig down equipos de cementación. Se continuó trabajo de cementación de revestimiento 9 5/8” n-80 43.5 lb/ft de la siguiente manera:  Bombeo 40 bls de lavador mud flush iii de 8,4 ppg @ 6Bpm, P inicial= 420 psi, P final= 450 psi. Bombeo 80 bls de espaciador tuned spacer iii de 12 ppg @ 6 bpm, P inicial= 520 psi, P final 490 psi. Bombeo 182 bls de lechada de relleno al vuelo de 13.6 ppg @ 6 bpm, P inicial= 470 psi, P final= 430 psi. Bombeo 104 bls de lechada principal al vuelo de 16Ppg @ 5 bpm, P inicial= 630 psi, P final= 580 psi, Bombeo 100 bls de lechada principal premezclada de 16 ppg @ 6 bpm, P inicial= 630 psi, P final= 580 psi. Desplazo con 3 bls de lechada principal de 16 ppg @ 2 bpm liberando segundo top plug convencional.

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**3.4.9 Día diez fase 12 ¼”.** En el catorceavo día de perforación de la fase de 12 ¼” las se continuó actividades operacionales de cementación descritas en la **Tabla 53**.

**Tabla 53.** Día diez fase 12 ¼”

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	02:00	Se continuó actividades operacionales de cementación de casing 9 5/8” N-80 43.5 LB/FT, se chico el contrapozo, seguido a esto se procedió a instalar el casing hanger.
02:00	09:00	Se realizó prueba de las válvulas preventoras (BOP’s) y se da inicio al arme del BHA #5 convencional para realizar drill out desde superficie hasta 529”, con broca triconica 8 1/2” tipo: z4040, serial er8544, jets: 3*24/32, tfa: 1,32 + bit sub & fv + dc 6 1/2” + (12) hwdp espiral de 5” + jar 6 1/2” + (3) hwdp espiral.
09:00	24:00	Se realizó reunión preoperacional y de seguridad para arme de BHA #5 para realizar drill out con todo el personal involucrado y por último se procede a realizar rig service.

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**3.4.10 Día once fase 12 ¼”.** Para el quinceavo día de perforación de la fase de 12 ¼” las actividades operacionales realizadas durante el día se describen en la **Tabla 54.**

**Tabla 54.** Día once fase 12 ¼”

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	05:30	Se bajó dp 5" con bha #5 convencional para realizar drill out desde 529' hasta 6824'
05:30	10:30	Se realizó drill out desde 6824' (tope del cemento) hasta 6913'
10:30	17:30	Se sacó dp 5" con bha #5 convencional de drill out desde 6913' hasta 529'
17:30	19:00	Se continuó viaje a superficie para bajar BHA #6 direccional, se sacó BHA #5 de drill out desde 529' hasta superficie de la siguiente manera: (3) hwdp espiral de 5" + jar 6 1/2"+ (12) hwdp espiral de 5" + dc 6 1/2" + bit sub & fv + broca triconica 8 1/2" tipo: z4040, serial er8544, jets: 3*24/32, tfa: 1,32.
19:00	24:00	Se acondicionó mesa para bajar bha #6. Se realizó reunión preoperacional y de seguridad para el arme de bha #6 direccional de geonavegacion con todo el personal involucrado.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 55.**

**Tabla 55.** Fluido de perforación fase 12 ¼” día 9

LODO		
Prueba	Horas	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso		2.6
Viscosidad		68
Pv/Yp		17
Geles		9
Perdida de fluido		9.4
PH		9.4
Solidos		2.6

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.4.11 Día doce fase 12 ¼”.** Para este día se programó como actividad continuar con el arme del BHA #6 direccional.

En la **Tabla 56** se describen las actividades operacionales que se realizaron ese día.

**Tabla 56.** Actividades día doce fase 12 ¼"

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>Descripción operacional</b>
00:00	03:00	Se armó y bajó BHA #6 direccional de geonavegación desde 1019' hasta 2906' así: (14) drill pipe de 5" + (22) HWDP 5" OD llena y rompe geles cada 1000"
03:00	04:00	No planeado: Se suspenden operaciones por presencia de fuertes lluvias y tormenta eléctrica.
04:00	05:30	Continúo armando y bajando BHA #6 direccional de geonavegación desde 2906' hasta 3987' así: (19) HWDP 5" OD + (1) hydraulic jar de 6 1/2"OD + (2) HWDP 5" OD + (1) accelerator de 6 1/2"OD + (12) HWDP 5" OD llena y rompe geles cada 1000', con Q= 200 GPM, SPP= 330 psi.
05:30	10:00	Continúo bajando BHA #6 direccional de geonavegación con DP 5" desde 3987' hasta 6916', llenó tubería y rompió geles cada 2000' con Q= 200 gpm, SPP= 330 psi bajo circulando las últimas dos juntas por seguridad con Q= 350 gpm, SPP= 1100 psi, RPM= 10, TQ= 6 - 8 klbs/ft tomo parámetros @ 6911' Q= 350 gpm, SPP= 1100 psi, RPM= 10, TQ= 8 klbs/ft.
10:00	24:00	Se perforó la Formación Mugrosa unidad arenas B3 con BHA #6 direccional rotando y deslizando con herramienta de geonavegación desde 6916' hasta 7487', avance 571', ROP prom= 40.78 ft/hr con Q= 390 - 450 gpm, SPP= 1400 - 1600 psi, P diferencial= 100 - 150 psi, WOB= 6 - 12 klbs, TQ= 9 - 15 klbs/ft, RPM mesa 40 - 50, RPM motor 109 - 126. Rotando 385' (67%), ROP efec= 118.5 ft/hr, deslizando 186' (33%), ROP efec= 72.4 ft/hr. Se tomaron parámetros @ 6979' Q= 430 gpm, SPP= 1400 - 1550 psi, RPM= 40 - 50, TQ= 12 - 13 klbs/ft. Se tomaron presiones reducidas @ 7247' así: Bomba # 1: stk = 30, Q= 130 gpm, SPP= 310 psi; STK= 40, Q= 173 gpm, SPP= 400 psi; stk = 50, Q= 216 gpm, SPP= 500 psi.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

### 3.5 DÍA UNO FASE 8 ½"

Para este día se programó continuar perforando la Formación Mugrosa con BHA #6 direccional.

En la **Tabla 57** se muestran las actividades operacionales ejecutadas ese día.

**Tabla 57.** Día uno de perforación de la fase 8 ½"

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>Descripción operacional</b>
<b>00:00</b>	16:00	<p>Se continúa perforando formación Mugrosa Unidad Arenas B3 resistivo con BHA #6 direccional rotando y deslizando con herramienta de geonavegación desde 7487' hasta 8230', avance 743', ROP prom= 46.43 ft/hr con Q= 450 gpm, SPP= 1400 - 1800 psi, P diferencial=100 - 200 psi, WOB= 8 - 15 klbs, Tq= 10 - 18 klbs/ft, RPM mesa 50 - 60, RPM motor 126, rotando 609' (82%), ROP efec= 119.4 ft/hr, deslizando 134' (18%), ROP efec= 74.3 ft/hr.</p> <p>Se tomaron parámetros así: @ 7583' Q= 450 gpm, SPP= 1530 - 1600 psi, RPM= 50, Tq= 15 16 klbs/ft, pesos de la sarta subiendo 255 klbs, bajando 120 klbs, rotando 180 klbs @ 7670' Q= 450 gpm, SPP= 1800 - 1600 psi, RPM= 50, TQ= 16 - bombeo 30 bls de píldora viscosa de mw= 11.0 ppg, vf = 140 seg/qt, @ 7511'.</p> <p>Se bombeó 40 bls de píldora viscosa de mw = 11.0 ppg, vf = 140 seg/qt, @ 7784'.</p> <p>Se tomaron pesos de la sarta @ 8230' subiendo 265 klbs, bajando 110 klbs, rotando 175 klbs.</p>
<b>16:00</b>	16:30	Perforando - deslizando sección 8 1/2"
<b>16:30</b>	24:00	<p>Se continúa perforando formación Mugrosa unidad arenas B3 con BHA #6 direccional rotando y deslizando con herramienta de geonavegación desde 8230' hasta 8611', avance 381', ROP prom= 50.8 ft/hr con Q= 450 gpm, SPP= 1400 - 1800 psi, P diferencial= 100 - 200 psi, WOB= 8 - 25 klbs, Tq= 15 - 18 klbs/ft, RPM mesa 60 - 55, RPM motor 126, rotando 328' (86%), ROP efec= 123.1 ft/hr, deslizando 53' (14%), ROP efec= 74.5 ft/hr.</p> <p>Se bombeó 30 bls de píldora viscosa de MW= 11.0 ppg, VF= 130 seg/qt, @ 8351'.</p>

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**3.5.1 Día dos fase 8 ½”.** Las actividades operacionales ejecutadas durante el día se describen a continuación en la **Tabla 58**.

**Tabla 58.** Día dos perforación de la fase 8 ½”

<b>Desde</b>	<b>Hasta</b>	<b>Descripción operacional</b>
00:00	05:30	Perforando Formación Mugrosa unidad arenas B3 resistivo con BHA #6 direccional rotando y deslizando con herramienta de geonavegación desde 8611' hasta 8919', avance 308', ROPprom= 56,0 ft/hr, con Q = 450 gpm, SPP= 1700 - 1900 psi, P diferencial= 100 – 200 psi, WOB= 10 - 20 klbs, Tq= 18 - 21 klbs/ft, RPM mesa 55, RPM motor 126 rotando 300' (97%).
05:30	06:00	No planeado: Se suspenden las operaciones por presencia de fuertes lluvias y tormenta eléctrica.
06:00	10:00	Se Continuó perforando Formación Mugrosa unidad arenas B3 con BHA #6 direccional rotando y deslizando con herramienta de geonavegación desde 8919' hasta 9084', avance 165', ROP prom= 41.25 Ft/hr con Q = 450 gpm, SPP = 1700 - 1900 psi, P diferencial= 100 - 200 psi, WOB = 10 - 20 klbs, Tq= 18 - 21 klbs/ft, RPM mesa 55, RPM motor 126, rotando 141' (85%).
10:00	14:30	Se realizó check flow, pozo estatico durante 5 minutos. Se Inició viaje corto de acondicionamiento. Se sacó dp 5" con bha #6 direccional con herramientas de geonavegacion.
14:30	17:30	No planeado: Se intentó destorquear los tubos # 147 y 148 en varias posiciones con la power tong sin éxito, por sobretorque.
17:30	24:00	Se continuó realizando viaje corto de acondicionamiento, sacando dp 5" con BHA #6 direccional con herramientas de geonavegacion con back reaming desde 8610' hasta 7025', con Q = 360 gpm, SPP= 1200 psi, RPM=30.

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 59**.

**Tabla 59.** Fluido de perforación fase 8 ½" día 2

Lodo		
Prueba	Horas	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso		2.6
Viscosidad		63
Pv/Yp		1
Geles		8
Perdida de fluido		9.5
PH		9.5
Solidos		2.6

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.5.2 Día tres fase 8 ½".** Para el día diecinueve se proyectó como actividad sacar BHA #6 direccional y realizar trabajos de acondicionamiento.

En la **Tabla 60** se detallan las actividades operacionales realizadas en el día.

**Tabla 60.** Día tres de la fase 8 ½"

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	01:00	Se bombeó 30 bls de píldora viscosa de mw = 11.3 ppg, vf = 120 seg/qt @ 7225', circuló reciprocando sarta hasta observar retornos limpios en superficie con Q= 350 gpm, SPP= 1000 psi, RPM= 30, Tq= 8 - 10 klbs/ft.
01:00	01:30	Se sacó dp 5" con BHA #6 direccional con herramientas de geonavegación con back reaming desde 7025' hasta 6889', con Q= 360 gpm, SPP= 1200 psi, RPM= 30.
01:30	02:00	Rig service
02:00	06:00	Se bajó dp 5" + BHA #6 direccional con herramientas de geonavegación libre desde 6889' hasta 9096'.
06:00	07:00	Se bombeó 30 bls de píldora viscosa de MW= 11.3 ppg, vf = 140 seg/qt, @ 9096', circulo hasta observar retornos limpios en superficie reciprocando sarta con Q= 450 gpm, SPP= 1700 psi, RPM= 30, Tq = 17 klbs/ft.
07:00	16:00	Se realizó Check Flow del pozo estático durante 10 min e inició viaje para conectar scrapper, saco dp 5" + BHA #6 direccional con herramientas de geonavegación con back reaming desde 9096' hasta 6911' (profundidad del zapato 9 5/8").
16:00	21:00	Se sacó DP + BHA #6 direccional con herramientas de geonavegación desde 6911' (profundidad del zapato de 9 5/8"), hasta 3987'.
21:00	24:00	Se sacó BHA #6 direccional con herramientas de geonavegación, para conectar scrapper desde 3987' hasta 2782' así: (12) HWDP 5" + acelerador 6 1/2" + (2) HWDP 5" + JAR 6 1/2" + (23) HWDP 5".

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.5.3 Día cuatro de la fase 8 ½".** Para el veinteavo día se proyectó comenzar con las actividades de completamiento de la fase 8 ½", descritas en la **Tabla 61**.

**Tabla 61.** Día cuatro de la fase 8 ½"

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	01:30	Se continuo sacando bha #6 direccional con herramientas de geonavegacion, para conectar scrapper desde 2782' hasta 2188' asi: (18) hwdp 5" + dp 5"
02:30	14:30	Se continuo armando y bajando bha #6b de simulación para la corrida de mallas de 6 5/8" poromax. Bajó dp 5" + bha #6b con scrapper rotatorio halliburton (combo tech) y herramientas direccionales de geonavegacion desde 4020' hasta 9096'.
14:30	16:00	Se bombeó 30 bls de píldora viscosa mw= 11.2 ppf, vf = 130 seg/qt @ 9096'. Circulo fondos arriba hasta observar retornos limpios en superficie reciprocando sarta con Q = 450 gpm, SPP = 1700 - 1800 psi, RPM = 30, Tq= 17 - 18 klbs/ft. Se tomó presiones reducidas @ 9081' de la siguiente manera: Bomba # 1: stk = 30, Q = 130 gpm, SPP= 385 psi; stk= 40, Q = 173 gpm, SPP = 475 psi; stk= 50, Q = 216 gpm, SPP = 592 psi. Bomba # 2: stk = 30, Q = 130 gpm, SPP = 367 psi; stk = 40, Q = 173 gpm, SPP = 457 psi; stk= 50, Q = 216 gpm, SPP = 570 psi.
16:00	24:00	Se realizó check flow durante 5 minutos, pozo estático e inició viaje corto de simulacion de corrida de mallas poromax 6 5/8". Sacó dp 5" + BHA #6b con scrapper rotatorio halliburton (combo tech) y herramientas direccionales de geonavegacion con back reaming junta por junta desde 9096' hasta 6911' (profundidad del zapato de 9 5/8") con Q = 360 gpm, SPP= 1100 - 1200 psi, RPM = 30, Tq= 14 - 17 klbs/ft.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 62.**

**Tabla 62.** Fluido de perforación fase 8 ½" día 4

LODO		
Prueba	Horas	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso		2.05
Viscosidad		65
Pv/Yp		19
Geles		8
Perdida de fluido		9.6
PH		9.6
Solidos		2.05

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.5.4. Día cinco fase 8 ½"** Las actividades operacionales ejecutadas durante el día se describen a continuación en la **Tabla 63.**

**Tabla 63.** Actividades día cinco fase 8 ½"

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	04:30	Se inició viaje a fondo para simular corrida de mallas Poromax con blank pipe de 6 5/8". Bajo dp 5" + bha #6b con scrapper rotatorio y herramientas direccionales de geonavegacion libre desde 6911' hasta 9096'.
04:30	06:00	Se bombeó 30 bls de píldora viscosa de mw = 11.3 ppg, vf = 140 seg/qt @ 9096', con Q = 450 gpm, SPP = 1700 psi, RPM = 30, Tq= 17 - 18 klbs/ft. Realizo desplazamiento en open hole y 200' por encima del zapato de 9 5/8" de lodo flo pro, por 180 bls de lodo flo Pro - uf libre de solidos de perforación mw = 9,2 ppg, con Q= 300 - 350 gpm, SPP = 1000 - 1200 psi.
06:00	11:00	Se realizó check flow durante 10 minutos, pozo estatico y saco dp 5" + BHA #6 con scraper y herramienta direccional de geonagevacion libre desde 9096' hasta 6703'.
11:00	12:30	Se realizó desplazamiento de lodo flopro-uf, de mw= 9,2 ppg, vf= 55 seg/qt, libre de sólidos en casing hole así: Se bombeó 30 bls de pildora viscosa de mw= 8,5 ppg, vf= 130 seg/qt + 50 bls de espaciador quimico de mw= 8,4 ppg, vf= 28 seg/qt + 30 bls de pildora viscosa de mw= 8,5 ppg, vf= 130 seg/qt. Circulo fondo arriba hasta observar desplazamiento de lodo flopro-uf libre de sólidos en superficie con: Q = 300 gpm, SPP= 900 psi.
12:30	15:30	Se realizó check flow durante 5 minutos y sacó dp 5" + bha #6b con scrapper y herramienta direccional de geonavegacion libre desde 6703' hasta 4020'.
15:30	24:00	Se sacó BHA #6 con scrapper y herramienta direccional de geonavegacion desde 4020' hasta 107' Asi: (12) hwdp 5" + acelerador 6 1/2" + (2) hwdp 5" + jar 6 1/2" + (41) hwdp 5" + dp 5" + mag tech + combo tech + pup joint + (41) dp 5" + (6) hwdp 5" + jar (nhd) 6 1/2" + (3) hwdp 5" ,Quebró a la planchada acelerador 6 1/2" + jar 6 1/2" + mag tech + combo tech + pup joint + (22) hwdp 5" + jar (nhd) 6 1/2".

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 64.**

**Tabla 64.** Fluido de perforación fase 8 ½" día 5

LODO		
Prueba	Horas	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso		0.01
Viscosidad		70
Pv/Yp		18
Geles		12
Perdida de fluido		9.8
PH		9.8
Solidos		0.01

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.5.5 Día seis fase 8 ½".** Para el veinteavo día se programó como actividad iniciar corrida de mallas poromax con blank pipe de 6 5/8". En la **Tabla 65** se presentan las actividades diarias.

**Tabla 65.** Día seis fase 8 ½"

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	02:30	Se sacó y quebró herramienta direccional de geonavegacion, motor y broca pdc 8 1/2" desde 107' hasta superficie asi: nmhc 6 3/4" + upper saver sub + telescope 675 + lower saver sub + upper saver sub + periscope hd + zinc + float sub + motor direccional schlumberger 6 3/4" x 8 1/8", tipo a675m7850xp, bend 1,5°, factor 0,28 rev/gal + broca pdc 8 1/2" varel, tipo r616pdg1q, iadc m422, serial 4008649, boquillas (1x11 + 5x12), tfa= 0,645 in2. Se inició acondicionamiento de mesa para la corrida de mallas poromax con blank pipe de 6 5/8" y se retiró llave de potencia del top drive.
02:30	14:00	Se inició corrida de mallas poromax con blank pipe de 6 5/8" y se levantó primera junta con equipo de flotación (zapato 6 5/8") e instalado + pup joint (blank pipe) 6 5/8" + xover + o ring seal sub 6 5/8". Se bajó y terqueó con apreté geométrico hasta la base del triángulo mallas de 6 5/8" - l80 - btc – 24 lbs/ft y tubería blank pipe desde superficie hasta 2280'; (42 mallas y 16 blank pipe), total juntas 58, según tally,
14:00	15:30	Se realizó rig up de herramientas de manejo para dp de 2 7/8"(wash pipe), acondiciono mesa falsa, cuña neumática, elevador de 2 7/8", llave hidráulica por parte de la compañía Weatherford.
15:30	24:30	Se realizó reunión preoperacional y de seguridad para levantar y conectar colgador versaflex (9 5/8" x 6 5/8") con todo el personal involucrado. Se Levantó y conectó colgador versaflex 9 5/8" x 6 5/8" así: conecto stick out de setting tool a pup joint 2 7/8" con sarta interna dp de 2 7/8" (wash pipe), torqueo con 6,8 klbs/ft a cupling de blank pipe de 6 5/8". Con Q = 100 200 gpm, SPP = 80 - 250psi.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

Las propiedades del fluido de perforación utilizado este día se describen en la **Tabla 66**.

**Tabla 66.** Fluido de perforación fase 8 ½" día 6

Lodo		
Prueba	Horas	
	12:00 a.m.	12:00 p.m.
Peso		0.01
Viscosidad		67
Pv/Yp		17
Geles		12
Perdida de fluido		9.7
PH		9.7
Solidos		0.01

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.5.6 Día siete fase 8 ½".** Las actividades operacionales ejecutadas durante el día se describen a continuación en la **Tabla 67**.

**Tabla 67.** Actividades operacionales día siete fase 8 ½"

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	09:30	Se continuó bajando mallas poromax + blank pipe 6 5/8", con sarta interna de 2 7/8" (wash pipe) + pup joint con colgador versaflex (9 5/8" x 6 5/8") + bha desde 2927' hasta 6911' asi: (9) dp 5" + (49) hwdp 5" + (30) dp 5" + (25) dc 6 1/2" + (1) dp 5".
09:30	13:30	Se continuó bajando mallas poromax + blank pipe 6 5/8", con sarta interna de 2 7/8" (wash pipe) + pup joint con colgador versaflex (9 5/8" x 6 5/8") + bha en open hole desde 6911' hasta 9091' (tope del zapato de 6 5/8" por tally) asi: (49) dp 5".
13:30	14:30	Circuló lodo @ 9091' con Q = 200 gpm, SPP= 500 psi.
14:30	15:30	Se realizó rig up equipos de cementación, subió, ubicó y conectó a la sarta de completamiento side entry sub nc50 pxb + kelly valve.
15:30	17:00	Se bombeó rompedor (break down) asi: bombeo 20 bls de píldora viscosa, mw= 8.5 ppg, vf= 120 seg/qt @ 3bpm, spp= 250 psi con bombas del equipo. Se bombeó 20 bls de píldora de lavado, mw= 8.4 ppg, vf= 28 seg/qt @ 3bpm, spp= 250 psi. Se bombeó 70 bls de rompedor (break down), mw= 9.2 ppg, @ 7 bpm, spp= 890 psi.
17:00	19:00	Se retiró las líneas de unidad de cementación, y el side entry sub, kelly valve. Se sacó sarta de completamiento con setting tool y sarta interna.
19:00	20:00	Se realizó desplazamiento de 350 bls de lodo flo pro libre de sólidos en casing hole mw= 9,2 ppg, 52 ntu, % solidos = 0,08 @ 6561' con Q = 300 - 120 gpm, SPP = 450 - 200 psi,
20:00	24:00	Se realizó check flow durante 10 minutos, pozo estático y se sacó sarta de completamiento con setting tool + tubería interna wash pipe de 2 7/8" desde 6561' hasta 4793' asi: (47) dp 5

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.5.6.1 Día ocho acondicionamiento.** Las actividades operacionales realizadas durante el día se describen a continuación en la **Tabla 68**.

**Tabla 68.** Actividades operacionales día ocho fase 8 ½"

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	02:00	Se continuó (tope teórico de la lechada principal de cemento), hasta superficie @ 2500 ft/hr.
02:00	04:30	No planeado: Se suspenden operaciones por presencia de fuertes lluvias y tormenta eléctrica.
04:30	07:00	Se realizó rig down de herramientas de registros de cementación (usit- cbl - vld - gr - tractor - ccl). Se retiró polea, xover para colgar polea y unidad de registros.
07:00	09:00	Se conectó una junta de dp 5" al top drive, se conectó test plug, se bajó y recuperó wear bushing de 9 5/8". Se retiró camisa de 14" del flow line.
09:00	09:30	Se realizó reunión preoperacional y de seguridad para armar, izar y bajar bomba (BES- BORES) con tubing de 3 1/2", J 55, EUE R2, con todo el personal involucrado.
09:30	10:00	Se acondicionó mesa y se desconectó del top drive xover 6 5/8" reg box x pin, saver sub 6 5/8" reg box x nc 50 pin.
10:00	24:00	Se conectó, armó y bajó bomba (BES), se acoplaron sellos de 4" od y se llenó con aceite dieléctrico, se empalmó cable eléctrico plano #4 con capilar desde superficie hasta 120,80' así: centralizador 3 1/2" x 5 1/2" + sensor + adapter + motor + seal lower + seal upper + intake + separador de gas + pump vapro + pump lower + pump upper + descarga convencional + descarga de presión.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.5.6.2 Día nueve acondicionamiento fase 8 ½".** Las actividades operacionales ejecutadas en el día se muestran a continuación en la **Tabla 69.**

**Tabla 69.** Actividades operacionales día nueve fase 8 ½"

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	01:00	Se realizó rig up de herramientas para manejo de tubing de 3 1/2", por parte de la compañía Weatherford.
01:00	02:00	Se continuó armando y bajando bomba (BES), con cable eléctrico #4 con capilar desde 120,8 hasta 152,28' así: tubing 3 1/2", J-55, EUE + check valve + (2) tubing 3 1/2", j-55, EUE + Drain Valve. Se realizó prueba de integridad del tubing 3 1/2", se calibró e instaló protectores de cable, zuncho y mego @ 152,28' con 500 - 1000 psi, durante 10 minutos así: Ff = 4,9 ohm Ft = 4,10 ohm , Pip= 13,80 PSI, Pd= 46 PSI, Ti= 89,5° F, Tm= 93,7°F, Vx= 0.007, Vz= 0.009, Vt= 20,2, Ct= 9.6.
02:00	24:00	Se bajó BHA de completamiento con bomba BES y tubing de 3 1/2" EUE, J55, R2, desde 152,28' hasta 4445'. Se realizó prueba de integridad del tubing 3 1/2" con 500 - 1000 psi, se calibró e instaló protectores de cable, zuncho y mego cada 1000'.

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

**3.5.6.3 Día diez fase 8 ½”.** Las actividades operacionales desarrolladas durante el día se muestran a continuación en la **Tabla 70**.

**Tabla 70.** Actividades operacionales día 10 fase 8 ½”

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	03:30	Se bajó BHA de completamiento con bomba BES y tubing de 3 1/2" EUE, J55, R2, desde 4445' hasta 5195'. Se realizó prueba de integridad del tubing 3 1/2" con 500 - 1000 psi y se calibró e instaló protectores de cable, zuncho y mego cada 1000'.
03:30	09:00	No planeado: Se suspenden operaciones por presencia de fuertes lluvias y tormenta eléctrica.
09:00	15:00	Se continuó bajando BHA de completamiento con bomba BES y tubing de 3 1/2" EUE, J55, R2, desde 5195' hasta 6332'. Se realizó prueba de integridad del tubing 3 1/2" con 500 - 1000 psi y se calibró, instaló protectores de cable, zuncho y mego @ 6005' y 6332'.
15:00	16:30	Se cortó cable #4 plano (con capilar) para empalmar, con cable #4 plano solido (sin capilar). Se bajó rueda guía, retiró y reemplazó carrete con cable #4 plano (con capilar) por cable #4 plano, solido (sin capilar). Se instaló cable #4 plano, sólido sin capilar en el spooler. Izo rueda guía con cable #4 plano, sólido (sin capilar) para realizar empalme.
16:30	20:00	Se realizó empalme de cable #4 plano (con capilar) con cable #4 plano, solido (sin capilar).
20:00	20:30	Se conectó y bajo junta #208 de tubing de 3 1/2", EUE, J55, R2, 9,3 lb/ft con BHA de completamiento con bomba (BES) desde 6332' hasta 6363'.
20:30	23:30	Se retiró coupling de tubing de 3 1/2" para instalar tubing hanger 11" x 3 1/2" EUE. Se instaló y enhebró cable #4 plano, solido sin capilar a través del tubing hanger 11" X 3 1/2" EUE. Se bajó y sentó tubing hanger spool en sección B del cabezal. Profundidad del BHA de completamiento con bomba BES @ 6389'.
23:30	24:00	Se realizó rig down de herramientas para la corrida de la bomba (BES) con tubing de 3 1/2", EUE, J-55, R2, 9, 3 lb/ft de borets.

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

### 3.6 DESARME DEL TALADRO PW-147 DÍA UNO

Las actividades operacionales ejecutadas durante el día se describen a continuación en la **Tabla 71**. Las cuales principalmente se basan en el desarme del Taladro PW-147

**Tabla 71. Desarme del Taladro PW-147 día uno**

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	04:00	Se realizó reunión preoperacional y de seguridad para el desarme e izaje del set de preventoras. Se desconectó mangueras hidráulicas, línea del kill Line y hcr, retiro bushing y master bushing, Se descargó acumulador, instalo cables de izaje para maniobrar set de preventoras, se soltó y retiró tornillería y se montó set de preventoras en dolly.
04:00	07:00	Se realizó pack off así: Pescó tubing hanger 11" x 3 1/2" eue, enhebro cable #4 plano, solido sin capilar a traves del penetrador, se aplicó resina e instaló empaques a tubing hanger, se bajó y sentó tubing hanger spool en seccion b del cabezaly se selló.
07:00	09:00	Se enhebró cable #4 plano sin capilar a traves de la sección c. Se instaló sección c (tubing head adapter 11" x 3 1/8" 5m) y apretó tornillería, se probó y selló con 500 y 2000 psi durante 15 minutos.
09:00	24:00	Se realizó rig down de herramienta para corrida de tubing de 3 1/2", j-55, eue, por parte de la compañía weatherford. Se retiró brazos, elevador y se quitó cuña neumática y llave hidráulica. Se finalizó operaciones de completamiento. Se entregó equipo PW-147 a las 10:00 hrs del 10 de octubre de 2015 para iniciar operaciones de desarme y desmovilizacion final.

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor.

Se iniciaron operaciones de desarme y movilización final del equipo pw 147 a las 10:00 horas desde el pozo CG-172H hasta el kilómetro 63.5 vía Bogotá. Se llevó a cabo reunión preoperacional y de seguridad para dar inicio a las operaciones de desarme y movilización de equipo PW-147.

**3.6.1 Día dos desarme del Taladro PW-147.** Para este día se proyectó terminar con el desarme del Taladro PW-147. (Ver **Tabla 72**).

**Tabla 72. Día dos desarme del Taladro PW-147**

Desde	Hasta	Descripción operacional
00:00	24:00	Se cargó y movilizó de canastas y soportes de tubería dp 5". Se retiró de la mesa rotaria llaves de potencia power tong y torque wrench. Se retiró y tumbo techos del tanque de retornos. Se retiró shakers y mud cleaner del tanque de retornos. Se tumbó, retiro, cargó y movilizó manipulador de tubería. Se lavó y retiró pisos del mud board (sección del manipulador de tubería). Se lavó y tumbo set de preventoras. Se recogió líneas eléctricas de los tanques de lodo. Se continuó desconexión eléctrica de las bombas de lodo, generadores 1, 2 y 3. Se retiró líneas sanitarias del campamento.

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

En la **Tabla 73** se muestra el resumen de manera generalizada de las operaciones de perforación de cada una de las fases del pozo CG-172H.

**Tabla 73.** Resumen operaciones de perforación pozo CG-172H

<b>FASE 17 1/2"</b>					
<b>FORMACIONES ATRAVESADAS</b>		<b>FORMACIÓN</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>FLUIDO</b>	
		<b>Formación la mesa</b>	394 ft	GELMEX 8.6 ppg	
		<b>Grupo Real</b>	801 ft	GELMEX 8.6 ppg	
<b>PROFUNDIDAD TOTAL</b>			1195 ft		
<b>PARAMETROS PROMEDIOS</b>					
<b>ROP</b>	<b>Q</b>	<b>SSP</b>	<b>WOB</b>	<b>TQ</b>	<b>RPM</b>
39 ft/hrs	400 GPM	800-1000 Psi	2-14 Klbs	1-5 klbs/ft	40 - 50
<b>TIEMPO TOTAL DE PERFORACIÓN DE LA FASE 17 1/2"</b>					38 hrs
<b>FASE 12 1/4"</b>					
<b>FORMACIONES ATRAVESADAS</b>		<b>FORMACIÓN</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>FLUIDO</b>	
		<b>Grupo real</b>	2929 ft	Kla shield 8.8 ppg	
		<b>Formación Colorado</b>	269 ft	Kla shield 8.8 ppg	
		<b>Formación Mugrosa</b>	810 ft	píldora viscosa 9.0 ppg	
		<b>arenas b0</b>	567 ft	píldora pesada 10.7 ppg	
		<b>arenas b1</b>	1029 ft	píldora pesada 10.5 ppg	
		<b>arenas b2</b>	848 ft	píldora pesada 11.3 ppg	
		<b>arenas b3</b>	464 ft	Kla shield 9.3 ppg	
<b>PROFUNDIDAD TOTAL</b>			6916 ft		
<b>PARAMETROS PROMEDIOS</b>					
<b>ROP</b>	<b>Q</b>	<b>SSP</b>	<b>WOB</b>	<b>TQ</b>	<b>RPM</b>
48 ft/hrs	670 GPM	2100-2700 Psi	8-20 Klbs	4-13 klbs/ft	40
<b>TIEMPO TOTAL DE PERFORACIÓN DE LA FASE 12 1/2"</b>					137.5 hrs

**Tabla 73.** Continuación

<b>FASE 8 1/2"</b>					
<b>FORMACIONES ATRAVESADAS</b>		<b>FORMACIÓN</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>	<b>FLUIDO</b>	
		<b>arenas b3</b>	2180 ft	flopro.-uf 9.2 ppg	
<b>PROFUNDIDAD TOTAL</b>			9096 ft		
<b>PARAMETROS PROMEDIOS</b>					
<b>ROP</b>	<b>Q</b>	<b>SSP</b>	<b>WOB</b>	<b>TQ</b>	<b>RPM</b>
47 ft/hrs	450 GPM	1400-1900 Psi	8-25 Klbs	9-24 klbs/ft	55
<b>TIEMPO TOTAL DE PERFORACIÓN DE LA FASE 8 1/2"</b>					48 hrs

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

### 3.7 ANÁLISIS DE FALLAS DEL EQUIPO

El programa de perforación del Pozo CG-172H programado inicialmente para tener una duración de 27 días finalmente se realizó en un total de 28 días. Se genera un retraso de 1 día equivalente a 24 horas, donde 1.5 horas fueron de intentar conectar dp 5" al top drive, se observa desalineación la cual forzó la rosca de la conexión, 2.5 horas de corte de tubo conductor de 20", 3 horas donde se intentó destorquear los tubos 147 y 148 en varias posiciones con la power tong sin éxito por sobretorque, para un total de 7 horas debido a inconvenientes operacionales. El restante en los tiempos planos se debió a fuertes tormentas eléctricas tipo III lo cual generaba suspender con las operaciones de perforación debido a que se coloca en riesgo la integridad civil y el éxito de la operación.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente se logra evidenciar claramente, que las demoras generan un incremento en los días programados para llevar a cabo la operación, sin embargo se identifica que los tiempos planos durante la perforación del pozo CG-172H radicaron principalmente en el mal tiempo de la zona, y no en el funcionamiento del equipo, lo cual indica que el desempeño del Taladro PW-147 fue bastante bueno.

Las principales fallas en los tiempos planos se debieron a las fuertes tormentas eléctricas que a menudo se presentaban en la locación, dando como resultado un 70.83%. En cuanto a los demás inconvenientes se le atribuye un 29.16%. Dando como resultado un buen desempeño del equipo PW-147 enfrentándose a condiciones geológicas complejas.

Las fallas operacionales presentadas fueron rápidamente identificadas y corregidas, generando así un mayor control y mejoramiento continuo, con el propósito de brindar siempre una operación más segura y eficiente para sus clientes futuros.

## 4. EVALUACIÓN DE TIEMPOS

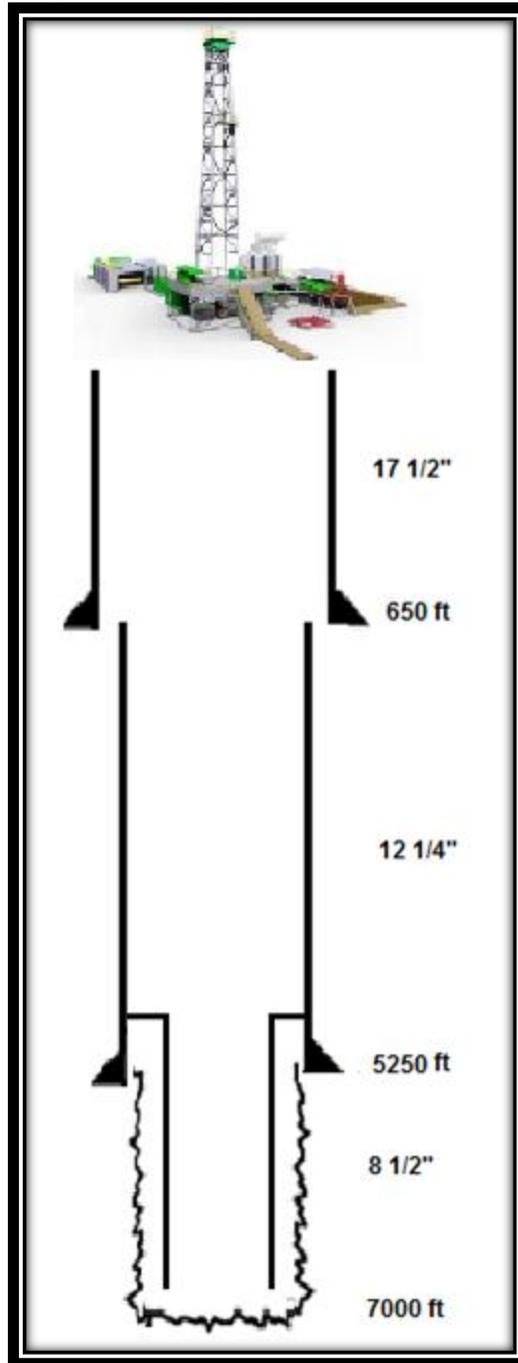
En este capítulo se muestra la diferencia de los equipos que componen el Taladro PW-147 respecto a los equipos que componen un taladro convencional con base en los tiempos de operación de tres pozos, perforados con el Taladro PW-147 (CG-1, CG-2 y CG-3) y de la proyección basada en la pasada campaña de perforación con un taladro convencional 1500 hp del Campo Yariguí (CG-1', CG-2' y CG-3'), teniendo en cuenta la perforación fase a fase.

En consecuencia a que en este capítulo asociado a la perforación de tres pozos del Campo Yariguí, con el Taladro PW-147 respecto tres pozos perforados con un taladro convencional, no se suministraron los parámetros de perforación debido a la confidencialidad de la compañía operadora del campo, solo se tienen datos de los tiempos en las conexiones, de la tubería para cada una de las secciones, al igual que las desconexiones de la sarta de perforación, utilizadas en la operación de cada fase.

### 4.1 POZO CG-1 y CG-1'

El primer pozo de estudio es el pozo CG-1, el cual se ubica en el bloque 5 del Campo Yariguí, de tipo vertical, cuya profundidad total fue de 7000 ft. Como se puede apreciar en el estado mecánico en la **Figura 30**.

Figura 30. Esquema CG-1



Este pozo se tenía planeado para perforarlo en 14 días, sin embargo el pozo se terminó en 9.5 días, por lo cual se registró como un record no solo para el campo objeto de estudio sino también para la compañía Petroworks S.A.S y a su vez ratifico el excelente desempeño del equipo PW-147.

A continuación en la **Tabla 74** se muestran los resultados de los tiempos en las conexiones en la perforación del pozo CG-1 con el Taladro PW-147.

Para el caso de los tiempos de conexiones en el Taladro PW-147 es de 1.5 minutos, mientras que para el Taladro Convencional es de tres (3) minutos, estos tiempos se tomaron del comportamiento promedio histórico de cada equipo en las operaciones de perforación del campo de los últimos años brindados por la empresa.

**Tabla 74.** Datos de perforación pozo CG-1 Taladro PW-147

Fase	Profundidad (ft)	N juntas	tipo	Número de Conexiones	Tiempo Conexiones (minutos)	Tiempo (horas)
17 ½"	650	12	R III	11	1.5	0.275
12 ¼"	4600	90	R III	89	1.5	2.225
8 ½"	1750	33	R III	32	1.5	0.8

Fuente: PETROWORKS S.A.S

En la **Tabla 75** se muestra los tiempos que tardó el taladro convencional en conectar y descontar tubería para la perforación del pozo CG-1'.

**Tabla 75.** Datos de perforación pozo CG-1' Taladro convencional

Fase	Profundidad (ft)	N juntas	Tipo	Número de Conexiones	Tiempo Conexiones (minutos)	Tiempo (horas)
17 ½"	650	18	R II	19	3	0.95
12 ¼"	4600	133	R II	132	3	6.6
8 ½"	1750	50	R II	49	3	2.45

Fuente: PETROWORKS S.A.S

El tiempo total de las conexiones con el Taladro PW-147 fue de 3.3 horas. En cuanto a los tiempos de desconexiones de tubería las horas totales fueron de 3.3 horas, para un total de tiempos de conexiones del pozo CG-1 con el PW-147 de 6.6 horas.

En cuanto al taladro convencional sus horas totales de conexiones fue de 10 horas y desconexiones de 10 horas, para un total de 20 horas totales. Evidenciando una clara diferencia de un taladro respecto al otro.

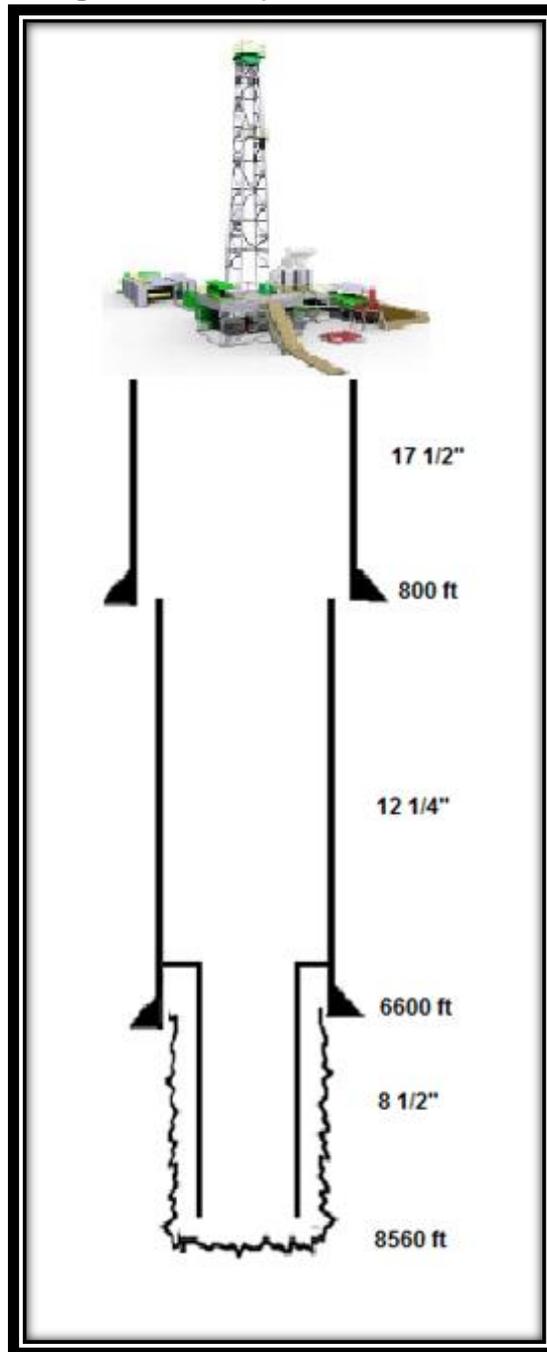
Esto se debe principalmente al tipo de equipos que se utilizan en un taladro hidráulico, es decir, el Taladro PW-147 utiliza un power ton y un manipulador de tubería que funciona por medio de un PLT, mientras que el convencional utiliza una llave hidráulica y es necesario del trabajo del encuellador, generando un

67.10% más de eficiencia en las conexiones y desconexiones de tubería en las operaciones de perforación con el Taladro PW-147 respecto a un Talado Convencional.

#### **4.2 POZO CG-2 y CG-2'**

El segundo pozo de estudio es el pozo CG-2, el cual se ubica en el bloque 5 del Campo Yarigui al igual que el pozo CG-1, es de tipo vertical y alcanzó una profundidad de 8560 ft, como se muestra en el estado mecánico en la **Figura 31**.

Figura 31. Esquema CG-2



Antes de iniciar con las operaciones de perforación se planeó inicialmente perforar el pozo CG-2 en 14 días, sin embargo, se finalizó a los 12 días de operación, lo cual contribuyo en un nuevo acierto por parte del equipo PW-147.

A continuación en la **Tabla 76** se presentan los tiempos en las conexiones de la perforación del pozo CG-1 con el Taladro PW-147. En la **Tabla 77** se muestran los

resultados de los tiempos en las conexiones en la perforación del pozo CG-2' con un Taladro Convencional.

**Tabla 76.** Datos de perforación pozo CG-2 Taladro PW-147

Fase	Profundidad (ft)	N tubos	Tipo	Número de Conexiones	Tiempo Conexiones (minutos)	Tiempo (horas)
17 ½"	800	15	R III	14	1.5	0.35
12 ¼"	5800	112	R III	111	1.5	2.775
8 ½"	1960	38	R III	37	1.5	0.925

**Tabla 77.** Datos de perforación pozo CG-2' Taladro convencional

Fase	Profundidad (ft)	N tubos	Tipo	Número de Conexiones	Tiempo Conexiones (minutos)	Tiempo (horas)
17 ½"	800	23	R II	22	3	1.1
12 ¼"	5800	168	R II	167	3	8.35
8 ½"	1960	56	R II	55	3	2.75

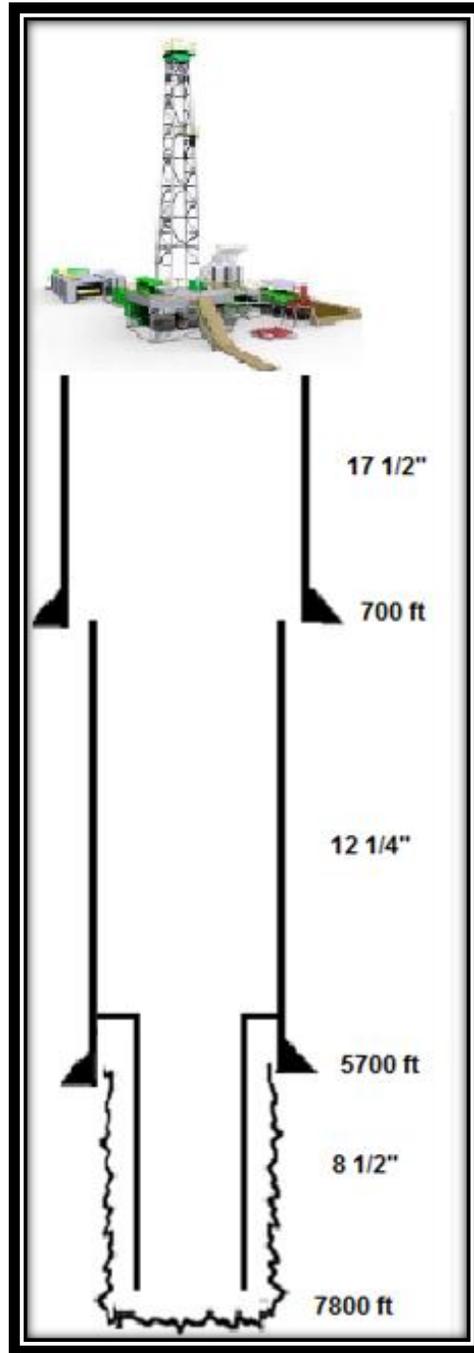
Para el pozo CG-2 el tiempo total de las conexiones con el Taladro PW-147 fue de 4.05 horas. Las desconexiones se llevaron a cabo en un rango de 4.1 horas, para un total de tiempos de conexiones y desconexiones de 8.15 horas.

El taladro convencional arroja un total de conexiones y desconexiones de 24.4 horas en la totalidad del pozo. Se puede notar un margen del 66.6 % más de rapidez en las conexiones y desconexiones con el equipo PW-147.

#### 4.3 POZO CG-3 y CG-3'

El tercer pozo de estudio de este proyecto es el pozo CG-3, el cual se ubica en el bloque 5 del Campo Yarigui al igual que los pozos CG-1 y CG-2, es de tipo vertical registró una profundidad de 7800 ft. A continuación se muestra el estado mecánico del pozo CG-3 en la **Figura 32**.

Figura 32. Esquema CG-3



En la curva de avance para el pozo CG-3 se proyectó terminar el pozo en 15 días, pero al igual que los pozos anteriores, se perforó en un menor tiempo que al propuesto inicialmente. Evidenciando nuevamente el buen desempeño de Taladro PW-147.

A continuación en la **Tabla 78** se presentan los tiempos de las conexiones en cada una de las fases del pozo CG-3. En la **Tabla 79** se muestran los resultados de los tiempos en las conexiones para el pozo CG-3' perforado con un Taladro Convencional.

**Tabla 78.** Datos de perforación pozo CG-3 Taladro PW-147

Fase	Profundidad (ft)	N tubos	Tipo	Número de Conexiones	Tiempo Conexiones (minutos)	Tiempo (horas)
17 ½"	700	13	R III	12	1.5	0.30
12 ¼"	5000	97	R III	96	1.5	2.4
8 ½"	2100	38	R III	37	1.5	0.925

**Tabla 79.** Datos de perforación pozo CG-3 Taladro convencional

Fase	Profundidad (ft)	N tubos	Tipo	Número de Conexiones	Tiempo Conexiones (minutos)	Tiempo (horas)
17 ½"	700	20	R II	19	3	0.95
12 ¼"	5000	145	R II	144	3	7.2
8 ½"	2100	60	R II	59	3	2.95

Para el pozo CG-3 el tiempo total de las conexiones con el Taladro PW-147 fue de 3.6 horas y las desconexiones se llevaron a cabo en un rango de 3.625 horas, para un total de tiempos de conexiones y desconexiones de 7.225 horas.

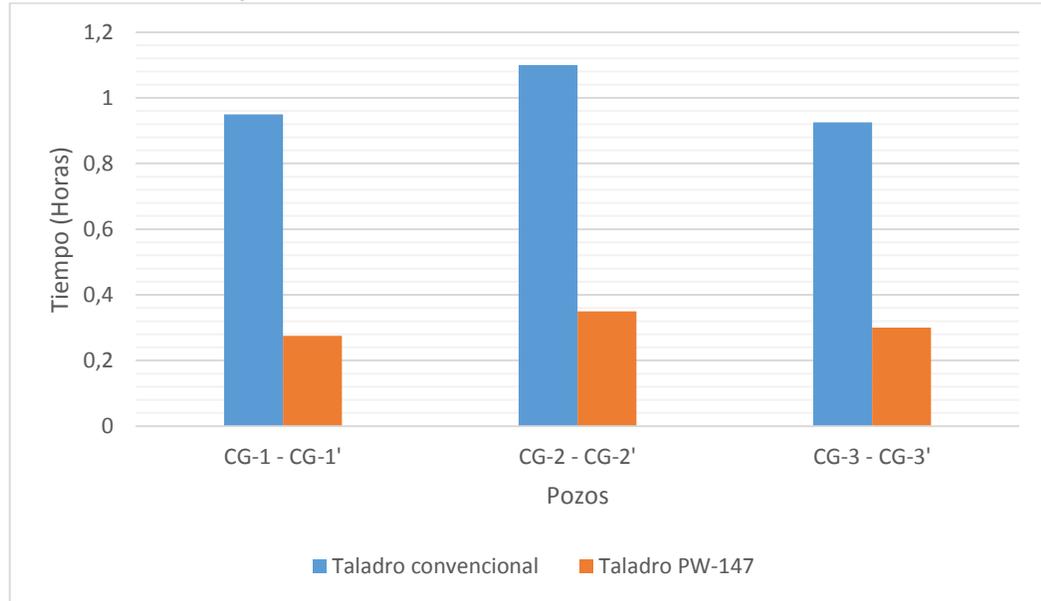
Para el caso del pozo CG-3' los tiempos totales de conexiones y desconexiones en horas fue de 22.2. Lo cual representa que el Taladro PW-147 tiene un 67.45% más de eficiencia en los tiempos de operación frente al Taladro Convencional.

#### 4.4 TIEMPOS DE LOS POZOS FASE A FASE

En esta sección se muestran las diferencias de los tiempos de los tres pozos de estudio perforados con el Taladro PW-147 y los tres pozos perforados con el Taladro Convencional en el Campo Yariguí fase a fase.

**4.4.1 TIEMPOS DE CONEXIONES FASE 17 ½".** En la **Grafica 3** se muestra los tiempos en horas de operación en perforar la fase 17 ½" con el Taladro PW-147 y un Taladro Convencional.

**Grafica 3.** Tiempos fase 17 ½”

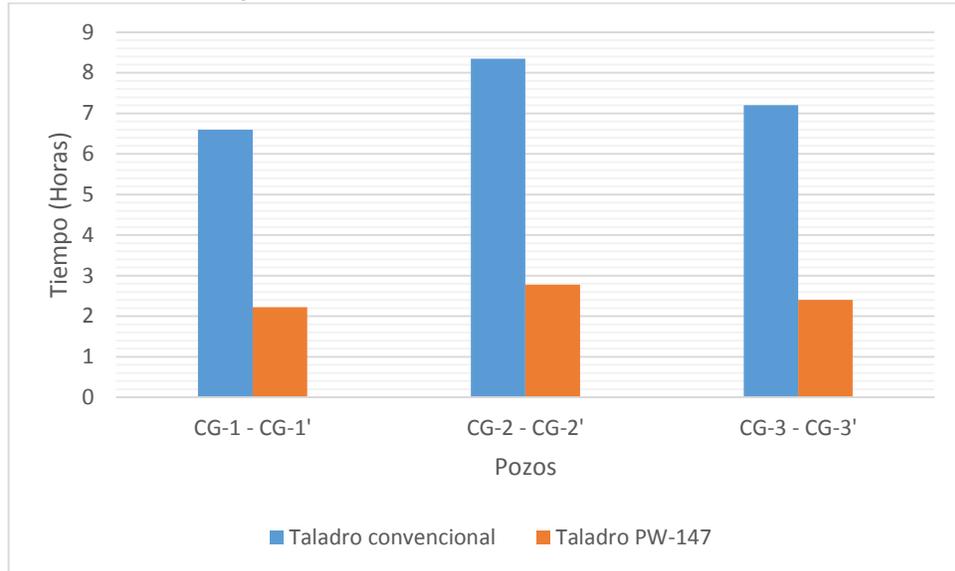


En la **Grafica 3** se evidencia una gran diferencia de tiempos, lo cual se representa en un ahorro en los costos de perforación. El Taladro PW-147 tardó 0.275 horas en conectar en 650 ft la sarta de perforación de la fase 17 ½” del pozo CG-1 mientras que el taladro convencional lo realizó en 0.95 horas, para el pozo CG-1’.

Esta diferencia en los tiempos de operación se debe principalmente a las ventajas que existen en cuanto a los equipos que componen un taladro respecto a otro, es decir, en el Taladro PW-147 las conexiones son más eficientes debido al uso de la power ton, herramienta cuya función es sacar el tubo de la canasta y generar el torque requerido para conectar tubo a tubo, mientras que en un taladro convencional se le da el torque con una llave hidráulica. Al tener en cuenta estos factores se evidencia una ventaja operacional por parte de los equipos del Taladro PW-147 del 63% en la fase de 17 ½” respecto a los equipos de un taladro convencional.

**4.4.2 TIEMPOS DE CONEXIONES FASE 12 ¼”.** En la **Grafica 4** se muestra el comportamiento en horas del taladro convencional y el PW-147 en cada uno de los pozos en la fase 12 ¼”.

**Grafica 4. Tiempos fase 12 ¼"**

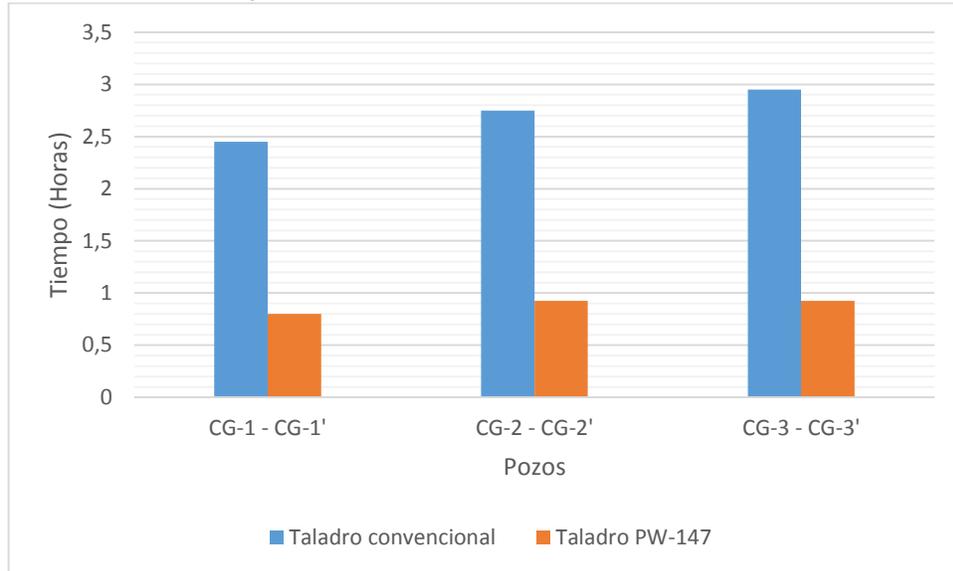


**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

En la **Grafica 4** se observa que los tiempos de operación de un taladro convencional son mayores que el de el Taladro PW-147, en la perforación del pozo CG-3' el taladro convencional tardó en conectar la tubería en la fase 12 ¼" en un estimado de 7.2 horas, mientras que el para el pozo CG-3 perforado con el equipo PW-147, llevo a cabo la ejecución del trabajo en 2.4 horas, realizando la perforación de la fase 12 ¼" con una eficiencia en cuanto conexiones y desconexiones sobre un taladro convencional del 66.6%.

**4.4.3 TIEMPOS DE CONEXIONES FASE 8 ½"**. En la **Gráfica 5** se muestra los tiempos operacionales de las conexiones de la fase 8 ½" para los pozos CG-1, CG-2 y CG-3 del Campo Yariguí perforados con el Taladro PW-147, comparado con los tiempos operacionales de un taladro convencional.

**Grafica 5.** Tiempos fase 8 ½”



**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

En la **Grafica 5** se muestra la diferencia de los tiempos operacionales de conexiones y desconexiones de tubería de perforación entre el taladro convencional y el Taladro PW-147. Con una eficiencia del equipo PW-147 del 67.48% por encima del taladro convencional. Lo que finalmente se traduce en ganancias para la operadora administradora del campo.

Finalmente como se muestra en cada una de la graficas anteriores se refleja una eficiencia mayor del Taladro PW-147 respecto a un taladro convencional en cuanto a sus conexiones y desconexiones.

Debido a que el taladro convencional efectúa el torque requerido para la operación con una llave hidráulica, adicional requiere de la ayuda un encuellador tardando un tiempo promedio por conexión y desconexión de 3 minutos, mientras que el PW-147 lo realiza con una power ton y un manipulador de tubería que lo lleva a cabo en un tiempo estimado de 1.5 minutos.

#### **4.5 TIEMPOS ADICIONALES**

Otro tiempo que se debe tener en cuenta, es que al momento de perforar es necesario organizar la tubería, drill pipe o sarta de perforación, requerida para perforar el pozo, es decir, por ejemplo para el caso del pozo CG-1 con una profundidad de 7000ft si se va a utilizar el taladro convencional con tubería rango II se debe tener listo y organizado en el trinche 233 tubos cada uno de 30 ft. Cabe resaltar que esto depende del tipo de contrato que se acuerde entre la operadora y la prestadora del servicio.

A continuación en la **Tabla 80** se muestran los tiempos que tardó el taladro convencional en organizar la tubería en el trinche para cada uno de los pozos en el Campo Yariguí.

**Tabla 80.** Tiempos de arme de tubería de un taladro convencional

Pozo	Profundidad (ft)	Numero tubos	Tiempo (horas)
CG-1	7000	233	9.32
CG-2	8560	285	11.4
CG-3	7800	260	10.4

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

El proceso se realiza de la siguiente manera, para organizar toda la tubería que se va a utilizar durante la perforación de pozo es necesario organizarla en el trinche, esto se realiza con la ayuda de la planchada **Figura 33**, por la cual suben cada uno de los tubos para ser organizados. Este proceso tarda un promedio de 1 hora por cada 25 tubos.

**Figura 33.** Planchada de un taladro convencional



**Fuente:** ESTRELLA INTERNATIONAL ENERGY SERVICES Ltda.

Ahora bien en el Taladro PW-147 existe un ahorro en estos tiempos debido a que el PW-147 tiene una canasta hidráulica donde viajan los tubos directamente la cual funciona con un plt que le indica que cantidad de tubos almacenar dependiendo de la profundidad del pozo por lo que no es necesario subir tubo a tubo para organizarlos como en un taladro convencional, por en este viaja organizado.

El Taladro PW-147 puede almacenar en su canasta hidráulica un total de 12000 ft en tubería Rango III de 45 ft, es decir, puede transportar un total de 267 tubos.

Lo que se traduce en un ahorro de varias horas en las que mientras el taladro convencional está armando su tubería, el PW-147 está listo para empezar con la perforación del pozo.

Si se tienen en cuenta las horas que tarda el taladro convencional en organizar la toda la tubería para cada uno de los pozos objeto de estudio, el PW-147 tendría listas gran parte de las primeras fases (17 ½") de cada uno de los pozos. Lo cual genera un ahorro en cuanto a tiempos operacionales y reducción de costos por parte del Taladro Pw-147 respecto a un taladro convencional.

## 5. ANALISIS COMPARATIVO

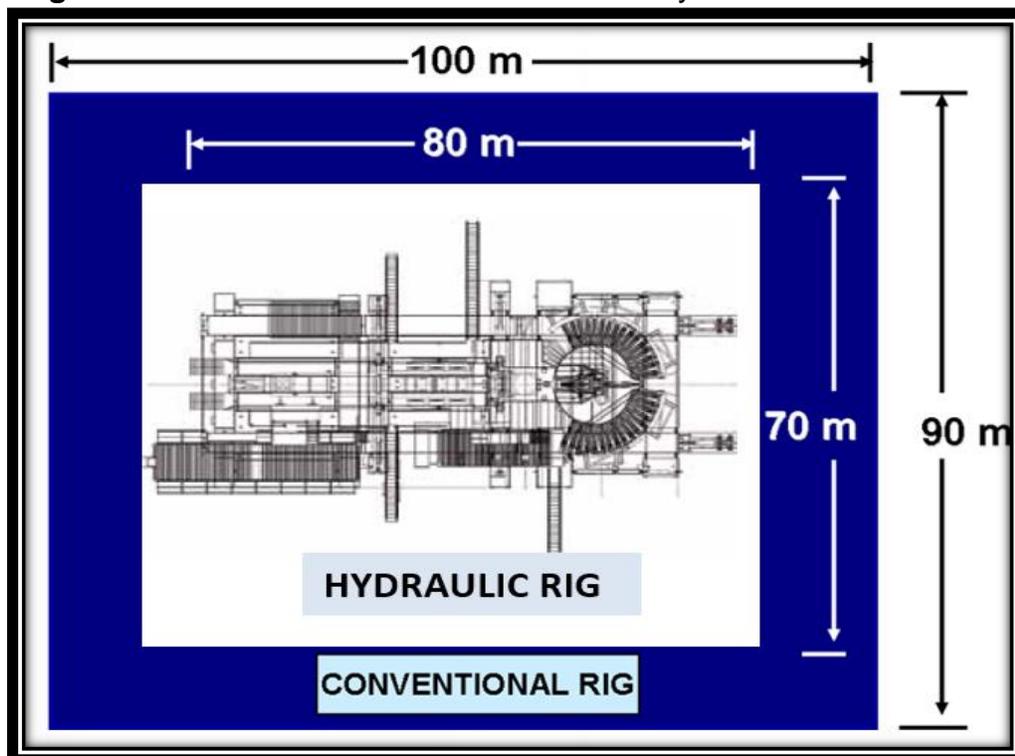
En este capítulo se mencionan las características generales del Taladro PW-147 respecto a un taladro convencional, se compara de manera general según sus características.

**5.1 VENTAJAS DE UN TALADRO HIDRÁULICO** Al momento de perforar un pozo con un taladro automático de la serie HH, se ofrecen una serie de ventajas operacionales respecto a un taladro convencional.

A continuación se mencionan las ventajas más representativas de un taladro hidráulico de la serie HH:

Un taladro hidráulico requiere menos área (layout) de operación (**Figura 24**) que un taladro convencional, es decir, mientras un taladro convencional ocupa un área aproximada de  $9000 \text{ m}^2$ , un taladro hidráulico requiere de  $5600 \text{ m}^2$ . Lo cual es muy favorable para realizar trabajos en locaciones con un área reducida o en campos con preexistencia de pozos. En el **Anexo C** se encuentra el layout del Taladro PW-147

**Figura 24.** Dimensión de un taladro hidráulico y convencional



Fuente: PETROWORKS S.A.S

**5.2 PERSONAL TALADRO PW-147 Y TALADRO CONVENCIONAL** Para el correcto funcionamiento de un equipo de perforación, es decir, seguro y eficiente, se necesita de la supervisión, el mantenimiento y el manejo de un operario en cada uno de los equipos.

En cuanto al personal de operación un taladro hidráulico requiere de menos operarios (**Figura 25**) necesita alrededor de 31 personas, mientras que un convencional necesita 39 personas aproximadamente.

En la **Tabla 81** se aprecia la cantidad aproximada de operarios que trabaja en un taladro hidráulico respecto convencional con sus respectivos remplazos

**Tabla 81.** Personal de operación de un taladro de perforación

	Taladro Hidráulico		Taladro Convencional	
	Fijo	Relevo	Fijo	Relevo
Tool Pusher	1	1	1	1
Supervisor	2	1	2	1
Perforador	-	-	2	2
Ecuellador	-	-	3	1
Cuñeros	9	3	9	3
Aceitero	3	1	3	1
Mecánico	1	1	1	1
Electricista	1	1	1	1
Hseq	1	1	1	1
Operador de Cargador	3	1	3	1
<b>Total Operarios</b>	21	10	26	13

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**Figura 25.** Personal de un taladro HH y un convencional



Fuente: PETROWORKS S.A.S

En un taladro convencional se necesita de enganchador o encuellador, que es el operario encargado de sacar la tubería de perforación de los peines manipulándola con la ayuda de una cuerda para luego colocarla en el elevador, el encuellador se encuentra en la mitad de la torre de perforación a una altura de 90 ft donde su única protección es un arnés, casco, guantes y cuerda perimetral. Es una de las posiciones más complicadas durante las operaciones de perforación, sin embargo, en un taladro hidráulico no se requiere de encuellador o enganchador. Lo cual es minimiza la posibilidad de accidentes en el piso de enganche, debido al alto grado de automatismo del taladro.

En cuanto a la movilización del equipo, un taladro hidráulico no necesita de camiones o grúas para su arme y desarme, ya que posee cargas modulares, mientras que la movilización de taladro convencional si necesita de varios equipos como grúas y camiones para su arme y desarme.

A diferencia de un taladro convencional un taladro hidráulico posee cuñas y llaves automáticas de torque para la tubería, motivo por el cual no existe una exposición directa del personal de trabajo, mitigando así de manera considerable la seguridad operativa en el pozo.

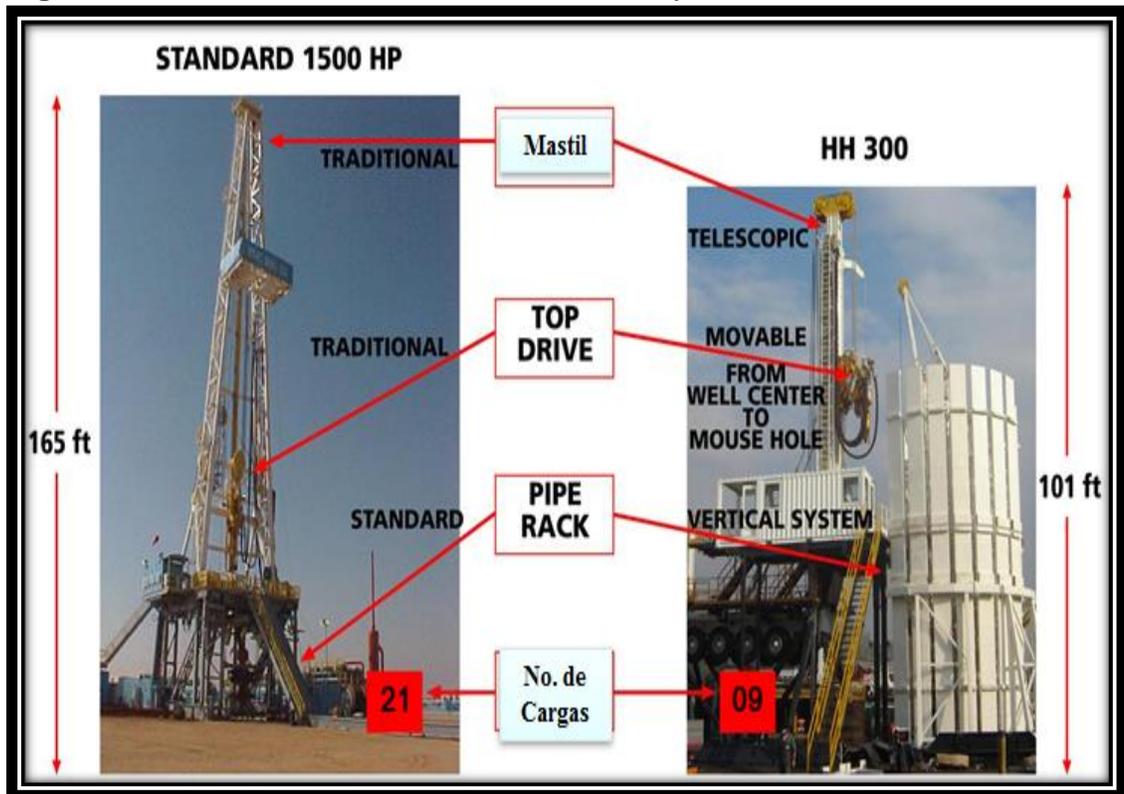
Otra ventaja que tiene un taladro hidráulico es que el manejo de la tubería de perforación dentro o fuera del pozo y la bajada del revestimiento, se realiza utilizando el sistema Top Drive, lo cual contribuye a tener un mejor control del pozo en este punto de la operación.

Una de las cualidades más representativas de trabajar con un taladro Hidráulico es que disminuye el impacto al medio ambiente, lo cual es muy favorable.

### 5.3 DIFERENCIAS FÍSICAS TALADRO PW-147 Y TALADRO CONVENCIONAL

En cuanto a sus diferencias físicas las más notoria es su altura, es decir un taladro convencional mide aproximadamente 165 ft, mientras que un taladro hidráulico 100 ft aproximadamente (**Figura 26**).

**Figura 26.** Diferencias de un taladro hidráulico y un convencional



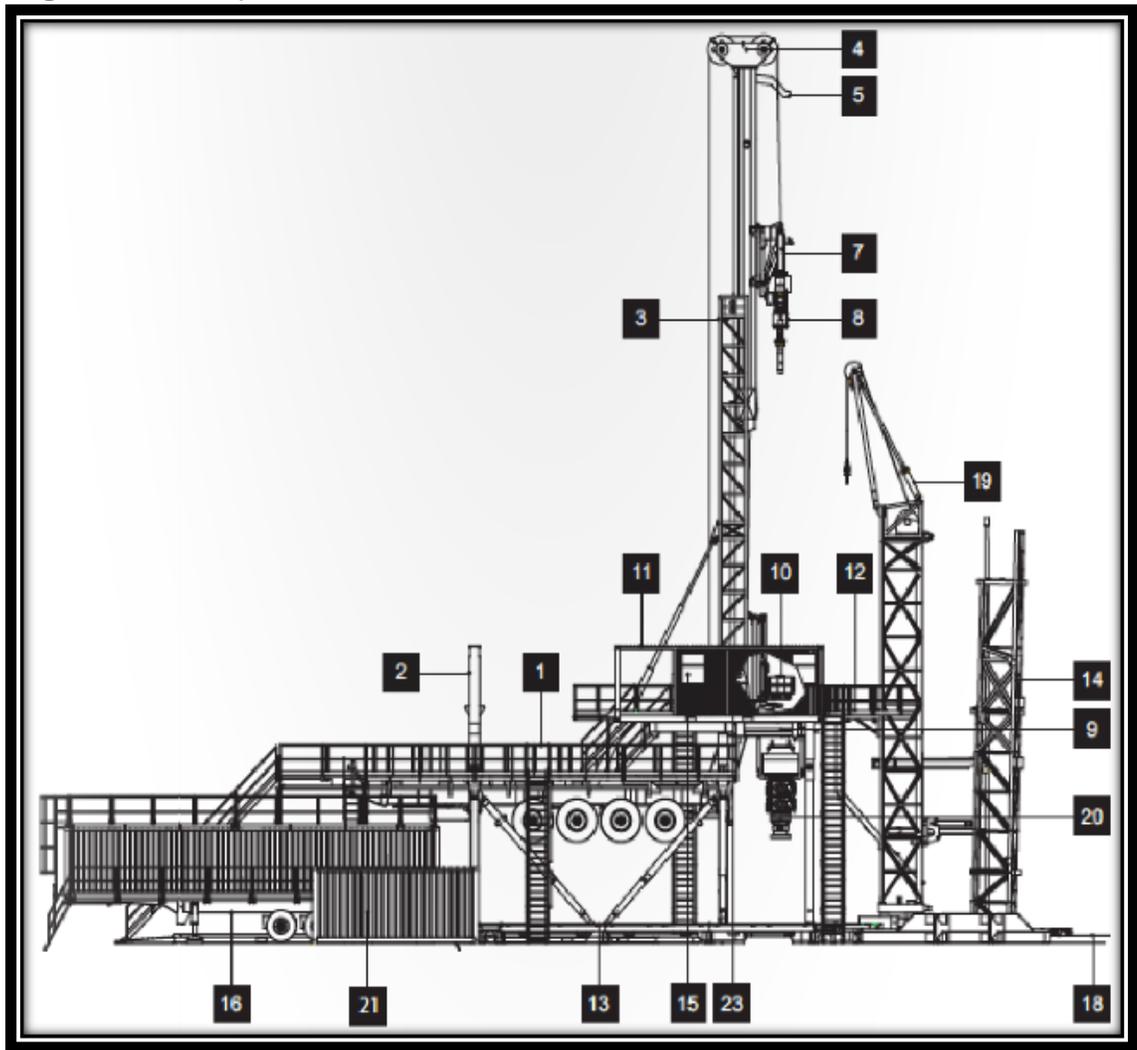
Fuente: PETROWORKS S.A.S

En cuanto a los equipos que componen cada uno de los taladros de perforación también existen algunas diferencias.

En cuanto al Taladro hidráulico PW-147 se compone de 23 equipos fundamentales para su operación eficiente y segura, mientras que un taladro convencional necesita de mínimo 25 equipos para su funcionamiento

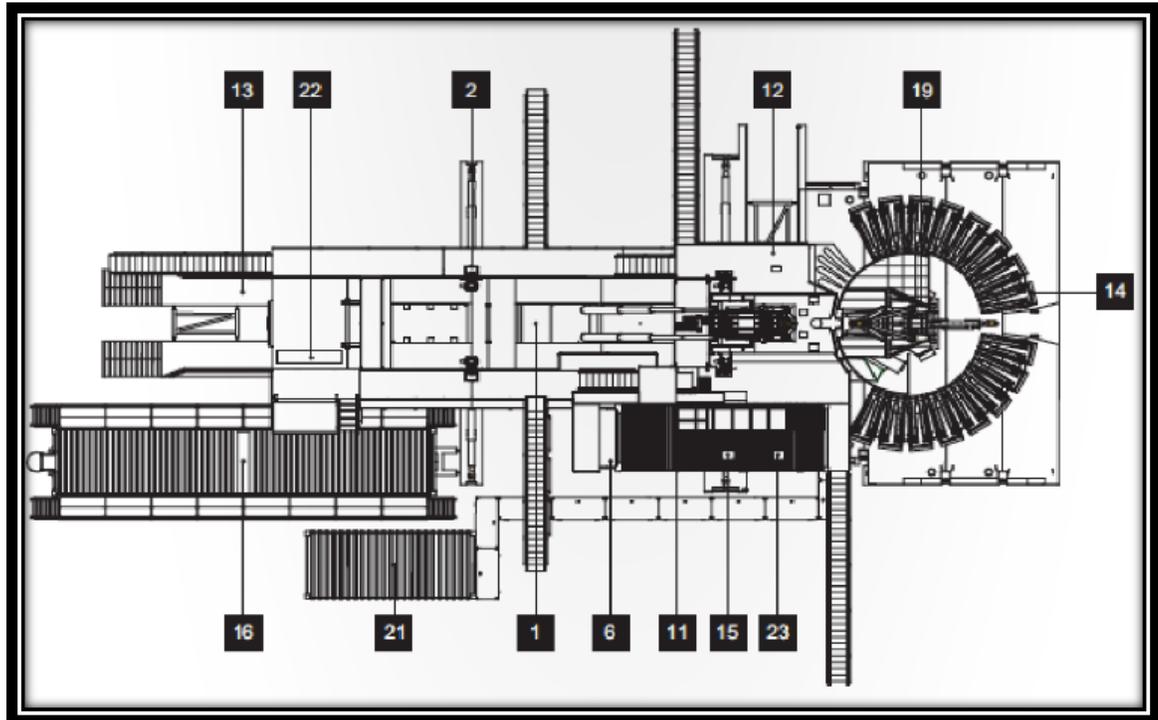
A continuación en la **Figura 27** y **Figura 28** se muestra cada uno de los componentes que tiene que tener un taladro hidráulico.

Figura 27. Componentes de un Taladro HH



Fuente: DRILLMEC DRILLING TECHNOLOGIES

**Figura 28.** Componentes de un Taladro HH



Fuente: DRILLMEC DRILLING TECHNOLOGIES

A continuación en la **Tabla 82** se puede observar cada uno de los equipos que componen un taladro hidráulico.

**Tabla 82.** Equipos de un taladro hidráulico

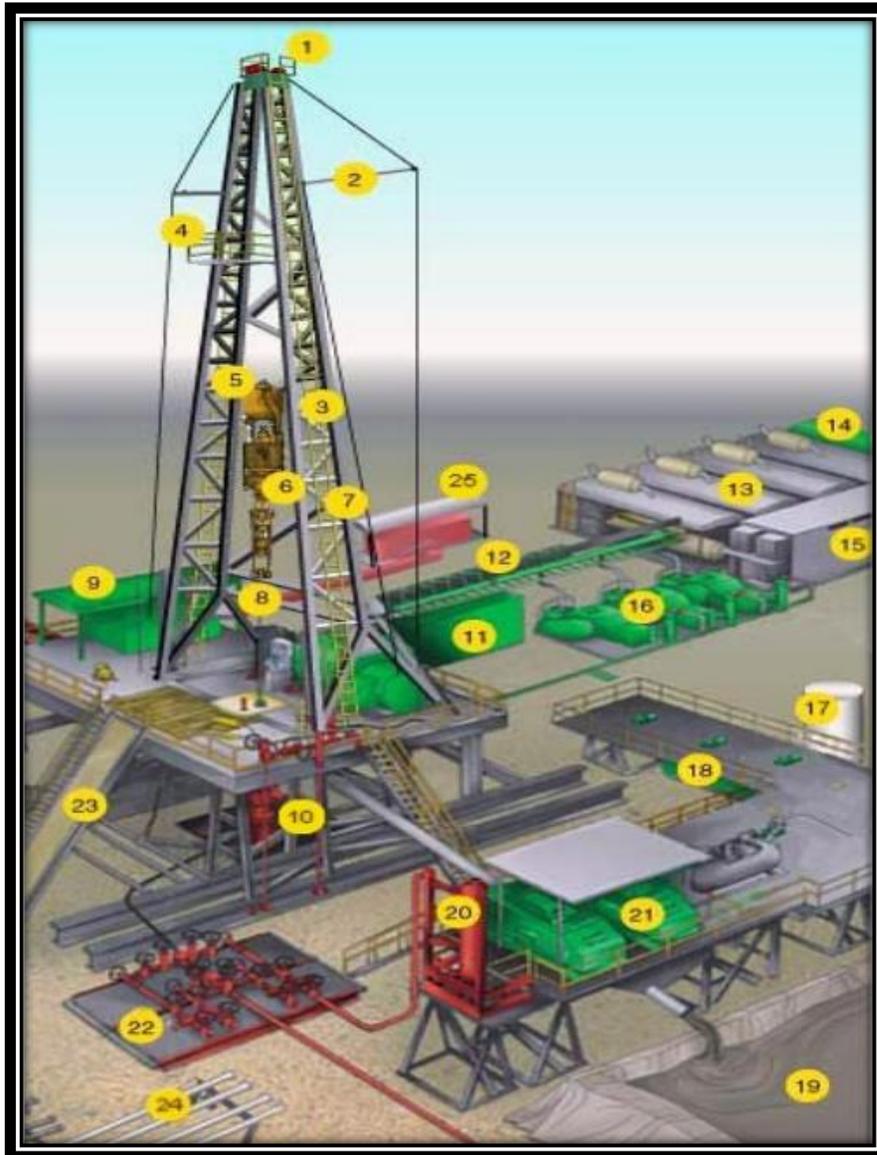
1	SEMITRAILER	13	SUBESTRUCTURA
2	ESTABILIZADORES	14	CONTAINER TUBERIA DE PERFORACION
3	MÁTIL	15	CONTROLES E INSTRUMENTACION
4	BLOQUE CORONA	16	UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA
5	GRÚA	17	EQUIPO DE MANIOBRA
6	COLECTOR DE LODO	18	TUBERIA
7	TOP DRIVE	19	MANIPULADOR DE TUBERIA
8	LLAVE DE TORQUE	20	EQUIPO DE PERFORACION
9	MESA ROTARIA	21	SISTEMA ELECTRICO
10	PINZAS DE ENERGIA	22	SISTEMA HIDRAULICO
11	CASA DEL PERRO	23	SISTEMA NEUMATICO
12	MESA DE TRABAJO		

Fuente: DRILLMEC DRILLING TECHNOLOGIES. Modificado por el autor

Como un taladro convencional requiere de más equipos para su operación se ve en la necesidad de tener un mayor tiempo de arme y desarme del equipo, otro factor que se ve afectado por la cantidad de equipos es su transporte.

A continuación en la **Figura 29** y en la **Tabla 83** se muestra cada uno de los componentes que tiene un taladro convencional

**Figura 29.** Componentes de un Taladro convencional



Fuente: DRILLMEC DRILLING TECHNOLOGIES

**Tabla 83.** Equipos de un Taladro convencional

1	CORONA	14	TANQUE DE COMBUSTIBLE
2	CABLE DE IZADO	15	CONTROL ELECTRICO
3	LINEA DE PERFORACIÓN	16	BOMBAS DE LODO
4	ENCUELLADERO	17	TANQUE DE COMPONENTES DEL LODO
5	BLOQUE VIAJERO	18	TANQUES DE LODO
6	TOP DRIVE	19	FOSA
7	ESTRUCTURA	20	SEPARADOR DE GAS DE LODO
8	TUBERIA DE PERFORACION	21	TAMISES
9	CASA DEL PERRO	22	MANIFOLD
10	BOP'S	23	RAMPA DE TUBERIA
11	TANQUE DE AGUA	24	TUBERIA
12	LINEAS ELECTRICAS	25	ACUMULADOR
13	GENERADORES		

**Fuente:** DRILLMEC DRILLING TECHNOLOGIES.Modificado por el autor

En cuanto a su movilización, desarme y arme, el Taladro PW-147 es mucho más eficiente que un taladro convencional, en la **Tabla 84** muestran los tiempos que tarda el Taladro PW-147 en armar, desarmar todos sus equipos que lo componen y movilizarlo al lugar acordado.

Cabe resaltar que cada uno de los tiempos son proyecciones basadas en data brindadas por la compañía, y que estos tiempos dependen de las condiciones climáticas que se tenga, al igual que de problemática social.

**Tabla 84.** Movilización, arme y desarme PW-147

Descripción	Horas	Días
Desarme-Movilización-Arme Misma Locación	72	3
Desarme-Movilización-Arme 0 Km – 15 Km	120	5
Desarme-Movilización-Arme 15 Km – 30 Km	168	7

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S

A continuación se en la **Tabla 85** se observan los tiempos que tarda un taladro convencional en moverse hasta el sitio acordado, armar y desarmar todos los equipos que lo componen.

**Tabla 85.** Movilización, arme y desarme Taladro Convencional

Descripción	Horas	Días
Desarme-Movilización-Arme Misma Locación	96	4
Desarme-Movilización-Arme 0 Km – 15 Km	144	6
Desarme-Movilización-Arme 15 Km – 30 Km	216	9

Fuente: PETROWORKS S.A.S

Como se puede evidenciar en las tablas anteriores se presenta una reducción en cuanto a los días que tarda cada taladro en movilizar, desarmar y armar sus equipos para comenzar con los trabajos de perforación.

Se muestra que el Taladro PW-147 en un 21,05%, es más rápido en movilizar, armar y desarmar sus equipos frente a un taladro convencional, lo que se traduce en una reducción de tiempos y reducción en costos de inversión.

A continuación en la **Tabla 86** se presentan en resumen las ventajas y desventajas que brinda el Taladro PW-147 respecto a un Taladro Convencional en la perforación de pozos.

**Tabla 86.** Ventajas Taladro PW-147 vs Taladro Convencional

Generalidades	TALADRO CONVENCIONAL	TALADRO PW-147
Área m <sup>2</sup>	9000	5600
Personal	31	39
Altura (ft)	165	101
No cargas	21	9
No componentes	25	23
Movilización	Desarme-Movilización-Arme Misma Locación 96 horas	Desarme-Movilización-Arme Misma Locación 72 horas
	Desarme-Movilización-Arme 0 Km – 15 Km 144 horas	Desarme-Movilización-Arme 0 Km – 15 Km 120 horas
	Desarme-Movilización-Arme 15 Km – 30 Km 216 horas	Desarme-Movilización-Arme 15 Km – 30 Km 168 horas
HSEQ	Alta exposición civil	Exposición civil mínima
Equipos	Llave hidráulica. Consola de perforación convencional. Encuellador. Mástil convencional.	Power ton. Consola de perforación automática. Manipulador de tubería. Mástil telescópico

Fuente: PETROWORKS S.A.S

## 6. ANALISIS FINANCIERO

En el Campo Yariguí se requieren perforar pozos nuevos con el fin de aprovechar mejor su radio de drenaje debido a que es un campo maduro, actualmente se utilizan Taladros convencionales los cuales hacen que el las operaciones de perforación sea más costosas, debido a que se necesita mayor obra civil, más locaciones y más equipos. Por lo cual se quiere realizar una evaluación técnico financiera del desempeño en la perforación de pozos con el taladro hidráulico PW-147 1500 hp. Ya que este tipo de taladro presenta una serie de ventajas ante un taladro convencional en cuanto a locaciones, área, arme, desarme, movilización y tiempos de conexiones, lo que se traduce en reducción de costos operacionales.

Para la evaluación financiera se usará como unidad monetaria de valor constante el Dólar Americano, con un horizonte de tiempo de cinco (5) años con periodos anuales, asumiendo la tasa de interés de oportunidad brindada por la empresa PETROWORK S, A, S, de 13.9 % efectivo anual, y bajo el indicador financiero Valor Presente Neto (VPN). Adicionalmente se hará un análisis de costos de inversión (CAPEX), costos de operación (OPEX) y de ingresos teniendo en cuenta la producción esperada de los nuevos pozos del Campo Yariguí.

### 6.1 COSTOS DE INVERSIÓN (CAPEX)

Los costos de inversión (CAPEX) son inversiones de capital que generan beneficios. Estos son utilizados cuando una compañía invierte en la compra de un activo fijo con el fin de añadir valor a un activo existente.

Es decir son los costos de inversión, que se necesitan para el alquiler de equipos, y la prestación de servicios para las operaciones de perforación como cementación, fluidos de perforación, completamiento, corrida de registros entre otros.

Para la proyección se va a utilizar la inflación proyectada de los Estados Unidos que se muestra en la **Tabla 87**.

El análisis financiero se hará bajo 2 escenarios distintos, que representaran a cada uno de los taladros objeto de estudio para el Campo Yariguí en el escenario 1 representa los costos de operación con el Taladro convencional y el escenario 2 muestra los costos de perforación con el Taladro PW-147.

**Tabla 87.** Inflación proyectada EE UU

PERIODO (AÑOS)	INFLACIÓN
1	0.012
2	0.017
3	0.022
4	0.026
5	0.029

**Fuente:** The Statistics Portal, Consulta del 25 de Mayo de 2016.  
Modificado por el autor

Para llevar a cabo la campaña de perforación se tendrá en cuenta lo siguiente, la perforación de los pozos del Campo Yariguí se realizara de manera secuencial, es decir, una vez que se perfora un pozo se procederá inmediatamente a perforar el pozo siguiente. En la **Tabla 88** se presenta la campaña de perforación proyectada por la compañía operadora, la cual es el referente para el estudio financiero del proyecto.

**Tabla 88.** Campaña de perforación

PERIODOS (AÑOS)	NUMERO DE POZOS
1	4
2	7
3	7
4	9
5	10

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S.

#### ❖ Escenario 1

En la **Tabla 89** se presentan los costos de perforación con un Taladro Convencional asociados a un pozo.

Para la proyección del tiempo de operación del Taladro Convencional se tuvo en cuenta el comportamiento histórico que presentan los pozos perforados en el Campo Yariguí. En la **Tabla 90** se presentan los tiempos de perforación con el Taladro convencional.

**Tabla 89.** Costos Taladro convencional por día

OPERACIÓN	DÍA (USD)
TALADRO	\$ 32,000.00
<b>Total</b>	\$ 32,000.00

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**Tabla 90.** Tiempos de perforación Taladro convencional

<b>Periodo 1</b>		
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACIÓN (día)</b>	<b>MOVILIZACIÓN (día)</b>
POZO 1	14	4
POZO 2	17	5
POZO 3	11	4
POZO 4	21	6
<b>total</b>	<b>63</b>	<b>19</b>

<b>Periodo 2</b>		
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACIÓN (día)</b>	<b>MOVILIZACIÓN (día)</b>
POZO 1	20	7
POZO 2	15	6
POZO 3	24	6
POZO 4	10	6
POZO 5	18	8
POZO 6	21	3
POZO 7	14	6
<b>total</b>	<b>122</b>	<b>42</b>

<b>Periodo 3</b>		
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACIÓN (día)</b>	<b>MOVILIZACIÓN (día)</b>
POZO 1	19	6
POZO 2	14	5
POZO 3	12	6
POZO 4	26	5
POZO 5	16	6
POZO 6	20	5
POZO 7	13	7
<b>total</b>	<b>120</b>	<b>40</b>

<b>Periodo 4</b>		
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACIÓN (día)</b>	<b>MOVILIZACIÓN (día)</b>
POZO 1	18	7
POZO 2	16	5
POZO 3	20	7
POZO 4	23	6
POZO 5	24	8
POZO 6	16	7
POZO 7	14	6
POZO 8	16	7
POZO 9	16	5
<b>total</b>	<b>163</b>	<b>58</b>

<b>Periodo 5</b>		
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACIÓN (día)</b>	<b>MOVILIZACIÓN (día)</b>
POZO 1	12	7
POZO 2	13	8
POZO 3	15	6
POZO 4	25	7
POZO 5	15	9
POZO 6	16	5
POZO 7	15	6
POZO 8	19	7
POZO 9	14	9
POZO 10	21	9
<b>TOTAL</b>	<b>165</b>	<b>73</b>

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

A continuación en la **Tabla 91** se muestran los costos de inversión teniendo en cuenta los tiempos de operación y los costos de movilización que para la proyección equivalen a un día de alquiler de taladro (USD 32,000) de cada uno de los periodos propuestos.

**Tabla 91.** Costos de inversión Taladro Convencional

PERIODO (año)	COSTO DE PERFORACIÓN POR DÍA	TIEMPO DE PERFORACIÓN	COSTOS DE MOVILIZACIÓN	TIEMPOS DE MOVILIZACIÓN	UDS
1	\$ 32,000.00	63	\$ 32,000.00	19	\$ 2,624,000.00
2	\$ 32,000.00	122	\$ 32,000.00	42	\$ 5,248,000.00
3	\$ 32,000.00	120	\$ 32,000.00	40	\$ 5,120,000.00
4	\$ 32,000.00	163	\$ 32,000.00	58	\$ 7,072,000.00
5	\$ 32,000.00	165	\$ 32,000.00	73	\$ 7,616,000.00

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

De acuerdo a la proyección de inflación presentada en la **Tabla 87**, a continuación se presentan los costos de inversión totales de cada uno de los periodos con su respectivo ajuste en la **Tabla 92**.

**Tabla 92.** Costos totales de inversión Taladro Convencional

PERIODO (AÑO)	COSTO DE INVERSIÓN	INFLACIÓN	USD
1	\$ 2,624,000.00	0.012	\$ 2,655,488.00
2	\$ 5,248,000.00	0.017	\$ 5,337,216.00
3	\$ 5,120,000.00	0.022	\$ 5,232,640.00
4	\$ 7,072,000.00	0.026	\$ 7,255,872.00
5	\$ 7,616,000.00	0.029	\$ 7,836,864.00

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

## ❖ Escenario 2

A continuación en la **Tabla 93** se presentan los costos diarios de operación del Taladro PW-147.

**Tabla 93.** Costos Taladro PW-147 por día

OPERACIÓN	DÍA (USD)
TALADRO	\$ 37,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 37,000.00</b>

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

A igual que en el escenario 1, se presenta la **Tabla 94**, en la cual se muestra los tiempos de perforación.

**Tabla 94.** Tiempos de perforación Taladro PW-147

<b>Periodo 1</b>		
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACIÓN (día)</b>	<b>MOVILIZACIÓN (día)</b>
POZO 1	12	3
POZO 2	15	4
POZO 3	9	3
POZO 4	19	5
<b>total</b>	<b>55</b>	<b>15</b>

<b>Periodo 2</b>		
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACIÓN (día)</b>	<b>MOVILIZACIÓN (día)</b>
POZO 1	18	5
POZO 2	13	4
POZO 3	22	4
POZO 4	10	4
POZO 5	16	6
POZO 6	21	3
POZO 7	12	4
<b>total</b>	<b>112</b>	<b>30</b>

<b>Periodo 3</b>		
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACIÓN (día)</b>	<b>MOVILIZACIÓN (día)</b>
POZO 1	17	4
POZO 2	12	3
POZO 3	10	4
POZO 4	24	3
POZO 5	14	4
POZO 6	18	3
POZO 7	11	5
<b>total</b>	<b>106</b>	<b>26</b>

<b>Periodo 4</b>		
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACIÓN (día)</b>	<b>MOVILIZACIÓN (día)</b>
POZO 1	16	5
POZO 2	14	3
POZO 3	18	5
POZO 4	21	4
POZO 5	22	6
POZO 6	14	5
POZO 7	12	4
POZO 8	18	5
POZO 9	23	3
<b>total</b>	<b>158</b>	<b>40</b>

<b>Periodo 5</b>		
<b>POZOS PERFORADOS</b>	<b>TIEMPO DE OPERACIÓN (día)</b>	<b>MOVILIZACIÓN (día)</b>
POZO 1	10	5
POZO 2	11	6
POZO 3	13	4
POZO 4	23	5
POZO 5	13	7
POZO 6	14	3
POZO 7	13	4
POZO 8	17	5
POZO 9	12	7
POZO 10	19	7
<b>total</b>	<b>145</b>	<b>53</b>

**Fuente:** PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

En las **Tablas 95** y **96** se presentan los costos de inversión y los costos de inversión totales con su respectivo ajuste de inflación, teniendo en cuenta los tiempos de operación de cada uno de los periodos propuestos.

**Tabla 95.** Costos de inversión Taladro PW-147

PERIODO (año)	COSTO DE PERFORACIÓN POR DÍA	TIEMPOS DE PERFORACIÓN	COSTOS DE MOVILIZACIÓN	TIEMPOS DE MOVILIZACIÓN	UDS
1	\$ 37,000.00	55	\$ 37,000.00	15	\$ 2,590,000.00
2	\$ 37,000.00	112	\$ 37,000.00	30	\$ 5,254,000.00
3	\$ 37,000.00	106	\$ 37,000.00	26	\$ 4,884,000.00
4	\$ 37,000.00	158	\$ 37,000.00	40	\$ 7,326,000.00
5	\$ 37,000.00	145	\$ 37,000.00	53	\$ 7,326,000.00

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**Tabla 96.** Costos totales de inversión Taladro PW-147

PERIODO (AÑO)	COSTO DE INVERSIÓN	INFLACIÓN	USD
1	\$ 2,590,000.00	0.012	\$ 2,621,080.00
2	\$ 5,254,000.00	0.017	\$ 5,343,318.00
3	\$ 4,884,000.00	0.022	\$ 4,991,448.00
4	\$ 7,326,000.00	0.026	\$ 7,516,476.00
5	\$ 7,326,000.00	0.029	\$ 7,538,454.00

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

## 6.2 COSTOS DE OPERACIÓN (OPEX)

Los costos de operación (OPEX) son los costos asociados al funcionamiento del proceso de producción y todo lo que comprende los procesos de la misma.

### ❖ Escenario 1

En la **Tabla 97** se presenta la producción estimada que se usará como referente para el escenario 1, la cual se tomó del histórico de producción del Campo Yariguí de los últimos años brindada por la por la empresa.

Las **Tablas 98 y 100** muestran los costos de levantamiento (Lifting Cost) por barril de crudo para el Campo Yariguí, el costo de levantamiento asumido por la empresa incluye el servicio de tratamiento químico, el agua necesaria del proceso, herramientas, y un rango de seguridad para posibles inconvenientes; pero no incluirá el gasto energético que requiere cada operación. A su vez se muestra la producción total la cual es continua y su decline de producción por periodo, que para el campo es del 1.18%. En los **Anexos** se encuentra el detalle de la producción total para cada uno de los periodos propuestos.

**Tabla 97.** Producción estimada

PERIODO (AÑOS)	PRODUCCIÓN PROMEDIO (BOPD)	PRODUCCIÓN TOTAL (Bbls)
1	253	320,045.00
2	250	470,000.00
3	247	473,252.00
4	244	524,600.00
5	241	578,472.00

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**Tabla 98.** Costos de levantamiento

PERIODO (AÑOS)	COSTO DE LEVANTAMIENTO (Bbl)	PRODUCCIÓN ANUAL (Bbls)	USD
1	\$ 10.25	320,045.00	\$ 3,281,101.34
2	\$ 10.36	470,000.00	\$ 4,867,790.00
3	\$ 10.46	473,252.00	\$ 4,951,162.42
4	\$ 10.55	524,600.00	\$ 5,532,431.60
5	\$ 10.61	578,472.00	\$ 6,137,009.45

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

## ❖ Escenario 2

A continuación en la **Tabla 99** se expone la producción estimada para el escenario 2. Al igual que en el escenario 1 la producción promedio se tomó del histórico de producción del campo.

**Tabla 99.** Producción estimada

PERIODO (AÑOS)	PRODUCCIÓN PROMEDIO (BOPD)	PRODUCCIÓN TOTAL (Bbls)
1	253	327,635.00
2	250	494,000.00
3	247	500,916.00
4	244	564,372.00
5	241	629,492.00

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**Tabla 100.** Costos de levantamiento

PERIODO (AÑO)	COSTO DE LEVANTAMIENTO (Bbl)	PRODUCCIÓN ANUAL (Bbls)	USD
1	\$ 10.25	327,635.00	\$ 3,358,914.02
2	\$ 10.36	494,000.00	\$ 5,116,358.00
3	\$ 10.46	500,916.00	\$ 5,240,583.19
4	\$ 10.55	564,372.00	\$ 5,951,867.11
5	\$ 10.61	629,492.00	\$ 6,678,280.63

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

### 6.3 ANÁLISIS DE INGRESOS

El análisis de ingresos, se realiza basado en la producción esperada para el año de estudio; el precio pronosticado de venta por barril se establece con Ecopetrol, en las **Tablas 101 y 102** se muestran los precios de venta del barril para cada periodo, con su respectivo ajuste para ambos escenarios.

**Tabla 101.** Precio de venta por barril de crudo

PRECIO REFERENCIA	USD
Brent(Periodo enero-diciembre)	\$ 49.28
Transporte (10%)	\$ 4.93
Otros gastos (1%)	\$ 0.49
Seguros (5%)	\$ 2.46
Fletes (2%)	\$ 0.99
Precio venta	\$ 40.41

Fuente: PETROWORKS S.A.S

**Tabla 102.** Precio de venta ajustado

PERIODO (AÑO)	PRECIO VENTA
1	\$ 40.41
2	\$ 56.09
3	\$ 64.66
4	\$ 67.69
5	\$ 69.70

Fuente: PETROWORKS S.A.S

Para poder determinar la producción neta, es necesario descontar las regalías, que de acuerdo al Decreto 1760 de 2003 equivalen al 8%, las cuales por ley se deben entregar a Ecopetrol, para así poder saber qué producción será la que

entrará al flujo de caja de la empresa. En la **Tablas 103 y 105** se presentan la producción neta para cada uno de los escenarios en los periodos propuestos.

En las **Tablas 104 y 106** se presentan los ingresos totales para cada periodo propuesto teniendo en cuenta el precio de venta ajustado para cada escenario.

#### ❖ Escenario 1

**Tabla 103.** Producción neta

PERIODO (AÑO)	PRODUCCIÓN ANUAL (Bbls)	REGALIAS (8%)	PRODUCCION NETA (Bbls)
1	320,045.00	25603.60	294,441.4
2	470,000.00	37600.00	432,400.0
3	473,252.00	37860.16	435,391.8
4	524,600.00	41968.00	482,632.0
5	578,472.00	46277.76	532,194.2

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**Tabla 104.** Ingresos totales

PERIODO (AÑO)	PRODUCCION NETA	PRECIO DE VENTA	USD
1	294,441.4	\$ 40.41	\$ 11,898,376.97
2	432,400.0	\$ 56.09	\$ 24,253,316.00
3	435,391.8	\$ 64.66	\$ 28,152,436.37
4	482,632.0	\$ 67.69	\$ 32,669,360.08
5	532,194.2	\$ 69.70	\$ 37,093,938.53

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

#### ❖ Escenario 2

**Tabla 105.** Producción neta

PERIODO (AÑO)	PRODUCCIÓN ANUAL (Bbls)	REGALIAS (8%)	PRODUCCION NETA (Bbls)
1	327,635.00	26210.80	301,424.2
2	494,000.00	39520.00	454,480.0
3	500,916.00	40073.28	460,842.7
4	564,372.00	45149.76	519,222.2
5	629,492.00	50359.36	579,132.6

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**Tabla 106.** Ingresos totales

PERIODO (AÑO)	PRODUCCION NETA	PRECIO DE VENTA	USD
1	301,424.20	\$ 40.41	\$ 12,180,551.92
2	454,480.00	\$ 56.09	\$ 25,491,783.20
3	460,842.72	\$ 64.66	\$ 29,798,090.28
4	519,222.24	\$ 67.69	\$ 35,146,153.43
5	579,132.64	\$ 69.70	\$ 40,365,545.01

Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

## 6.4 EVALUACIÓN FINANCIERA

La evaluación financiera, se hará basado en los costos de inversión (CAPEX) y operación (OPEX), donde se expondrá el flujo de caja para cada uno de los escenarios. Para realizar la evaluación, se utilizaría el indicador valor presente neto (VPN), para determinar la viabilidad del mismo al implementar uno de los taladros en la perforación pozos de las próximas campañas del Campo Yariguí.

### 6.4.1 Valor Presente Neto (VPN).

**Ecuación 1.** Ecuación de Valor presente neto.

$$VPN(k) = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Fuente: BACA, Guillermo. Ingeniería Financiera, Octava Edición. Fondo educativo panamericano. Bogotá D.C. 2007. p.197.

Donde,

V<sub>t</sub>: Flujo neto de caja de cada periodo.

n: Numero de periodos considerados.

k: Tasa de interés de oportunidad.

I<sub>0</sub>: Valor de desembolso inicial de la inversión.

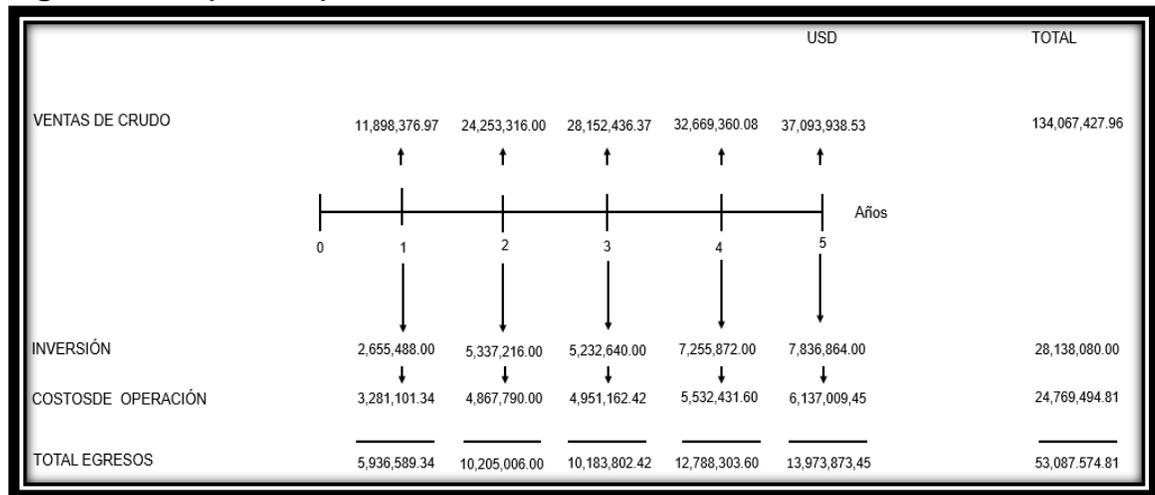
t: Numero de periodos.

Con la interpretación del resultado del valor presente neto, se puede inferir si un proyecto es atractivo cuando el VPN mayor a 0, no cumple con las expectativas de la compañía cuando el VPN menor a 0, o financieramente indiferente cuando el VPN igual a 0, según la tasa de interés de oportunidad que se ha tomado como referencia. La tasa de interés de oportunidad que se utilizará es del 13.9% para los periodos anuales.

**6.4.2 Flujo de Caja.** Los flujos de caja son la representación gráfica de un proyecto, donde se relacionan los periodos de inversión y los periodos de ganancia.

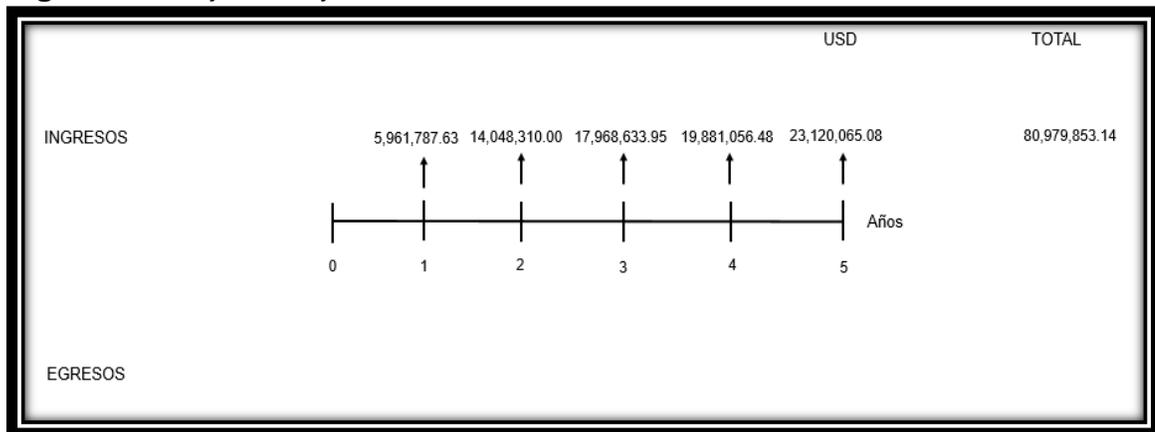
❖ **Escenario 1**

**Figura 34.** Flujo de caja Taladro convencional



Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**Figura 35.** Flujo de caja neto Taladro convencional



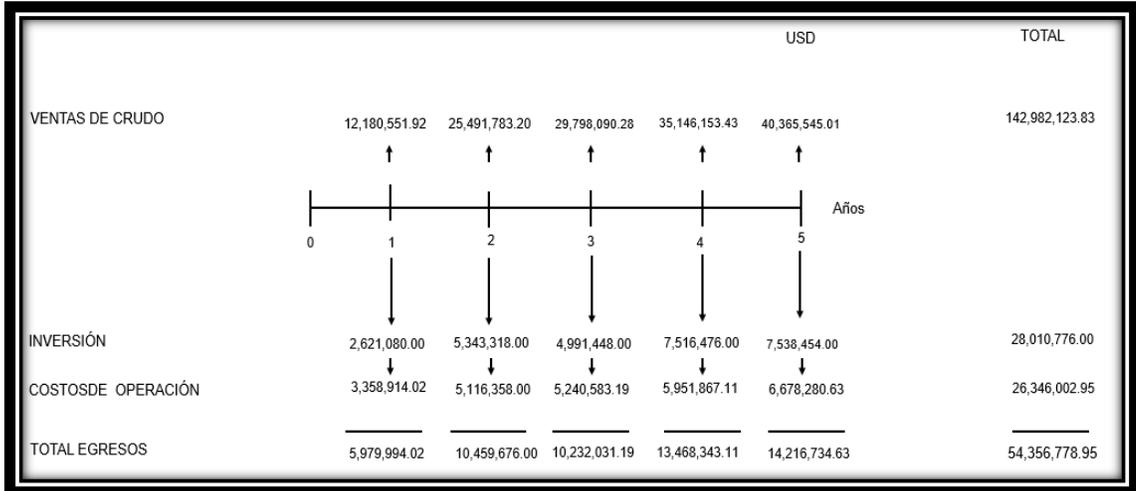
Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

**Ecuación 2.** Ecuación Valor presente neto Taladro convencional

$$\begin{aligned}
 VPN &= \sum \frac{5,961,787.63}{(1 + 0.139)^1} + \frac{14,048,310.00}{(1 + 0.139)^2} + \frac{17,968,633.95}{(1 + 0.139)^3} + \frac{19,881,056.48}{(1 + 0.139)^4} + \frac{23,120,065.08}{(1 + 0.139)^5} \\
 &= \$ 52,096,442.99
 \end{aligned}$$

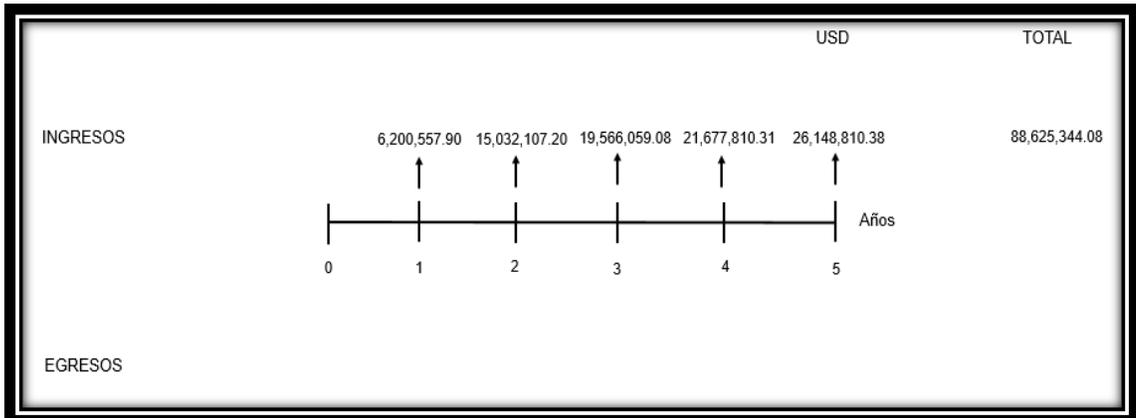
❖ Escenario 2

Figura 36. Flujo de caja taladro PW-147



Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

Figura 37. Flujo de caja neto Taladro PW-147



Fuente: PETROWORKS S.A.S. Modificado por el autor

Ecuación 3. Ecuación Valor presente neto Taladro PW-147

$$\begin{aligned}
 VPN &= \sum \frac{6,200,557.90}{(1 + 0.139)^1} + \frac{15,032,107.20}{(1 + 0.139)^2} + \frac{19,566,059.08}{(1 + 0.139)^3} + \frac{21,677,810.31}{(1 + 0.139)^4} + \frac{26,418,810.38}{(1 + 0.139)^5} \\
 &= \$ 56,792,979.46
 \end{aligned}$$

## **6.5 CONCLUSIÓN DEL ANÁLISIS FINANCIERO**

Desde el punto de vista financiero ambos escenarios son atractivos para la compañía operadora del campo objeto de estudio en la próxima campaña de perforación, sin embargo la mejor opción es el utilizar el Taladro PW-147 porque le representa una ganancia extraordinaria en dólares de 4,696,536.46 frente al Taladro convencional, originado en el ahorro de los tiempos de perforación de los nuevos pozos del Campo Yariguí y en los mayores niveles de producción temprana frente al escenario con el Taladro convencional.

## 7. CONCLUSIONES

- ❖ Para la perforación de pozos que atraviesan formaciones compuestas principalmente de conglomerados y areniscas en el Campo Yariguí, se comprobó que el Taladro PW-147 puede satisfacer los requerimientos necesarios para suplir satisfactoriamente las condiciones geológicas a las que se enfrenta.
- ❖ El Taladro PW-147 se compone de equipos automatizados que permiten mejorar el control de los parámetros de perforación, la energía mecánica transmitida a la sarta al igual que mejorar el control direccional en tuberías rango III.
- ❖ Para perforación del pozo CG-172H el Taladro PW-147 realizó un desempeño adecuado enfrentándose a condiciones geológicas complejas, dando como resultado en los tiempos planos un 70.83% debido a tormentas eléctricas tipo III y en un 29.16% a inconvenientes operacionales sin repercusión alguna.
- ❖ En la perforación del pozo CG-172H, la movilización, desarme y arme del Taladro PW-147 tardó cinco días y medio (72 horas para la movilización y 60 horas para el desarme y arme), realizando el trabajo bajo lo planeado,
- ❖ El tiempo total de las conexiones y desconexiones de tubería del pozo CG-1 perforado con el Taladro PW-147 fue de 6.6 horas, mientras que las del pozo CG-1' perforado con el taladro convencional fue de 20 horas. generando un 67.10% más de eficiencia en las conexiones y desconexiones de tubería en las operaciones de perforación con el Taladro PW-147 respecto a un Taladro Convencional.
- ❖ Para el pozo CG-2 perforado con el Taladro PW-147 los tiempos de conexiones y desconexiones de tubería fueron de 8.15 horas, mientras que en la perforación del pozo CG-2' fue de 24.4 horas. Se muestra que el Taladro PW-147 es un 66.6 % más de eficiente que el Taladro convencional.
- ❖ El pozo CG-3 que se perforó con el Taladro PW-147 tardó 7.225 en conectar y desconectar tubería, mientras que el Taladro Convencional tardó 22.2 horas totales de conexiones y desconexiones del pozo CG-3'. Lo cual evidencia que el Taladro PW-147 tiene un 67.45% más de eficiencia en los tiempos de operación frente al Taladro Convencional.

- ❖ El Taladro PW-147 es en un 66.47% más eficiente en las operaciones de perforación teniendo en cuenta las conexiones y desconexiones de juntas, esto es debido a que el Taladro PW-147 tiene una power ton y un manipulador de tubería automático, mientras que el Taladro Convencional trabaja con una llave hidráulica y un encuellador.
- ❖ Mientras un taladro convencional ocupa un área (layout) aproximada de 9000 m<sup>2</sup>, un taladro hidráulico ocupa 5600 m<sup>2</sup>, por lo cual en campos de área reducida es mucho más conveniente perforar con un taladro hidráulico, ya que es en un 62% más pequeño frente un taladro convencional.
- ❖ En un Taladro convencional la movilización, desarme y arme, tarda alrededor de 4 días en la misma locación, 6 días cuando está a 15 km de distancia y 9 días cuando está en un rango de 16 a 30 km de distancia, mientras que el Taladro PW-147 su movilización, arme y desarme, tiene una duración de 3 días si es en la misma locación, 5 días si está a una distancia de 15 km y de 7 días si se encuentra a una distancia de 16 - 30 km. Demostrando que el Taladro PW-147 en un 21,05%, es más rápido en movilizar, armar y desarmar sus equipos frente a un taladro convencional.
- ❖ En cuanto al personal de operación un taladro hidráulico requiere de menos operarios respecto a un taladro convencional, reduciendo así el índice de accidentalidad en un 83% aproximadamente.
- ❖ Desde el punto de vista financiero la mejor opción para la compañía operadora del campo objeto de estudio es utilizar el Taladro PW-147 en las próximas campañas de perforación, porque le representa una ganancia extraordinaria en dólares de 4,696,536.46 frente al Taladro convencional.

## 8. RECOMENDACIONES

- ❖ Evaluar técnico financieramente la perforación de pozos con un Taladro Hidráulico y un Taladro Convencional teniendo en cuenta el efecto del pull down en cada escenario.
- ❖ Comparar la comportamiento del fluido de perforación en un Taladro Hidráulico respecto a un Taladro Convencional en el Campo Yariguí
- ❖ Analizar los parámetros de perforación obtenidos en la perforación de un pozo con un Taladro Convencional frente a los parámetros generados con el Taladro PW-147.
- ❖ Analizar los equipos que componen el Taladro PW-147 bajo el principio de la energía mecánica específica (MSE) con el fin de mitigarla y así lograr mayor eficiencia en los procesos de perforación.
- ❖ Evaluar el comportamiento y eficiencia del Taladro PW-147 en la perforación de pozos horizontales en el Campo Yariguí.
- ❖ Implementar el sistema de deslizamiento (skidding system) en el Taladro PW-147 con el propósito de reducir tiempos de movilización.

## BIBLIOGRAFIA

BACCA CURREA, Guillermo. Ingeniería Económica. Fondo educativo panamericano. Bogotá D.C., 410 p.

BANCO DE LA REPÚBLICA. Junta Directiva del Banco de la República anuncia meta cuantitativa de inflación para 2014 y mantiene inalterada la tasa de interés de política [en línea]. 2013. [Citado el jueves 18 de septiembre de 2014]. Disponible en: <http://www.banrep.gov.co/es/comunicado-29-11-2013>

DE PORTA, J. Léxico estratigráfico. En: América Latina. Volumen 4, fascículo 4b. París. 1974

FONSECA, Alfredo y GUERRA, Álvaro. Documento Global Opón – Revisión Geológica Formación Mugrosa. Bogotá, Colombia: Geocin Ltda. – Petrocolombia S.A.S., 2007, 284 p.

----- y ----- . Revisión Geológica Formación Mugrosa. Bogotá, Colombia: Petrodata Ltda. – Petrocolombia S.A.S., 2003, 109 p.

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA, Guía Metodológica para la Elaboración de Trabajos de Grado, 2011, 76p.

GONZALEZ, Shirley y RIVERA, Julio. Estimación de hidrocarburos “in situ” y análisis de alternativas de desarrollo de reservas para la Formación Mugrosa en el Campo Opón. Bogotá D.C., 2008. Presentada en la Fundación Universidad de América para optar al título de Ingeniería de Petróleos. 184 p.

HANNEGAN, D., TODD, R.J., PRITCHARD, D.M., JONASSON, B., “MPD – Uniquely Applicable to Methane Hydrate Drilling”, presentado en la Conferencia De Tecnología Sobrebalance de SPE/IADC y la exhibición celebrada en Houston, Texas, U.S.A., 91560, 11-12. Octubre 2004.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN, Trabajos escritos: presentaciones y referencias bibliográficas. Sexta actualización. Bogotá: ICONTEC 2008. 110 p.

----- . Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá : El Instituto, 2006, p 1

----- . Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 5613 Bogotá : El Instituto, 2008, p. 1 – 2.

----- . Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 4490. Bogotá : El Instituto, 1998, p.2

JULIVERT, M. Léxico estratigráfico. En: América Latina. Volumen 5, fascículo 4a, Paris: 1974.

LONDOÑO TIBADUIZA, Lorena. Plan de mitigación para el impacto de las variables que afectan los tiempos no productivos de perforación de los taladros Saxon 112 y Petrex 5929 que operan en el Campo Casabe. 2011. Presentada en la Fundación Universidad de América para optar al título de Ingeniería de Petróleos. 138 p.

MINISTERIOS DE MINAS Y ENERGÍA. Formas 6CR, 7CR, y 8CR Formación Mugrosa. MM&E, 1992.

MORA, Luis Fernando y PEDRAZA, Juan Camilo. Evaluación de la eficiencia de las operaciones de perforación y movilización del equipo PTX-5929 al implementar Skid System. Bogotá D.C., 2012. Presentada en la Fundación Universidad de América para optar al título de Ingeniería de Petróleos. 168 p.

PDVSA. Glosario petrolero. [en línea] 2005. [Citado el 09 de marzo de 2014]. Disponible en [http://www.pdvs.com./index.php?tpl=interface.sp/design/glosario/home.tpl.html&n\\_ewsid\\_temas=51](http://www.pdvs.com./index.php?tpl=interface.sp/design/glosario/home.tpl.html&n_ewsid_temas=51)

PERFOBLOGGER. Procedimiento para probar VIR's. [en línea] 2011 [Citado el 15 de marzo de 2014] Disponible en <http://achijj.blogspot.com/2011/02/procedimientos-para-probar.virs.html>

----- . Ensamblajes de fondo (BHA). [en línea]. 2012. [Citado el 10 de marzo de 2014]. Disponible en <http://achijj.blogspot.com/2012/03/ensamblajes-de-fondo-bha.html>

## **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**PRODUCCIÓN ESTIMADA TALADRO CONVENCIONAL**

<b>periodo 1</b>				
<b>DÍAS DE OPERACIÓN</b>	<b>AÑO (día)</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN (Bbls)</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO (Bbls)</b>	<b>PRODUCCIÓN POR POZO (Bbls)</b>
18	365	347	253	87,791.00
40	365	325	253	82,225.00
55	365	310	253	78,430.00
82	365	283	253	71,599.00
<b>TOTAL PRODUCCION ANUAL</b>				320,045.00

<b>periodo 2</b>				
<b>DÍAS DE OPERACIÓN</b>	<b>AÑO (día)</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN (Bbls)</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO (Bbls)</b>	<b>PRODUCCIÓN POR POZO (Bbls)</b>
27	365	338	250	84,500.00
48	365	317	250	79,250.00
78	365	287	250	71,750.00
94	365	271	250	67,750.00
120	365	245	250	61,250.00
144	365	221	250	55,250.00
164	365	201	250	50,250.00
<b>TOTAL PRODUCCION ANUAL</b>				470,000.00

<b>periodo 3</b>				
<b>DÍAS DE OPERACIÓN</b>	<b>AÑO (día)</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN (Bbls)</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO (Bbls)</b>	<b>PRODUCCIÓN POR POZO (Bbls)</b>
25	365	340	247	83,980.00
44	365	321	247	79,287.00
62	365	303	247	74,841.00
93	365	272	247	67,184.00
115	365	250	247	61,750.00
140	365	225	247	55,575.00
160	365	205	247	50,635.00
<b>TOTAL PRODUCCION ANUAL</b>				473,252.00

<b>periodo 4</b>				
<b>DÍAS DE OPERACIÓN</b>	<b>AÑO (día)</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN (Bbls)</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO (Bbls)</b>	<b>PRODUCCIÓN POR POZO (Bbls)</b>
25	365	340	244	82,960.00
46	365	319	244	77,836.00
73	365	292	244	71,248.00
102	365	263	244	64,172.00
134	365	231	244	56,364.00
157	365	208	244	50,752.00
177	365	188	244	45,872.00
200	365	165	244	40,260.00
221	365	144	244	35,136.00
<b>TOTAL PRODUCCION ANUAL</b>				524,600.00

<b>periodo 5</b>				
<b>DÍAS DE OPERACIÓN</b>	<b>AÑO (día)</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN (Bbls)</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO (Bbls)</b>	<b>PRODUCCIÓN POR POZO (Bbls)</b>
19	365	346	241	83,386.00
40	365	325	241	78,325.00
61	365	304	241	73,264.00
93	365	272	241	65,552.00
117	365	248	241	59,768.00
138	365	227	241	54,707.00
159	365	206	241	49,646.00
185	365	180	241	43,380.00
208	365	157	241	37,837.00
238	365	127	241	30,607.00
<b>TOTAL PRODUCCION ANUAL</b>				576,472.00

## ANEXO B

### PRODUCCIÓN ESTIMADA TALADRO HIDRÁULICO

<b>periodo 1</b>				
<b>DÍAS DE OPERACIÓN</b>	<b>AÑO (día)</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN (Bbls)</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO (Bbls)</b>	<b>PRODUCCIÓN POR POZO (Bbls)</b>
15	365	350	253	88,550.00
34	365	331	253	83,743.00
46	365	319	253	80,707.00
70	365	295	253	74,635.00
<b>TOTAL PRODUCCION ANUAL</b>				327,635.00

<b>periodo 2</b>				
<b>DÍAS DE OPERACIÓN</b>	<b>AÑO (día)</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN (Bbls)</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO (Bbls)</b>	<b>PRODUCCIÓN POR POZO (Bbls)</b>
23	365	342	250	85,500.00
40	365	325	250	81,250.00
66	365	299	250	74,750.00
80	365	285	250	71,250.00
102	365	263	250	65,750.00
126	365	239	250	59,750.00
142	365	223	250	55,750.00
<b>TOTAL PRODUCCION ANUAL</b>				494,000.00

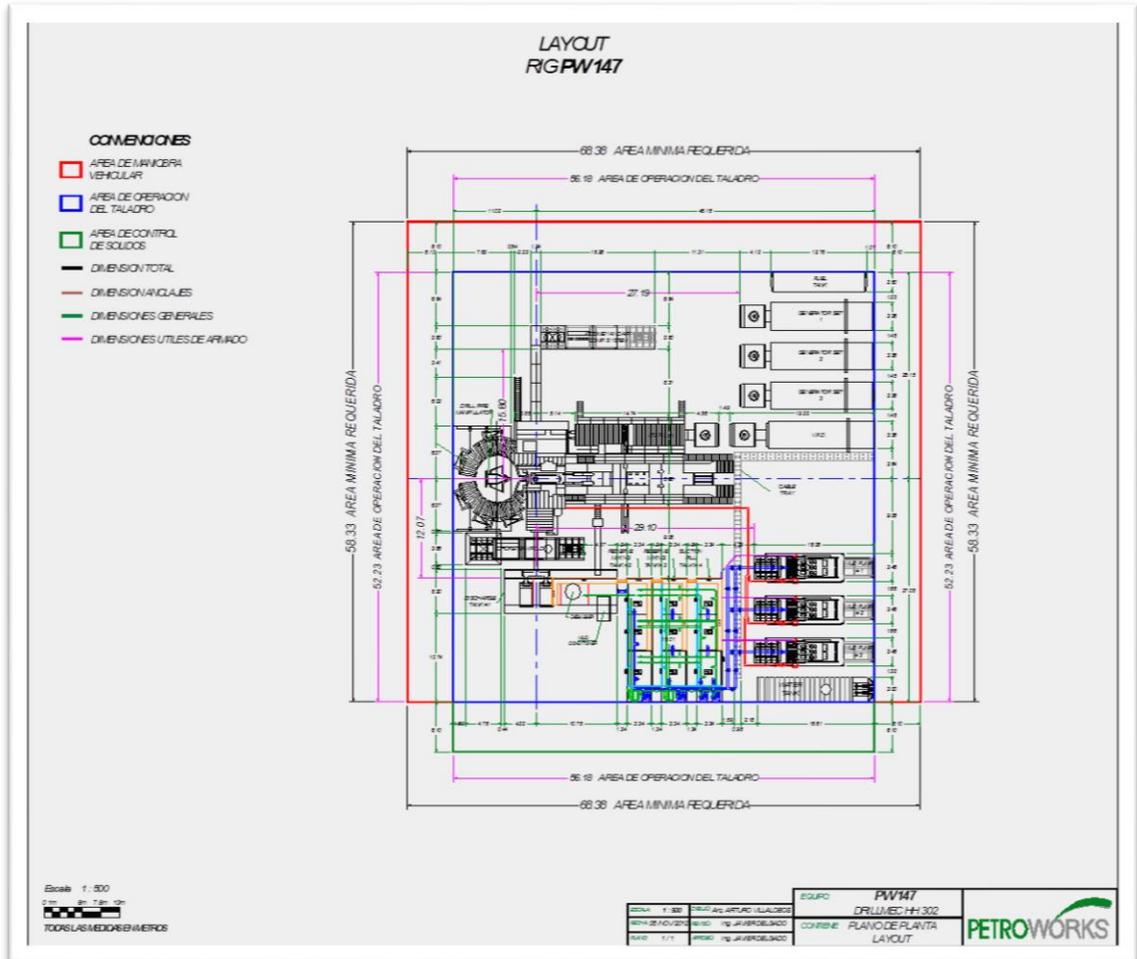
<b>periodo 3</b>				
<b>DÍAS DE OPERACIÓN</b>	<b>AÑO (día)</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN (Bbls)</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO (Bbls)</b>	<b>PRODUCCIÓN POR POZO (Bbls)</b>
21	365	344	247	84,968.00
36	365	329	247	81,263.00
50	365	315	247	77,805.00
77	365	288	247	71,136.00
95	365	270	247	66,690.00
116	365	249	247	61,503.00
132	365	233	247	57,551.00
<b>TOTAL PRODUCCION ANUAL</b>				500,916.00

<b>periodo 4</b>				
<b>DÍAS DE OPERACIÓN</b>	<b>AÑO (día)</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN (Bbls)</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO (Bbls)</b>	<b>PRODUCCIÓN POR POZO (Bbls)</b>
21	365	344	244	83,936.00
38	365	327	244	79,788.00
61	365	304	244	74,176.00
86	365	279	244	68,076.00
114	365	251	244	61,244.00
133	365	232	244	56,608.00
149	365	216	244	52,704.00
172	365	193	244	47,092.00
198	365	167	244	40,748.00
<b>TOTAL PRODUCCION ANUAL</b>				564,372.00

<b>periodo 5</b>				
<b>DÍAS DE OPERACIÓN</b>	<b>AÑO (día)</b>	<b>DÍAS DE PRODUCCIÓN (Bbls)</b>	<b>PRODUCCION PROMEDIO (Bbls)</b>	<b>PRODUCCIÓN POR POZO (Bbls)</b>
15	365	350	241	84,350.00
32	365	333	241	80,253.00
49	365	316	241	76,156.00
77	365	288	241	69,408.00
97	365	268	241	64,588.00
114	365	251	241	60,491.00
131	365	234	241	56,394.00
153	365	212	241	51,092.00
172	365	193	241	46,513.00
198	365	167	241	40,247.00
<b>TOTAL PRODUCCION ANUAL</b>				629,492.00

# ANEXO C

## LAYOUT TALADRO PW-147



**Fuente: PETROWORKS S.A.S**

 Fundación Universidad de América	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

## AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL LUMIERES

Yo Mario Andrés Navarro Cuadrado en calidad de titular de la obra **evaluación técnico financiera del desempeño en la perforación de un pozo con el Taladro hidráulico PW-147 de alimentación automática tecnología súper single en el Campo Yariguí**, elaborada en el año 2015 , autorizo al **Sistema de Bibliotecas de la Fundación Universidad América** para que incluya una copia, indexe y divulgue en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres, la obra mencionada con el fin de facilitar los procesos de visibilidad e impacto de la misma, conforme a los derechos patrimoniales que me corresponde y que incluyen: la reproducción, comunicación pública, distribución al público, transformación, en conformidad con la normatividad vigente sobre derechos de autor y derechos conexos (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, entre otras).

Al respecto como Autor manifiesto conocer que:

- La autorización es de carácter no exclusiva y limitada, esto implica que la licencia tiene una vigencia, que no es perpetua y que el autor puede publicar o difundir su obra en cualquier otro medio, así como llevar a cabo cualquier tipo de acción sobre el documento.
- La autorización tendrá una vigencia de cinco años a partir del momento de la inclusión de la obra en el repositorio, prorrogable indefinidamente por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales del autor y podrá darse por terminada una vez el autor lo manifieste por escrito a la institución, con la salvedad de que la obra es difundida globalmente y cosechada por diferentes buscadores y/o repositorios en Internet, lo que no garantiza que la obra pueda ser retirada de manera inmediata de otros sistemas de información en los que se haya indexado, diferentes al Repositorio Digital Institucional – Lumieres de la Fundación Universidad América.
- La autorización de publicación comprende el formato original de la obra y todos los demás que se requiera, para su publicación en el repositorio. Igualmente, la autorización permite a la institución el cambio de soporte de la obra con fines de preservación (impreso, electrónico, digital, Internet, intranet, o cualquier otro formato conocido o por conocer).
- La autorización es gratuita y se renuncia a recibir cualquier remuneración por los usos de la obra, de acuerdo con la licencia establecida en esta autorización.
- Al firmar esta autorización, se manifiesta que la obra es original y no existe en ella ninguna violación a los derechos de autor de terceros. En caso de que el trabajo haya sido financiado por terceros, el o los autores asumen la responsabilidad del cumplimiento de los acuerdos establecidos sobre los derechos patrimoniales de la obra.

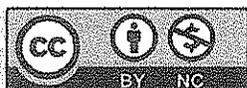
	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	Código:
	PROCESO: GESTIÓN DE BIBLIOTECA	Versión 0
	Autorización para Publicación en el Repositorio Digital Institucional – Lumieres	Julio - 2016

- Frente a cualquier reclamación por terceros, el o los autores serán los responsables. En ningún caso la responsabilidad será asumida por la Fundación Universidad de América.
- Con la autorización, la Universidad puede difundir la obra en índices, buscadores y otros sistemas de información que favorezcan su visibilidad.

Conforme a las condiciones anteriormente expuestas, como autor establezco las siguientes condiciones de uso de mi obra de acuerdo con la *licencia Creative Commons* que se señala a continuación:



**Atribución- no comercial- sin derivar:** permite distribuir, sin fines comerciales, sin obras derivadas, con reconocimiento del autor. X



**Atribución – no comercial:** permite distribuir, crear obras derivadas, sin fines comerciales con reconocimiento del autor.



**Atribución – no comercial – compartir igual:** permite distribuir, modificar, crear obras derivadas, sin fines económicos, siempre y cuando las obras derivadas estén licenciadas de la misma forma.

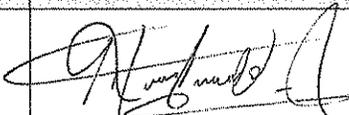
Licencias completas: [http://co.creativecommons.org/?page\\_id=13](http://co.creativecommons.org/?page_id=13)

Siempre y cuando se haga alusión de alguna parte o nota del trabajo, se debe tener en cuenta la correspondiente citación bibliográfica para darle crédito al trabajo y a su autor.

Para constancia se firma el presente documento en Bogotá D.C., a los tres días del mes de noviembre del año 2016.

**EL AUTOR:**

**Autor 1**

Nombres	Apellidos
Mario Andrés	Navarro Cuadrado
Documento de identificación No	Firma
1020765388	

**Nota:** Incluya un apartado (copie y pegue el cuadro anterior), para los datos y la firma de cada uno de los autores de la obra.