

**DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CAPACITACIÓN, EVALUACIÓN Y
SELECCIÓN DE PERSONAL “WORKOVER/DRILLING”.**

**DAVID FRANCISCO BUSTOS USTA
LUDWIG MARTÍNEZ ROJAS**

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

**DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CAPACITACIÓN, EVALUACIÓN Y
SELECCIÓN DE PERSONAL “WORKOVER/DRILLING”.**

**DAVID FRANCISCO BUSTOS USTA
LUDWIG MARTÍNEZ ROJAS**

**Proyecto integral de grado para optar al título de:
INGENIERO DE PETRÓLEOS**

**Director:
ANA MARÍA MANCO JIMÉNEZ
Ingeniera de Petróleos**

**Orientador:
INGENIERO JUAN CARLOS CASTRO**

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

NOTA DE ACEPTACIÓN

Ingeniero Juan Carlos Castro
Orientador

Ingeniero Julio Montenegro
Jurado 1

Ingeniero Iván Peñaloza
Jurado 2

Bogotá D.C, Agosto de 2016

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

DR. JAIME POSADA DÍAZ

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

DR. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrado

DRA. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS

Secretario General

JUAN CARLOS POSADA GARCÍA-PEÑA

Decano Facultad de Ingenierías

DR. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director (e) del 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 a los autores.

Quiero agradecer a mi familia por ser el apoyo en todo momento a lo largo del desarrollo de mi carrera profesional y en mi trabajo de grado, agradezco a mis papas por darme el apoyo necesario en el proceso de formarme como profesional. Agradezco a mis hermanos, por su apoyo continuo, y por último a Arjemiro Valero Bustos por su apoyo y colaboración durante el desarrollo del trabajo de grado y para finalizar dar gracias a Dios por permitir cumplir el sueño de ser Ingeniero de Petróleos.

David Francisco Bustos Usta

Quiero empezar agradeciéndole a Dios ya que sin el nada es posible, gracias a mi familia por apoyarme incondicionalmente en todo este proceso, en especial a mi madre ya que siempre ha estado conmigo frente a cualquier circunstancia en mi vida. Finalmente muchas gracias a las personas que formaron parte de este proyecto como Arjemiro Valero, Juan Carlos Castro y Ana María Manco, el cual es el fruto de nuestros esfuerzos como ingenieros de petróleos.

Ludwig Martínez Rojas

AGRADECIMIENTOS

Al área de Recursos Humanos y Perforación de Independence Drilling S.A por abrir sus puertas y proporcionar la información y las herramientas necesarias para el desarrollo del este proyecto.

A la Ingeniera Ana María Manco Jiménez por dedicar gran parte de su tiempo en la dirección de este proyecto y por el apoyo constante en cada uno de los avances y distintos asuntos involucrados al trabajo de grado.

A nuestro orientador el Ingeniero Juan Carlos Castro por su experiencia, paciencia y apoyo continuo, quien estuvo en todo momento a disposición para colaborar y dar seguimiento durante el desarrollo técnico de este proyecto.

A los asesores Félix Moreno y Pedro Pablo Moreno por el apoyo académico en los aspectos normativos y financieros del proyecto.

A Las Directivas, Cuerpo Docente y Personal Administrativo de la Universidad América por brindarnos 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, que estuvieron pendientes y dispuestos a colaborar en todo momento, aunque no podemos mencionarlas a todas, solo nos queda decirles gracias por su dedicación y compromiso hacia con nosotros.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	28
OBJETIVOS	29
1. CARACTERIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y WORKOVER UTILIZADOS POR INDEPENDENCE DRILLING S.A EN LA BASE VILLAVICENCIO, CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE, UBICADOS EN LA CUENCA DE LOS LLANOS ORIENTALES	30
1.1 DESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL RIG 51-HH102	30
1.2 DESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL RIG 53	38
2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CAPACITACIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE PERSONAL ACTUAL DE INDEPENDENCE DRILLING S.A.	49
2.1 SISTEMA DE CAPACITACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA EN LOS CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE.	49
2.2 SISTEMA DE EVALUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA EN LOS CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE.	64
2.3 SISTEMA DE SELECCIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA EN LOS CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE.	69
3. CARACTERIZACIÓN DEL SOFTWARE 'WORKOVER/DRILLING' EN CUANTO A DISEÑO Y ESTRUCTURA.	70
3.1 ANÁLISIS DE REQUISITOS	75
3.1.1 Recolección de datos e información.	75
3.1.2 Entrevistas.	75
3.1.3 Observación del entorno	75
3.2 DIAGRAMAS DEL PROCESO ACTUAL	76
3.3 DIAGRAMA DE PROCESO REQUERIDO	76
3.4 DIAGRAMA DE CASOS DE USO	77
3.5 DOCUMENTACIÓN DE CASOS DE USO	77
3.5.1 Actores.	77
3.6 CASOS DE USO	79
3.7 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	85
3.7.1 Preprocesador de hipertexto (PHP).	85
3.8 METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN	85
3.8.1 Programación externa.	85
3.9 FASES DE LA PROGRAMACIÓN EXTERNA	87
3.9.1 Primera fase: planificación del proyecto.	87

3.9.1.1 Historias de usuario.	87
3.9.1.2 Plan de entregas.	87
3.9.1.3 Iteraciones o pruebas.	88
3.9.1.4 Velocidad del proyecto.	88
3.9.1.5 Reuniones periódicas.	88
3.9.2 Segunda fase: diseño de la plataforma.	88
3.9.3 Tercera fase: codificación.	89
3.9.4 Cuarta fase: pruebas.	89
3.10 PROTOTIPO DE PANTALLAS	90
4. DISEÑO DEL SOFTWARE DE CAPACITACIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN “WORKOVER/DRILLING”.	94
4.1 DESARROLLO DEL MODULO DE PERFORACIÓN	99
4.1.1 Principios y fundamentos teóricos.	100
4.1.1.1 Tipos de instalaciones de perforación.	100
4.1.1.2 Los cinco sistemas del equipo de perforación.	104
4.1.1.3 La sarta de perforación	107
4.1.1.4 El sistema de circulación.	109
4.1.1.5 El sistema de izaje.	111
4.1.1.6 Clasificación de brocas y criterios de selección.	112
4.1.1.7 Cabezal de pozo y árbol de navidad.	114
4.1.1.8 Presiones de formación.	116
4.1.1.9 Revestimiento y cementación.	118
4.1.1.10 Mecánica de fluidos e hidráulica de perforación.	120
4.1.1.11 Fluidos de perforación.	121
4.2 DESARROLLO DEL MODULO DE REACONDICIONAMIENTO	123
4.2.1 Principios y fundamentos teóricos	123
4.2.1.1 Equipo de reacondicionamiento (Workover).	123
4.2.1.2 Operación de cementación forzada.	126
4.2.1.3 Operación de suabeo (estimulación mecánica de pozos).	128
4.2.1.4 Cabezales de pozo.	133
4.2.1.5 Operaciones con wireline y slickline.	133
4.2.1.6 Instructivo operación de limpieza de arena por circulación.	135
4.2.1.7 Procedimiento para selección de tubería	138
4.2.1.8 Operaciones de pesca.	143
4.2.1.9 Abandono del pozo.	147
4.3 DESARROLLO DEL MODULO DE HSE	149
4.3.1 Prevención de incendios	149
4.3.2 Movilización arme y desarme del equipo de perforación.	150

4.3.3 Seguridad en la operación del equipo de levante	151
4.3.4 Seguridad en el manejo del malacate	153
4.3.5 Seguridad en el levantamiento de cargas	153
4.3.6 Seguridad en el manejo de cables de acero	154
4.3.7 Seguridad en el taller	155
4.3.8 Seguridad en el manejo de herramientas de potencia	155
4.3.9 Herramientas neumáticas	156
4.3.10 Herramientas eléctricas portátiles	158
4.3.11 Seguridad en el manejo de herramientas	158
4.3.11.1 Martillos	159
4.3.11.2 Llaves	160
4.3.11.3 Alicates	161
4.3.11.4 Destornilladores	161
4.3.11.5 Cinceles	162
4.3.11.6 Limas	163
4.3.11.7 Barras, palas y picas	163
4.3.12 Seguridad del sistema de perforación de lodos	164
4.3.13 Seguridad en el manejo de las bombas de lodo	164
4.3.14 Seguridad en el manejo de la tubería	165
4.3.15 Seguridad corriendo el revestimiento	165
4.3.16 Seguridad en operaciones de cementación	166
4.3.17 Seguridad en el manejo de lodos base aceite	166
4.3.18 Seguridad en el trabajo de soldadura	167
4.3.19 Precauciones generales en soldadura	168
4.3.20 Seguridad en el uso y manejo de escaleras	168
4.3.21 Seguridad en manejo de preventoras	169
5. IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN “WORKOVER/DRILLING” EN LOS CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE	170
5.1 ORNIGRAMA	170
5.1.1 Estudio de autoevaluación.	170
5.2 SELECCIÓN DE PERSONAL POR CARGO	171
5.3 EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN	173
6. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA “WORKOVER/DRILLING”.	180
7. EVALUACIÓN FINANCIERA	187
7.1 ANÁLISIS DE INVERSIÓN (CAPEX)	187

7.1.1 Inversión realizada para el sistema de control de pozos a implementar.	188
7.2 ANÁLISIS DE COSTOS (OPEX)	188
7.2.1 Costo para el sistema de capacitación, evaluación y selección actual.	188
7.2.2 Costo para el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal a implementar.	189
7.3 EVALUACIÓN FINANCIERA	189
7.3.1 Valor presente de egresos (VP).	189
7.3.2 Costo anual uniforme equivalente (CAUE).	191
7.3.3 Valor presente de egresos, y costo anual equivalente uniforme para el sistema de capacitación, evaluación y selección actual.	191
7.3.4 Valor presente de egresos, y costo anual equivalente uniforme para el sistema de capacitación, evaluación y selección a implementar.	193
8. CONCLUSIONES	196
9. RECOMENDACIONES	197
BIBLIOGRAFÍA	198
ANEXO A	200
ANEXO B	203

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Listado típico de personal en el Rig 51	31
Tabla 2. Componentes y equipos del taladro RIG 51	32
Tabla 3. Listado típico de personal en el Rig 51	39
Tabla 4. Componentes y equipos del taladro RIG 53	40
Tabla 5. Cursos obligatorios para personal de campo.	58
Tabla 6. Cursos adicionales (complementarios) para personal de campo.	60
Tabla 7. Cursos especializados a personal operativo de campo.	62
Tabla 8. Procedimiento para acceder a programas de capacitación de la empresa.	63
Tabla 9. Proceso de evaluación de personal en la empresa.	65
Tabla 10. Procedimiento para la selección de personal de campo en Independence Drilling S.A	69
Tabla 11. Documentación del actor administrador.	79
Tabla 12. Documentación del actor usuario final (trabajadores).	79
Tabla 13. Documentación de caso de uso al iniciar sesión.	80
Tabla 14. Documentación de caso de uso administrar usuario.	80
Tabla 15. Documentación de caso de uso al ingresar usuario.	81
Tabla 16. Documentación de caso de uso administrar cuestionarios.	81
Tabla 17. Documentación de caso de uso al ingresar pregunta.	82
Tabla 18. Documentación de caso de uso al modificar pregunta.	82
Tabla 19. Documentación de caso de uso generar reportes de evaluación.	83
Tabla 20. Documentación de caso de uso ingresar a tutorial.	83
Tabla 21. Documentación de caso de uso realizar evaluación.	84
Tabla 22. Documentación de caso de uso cambiar contraseñas.	84
Tabla 23. Diccionario de datos para parámetro de pozos.	95
Tabla 24. Diccionario de datos para parámetro de Evaluaciones.	96
Tabla 25. Diccionario de datos para parámetro de Preguntas.	96
Tabla 26. Diccionario de datos para módulo de Parámetros.	97
Tabla 27. Diccionario de datos para módulo de Sesiones.	97
Tabla 28. Diccionario de datos para módulo de Respuestas.	98
Tabla 29. Diccionario de datos para módulo de Usuarios.	98
Tabla 30. Cronograma de actividades	171
Tabla 31. Reporte de inscripción para el cargo de cuñero en el RIG 51.	172
Tabla 32. Reporte de inscripción para el cargo de encuellador en el RIG 51.	172
Tabla 33. Reporte de inscripción para el cargo de supervisor en el RIG 53	172

Tabla 34. Reporte de inscripción para el cargo de maquinista en el RIG 53.	172
Tabla 35. Reporte de calificación para el cargo de cuñero en el RIG 51. (Para Prueba Técnica).	173
Tabla 36. Reporte de calificación para el cargo de cuñero en el RIG 51. (Para prueba HSE).	173
Tabla 37. Reporte de calificación para el cargo de encuellador en el RIG 51. (Para la prueba técnica).	174
Tabla 38. Reporte de calificación para el cargo de encuellador en el RIG 51. (Para la prueba en HSE).	174
Tabla 39. Reporte de calificación para el cargo de supervisor en el RIG 53. (Para prueba técnica).	174
Tabla 40. Reporte de calificación para el cargo de supervisor en el RIG 53. (Para prueba en HSE).	175
Tabla 41. Reporte de calificación para el cargo de maquinista en el RIG 53. (Para prueba técnica).	175
Tabla 42. Reporte de calificación para el cargo de maquinista en el RIG 53. (Para prueba en HSE).	176
Tabla 43. Resultados de los reportes de calificación de los taladros RIG 51 y 53 Pruebas técnicas.	176
Tabla 44. Resultados de los reportes de calificación de los taladros RIG 51 y 53 Pruebas de HSE.	176
Tabla 45. Resultados comparativos en pruebas técnicas antes y después de la implementación de la aplicación virtual.	180
Tabla 46. Resultados comparativos en pruebas HSE antes y después de la implementación de la aplicación virtual.	182
Tabla 47. Inversión para la aplicación virtual a desarrollar e implementar.	188
Tabla 48. Costo para la capacitación, evaluación y selección de personal operativo de Independence Drilling para el sistema actual.	188
Tabla 49. Costo para la capacitación evaluación y selección de personal operativo de Independence Drilling para el sistema a implementar.	189
Tabla 50. Flujos de caja efectivos durante cinco años para el sistema actual de capacitación, evaluación y selección.	191
Tabla 51. Flujos de caja efectivos durante cinco años para el sistema de capacitación, evaluación y selección a implementar.	194
Tabla 52. Comparación de indicadores financieros entre el sistema actual y el sistema a implementar en Independence Drilling S.A.	195

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Especificaciones de la bomba de lodo WORK FORCE 660 MUD PUMP.	35
Figura 2. Especificaciones técnicas adicionales del RIG 51.	35
Figura 3. Descripción hidráulica del RIG 51	36
Figura 4. Bombas de lodo Fast Move 700 HP RIG 51	36
Figura 5. BOP stack de 13 5/8" x 5M RIG 51	37
Figura 6. Hydraulic TDS, DRILLMEC (26035ft-lbs)	37
Figura 7. Choke manifold 3 1/8" x 5M	38
Figura 8. Layout plano de ubicación del RIG 53 en Campo Castilla	43
Figura 9. Dimensiones del RIG 53.	44
Figura 10. Movimiento del equipo RIG 53	45
Figura 11. Sistema automático de perforación del RIG 53.	45
Figura 12. Diferencias entre un taladro convencional y uno automático	46
Figura 13. Diferencias principales entre equipos convencionales y automáticos	47
Figura 14. Programa de gestión para la capacitación de personal	50
Figura 15. Perfil requerido para el cargo de aceitero	51
Figura 16. Perfil requerido para el cargo de encuellador	52
Figura 17. Perfil requerido para el cargo de cuñero.	53
Figura 18. Perfil requerido para el cargo de supervisor.	54
Figura 19. Perfil requerido para el cargo de maquinista.	55
Figura 20. Esquema de evaluación al personal de Independence Drilling S.A	64
Figura 21. Modelo de un sistema de gestión de calidad basado en procesos.	72
Figura 22. Modelo de calidad interna y externa de un software.	73
Figura 23. Modelo de calidad en el uso del software.	73
Figura 24. Características del modelo de calidad interna, externa y en uso.	74
Figura 25. Gestión de usuarios de la plataforma virtual	78
Figura 26. Fases de la metodología de programación externa.	86
Figura 27. Pantallazo al iniciar sesión.	90
Figura 28. Pantallazo principal de la aplicación.	91
Figura 29. Pantallazo para el registro de usuarios.	91
Figura 30. Pantallazo para modificar preguntas.	92
Figura 31. Pantallazo para modificacion de parametros basicos.	92
Figura 32. Pantallazo para evaluacion por cargo.	93
Figura 33. Pantallazo para evaluacion HSE.	93

Figura 34. Modelo de relación de parámetros para el diseño experimental.	95
Figura 35. Equipo de tierra convencional	101
Figura 36. Unidad semi-sumergible de perforación.	101
Figura 37. Plataforma auto-elevable de perforación.	102
Figura 38. Plataforma fija de perforación.	102
Figura 39. Equipo semi-sumergible de perforación.	103
Figura 40. Barcaza de perforación	103
Figura 41. Sistema de potencia de perforación.	104
Figura 42. Sistema de perforación con Kelly.	105
Figura 43. Diseño de una sarta de perforación.	105
Figura 44. Broca o barrena de perforación.	106
Figura 45. Sistema de levantamiento o izaje de perforación.	106
Figura 46. Sistema de circulación de perforación.	107
Figura 47. Collares de perforación.	108
Figura 48. Tubería de perforación pesada.	108
Figura 49. Tubería de perforación común.	109
Figura 50. Sistema de circulación de perforación.	110
Figura 51. Bloque corona de perforación.	111
Figura 52. Bloque viajero de perforación.	111
Figura 53. Gancho de perforación.	112
Figura 54. Clasificación de brocas o barrenas.	113
Figura 55. Factores a tener en cuenta para la selección de brocas.	114
Figura 56. Componentes de un cabezal de pozo.	115
Figura 57. Componentes de un árbol de navidad.	115
Figura 58. Gradientes de presión en formaciones.	116
Figura 59. Condiciones para establecer presiones de poro.	117
Figura 60. Tipos de revestimiento en pozo.	119
Figura 61. Modelo de un fluido Newtoniano.	120
Figura 62. Sistema de carrier integrado	124
Figura 63. Tanques de lodo.	125
Figura 64. Tanques de lodo de equipo de reacondicionamiento.	125
Figura 65. Llave hidráulica de perforación.	126
Figura 66. Método de tapón de cemento.	128
Figura 67. Cabezal en la mesa rotatoria.	130
Figura 68. Conexión de líneas al “Choque Manifold”	130
Figura 69. Lubricador con amarre seguro.	130
Figura 70. Conexión del stuffing box a la barra de peso.	131
Figura 71. Conexión de stuffing box al sistema hidráulico.	131
Figura 72. Lubricador asegurado a la torre.	132

Figura 73. Viaje de prueba sin copas de suabeo.	132
Figura 74. Copas de suabeo.	133
Figura 75. Equipo para limpieza de arenas.	136
Figura 76. Proceso de lavado y circulación directa.	137
Figura 77. Sacada de sarta de lavado y desinstalación de líneas.	138
Figura 78. Drillcollar Liso.	139
Figura 79. Drillcollar espiralado.	139
Figura 80. Esquema de tubería pesada de perforación.	140
Figura 81. Diseño típico de Drillpipe	141
Figura 82. Uniones de tubería.	141
Figura 83. Grados de esfuerzo dentro de una tubería.	143
Figura 84. Resistencia al colapso de tuberías.	143
Figura 85. Junk Basket Sub.	144
Figura 86. Scrapper.	145
Figura 87. X-over.	145
Figura 88. Bit Sut	146
Figura 89. Spear.	147
Figura 90. Sistema de impide reventones en pozo.	148
Figura 91. Rótulos de evaluación y prevención de incendios	150
Figura 92. Transporte de carga especializado	151
Figura 93. Procedimiento para levantamiento de cuña.	152
Figura 94. Malacate de perforación.	153
Figura 95. Izamiento de Winche.	154
Figura 96. Cables de acero	155
Figura 97. Seguridad en el taller de herramientas	155
Figura 98. Llave manual de perforación	156
Figura 99. Herramientas neumáticas.	157
Figura 100. Herramientas eléctricas portátiles	158
Figura 101. Herramientas comunes de medición en campo.	159
Figura 102. Martillos	160
Figura 103. Llave común en campo.	160
Figura 104. Alicates manuales.	161
Figura 105. Tipos de destornilladores comunes.	162
Figura 106. Cinceles	162
Figura 107. Limas	163
Figura 108. Barras y palas de uso común	163
Figura 109. Bomba de lodo dúplex	165
Figura 110. Tratamiento lodo base aceite	167
Figura 111. Trabajo de soldadura	168

Figura 112. BOP o preventora.	169
Figura 113. Desempeño en pruebas técnicas utilizando sistema “Workover/Drilling”	177
Figura 114. Desempeño en pruebas técnicas (promedio histórico de la empresa)	177
Figura 115. Desempeño en pruebas HSE utilizando sistema “Workover/Drilling”	178
Figura 116. Desempeño en pruebas HSE (promedio histórico de la empresa)	178
Figura 117. Desempeño de participantes en pruebas técnicas (antes de la implementación de la herramienta virtual)	181
Figura 118. Desempeño de participantes en pruebas técnicas (después de la implementación de la herramienta virtual)	181
Figura 119. Desempeño antes de la implementación de la herramienta virtual en pruebas HSE.	182
Figura 120. Desempeño después de la implementación de la herramienta virtual en pruebas HSE.	183
Figura 121. Pantallazo inicial para usuario administrador, consulta de evaluaciones.	184
Figura 122. Consulta de evaluaciones por usuario administrador en prueba HSE en el RIG 51 y 53.	184
Figura 123. Resultados de evaluación de aspirantes a supervisores en el RIG 53.	185
Figura 124. Resultados obtenidos para aspirantes al cargo de cuñero en RIG 51.	185
Figura 125. Resultados obtenidos para aspirantes al cargo de Encuellador en el RIG 51.	186
Figura 126. Resultados obtenidos para aspirantes al cargo de Maquinista RIG 53.	186
Figura 127. Flujo de caja para el sistema de capacitación, evaluación y selección de Independence Drilling S.A.	192
Figura 128. Flujo de caja para el sistema de entrenamiento a implementar	194
Figura 129. Llegada a campamento base Villavicencio de Independence Drilling S.A	200
Figura 130. Familiarización del personal con el sistema de capacitación.	201
Figura 131. Proceso de capacitación, evaluación y selección de personal con la aplicación “Workover Drilling”.	201
Figura 132. Formato para el sistema de capacitación de la aplicación.	202

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Volumen anular de tubería.	110
Ecuación 2. Volumen de un espacio anular en bbl/pies.	110
Ecuación 3. Cálculo de presión hidrostática de una formación.	116
Ecuación 4. Cálculo de presión de sobrecarga.	117
Ecuación 5. Cálculo de presión de sobrecarga.	118
Ecuación 6. Ecuación de viscosidad.	120
Ecuación 8. Fórmula para el valor presente neto (VPN).	190
Ecuación 9. Conversión de tasa de interés.	190
Ecuación 10. Costo anual uniforme equivalente.	191

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Escala de calificación para personal operativo Lusatech.	67
Cuadro 2. Evaluación de desempeño del operario de acuerdo a su puntaje total.	68

LISTA DE ABREVIATURAS

°C	Grados Celsius
''	Pulgada(s)
'	Pie
°API	Gravedad API
°F	Grados Fahrenheit
°R	Grados Rankine
AE	Auto extinguable
API	Instituto Americano
BHA	Ensamblaje de fondo (Botton Hole Assembly)
Bls	Barriles
BOP	Preventor de reventones (Blow out preventor)
Bpm	Barriles por minuto
BTU	Unidad térmica Británica (British Thermal Unit)
CAUE	Costo Anual Uniforme Equivalente
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)
ECD	Densidad equivalente de circulación (Equivalent Circulating Density)
EMD	Densidad de fluido equivalente (Equivalent Mud Density)
EPF	Instalación de producción temprana (Early Production Facilities)
FCP	Presión final de circulación
FIT	Prueba de integridad de la formación (Formation Integrity Test)
gal	Galón
Gpm	Galones por minuto
HTML	Lenguaje de marcas de hipertexto (Hyper Text Markup Language)
ID	Diámetro interno (Inside diameter)
ISO	Organización internacional de normalización
IVA	Impuesto de valor agregado
kg/m³	Kilogramo por metro cubico
Lb	Libra (s)
lb/bls	Libras por barril
lb/gal	Libras por galón
lb/min	Libras por minuto

lb/pulg2	Libras por pulgada cuadrada
lb/pulg3	Libras por pulgada cubica
lb/pulg2/pie	Libras por pulgada cuadrada por pie
lb/100 pie 2	Libras por 100 pies cuadrados
LOT	Prueba de fuga de la formación (Leak Off Test)
M	Metro
MBT	Capacidad de azul de metileno
MD	Profundidad medida (Measument Deep)
MI	Mililitro(s)
Mm	Milímetro (s)
MWD	Mediciones mientras se perfora (Measurement While Drilling)
OD	Diámetro externo (Outside Diameter)
PDF	Formato de documento portátil (Portable Document Format)
Pf	Presión de formación
PH	Presión hidrostática
PHP	Pre-procesador de hipertexto
pie/min	Pie (s) por minuto
pie3/min	Pie(s) cúbicos por minuto
POO	Programación orientada a objetos)
Ppm	Partes por millón
Pulg	Pulgada(s)
PVT	Totalizador del volumen en tanques
ROP	Tasa de penetración (Rate of Penetration)
SG	Gravedad especifica (Specific Gravity)
Spm	Estroques por minuto (Strokes per Minute)
SPP	Presión reducida de la bomba
TD	Profundidad final (Target Depp)
TIO	Tasa interna de oportunidad
TVD	Profundidad vertical verdadera (True Vertical Deep)
VPN	Valor Presente Neto
WOGM	Agua, petróleo, gas, lodo (Water, Oil, Gas, Mud)
XAMPP	Para cualquier sistema operativo, apache, MySQL, PHP, perl

GLOSARIO

ANÁLISIS DE LODO O FLUIDO DE PERFORACIÓN: examen del fluido de perforación para determinar sus propiedades físicas, químicas y demás condiciones.

Aplicación Web: aplicación basada en navegadores. Son programas que se diseñan para funcionar a través de un navegador de internet. Tiene una base de datos asociada y que permite una mayor interacción del usuario.

C#: lenguaje de programación orientado a objetos desarrollado por Microsoft como parte de su plataforma .NET, que fue aprobado como estándar por la ECMA (ECMA-334) e ISO (ISO/IEC 23270). C# es uno de los lenguajes de programación diseñados para la infraestructura de lenguaje común.

Casos de Uso: es una descripción de los pasos o las actividades que deberán realizarse para llevar a cabo algún proceso. Los personajes o entidades que participarán en un caso de uso se denominan actores. En el contexto de ingeniería del software, un caso de uso es una secuencia de interacciones que se desarrollarán entre un sistema y sus actores en respuesta a un evento que inicia un actor principal sobre el propio sistema.

CAMPO PETROLÍFERO: terreno sobre el que yace uno o varios reservorios de petróleo. A menudo el término, no solo incluye el terreno, sino que también puede incluir al reservorio, los pozos y el equipo de producción.

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

DATO: una unidad mínima de información, que adquiere un significado en combinación con otras propiedades de la aplicación que las creó.

EVALUACIÓN: proceso para determinar el valor de algo y emitir un diagnóstico, analizando sus componentes, funciones, procesos o resultados para posibles mejoras.

GIGABYTE: unidad de almacenamiento de información cuyo símbolo GB, equivale a 10^9 (mil millones) de bytes.

GIGAHERCIO: es un múltiplo de la unidad de medida de frecuencia hercio (Hz) y equivale a 10^9 (1000000000) Hz. Tiene un periodo de oscilación de 1 nanosegundo.

HARDWARE: se refiere a todas las partes físicas de un sistema informático; sus componentes son: eléctricos, electrónicos, electromecánicos, y mecánicos. Son cables, o cajas, periféricos de todo tipo y cualquier otro elemento físico exterior.

HTML: hyperText Markup Language (Lenguaje de Marcado de Hipertexto), conjunto de etiquetas que sirven para definir el texto y otros elementos que compondrán una página web. Hace posible presentar información en Internet.

INTERFACE: es el punto de conexión ya sea de dos componentes de hardware, dos programas o entre un usuario y un programa.

INTRANET: red privada de una compañía que usa el navegador predeterminado de cada usuario, en su computadora, para ver menús con opciones desde calendario de citas, mensajería, archivos y las normativas de la empresa dentro de muchas otras.

JAVASCRIPT: lenguaje de programación el cual utiliza en su forma del lado del cliente (client-side), implementado como parte de un navegador web permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas aunque existe una forma de Java Script del lado del servidor (Server-side Java Script o SSJS). Su uso en aplicaciones externas a la web, por ejemplo en documentos PDF o widgets o aplicaciones de escritorio entre otras.

LENGUAJE DE MARCAS DE HIPERTEXTO: conocido como HTML es un lenguaje de marcado para la elaboración de páginas web. Es un estándar de referencia para la elaboración de páginas web.

MEMORIA DE ACCESO ALEATORIO: se usa como memoria de trabajo de computadoras para el sistema operativo, los programas y la mayor parte del software. Son de acceso aleatorio porque se puede leer o escribir en una posición de memoria con un tiempo de espera igual para cualquier posición.

MYSQL: es un sistema de administración de bases de datos (*Database Management System, DBMS*) para bases de datos relacionales. Así, MySQL no es más que una aplicación que permite gestionar archivos llamados de bases de datos.

PENCIL: herramienta empleada para diseñar gráficas y animarlos en dos dimensiones.

PHP: (Hypertext Preprocessor) lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.

PLUGINS: pequeñas aplicaciones funcionales creadas para ser añadidas a programas más grandes con el propósito de ampliar su capacidad en alguna actividad.

PRE-PROCESADOR DE HIPERTEXTO: lenguaje de programación conocido como PHP el cual es diseñado para el desarrollo web de contenido dinámico. Es uno de los primeros lenguajes de programación en los que se podía incorporar directamente en el documento de lenguaje de marcas de hipertexto. Es un lenguaje muy flexible y de alto rendimiento.

PROCESO: secuencia temporal de ejecuciones e instrucciones que corresponde a la ejecución de un programa secuencial.

SOFTWARE: soporte lógico de un sistema informático, comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hacen posible la realización de tareas específicas. Los componentes lógicos incluyen, las aplicaciones informáticas; como el procesador de texto, que permite al usuario realizar todas las tareas correspondientes a la edición de textos; el software del sistema, como el sistema operativo, que permite al resto de los programas funcionar adecuadamente, facilitando la interacción entre los componentes físicos y el resto de las aplicaciones.

TABLA: en las bases de datos, se refiere al tipo de modelado de datos, donde se guardan los datos recogidos por un programa. Su estructura general se asemeja a la vista general de un programa de hoja de cálculo.

WEB: sistema distribuido con mecanismos de hipertexto, que permite mezclar texto, gráficos y archivos de sonido juntos.

UML: es el lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad; está respaldado por el OMG (Object Management Group). Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema. UML ofrece un estándar para describir un "plano" del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocio, funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y compuestos reciclados.

XAMPP: servidor independiente de plataforma, de carácter libre, que es la base de datos de MySQL, el servidor web Apache y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl.

RESUMEN

TÍTULO: DESARROLLO DEL SOFTWARE DE CAPACITACIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE PERSONAL “WORKOVER/DRILLING”

DESCRIPCIÓN

El desarrollo del software de capacitación, evaluación y selección “Workover/Drilling” se realizó con la finalidad de generar una herramienta propia por parte de la empresa Independence Drilling S.A. el software o programa busca generar un proceso de preparación, seguimiento, evaluación y selección por parte de la empresa hacia los trabajadores que realizan operaciones en campo, específicamente en taladros.

Se realizó el respectivo estudio del proceso actual de capacitación, evaluación y selección de la empresa con un resultado negativo ya que el sistema actual generaba muchas inconsistencias que conllevaban a pérdida de tiempo y dinero por parte de la empresa.

La herramienta cuenta con módulos de capacitación en tres grandes áreas, las cuales son: Perforación, Reacondicionamiento o Workover y HSE o seguridad de operaciones en pozo, en cada módulo se encuentra con todos los temas necesarios para la correcta capacitación del personal, adicionalmente cuenta con una base de datos, tomando como base los cinco cargos principales en operaciones de campo que son: cuñero, encuellador, supervisor, mecánico y aceitero.

La implementación se realizó en dos taladros RIG 53 y RIG 51, los cuales se encuentran ubicados en los campos Castilla y Chichimene, respectivamente. Se evaluaron a 20 personas entre los dos taladros en los cuales se les realizó el proceso de capacitación previo, con su respectiva evaluación, dejando a decisión de la empresa el proceso de selección con base en los resultados obtenidos.

Después de la implementación de la aplicación, se busca la posibilidad de continuar con el proyecto, analizando el punto de vista financiero y con la proyección de una inversión en el proyecto a cinco años, se genera un ahorro considerable por parte de la empresa y una disminución de dinero y tiempo en la ejecución de los procesos de capacitación, evaluación y selección de personal operativo en campo.

Al final del desarrollo de la herramienta y correspondiente implementación se comparan resultados obtenidos antes de la herramienta con respecto a los resultados obtenidos después del uso de la herramienta, para tener un punto de comparación. La evaluación de la implementación genero un resultado positivo por parte del personal evaluado.

PALABRAS CLAVES

- CUADRILLA DE PERFORACIÓN
- CUADRILLA DE WORKOVER
- CAPACITACIÓN DE PERSONAL
- FORMACIÓN VIRTUAL
- SELECCIÓN PERSONAL

INTRODUCCIÓN

Las operaciones de perforación y reacondicionamiento son el campo de acción principal de la empresa Independence Drilling S.A, actualmente se tiene mucha información acerca de procedimientos asociados a dichas actividades, este conocimiento ha ido evolucionando a lo largo del tiempo, la empresa Independence Drilling ha prestado dichos servicios en Colombia desde 1991 consolidándose como una de las más grandes operadoras que se encuentran en el país, por ello es vital que el personal capacitado y seleccionado por parte de la empresa cuente con las capacidades para poder cumplir de manera satisfactoria las actividades prestadas por la empresa.

Actualmente en Independence Drilling S.A se presentan problemas en el proceso de capacitación de personal operativo de campo, esto se debe a un modelo ineficiente de capacitación actual, el cual se basa en el uso de formatos manuales y metodologías anticuadas que hacen perder tiempo y dinero a la empresa, adicionalmente se tiene un procedimiento ineficiente en el proceso de evaluación y selección de personal debido a una mala unificación de los procesos por parte de recursos humanos.

El aumento de problemas operacionales ha incrementado en los últimos años y una de las causas principales es la mala capacitación al personal, esto trae perdidas de mucho dinero, adicionalmente tiempos no productivos que son muy difíciles de recuperar.

Es aquí donde surge la idea de desarrollar una herramienta virtual de capacitación, evaluación y selección de personal operativo propia para la empresa, la cual permita realizar control y seguimiento a la preparación del personal operativo, esta herramienta tiene como objetivo primordial disminuir los tiempos en los procesos de capacitación, evaluar al personal de una manera eficiente dejando registros en una base de datos y adicionalmente se busca hacer un modelo interactivo que facilite el aprendizaje del personal y que a la vez sea autodidacta cumpliendo con los requisitos de la empresa.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el software de capacitación evaluación y selección de personal Workover/Drilling para personal nuevo de Independence Drilling S.A en operaciones terrestres.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los equipos de perforación y Workover utilizados por Independence Drilling S.A en la base Villavicencio, Campos Castilla y Chichimene, ubicados en la Cuenca de los Llanos Orientales.
- Describir el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal actual con que cuenta la empresa.
- Caracterizar el software Workover/Drilling en cuanto a diseño y estructura, con base en la norma ISO 9001:2008.
- Diseñar el software por módulos de acuerdo con las competencias y requerimientos del personal para los diferentes puestos de trabajo utilizando herramientas como la programación orientada hacia objetos y los lenguajes de programación C++ y Visual Basic.
- Implementar la aplicación Workover/Drilling, mediante jornadas de capacitación en los campos Castilla y Chichimene.
- Evaluar los resultados de la implementación de la plataforma Workover/Drilling al personal de campo con base en la puntuación y tiempos de respuesta del personal, antes y después del uso del software.
- Evaluar la viabilidad financiera del proyecto utilizando los indicadores de Valor Presente Neto (VPN), tasa interna de retorno (TIR) y Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).

1. CARACTERIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN Y WORKOVER UTILIZADOS POR INDEPENDENCE DRILLING S.A EN LA BASE VILLAVICENCIO, CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE, UBICADOS EN LA CUENCA DE LOS LLANOS ORIENTALES

Cumpliendo con el primer objetivo del proyecto se procede a describir los diferentes equipos que participan en los procesos de perforación y reacondicionamiento (workover) de pozos en Independence Drilling S.A, algunos factores importantes en la descripción de dichos equipos son: empresa de manufactura, dimensiones, equipos y herramientas disponibles, tipos de movimiento, altura, peso, limitaciones entre otros factores importantes.

Es importante que el personal operativo de la empresa cuente con el conocimiento adecuado al momento de operar dichos equipos, teniendo en cuenta las responsabilidades que asume cuando los usa, de manera tal que se logre mejorar considerablemente las condiciones de trabajo.

1.1 DESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL RIG 51-HH102

En esta parte se caracterizan los principales equipos usados en los campos Castilla y Chichimene.

En la **Tabla 1** se muestran los integrantes que componen el equipo de trabajo en el RIG 51, así como el número de integrantes por cargo, los turnos realizados por día, el personal en turno y el personal en descanso dentro de cada taladro.

En la **Tabla 2** se muestran los componentes principales del equipo RIG 51, con sus respectivas especificaciones técnicas, adicionalmente se cuenta con información acerca de las dimensiones de la bomba de lodos del equipo especificaciones técnicas adicionales del equipo, tipo de sistema hidráulico utilizado, de igual manera información acerca de bombas de lodo, BOP operativa, movimiento del taladro y sistema de Choke Manifold en las primeras siete figuras de este texto.

Es de vital importancia conocer el equipo donde se opera para poder asegurar condiciones de trabajo seguras y procesos eficientes.

Tabla 1. Listado típico de personal en el Rig 51

Personal de la compañía Independence Drilling S.A.				
CARGO	Turnos/día	PERSONAL EN TURNO	PERSONAL EN DESCANSO	TOTAL
Gerente *	24 horas	1	0	1
Superintendente *	24 horas	1	0	1
Supervisor principal	24 horas	1	1	2
Jefe de HSEQ*	24 horas	1	1	2
Bodeguero*	N/A	N/A	N/A	0
Tour pusher	12 horas	2	1	3
Perforador / Maquinista *	12 horas	2	1	3
Perforador auxiliar / Encuellador*	12 horas	2	1	3
Floorman / Cuñeros	12 horas	6	3	9
Operador de grúa	12 horas	1	1	2
Obrero de tareas generales / patio	N/A	N/A	N/A	0
Soldador *	12 horas	1	1	2
Mecánico senior *	24 horas	1	1	2
Electricista senior *	24 horas	1	1	2
Mecánico / Electricista de Plataforma/Aceitero	12 horas	2	1	3
Médico *	24 horas	1	1	2
Administrador	24 horas	1	0	1

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Personal de taladro RIG 51". Material gráfico. Bogotá 2016. Modificado por los autores.

Tabla 2. Componentes y equipos del taladro RIG 51

RIG 51 HH 102 SEMITRAILER ESTÁNDAR (sencillo). Motor Cat C18-ACERT de 575 HP a 2100 RPM, unidad de servicio de pozo y Workover

Generadores	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema Cummins de generación Diesel 8-cilindros con generador AC Onnan 450 KW 110/220/440-voltios.
Trailer	<ul style="list-style-type: none"> • Mide 15,3 m de longitud, 2,7 m de ancho por 4,5 m de altura. • Sistema de frenos de aire con freno manual.
Power Tong	<ul style="list-style-type: none"> • Sirve para torquear y destorquear DP y DC, con un torque máximo de 114.000 lbft. • Viene con cilindros hidráulicos para acercar y alejar la llave del centro del pozo.
Mástil	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión máxima 200.000 lbs. • Cuatro cilindros hidráulicos.
Corona	<ul style="list-style-type: none"> • 4 poleas, de diámetro 25" para cable de 34mm; dos poleas para wire line de 25" para cable de 5/8".
Subestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Carro y rieles para facilitar el movimiento de las preventoras, dos escaleras desde la mesa al equipo. • Cabina de control (2,59m x 2,43 m x 6m).
Top Drive	<ul style="list-style-type: none"> • 4 motores hidráulicos, equipado con un freno hidráulico. • ID 3", velocidad variable entre 0 - 154 rpm. • 220.000lbs, máx. empuje en la tubería 44.000 lbs y máxima presión de trabajo 5000 psi
Tabla rotatoria	<ul style="list-style-type: none"> • De 20-1/2", máx. torque 7233 ft*lb, máx. velocidad 60 rpm, máxima carga estática es 220.000 lbs.
Swivel	<ul style="list-style-type: none"> • Puede perforar con wash pipe de 3" ID x 5000 psi.
Kelly	<ul style="list-style-type: none"> • 3 1/2" Hex. X 36" de largo con buje de rodillo, válvulas superior e inferior.
Tanques de combustible	<ul style="list-style-type: none"> • Tanque del ACPM 10.000 Galones

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. Material gráfico modificado por los autores.

Tabla 2. (Continuación)

RIG 51 HH 102 SEMITRAILER ESTÁNDAR (sencillo). Motor Cat C18-ACERT de 575 HP a 2100 RPM, unidad de servicio de pozo y Workover	
Tanques de lodo	<ul style="list-style-type: none">• 3 Bombas de lodos de 700 hp, sobre tráiler.• Llave hidráulica para rápido torqueo o destorqueo en operaciones que se tenga DP de 3-1/2" hasta 7" de OD
Herramientas de agarre	<ul style="list-style-type: none">• Elevadores de 31/2''• Cuña automática con set de 3 1-2" y 5" para DP
Sistema preventoras	<ul style="list-style-type: none">• BOP Shaffer 11-3M anular• BOP Shaffer doble ram 11-3M, con rams ciegos, 3-1/2''• CHOKE MANIFOLD 5.000 psi
Cabina de control	<ul style="list-style-type: none">• Con cilindros hidráulicos, que le permiten alcanzar la altura de la mesa de trabajo.
Sistema de almacenamiento de tubería vertical	<ul style="list-style-type: none">• Vienen dos, con capacidad de 65 tubos de DP de 5", cada una de estas está diseñada para ser transportada por sistema de quinta rueda, tienen llantas y un king pin para ser enganchadas, adicional se elevan cada una con dos cilindros hidráulicos, el diseño de estas es para transportar la tubería en estas canastas minimizando tiempos.
Sistema de agarre de tubería	<ul style="list-style-type: none">• Cuenta con un sistema de enganche de la tubería desde las canastas hasta el mouse hole y desde el mouse hole hasta las canastas de tubería, el cual es operado por una consola en la mesa.
Brazo hidráulico con winche	<ul style="list-style-type: none">• Máxima carga en el centro del pozo 6 ton, máxima carga en una cabria de 4 ton y máxima carga dentro de los límites del contenedor
Pressure system balance	<ul style="list-style-type: none">• Sistema de balance entre el peso de la broca, el desgaste de la broca y la velocidad de perforación.

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. Material gráfico modificado por los autores.

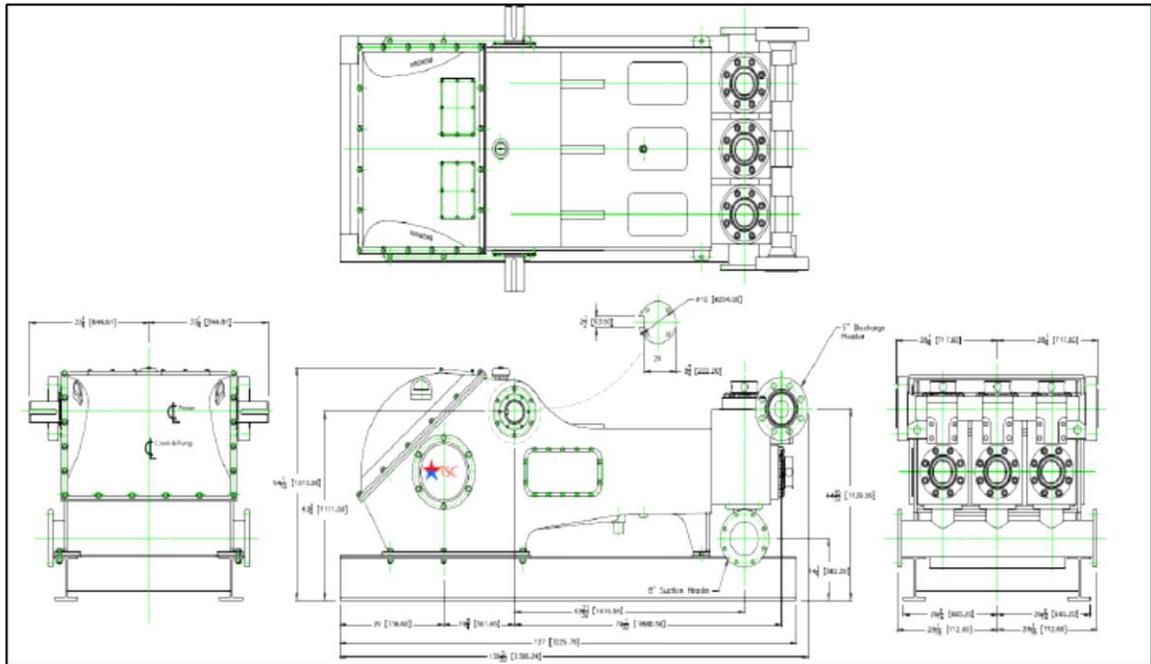
Tabla 2. (Continuación)

RIG 51 HH 102 SEMITRAILER ESTÁNDAR (sencillo). Motor Cat C18-ACERT de 575 HP a 2100 RPM, unidad de servicio de pozo y Workover

Torque Wrench	<ul style="list-style-type: none">• Llave hidráulica para un rápido torqueo o destorqueo en operaciones que se tenga DP de 3-1/2" hasta 7" de OD. Esta va instalada por debajo del top drive, máx. torqueo 36.200 lbft, máx. destorqueo 50.700 lb/ft
Manifold	<ul style="list-style-type: none">• 2 uniones de 4" f• 1 Válvula de compuerta de 4" x 5000psi• 4 Válvula de compuerta de 2" x 5000 psi• 4 Uniones figura 1502• 4 Uniones de golpe de 5000 psi• 1 Manómetro de presión de 0 a 6000 psi• 2 Conexiones del manómetro flanchada
Cuña automática	<ul style="list-style-type: none">• Con set de 3 1-2" y 5" para DP
Otras herramientas	<ul style="list-style-type: none">• Spacer spool 11-5M R54 en ambas caras / Drilling spool 11-5M en albas caras R54, con dos salidas en los costados de 3-1/8" x 5M R35.• Calibradores internos de 12" / exteriores de 12"• Cinta métrica• Llaves de tubo y de cadena• Conejos y Sistema PVT

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. Material gráfico modificado por los autores.

Figura 1. Especificaciones de la bomba de lodo WORK FORCE 660 MUD PUMP.



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Drillmec Technologies". Bogotá. 2016.

Figura 2. Especificaciones técnicas adicionales del RIG 51.

- ✓ Factory; Drillmec
- ✓ Model: HH-102
- ✓ Capacity: 110 tons 220 Klbs.
- ✓ Maximum Pull Down: 44 Klbs.
- ✓ Maximum Rate Input: 560 HP
- ✓ TDS Torque: 26,035 Ft*Lbs.
- ✓ TDS Stroke: 52 1/2' (Mod;2009). 0-154 rpm
- ✓ Drill pipe diameter: 5"
- ✓ Drill floor height: 16,80"
- ✓ Rotary Table: 20 1/2" (60 max.rpm)
- ✓ BOP Stack Working pressure: 13 5/8" 5M
- ✓ Choke manifold: 3-1/8" – 5M w.p.
- ✓ Mud Pumps Specs; Two WF 660; 5 1/2" – 6 1/2"
- ✓ Shale shakers: Brandt 550 gpm.
- ✓ Mud tanks capacity: 850 bbls.
- ✓ Stand Pipe: 4" x 5 M psi. w.p.
- ✓ Forklifts: 8 ton.
- ✓ Rig Move: 24:00 HRS.



INDEPENDENCE
ENERGY

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Drillmec Technologies". Bogotá 2016.

Figura 3. Descripción hidráulica del RIG 51

MOBILE HYDRAULIC HOIST RIGS												
Model	static hook load		max pull down		rated input		top drive torque		top drive stroke		approx. mass	
	lbs	mt	lbs	mt	HP	KW	ft*lbs	daNm	ft	m	lbs	kg
HH-100	200,000	91	44,000	20	540	403	26,035	3530	49 1/2"	15	94,800	43,000
HH-102	220,000	100	44,000	20	560	418	26,035	3530	52 1/2"	16	99,200	45,000
HH-100	300,000	136	44,000	20	700	522	26,035	3530	52 1/2"	16	110,200	50,000
HH-200	400,000	181	44,000	20	1340	1000	26,035	3530	52 1/2"	16	121,250	55,000
HH-200S	441,000	200	44,000	20	1340	1000	26,035	3530	52 1/2"	16	132,280	60,000
HH300	600,000	272	66,000	30	1542	1150	36,141	4900	52 1/2"	16	198,420	90,000



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Drillmec Technologies". Bogotá 2016.

Figura 4. Bombas de lodo Fast Move 700 HP RIG 51



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Drillmec Technologies". Bogotá 2016

Figura 5. BOP stack de 13 5/8'' x 5M RIG 51



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Drillmec Technologies". Bogotá. 2016.

Figura 6. Hydraulic TDS, DRILLMEC (26035ft-lbs)



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Drillmec Technologies". Bogotá .2016.

Figura 7. Choke manifold 3 1/8'' x 5M



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Drillmec Technologies". Bogotá 2016.

1.2 DESCRIPCIONES TÉCNICAS DEL RIG 53

En la **Tabla 3** se muestran los integrantes que componen el equipo de trabajo en el taladro, así como el número de integrantes por cargo, los turnos realizados por día, el personal en turno y el personal en descanso dentro del taladro.

De igual forma en la **Tabla 4** se muestran los componentes principales del equipo RIG 53, con sus respectivas especificaciones técnicas principales.

De la **Figura 8** a la **Figura 12** se muestran, el plano de ubicación en el RIG 53 y las dimensiones generales del equipo, algunos de las partes fundamentales del equipo como el movimiento del taladro así como la torre de control de perforación automática, algunas de las diferencias entre los equipos convencionales y el equipo RIG 53m respectivamente.

Es importante resaltar que los equipos RIG 51 y RIG 53 son muy similares en cuanto a características técnicas, por ende las diferencias que se pueden ver en el equipo RIG 53 con taladros convencionales serán iguales que las del RIG 51, son innovaciones tecnológicas en taladros creados por DRILLMEC DRILLING TECHNOLOGIES.

Tabla 3. Listado típico de personal en el Rig 51

Personal de la compañía Independence Drilling S.A.				
CARGO	Turnos/día	PERSONAL EN TURNO	PERSONAL EN DESCANSO	TOTAL
Gerente *	24 horas	1	0	1
Superintendente *	24 horas	1	0	1
Supervisor principal	24 horas	1	1	2
Jefe de HSEQ*	24 horas	1	1	2
Bodeguero*	N/A	N/A	N/A	0
Tour pusher	12 horas	2	1	3
Perforador / Maquinista *	12 horas	2	1	3
Perforador auxiliar / Encuellador*	12 horas	2	1	3
Floorman / Cuñeros	12 horas	6	3	9
Operador de grúa	12 horas	1	1	2
Obrero de patio	N/A	N/A	N/A	0
Soldador *	12 horas	1	1	2
Mecánico senior *	24 horas	1	1	2
Electricista senior *	24 horas	1	1	2
Mecánico / Electricista de Plataforma/ Aceitero	12 horas	2	1	3
Médico *	24 horas	1	1	2
Administrador	24 horas	1	0	1

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Personal de taladro RIG 53". Material gráfico. Bogotá 2016. Modificado por los autores.

Tabla 4. Componentes y equipos del taladro RIG 53

RIG 53 SKYTOP BREWSTER RR 660. Doble tambor, torre perforación móvil, unidad de servicio de pozo y Workover

DRAWWORKS	MODELO DE TAMBOR 4610-32
Potencia 676 HP	<ul style="list-style-type: none">• Dos unidades Cummins de 6 cilindros a base de Diesel.• Generador AC Onnan de 450 KW de 110/220/440 voltios
Sistema de frenos	<ul style="list-style-type: none">• Neumática integral de tres placas de 24''• Frenos de 46'' x 10'' de ancho, enfriados por circulación de agua• Modelo Hydromatic de freno Parmac Modelo 202 Drill line de 1 1/8''
Mástil	<ul style="list-style-type: none">• Modelo 110/275• Altura libre de trabajo de 110 ft con capacidad de carga en gancho estática de 275000 lb en 8 líneas
Corona	<ul style="list-style-type: none">• Dos líneas muertas y rápidas de 36 "y 30" ranuradas de 1-1/8".• Cinco poleas de 30 " ranuradas a 1 1/8".• Válvula de seguridad de la Corona (Crown O Matic).
Subestructura	<ul style="list-style-type: none">• 250000 lb con capacidad rotatoria, altura ajustable de 17'.
Tabla Rotatoria	<ul style="list-style-type: none">• 20 1/2'' con buje maestro
Bloque/Gancho	<ul style="list-style-type: none">• Bloque viajero con 4 gavillas des 30'' de diámetro con capacidad de 150 ton.
Swivel	<ul style="list-style-type: none">• National well oil well PC-150. Tasa de presión 5000 PSI
Kelly	<ul style="list-style-type: none">• 3 1/2'' Hex. X 36''de largo con buje de rodillo, válvulas superior e inferior.• Manguera rotatoria y manifold de inyección
Tanques de combustible	<ul style="list-style-type: none">• Carrier: dos cada uno de 100 gal. Tanque principal: 10000 gal.

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. Material gráfico. Bogotá 2016. Modificado por los autores.

Tabla 4. (Continuación)

RIG 53 SKYTOP BREWSTER RR 660. Doble tambor, torre perforación móvil, unidad de servicio de pozo y Workover	
Tanques de lodo	<ul style="list-style-type: none">• Dos bombas de lodo triplex WF-700, cada bomba con una unidad Caterpillar de 350 BC base diesel. 900 BHP a 1200 RPM
Herramientas de agarre	<ul style="list-style-type: none">• Elevador de tubería BJ 3-1/2'' y BJ 2 7/8'' de 100 ton• Elevador de Dril pipe BJ 5'' de 150 ton
Sistema preventoras	<ul style="list-style-type: none">• Doble RAM y anular BOP's 7-1/16'' x 3000 psi• Drilling spool 7-1/16'' x 3M• Spacer spool 7-1/16'' x 3M• Choke manifold de 5000 psi• Unidad de cierre de 160 galones con 16 botellas
Sistema hidráulico	<ul style="list-style-type: none">• Diseñado para operar a una presión máxima de 2500 psi y 50 gpm (190 Lpm) @ 2100 rpm. Su bomba PTO es manejada por medio de transmisión.• El sistema incluye una instalación de un tanque hidráulico de aceite con capacidad de 195 gal (757 L) junto con medidores de nivel y temperatura
Winche hidráulico	<ul style="list-style-type: none">• Winche hidráulico de 5000 lb, con tasa de 100 f.p.m y 2000 psi.• Control automático por medio de la consola
Tool box	<ul style="list-style-type: none">• Herramientas de ensamble triple
Bombas de lodo	<ul style="list-style-type: none">• Dos unidades de bomba triplex de lodo WF-700 manejadas por una unidad Caterpillar 3508C con combustible diesel.

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. Material gráfico. Bogotá 2016. Modificado por los autores.

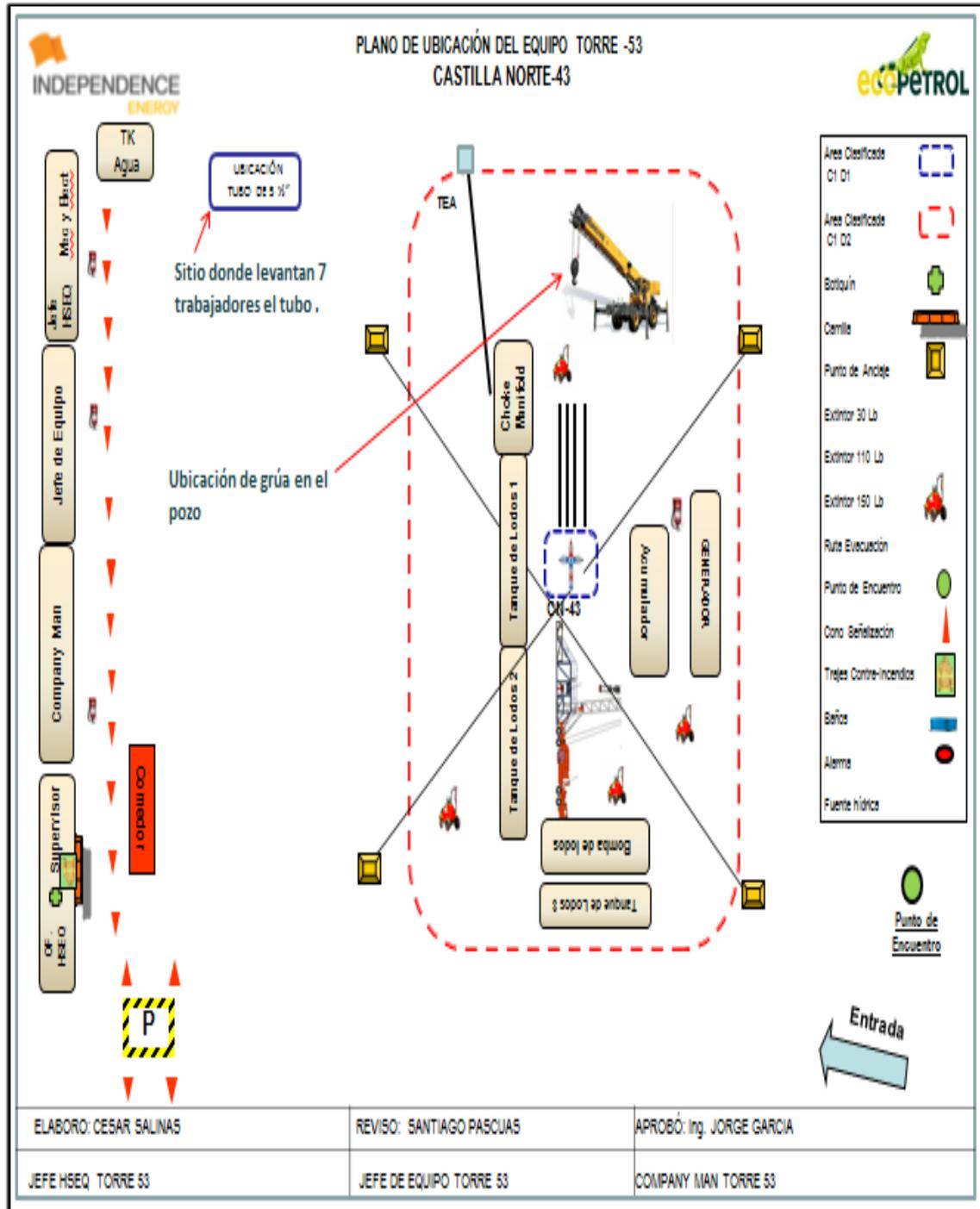
Tabla 4. (Continuación)

RIG 53 SKYTOP BREWSTER RR 660. Doble tambor, torre perforación móvil, unidad de servicio de pozo y Workover

DRAWWORKS	MODELO DE TAMBOR 4610-32
Choke manifold	<ul style="list-style-type: none">• Choke manifold y unidad de matar de 5000 psi, tipo 2 1/16" 5M psi CAMERON STYLE con válvulas de alivio, unidad ajustable de choke positivo con una unidad de 160 galones, con 16 botellas.• La unidad funciona por medio de un motor eléctrico.
Indicador de peso	<ul style="list-style-type: none">• Una unidad Martin Decker Tipo F para líneas de 1"
Pipe racks	<ul style="list-style-type: none">• Dos unidades triangulares de pipe racks
Herramientas de suaveo	<ul style="list-style-type: none">• Equipo completo de suaveo (con recuperador de petróleo, barras de peso, mandriles para 3-1/2" y 2-7/8", árbol de suaveo y lubricador)
Drive Train	<ul style="list-style-type: none">• Unidad de combustible Diesel con potencia de 500 hp @ 2100 rpm con límite de velocidad, actuador neumático, unidad exhaustiva de operación con unidad anti congelamiento, filtros de 24 cfm, compresores de aire de 75^a/12V, ventilador y demás equipos de acondicionamiento.• Sistema de emergencia de temperatura y flujo para el agua con auto apagado y sistemas de control con lazo cerrado
Otras herramientas de agarre	<ul style="list-style-type: none">• BJ 2 7/8" Elevador de tubería de 100 ton• Cavins type C unidades de aire neumático 2 7/8" y unidades rotarias de 3 1/2" 4 1/2".• BJ 5" Elevador de Drill pipe de 150 ton

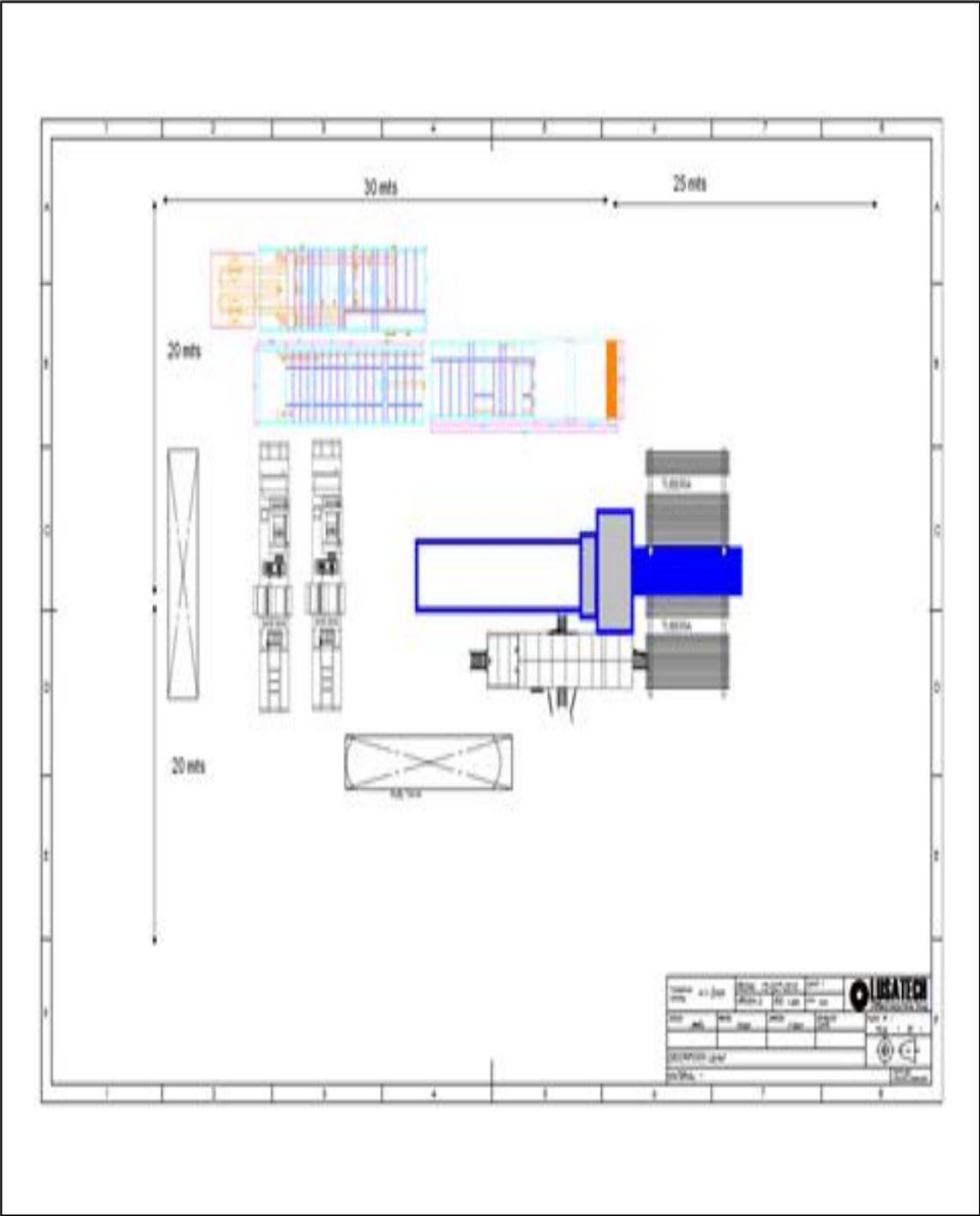
Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. Material gráfico. Bogotá 2016. Modificado por los autores.

Figura 8. Layout plano de ubicación del RIG 53 en Campo Castilla



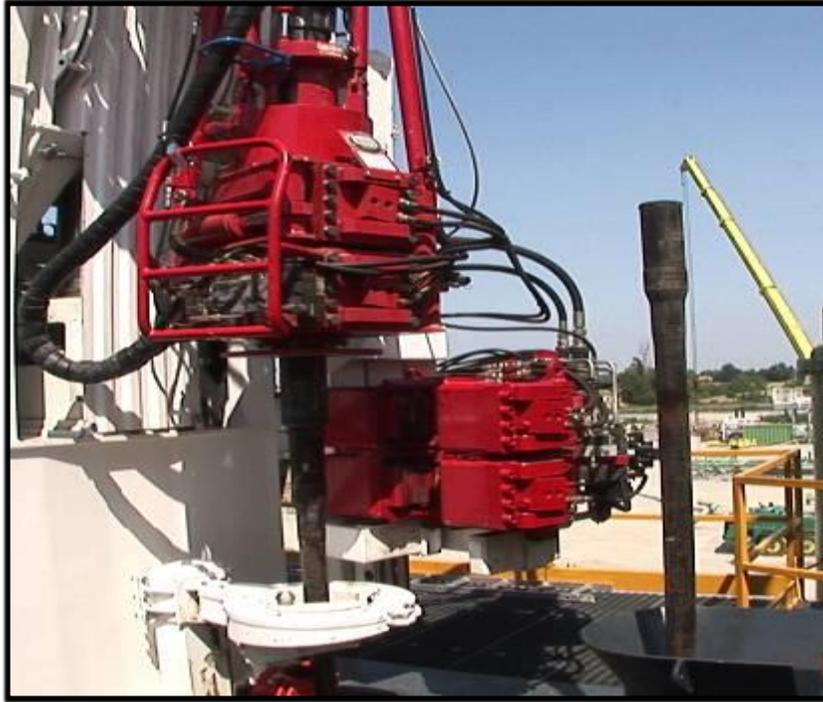
Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Informe de ubicación del equipo torre 53". Cortesía de Ecopetrol. Bogotá 201

Figura 9. Dimensiones del RIG 53.



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A."Layout, dimensiones de la torre 53". Bogotá 2011.

Figura 10. Movimiento del equipo RIG 53



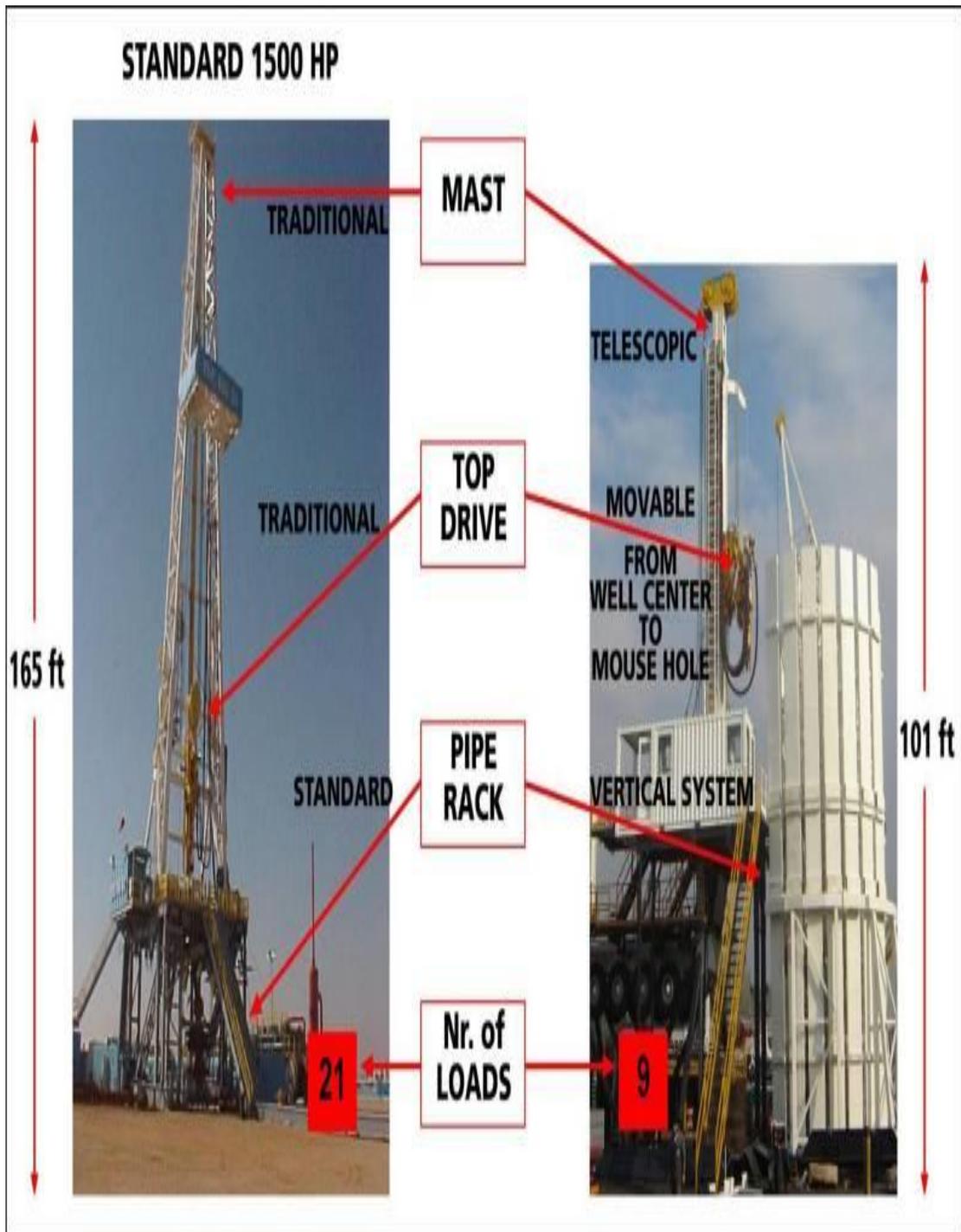
Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A."Drillmec technologies".
Bogotá 2013.

Figura 11. Sistema automático de perforación del RIG 53.



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A."Technological Innovations Drillmec". Bogotá 2013.

Figura 12. Diferencias entre un taladro convencional y uno automático



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Technological Innovations Drillmec". Bogotá 2013.

En la **Figura 13** se puede observar de manera general las principales diferencias entre un taladro convencional y uno HH.

Figura 13. Diferencias principales entre equipos convencionales y automáticos



Fuente: PETREVEN. "Jornadas de perforación, terminación, reparación y servicios de pozo". Ingeniero Hector Giordano. Bogotá. 2010.

Algunas de las ventajas de tener un equipo HH automático con respecto a uno convencional son:

- No se necesita de enganchador, la posición más complicada para trabajar.
- Casi nula la posibilidad de accidentes en el piso de enganche, debido al alto grado de automatismo del taladro.
- Incrementa de manera considerable la seguridad operativa en el pozo.
- Disminuye el impacto al medio ambiente

- Posee cuñas y llaves automáticas de torque para la tubería, por ende no hay personal expuesto a estas tareas.
- El control y comando de la operación se realiza desde una cabina cerrada, por tanto no hay exposición de personal
- El manejo de la tubería de perforación hacia afuera o dentro del pozo y la bajada del casing de revestimiento, se realiza con el Top Drive, lo que posibilita estar siempre conectados al pozo.
- Las cargas son modulares, es decir, se movilizan fácilmente y no necesitan de grúa o camión.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CAPACITACIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE PERSONAL ACTUAL DE INDEPENDENCE DRILLING S.A.

Dando cumplimiento al segundo objetivo del proyecto se procede a describir el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal de Independence Drilling S.A, se busca que con esto se pueda tener un punto de partida para el desarrollo y posterior implementación de la aplicación “Workover/Drilling”, en los campos Castilla y Chichimene, como herramienta de agilización y mejoramiento del sistema actual.

El capítulo se subdividirá en tres grandes partes: la primera relacionada con el sistema de capacitación actual para personal operativo, la segunda se referirá a el método de evaluación de dicho personal y por último se establecerá el modelo actual de selección para dicho personal en los campos Castilla y Chichimene, en donde se centra la investigación.

2.1 SISTEMA DE CAPACITACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA EN LOS CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE

El proceso de capacitación de personal en Independence Drilling S. A hace parte de una metodología de mejoramiento continuo que se puede ver en la **Figura 15** donde se pueden ver los 6 pilares básicos que permiten el mejoramiento continuo de la empresa.

Para la empresa es vital que el personal contratado este correctamente capacitado para asegurar de que se manejen de manera segura los equipos disponibles y para evitar problemas operacionales así como posibles peligros asociados a la actividad laboral de la empresa.

Para la empresa el mejoramiento continuo de basa en 6 pilares básicos, los cuales son: auditorias, planeación y respuestas a emergencias, administración de cambios adecuada, investigación y reporte de incidentes, la calidad de contratistas y por último la capacitación y desempeño; si alguno de estos factores no se desarrolla de manera eficiente el mejoramiento continuo se estanca, por ende es vital que el sistema de capacitación sea monitoreado continuamente en búsqueda de mejoras.

Figura 14. Programa de gestión para la capacitación de personal

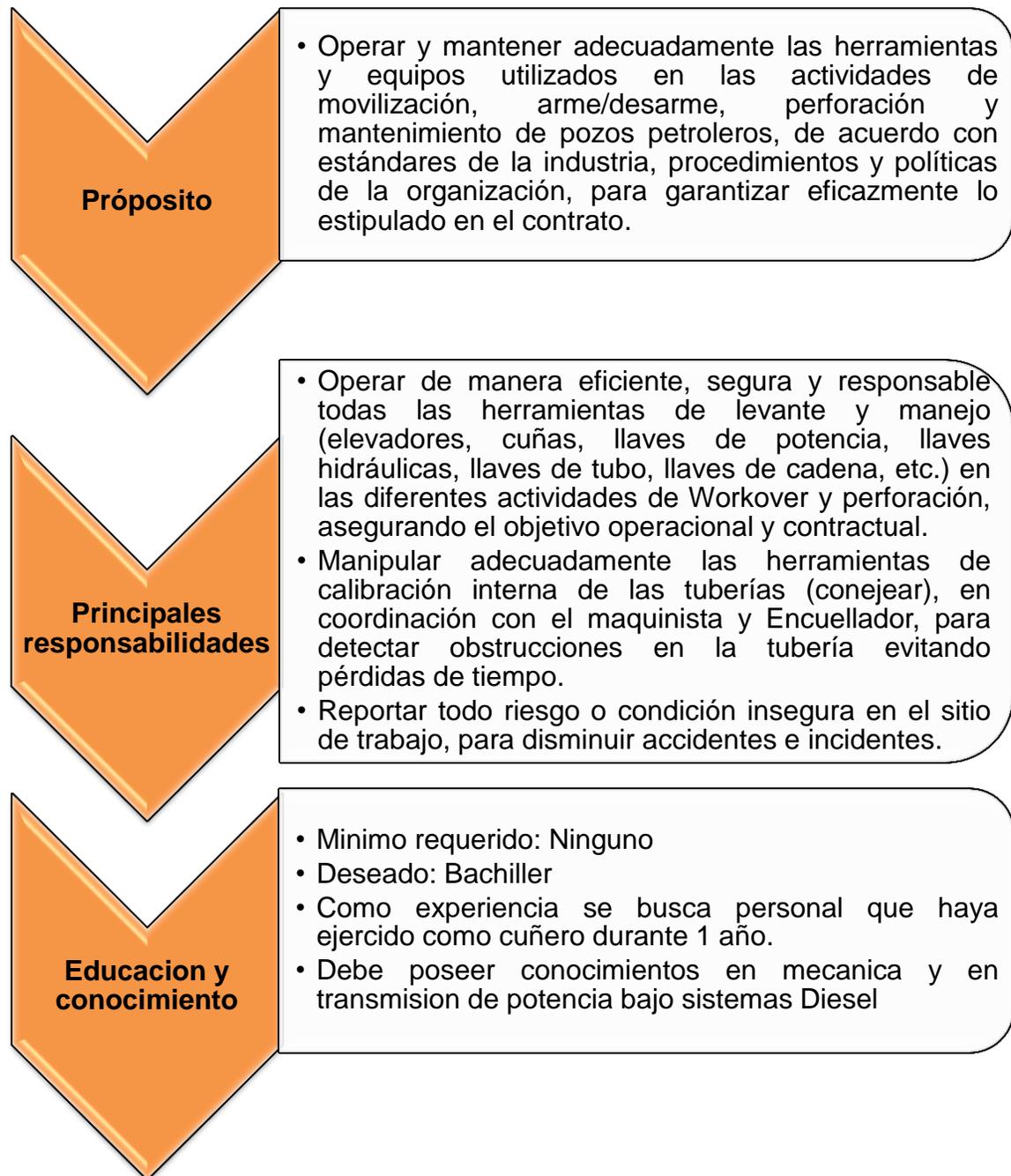


Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Capacitación y desempeño de personal". Bogotá 2012.

Para entender cómo se realizan los procesos de capacitación es importante poder ver cuáles son los perfiles de cada cargo para el personal operativo de la empresa, destacaremos básicamente 5 perfiles los cuales son: aceitero, cañero, encuellado, maquinista y supervisor.

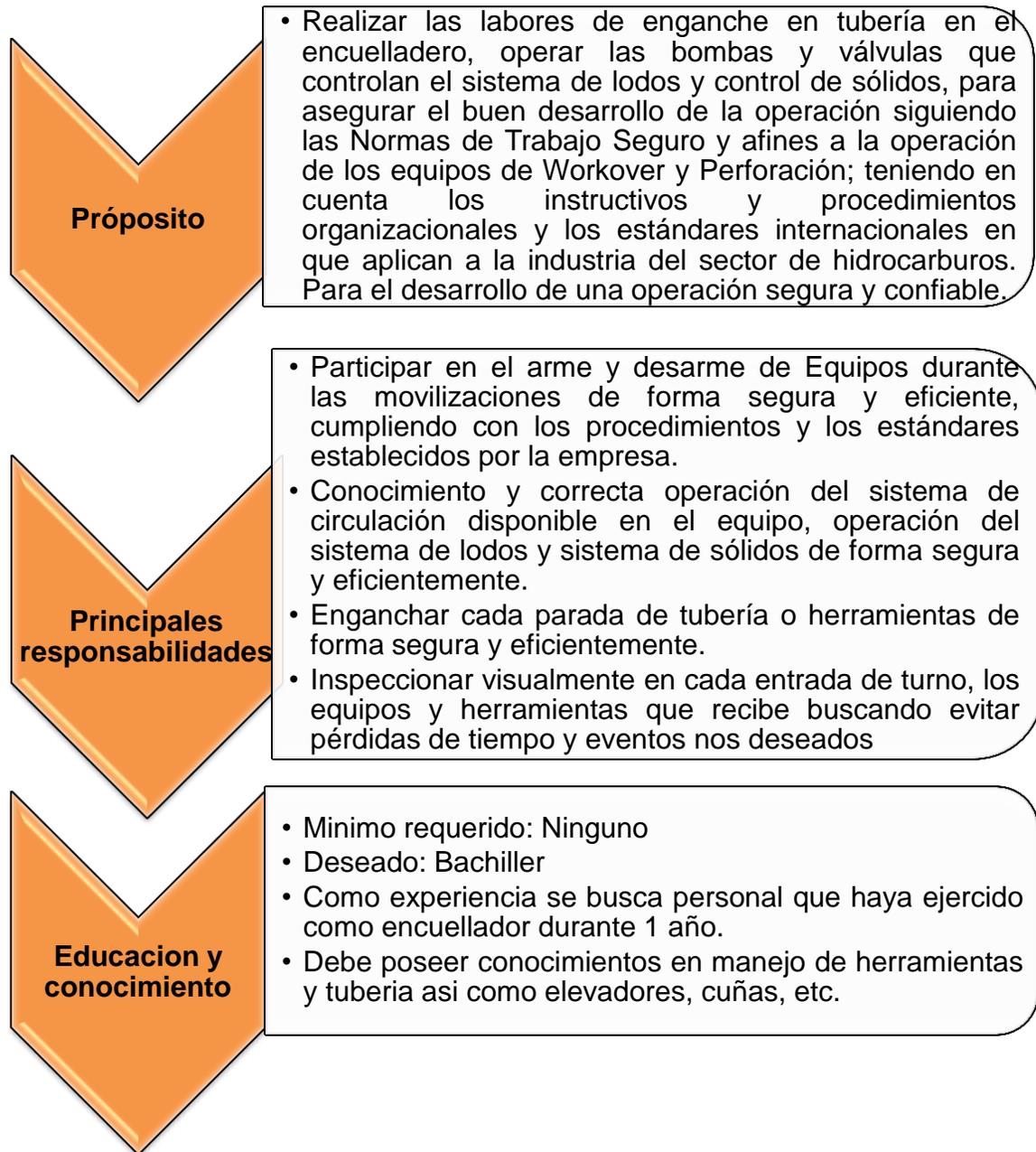
El perfil de trabajo para el aceitero se puede observar en la **Figura 15**.

Figura 15. Perfil requerido para el cargo de aceitero



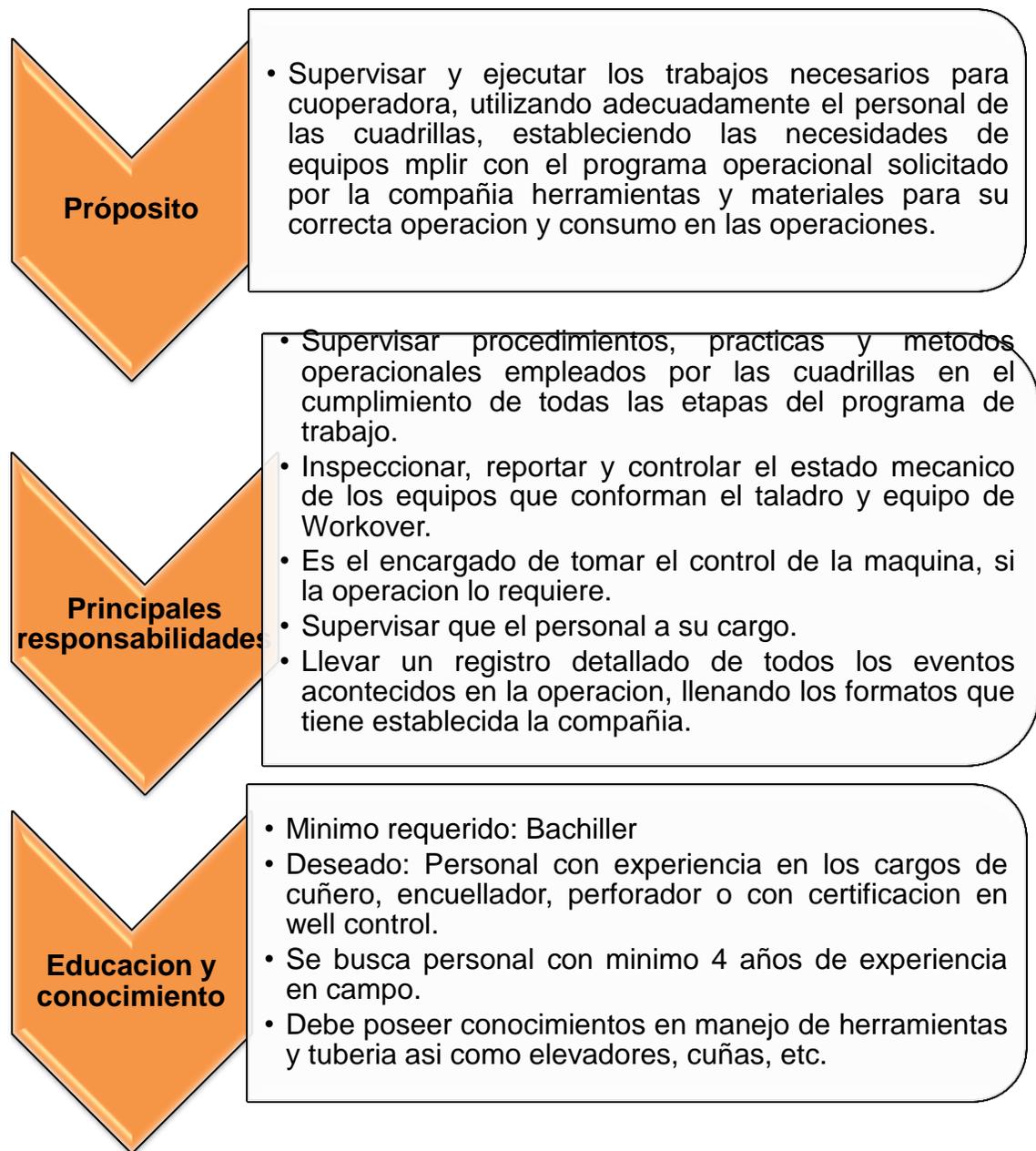
Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Perfil y descripción del cargo aceitero". Bogotá 2013.

Figura 16. Perfil requerido para el cargo de encuellador



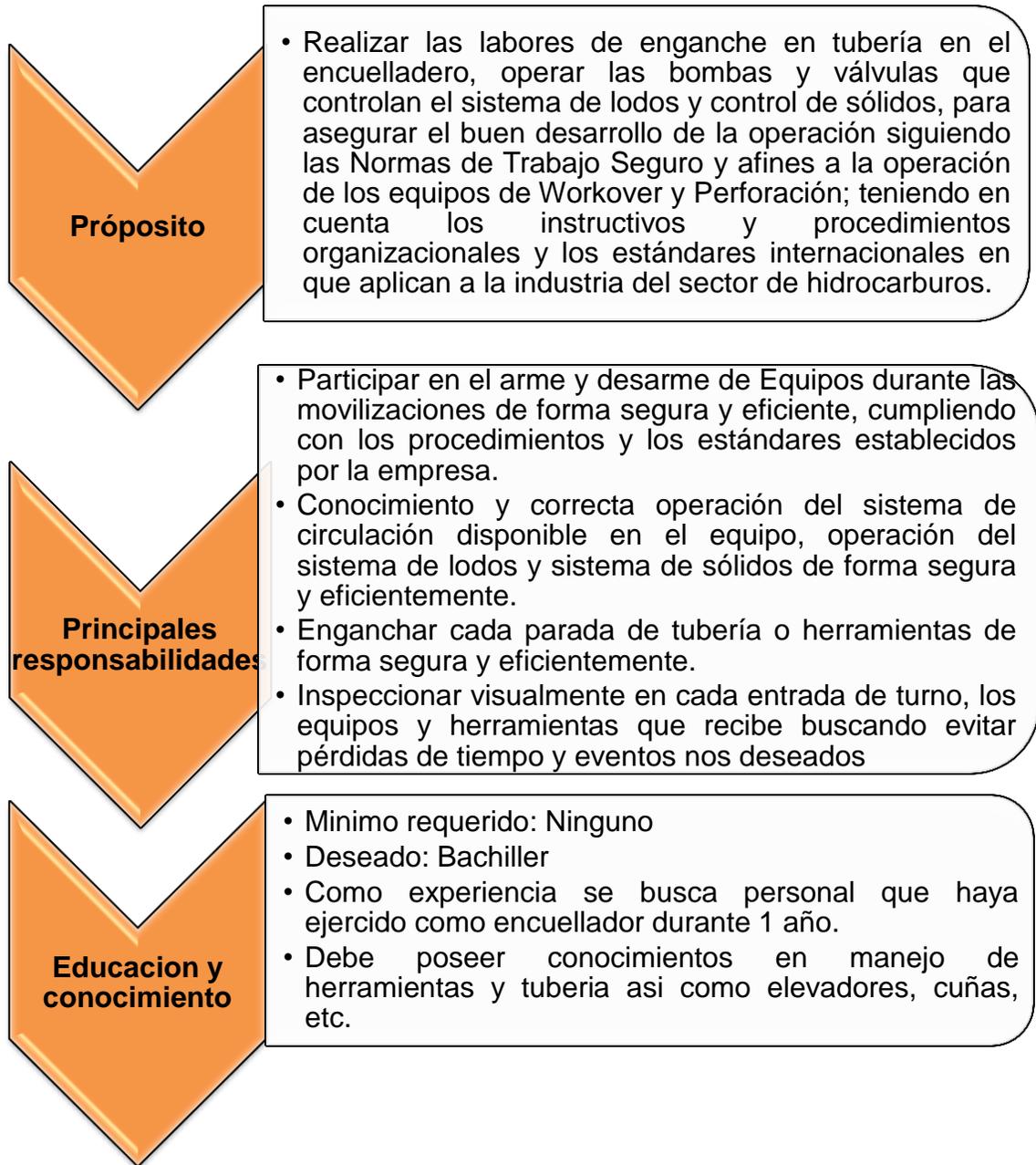
Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Perfil y descripción del cargo encuellador". Bogotá 2013.

Figura 17. Perfil requerido para el cargo de cuñero.



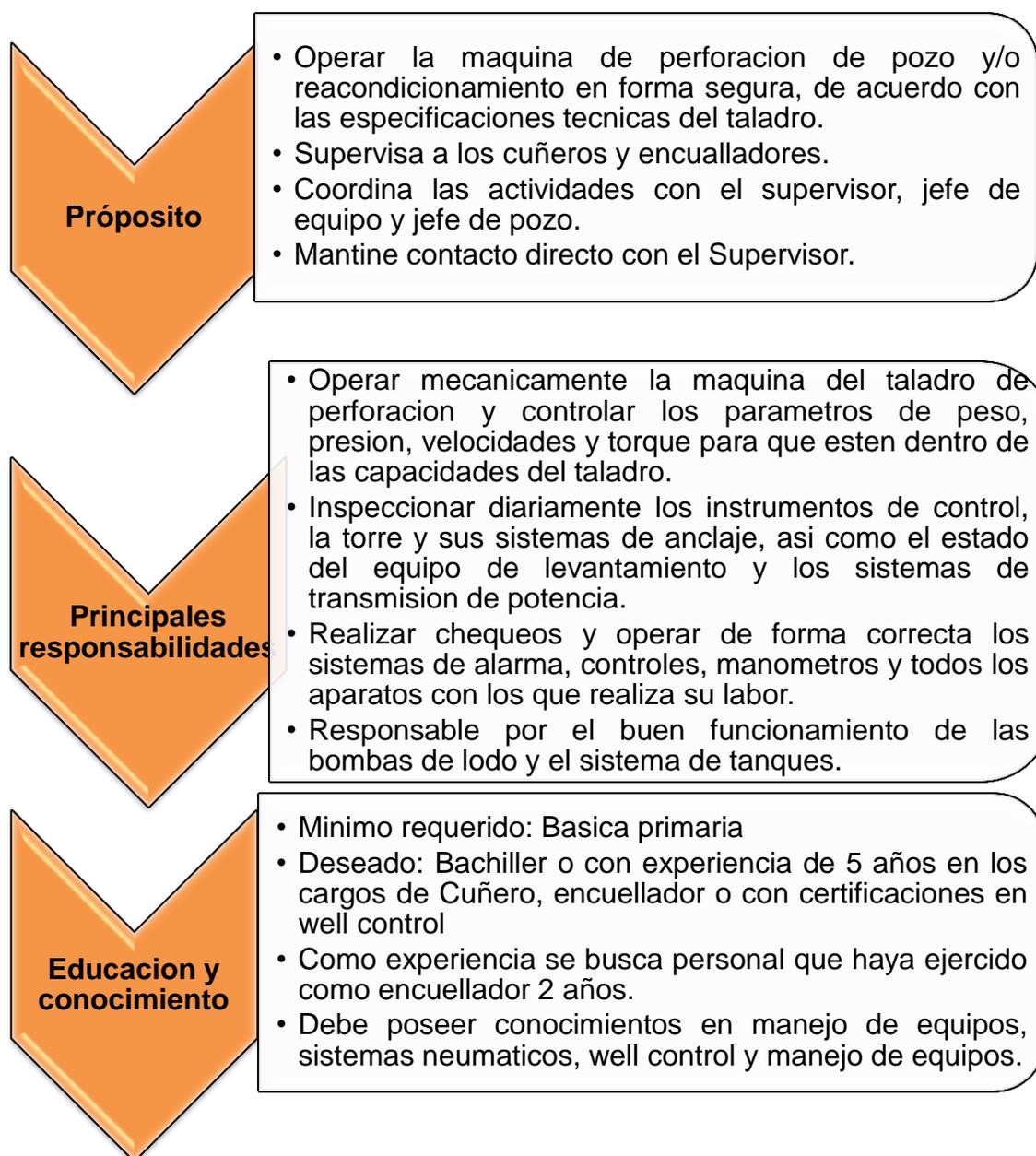
Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Perfil y descripción del cargo cuñero". Bogotá 2013.

Figura 18. Perfil requerido para el cargo de supervisor.



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Perfil y descripción del cargo supervisor". Bogotá 2013.

Figura 19. Perfil requerido para el cargo de maquinista.



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. “Perfil y descripción del cargo maquinista”. Bogotá 2013.

Actualmente en la empresa Independence Drilling S.A los procesos de capacitación se realizan de manera externa por medio de compañías acreditadas en la industria petrolera como:

- Canrig Drilling Technology LTD.
- Geocolsa
- Pride Colombia
- National Oilwell Varco de Colombia
- Quality Services & College S.A
- San Antonio Internacional
- Consejo Colombiano de seguridad

Las empresas anteriormente mencionadas hacen parte del sistema robusto de capacitación que utiliza la empresa, sin embargo las principales empresas que capacitan al personal operativo en los campos Castilla y Chichimene son: San Antonio Internacional, Pride Colombia y Geocolsa.

La metodología básica de capacitación se basa en dos tipos de cursos; por un lado los cursos exigidos por la empresa, obligatorios y por otro lado los cursos adicionales o complementarios que deben realizar todo el personal enfocado en ciertos ámbitos de trabajo específicos.

Los cursos mínimos o básicos exigidos por la empresa son los siguientes:

- Programa de inducción de la empresa
- Trabajo en altura (Ajustado a la legislación Colombiana)
- Manejo Defensivo
- Montacargas/grúa.
- SH2 avanzado
- Combate de incendios
- Primeros auxilios- RCP
- Auditoria ISO-OHSAS
- Permisos de trabajo
- ENFOCATE
- Well control.

En la **Tabla 5** se pueden observar los contenidos básicos de los cursos obligatorios que deben realizar la mayoría del personal que desee vincularse con la empresa para trabajos de campo. Dicho esquema de capacitación puede cambiar según consideraciones de la empresa, sin embargo muestra el esquema general de capacitación que utiliza la empresa Independence Drilling S.A para personal operativo de campo.

El curso que se realiza con mayor frecuencia es el de Programa de inducción a la empresa, se lleva a cabo cada mes y por lo general en un tiempo de ocho días; el curso de trabajo en alturas básico se lleva a cabo en cuatro días durante un mes, el de trabajo en alturas intermedio se realiza a lo largo de ocho días en un tiempo aproximado de tres meses, por otro lado el curso de nivel avanzado de trabajo de

alturas se prolonga por un tiempo aproximado de cuatro meses, con intensidad de dieciséis días al mes.

Los cursos de Manejo Defensivo y Certificación de Monta carga son cursos rápidos el primero llevado en dos sesiones y el segundo en una sesión respectivamente.

Los cursos de Combate de Incendios, Primeros auxilios y Auditorias ISO, se realizan en tiempos aproximados de cuatro a seis días en un mes, con reuniones - previas establecidas por la empresa.

Dentro de los cursos más importantes de la sección obligatoria encontramos a : ENFOCATE el cual se realiza continuamente a intervalos de dos días seguidos en el mes, y el curso de Well Control el cual se lleva a cabo en intervalos de cuatro días seguidos cada mes.

Para observar los objetivos claros de cada curso el lector podrá remitirse a las **Tabla 5** donde se encuentran los objetivos de cada curso así como los participantes de cada uno.

En la **Tabla 6** se muestra el contenido, objetivos y personal asistente de cursos adicionales o complementarios de nivel técnico más avanzado realizados por parte de la compañía.

El curso de Rig Pass es de vital importancia por ende, se realiza en intervalos de tiempo muy seguido, normalmente cada mes por un periodo de cuatro o cinco días seguidos; los cursos de Investigación de Accidentes e Inspector de Atmosferas son menos comunes y se realizan aproximadamente de una a dos veces en el mes.

Por otro lado los cursos de Trasiego de Fluidos y Stuck Pipe se realizan de dos a cuatro veces al mes dependiendo de los requerimientos de la empresa; por último el curso de Relaciones Interpersonales es el último curso que se realiza por lo general se toma de a dos o tres días al mes.

Tabla 5. Cursos obligatorios para personal de campo.

CURSOS  HSE  TÉCNICOS  RELACIÓN  INDUCCIÓN	OBJETIVOS	PRINCIPALES ASISTENTES
PROGRAMA DE INDUCCIÓN A LA EMPRESA	Introducir al trabajador nuevo en los aspectos básicos referentes a la industria petrolera.	Gerente de Operaciones, Coordinador de Operaciones, Jefe de Equipo, Supervisor 12 Hs, Maquinista / Perforador, Encuellador, Cuñero, Operador, Motorista, Obrero de Patio, recoge muestras, Aceitero, Soldadores /Mecánicos/ Electricistas.
TRABAJO EN ALTURA BÁSICO.	Entrenar al personal de la Compañía en los conceptos básicos de trabajo en alturas de acuerdo a la Resolución 3673 /2008.	Gerente General, Gerente de Operaciones, Superintendente, Coordinador de Operaciones, Jefe de Equipo, Supervisor 12 Hs, Maquinista / Perforador, Supervisor Eléctrico.
TRABAJO EN ALTURA INTERMEDIO	Entrenar al personal de la Compañía en el trabajo seguro en alturas de acuerdo a la Resolución 3673 /2008.	Operadores de unidad de cementación, Cuñero II y III, Instrumentista, Campamentero.
TRABAJO EN ALTURA AVANZADO	Este nivel va enfocado a personal que realiza trabajo en alturas, utilizando dispositivos de ascenso / descenso, con dispositivos de posicionamiento.	Encuellador, Cuñero I, Aceitero, Ingeniero de Entrenamiento, Soldadores /Mecánicos/ Electricistas, Instructor.
MANEJO DEFENSIVO	Mejorar los hábitos de conducción, mediante la aplicación de conocimientos referentes a la normatividad y técnicas de conducción.	Gerente General, Gerente Administrativo y Financiero, Gerente de Operaciones, Superintendente de Operaciones, Gerente de Mantenimiento, Gerente de QHSE, Gerente de Recursos Humanos, Superintendente, Mecánicos.

Fuente: San Antonio Internacional. "Módulos de capacitación personal operativo de campo Independence Drilling S.A". Diciembre de 2012.

Tabla 5. (Continuación)

CURSOS  HSE  TÉCNICOS  RELACIÓN  INDUCCIÓN	OBJETIVOS	PRINCIPALES ASISTENTES
CERTIFICACIÓN MONTACARGA / GRÚA	Capacitar y Certificar al personal en operaciones seguras del manejo de Grúas y Montacargas	Operador de Monta carga / Grúa
COMBATE DE INCENDIOS	Capacitar al personal perteneciente a las Brigadas, en los conceptos básicos del fuego.	Brigadas de Emergencia en Equipos, Bases y Oficinas.
PRIMEROS AUXILIOS - RCP	Capacitar al personal perteneciente a las Brigadas, en los conceptos básicos de Primeros Auxilios.	Brigadas de Emergencia en Equipos, Bases y Oficinas.
AUDITORIA ISO - OHSAS	Capacitar al personal seleccionado como Auditor Interno ISO - OHSAS, en la aplicación y evaluación de las normas del Sistema de Gestión Integrado SAI.	Trabajadores seleccionados como Auditores Internos o Líder.
PERMISO DE TRABAJO	Entrenar al personal autorizante en la aplicación del Sistema de Permiso de Trabajo, Buscando prevenir eventos.	Jefe de Equipo, Supervisor 12 hrs, Maquinista / Perforador, Supervisor Cementación, Mecánico, Eléctrico, Supervisor de Cementación, Gerente QHSE, Coordinador QHSE, Supervisor QHSE, Jefe de Almacén.
WELL CONTROL (WELL CAP)	Adquirir destrezas para actuar de manera adecuada y oportuna en contingencias donde existan amenazas.	Coordinador de Operaciones, Jefe de Equipo, Supervisor 12 Hs, Maquinista / Perforador

Fuente: San Antonio Internacional. "Módulos de capacitación básicos para personal operativo de campo Independence Drilling S.A". Diciembre de 2012.

Tabla 6. Cursos adicionales (complementarios) para personal de campo.

CURSOS  HSE  TÉCNICOS  RELACIÓN  INDUCCIÓN	OBJETIVOS	PRINCIPALES ASISTENTES
RIG PASS	Capacitar al personal de campo en los programas de Salud, necesarios para realizar trabajos en un Equipos bajo los criterios de seguridad.	Jefe de Equipo, Supervisor 12 Hs, Maquinista / Perforador, Encuellador, Cuñero, Obrero de Patio, recoge muestras, Aceitero, Soldadores Electricistas, Operadores de Cementación, Supervisores y Jefe de Servicios.
INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES	Facilitar herramientas necesarias para la Investigación de accidentes.	Gerente de Operaciones, Superintendente de Operaciones, Coordinador de Operaciones, Director de QHSE, Coordinador de QHSE, Supervisor QHSE.
INSPECTOR DE ATMOSFERAS	Capacitar en la identificación de peligros y control de riesgos relacionados con el trabajo.	Encuallador, Soldador, Supervisor QHSE, Instructor.
TRASIEGO DE FLUIDOS	Evaluar los riesgos relacionados con el trasiego y manejo de sustancias peligrosas.	Supervisor, Maquinista / Perforador, Encuellador, Cuñero, Obrero de Patio, recoge muestras, Aceitero, Soldadores /Mecánicos/ Electricistas, Supervisores.
STUCK PIPE	Entrenar al personal para detectar problemas y así evitar una situación de tubería pegada.	Jefe de Equipo, Supervisor 12 hrs., Maquinista / Perforador.
RELACIONES INTERPERSONALES	Desarrollar Competencias: Manejo del Cambio, Planeación/ Trabajo bajo presión.	Jefe de Equipo, Supervisor 12 Hs, Maquinista, Encuellador, Cuñero, Obrero de Patio, recoge muestras, Aceitero, Soldadores Electricistas, Supervisores.

Fuente: San Antonio Internacional. "Módulos de capacitación avanzado para personal operativo de campo Independence Drilling S.A ". Diciembre de 2012.

Adicionalmente a los cursos mencionados, la empresa también proporciona al personal contratado cursos técnicos especializados, la mayoría de estos dirigidos por las empresas Tesco, Canrig y Varco Internacional.

Estos cursos se pueden observar a detalle en la **Tabla 6**. La metodología usada en estos cursos es Teórico/practica en conjunto con dispositivos audiovisuales, así mismo con la interacción del personal asistente con los equipos relacionados.

El curso de Manejo de Top Drive se realiza por módulos diarios dos veces al mes con una intensidad de **(16)** horas y con una capacidad de **(15)** participantes por curso, en este caso particular las entidades capacitadoras proporcionan los equipos: SAI-27/31de LTI; SAI-7/9/14/16/22 de Tesco; SAI-8/15/23/24 de Canrig; SAI-17propiedad Varco.

Todos los demás cursos se realizan por meses con una intensidad horaria de **(8)** horas y con una cantidad de participantes aproximada de **(20)**, la mayoría con metodología teórico/practica y con el respectivo manejo de todos los equipos relacionados.

De esta manera se da conclusión a esta sección cuyo objetivo es la de proporcionar una idea del sistema de capacitación actual de la empresa Independence Drilling S.A que servirá de soporte para el desarrollo posterior del software "Workover/Drilling".

De igual forma existe un procedimiento básico para que el personal que se encuentra en campo pueda acceder a los programas de entrenamiento, este procedimiento se resume en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Cursos especializados a personal operativo de campo.

CURSO	OBJETIVO	DIRIGIDO A
MANEJO DE TOP DRIVE	Capacitar al personal en el manejo, operación, funcionamiento, dispositivos de seguridad, rutinas de mantenimiento preventivo en las diferentes marcas y modelos de nuestros Top Drive	* Coordinador * Jefe de Equipo * Supervisor 12 Hrs. * Perforador * Mecánico
TRANSMISIÓN DE POTENCIA	Instruir al personal en el funcionamiento, aspectos de seguridad, distribución de cargas de potencias en los diferentes Sistemas del Taladro	* Coordinador * Jefe de Equipo * Supervisor 12 Hrs. * Perforador * Mecánico
CONSOLA DE CONTROLES	Entrenar al personal en el manejo y conocimiento de los controles, funciones y aspectos de seguridad de la Consola de mando de Perforación.	* Coordinador * Jefe de Equipo * Supervisor 12 Hrs. * Perforador
HERRAMIENTAS DE MANEJO	Capacitar al personal en el manejo, operación, mantenimiento, inspección, aspectos de seguridad y límites de las herramientas usadas.	* Coordinador * Jefe de Equipo * Supervisor 12 Hrs. * Perforador, Cunero * Mecánico
BOMBAS DE LODO	Capacitar al personal en el manejo, operación, funcionamiento, aspectos de seguridad, rutinas de mantenimiento preventivo en las diferentes marcas.	* Coordinador * Supervisor 12 Hrs. * Perforador * Cuñero No. 1 * Encuellador
MALACATES Y FRENOS AUXILIARES	Entrenar al personal en el manejo, conocimiento, aspecto de la inspección, funcionamiento, operación y calibración de frenos.	* Coordinador * Jefe de Equipo * Supervisor 12 Hrs. * Perforador * Mecánico.
CONTROL DE SÓLIDOS	Instruir al personal en el funcionamiento, inspección, mantenimiento, aspectos de seguridad y criterios de diseño de los Equipos de Control de Sólidos	* Coordinador * Jefe de Equipo * Supervisor 12 Hrs. * Encuellador * Mecánico
WELL CONTROL EQUIPMENT	Instruir al personal en el funcionamiento, inspección, mantenimiento.	* Coordinador * Jefe de Equipo * Supervisor 12 Hrs. * Perforador

Fuente: San Antonio Internacional. "Cursos técnicos especializados para personal operativo de campo Independence Drilling S.A ". Diciembre de 2012.

Tabla 8. Procedimiento para acceder a programas de capacitación de la empresa.

¿QUE?	¿QUIEN?	¿COMO?	REGISTRO
Solicitud de entrenamiento	Empleado interesado en obtener auxilio educativo	Presentará el Formato "Solicitud de Entrenamiento, completamente diligenciado, firmado por su Jefe Inmediato como constancia de aprobación, a la Jefatura del Departamento de Gestión Humana.	Formato Solicitud de Entrenar.
Estudio de solicitud de entrenamiento	Departamento de gestión humana	Recibirá la solicitud y verificará el cumplimiento de requisitos de acuerdo a los criterios establecidos en el presente documento. La Jefatura del Departamento de Gestión Humana, asignará un porcentaje del Auxilio, teniendo en cuenta la tabla de calificación porcentual establecida y presentará el formato con su firma de aprobación.	En documento Físico
Aprobación de auxilio educativo	Gerencia de recursos humanos	Aprobará el porcentaje de Auxilio Educativo, sobre el valor de matrícula del Curso solicitado, y como constancia de esto firmará el Formato de Solicitud presentado por el empleado.	En documento físico
Contabilización	Área de contabilidad	Recibirá la solicitud con las firmas mencionadas, y contabilizará el pago descargándolo en la cuenta correspondiente y lo remitirá al Área de Tesorería.	En el Sistema
Pago del auxilio educativo	Área de tesorería	Hará el pago respectivo al beneficiario y con él acordará la forma de pago.	Registros de pago por transferencia Electrónica.

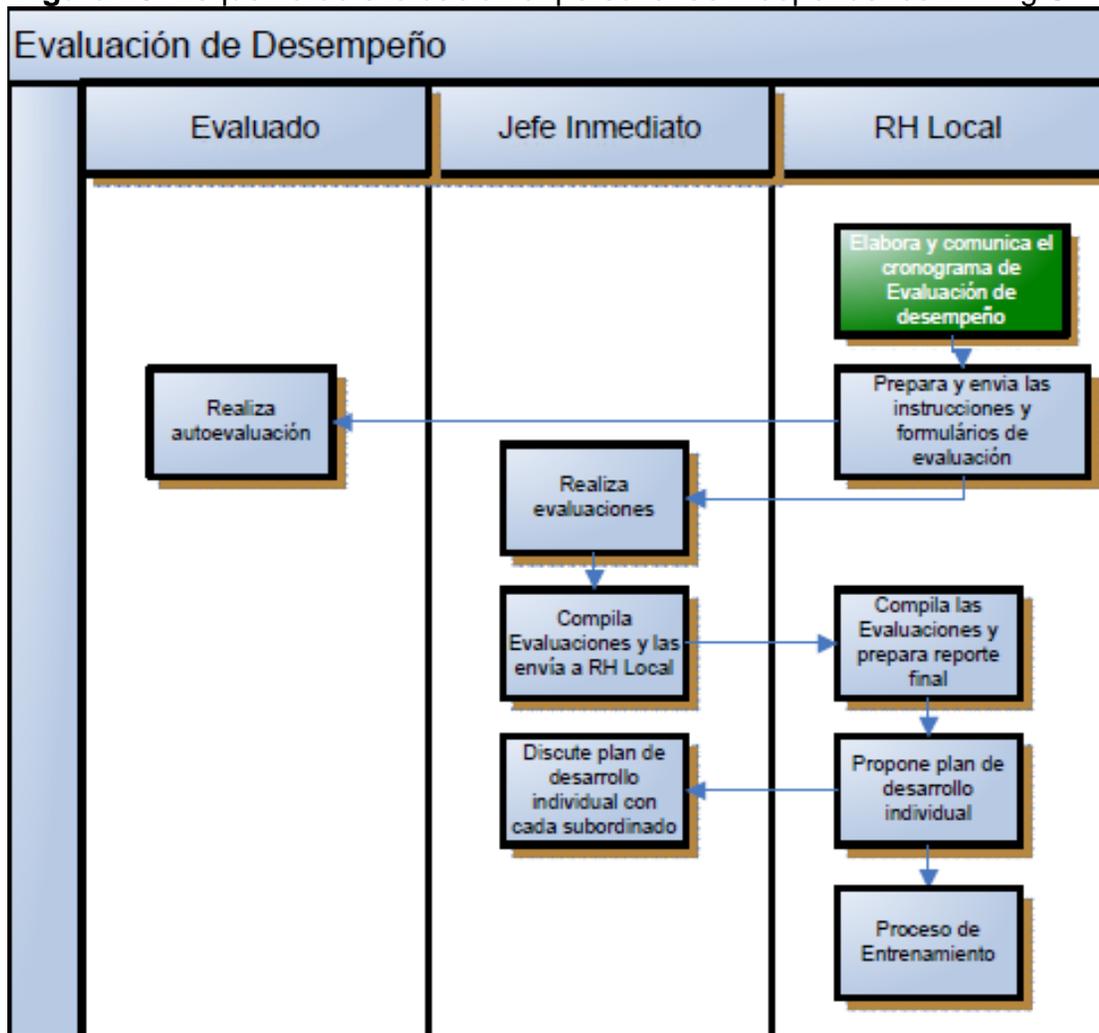
Fuente: San Antonio Internacional. "Cursos técnicos especializados para personal operativo de campo Independence Drilling S.A". Diciembre de 2012.

2.2 SISTEMA DE EVALUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA EN LOS CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE

La evaluación al personal de la empresa se realiza por medio de agentes externos en los campos Castilla y Chichimene las empresas que realizan esta labor son Lusatech y San Antonio Internacional.

El procedimiento de evaluación para el personal se basa en el esquema mostrado en la **Figura 20**.

Figura 20. Esquema de evaluación al personal de Independence Drilling S.A



Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Sistema de evaluación al personal". Bogotá 2012.

Tabla 9. Proceso de evaluación de personal en la empresa.

¿QUE?	¿QUIEN?	¿COMO?	REGISTRO
Determinación del Cronograma de Evaluación de Desempeño	Gerente de Distrito Gerente de Gente	Logrando el consenso de las partes involucradas, anualmente se establece un cronograma que contemple con claridad cada una de las etapas del proceso mencionado, incluyendo las reuniones informativas necesarias para su correcta implementación y ejecución.	Cronograma de Evaluación de Desempeño
Aplicación de Herramientas al Proceso de Evaluación	Coordinador de Gente Gerente / Jefe Unidad Operativa / Departamento	En las fechas establecidas en el Cronograma, se remite a los responsables directos del personal a evaluar, vía Recursos Humanos de cada Distrito, los formatos de Evaluación de Desempeño.	Evaluación de Desempeño del Personal Operativo Evaluación de Desempeño de Mandos Gerenciales
Procesamiento de Datos y Confección de Informes	Coordinador de Gente	Recibidas las evaluaciones de desempeño elaboradas ingresa a la Base de Datos los resultados de las mismas y se elabora el Informe Final de la Evaluación de Desempeño.	Informe Final de Evaluación de Desempeño
Análisis de la Información Generada	Gerente de Distrito Gerente de Gente Gerente / Jefe Unidad Operativa / Departamento	De acuerdo con los resultados arrojados por el análisis de los registros, se establecen planes de entrenamiento y desarrollo	Plan de Desarrollo Individual

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. "Sistema de evaluación al personal". Bogotá 2012.

El sistema de evaluación actual de la empresa para personal nuevo utiliza formatos preestablecidos, bajo la norma de calidad ISO 9001, en dichos formatos se evalúan diversos aspectos importantes como:

- Aspecto personal
- Desempeño
- Principales virtudes y defectos
- Calificación del desempeño
- Plan de desarrollo personal
- Capacitación (solo para personal de mando gerencial)

Adicional a esto se deja una sección para comentarios del evaluador, así como espacio para datos del personal evaluado y del evaluador.

A continuación se describiría brevemente cada uno de los ítems evaluados

- **Aspecto Personal:** la referencia para la calificación es una escala de 1 a 5 siendo 5 la máxima calificación posible, en el aspecto personal se evalúa el sentido común, la adaptabilidad, el compromiso y las relaciones interpersonales, en cada ítem mencionado el evaluador realiza además respectivas observaciones.

Para el personal de mando gerencial en esta sección se tiene en cuenta un ítem adicional de evaluación que se refiere al entusiasmo.

- **Desempeño:** se utiliza la misma escala de calificación de 1 a 5, en este caso se evalúan: las habilidades técnicas específicas del cargo y el desempeño en aspectos de QHSE.

Para el personal de mando gerencial esta sección cambia, los ítems evaluados son: manejo de equipos de trabajo, trabajo en equipo, seguridad, control de costos y gestión todo esto en una escala de referencia nuevamente de 1 a 5 donde 5 es la máxima calificación.

- **Principales virtudes y defectos:** en esta sección el aspirante debe enumerar tres virtudes y defectos que posea a su juicio.
- **Calificación del desempeño:** en esta parte el evaluador se encarga de dar una calificación general en la escala de 1 a 5 y adiciona comentarios y observaciones adicionales sobre el aspirante.

- **Plan de desarrollo personal:** en esta sección el aspirante debe establecer un objetivo, plazo y un programa que considere importante para su crecimiento personal o laboral.
- **Comentarios del evaluador:** esta es por lo general la última sección en donde el evaluador revisa todos los ítems anteriores y realiza observaciones de carácter general de acuerdo a lo observado en el aspirante.

Adicionalmente para el personal de mando gerencial se tiene otra categoría de evaluación la cual es:

- **Capacitación:** donde se evalúa la capacitación propia del aspirante así como a la de subordinados, de nuevo en la misma escala de evaluación de 1 a 5.

Finalmente al final del formato firma tanto el evaluador como el aspirante y luego posterior a un chequeo procede a firmar el Gerente revisor y se archiva el formato para su posterior análisis y selección.

Adicional a estos formatos dependiendo del cargo al cual desee pertenecer el aspirante se realizan pruebas técnicas específicas de acuerdo al conocimiento que debería manejar para realizar dicho cargo, así para el personal operativo tendremos exámenes técnicos para Encuellador, Maquinista, Cuñero, Supervisor y demás cargos.

De igual forma al personal antiguo se le realiza una evaluación de desempeño, dicha evaluación la lleva a cabo la empresa Lusatech por medio de unos formatos según normas de calidad preestablecidas.

Cuadro 1. Escala de calificación para personal operativo Lusatech.

PUNTAJE	CALIFICACIÓN
1 A 3	DEFICIENTE
4 A 5	REGULAR
6 A 7	BUENO
8 A 9	MUY BUENO
10	EXCELENTE

Fuente: Lusatech. "Manual de evaluación para personal operativo en campo ". Diciembre de 2008.

Los factores a evaluar en este formato son:

1. **Conocimiento y desempeño:** el cual tiene un valor ponderado del 21% y en donde se evalúan ocho ítems relacionados al manejo y el conocimiento operativo del operario.

2. **Hábitos de salud, seguridad y ambiente:** esta sección tiene un peso ponderado del 37% en la evaluación, se evalúan catorce ítems relacionadas al trabajo seguro y a la seguridad ambiental.
3. **Disciplina laboral:** esta sección corresponde a un 8% de la evaluación, se evalúan 3 ítems relacionados con la capacidad del operario en seguir las normas de la empresa y aspectos relacionados.
4. **Competencias y valores organizacionales:** esta sección corresponde al 34%, es la más importante, se evalúan aproximadamente 13 ítems relacionados a la forma de realizar el trabajo del operario y de cómo se compromete día a día con su labor y responsabilidades.

Finalmente se realiza un cálculo ponderado de cada sección y se establece de la siguiente manera el desempeño del operario de acuerdo a su puntaje total obtenido, en la **Cuadro 2** se observa la escala de calificación.

Cuadro 2. Evaluación de desempeño del operario de acuerdo a su puntaje total.

CALIFICACIÓN DEFINITIVA	PUNTAJE
Deficiente	Entre 0 y 30
Regular	Entre 31 y 69
Bueno	Entre 70 y 79
Muy bueno	Entre 80 y 95
Excelente	Entre 96 y 100

Fuente: Lusatech. "Manual de evaluación para personal operativo en campo". Diciembre de 2008.

2.3 SISTEMA DE SELECCIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA EN LOS CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE

El procedimiento para la selección de personal se presenta de forma resumida en la **Tabla 10**, en ella se puede ver el orden cronológico de los procesos de acuerdo a las solicitudes de requerimiento de personal que proponga la empresa.

Tabla 10. Procedimiento para la selección de personal de campo en Independence Drilling S.A

¿QUE?	¿QUIEN?	¿COMO?	REGISTRO
Requerimiento de personal	Gerente y personal solicitante	Enviar a Gente & Gestión / RRHH local el requerimiento de personal incluyendo descripción del perfil para la posición a cubrir.	Solicitud de requerimiento de Personal
Definir perfil del puesto	Gerente solicitante y de gestión	De acuerdo a las competencias correspondientes al puesto a cubrir y las funciones a ser desarrolladas, revisar y definir el perfil del puesto.	Descripción de Puestos y Matriz de Competencias
Evaluar promoción interna	Gerente solicitante y de gestión	Evaluar si hay posibilidad de aprovechamiento interno. Divulgar la disponibilidad de vacante mediante e-mails, cuadros internos de comunicación y otros.	No
Definir el canal de búsqueda	Gente y Gestión	En función del tipo de perfil solicitado, se selecciona el canal más adecuado. Tales como bases de datos, referencias, consultoras, avisos en diarios, universidades, empresas de selección (head-hunters) y otros.	Informe de Consultoras / Referencias /Avisos
Selección y evaluación	Gerente solicitante y de gestión	Evaluación técnica por parte del sector solicitante. Entrevistas y análisis de currículos.	Currículo de los candidatos

Fuente: San Antonio Internacional. "Proceso de selección al personal operativo en campo". Diciembre de 2010.

3. CARACTERIZACIÓN DEL SOFTWARE 'WORKOVER/DRILLING' EN CUANTO A DISEÑO Y ESTRUCTURA

Dando cumplimiento al objetivo tres se procede a caracterizar en cuanto a normas y estructura como estará constituido la herramienta virtual "Workover/Drilling", en este capítulo nos encontraremos con normas como la ISO 9001:2008 y la norma ISO/IEC 9126, muy importantes en la caracterización de calidad del producto.

La caracterización del software creado es pieza vital en el desarrollo del proyecto, debido a que se debe hacer de conocimiento público cual fue el tipo de programa creado, las características de estructura, herramientas de visualización y navegación, componentes estructurales y de adecuación, todo esto se debe realizar para que el usuario o administrador que utilice el programa lo pueda hacer de forma fácil y eficiente.

La normatividad utilizada para realizar el software fue la norma ISO 9001:2008 la cual establece lineamientos para los sistemas de gestión de calidad, que el software como producto que es, debe cumplir.

"Esta Norma Internacional especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad, cuando una organización"¹:

- Necesita demostrar su capacidad para proporcionar regularmente productos que satisfagan los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.
- Aspira a aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua del sistema y el aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente y los legales y reglamentarios aplicables.

"Todos los requisitos de esta Norma Internacional son genéricos y se pretende que sean aplicables a todas las organizaciones sin importar su tipo, tamaño y producto suministrado.

Cuando uno o varios requisitos de esta Norma Internacional no se puedan aplicar debido a la naturaleza de la organización y de su producto, pueden considerarse para su exclusión."²

Según ISO en el sistema de gestión de calidad dentro de los requisitos generales "La organización debe establecer, documentar, implementar y mantener un sistema de gestión de la calidad y mejorar continuamente su eficacia de acuerdo con los requisitos de esta Norma Internacional, la organización debe:"³

¹ ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO). Normas ISO 9001:2008. 2008, p.1

² ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO). Normas ISO 9001:2008. 2008, p.1

³ ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO). Normas ISO 9001:2008. 2008, p.2

- Determinar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización.
- Determinar la secuencia e interacción de estos procesos.
- Determinar los criterios y los métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces.
- Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos,
- Realizar el seguimiento, la medición cuando sea aplicable y el análisis de estos procesos.
- Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

Cabe resaltar que la organización o compañía debe seguir estos procedimientos de acuerdo a los parámetros establecidos en la norma Internacional ISO 9001:2008.

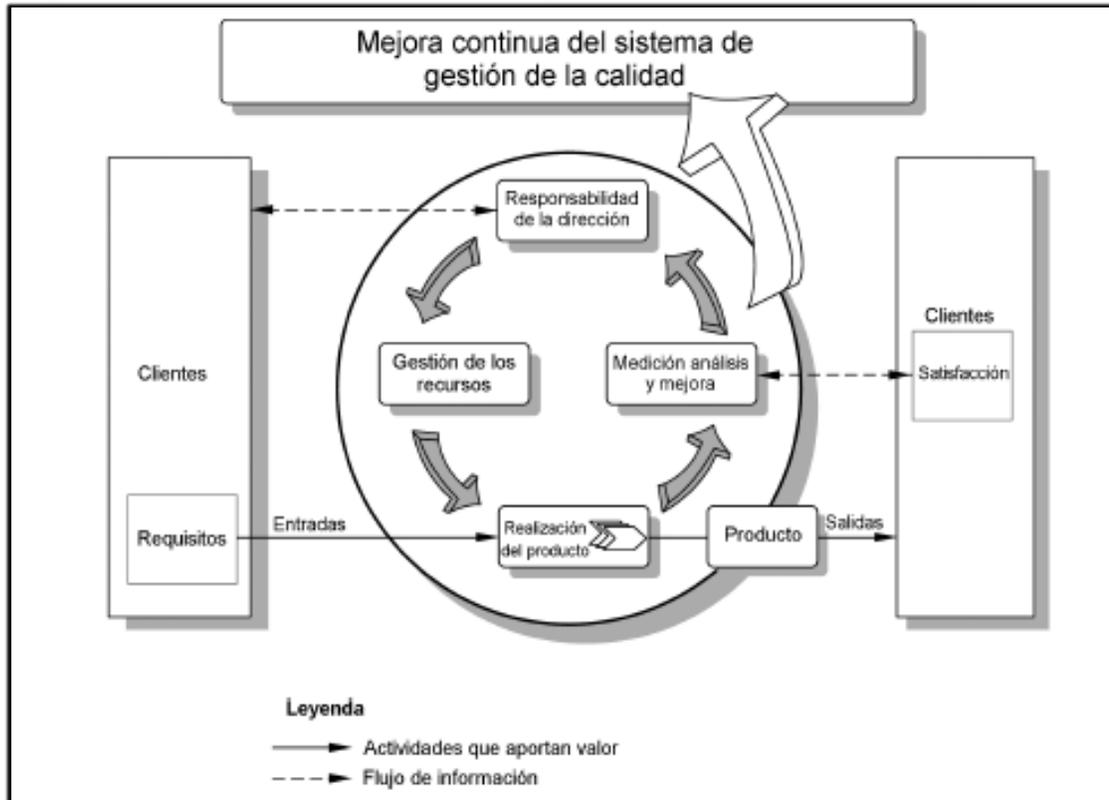
Para dar cumplimiento con la norma se deben seguir los siguientes pasos:

- Análisis del proceso actual
- Mejoras o alternativas generadas a partir del análisis.
- Resultados así como evaluaciones de las mejoras propuestas.

Si no se desarrollan adecuadamente los anteriores pasos se generan procesos cíclicos en los cuales es muy difícil conseguir mejoramiento continuo, en la **Figura 21**, se puede observar cómo se debe desarrollar un modelo de gestión de calidad basado en procesos dentro de una organización.

Debe existir una relación entre los clientes y la organización, la responsabilidad de los altos mandos es de vital importancia, así mismo se debe hacer una buena gestión de recursos, para la realización de buenos productos que cumplan con los más altos estándares de calidad y todo esto se debe poder plasmar en resultados que permitan la mejora continua, en el escenario ideal se espera que los clientes logren un alto grado de satisfacción en base al producto brindado.

Figura 21. Modelo de un sistema de gestión de calidad basado en procesos.



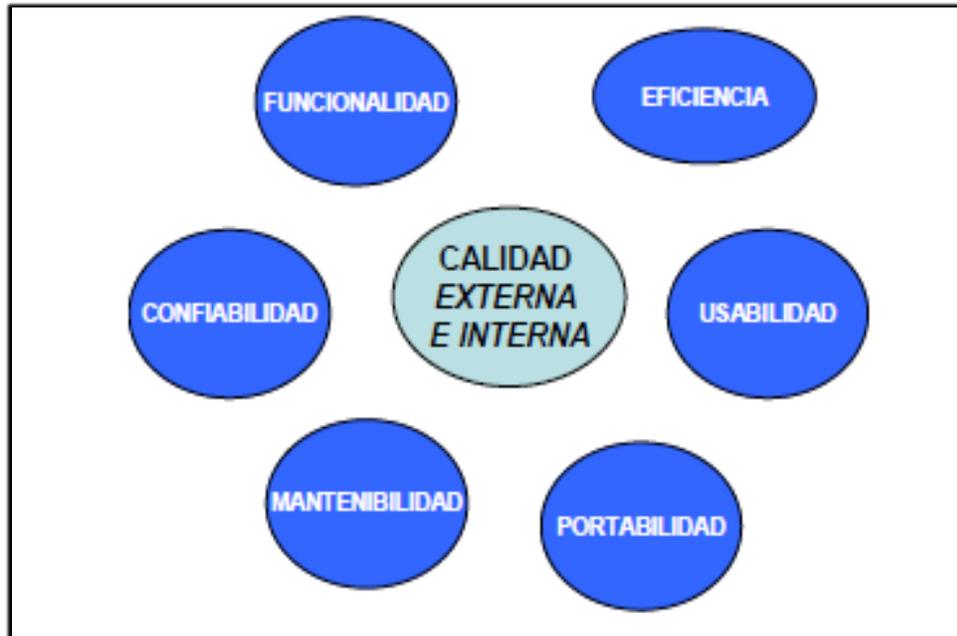
Fuente: ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN (ISO). Norma ISO 9001:2008. 2008. p vii.

Además de la norma ISO 9001:2008 utilizada, en dicho trabajo de grado también se tuvo en cuenta la Norma ISO/IEC 9126 la cual es usada en la evaluación de la calidad del software.

Básicamente el modelo de calidad de un software se describe bajo seis aspectos los cuales son: confiabilidad, mantenibilidad, portabilidad, usabilidad, eficiencia y funcionalidad; esto se puede apreciar mejor en la **Figura 22**.

En términos generales la norma ISO/IEC 9126 establece parámetros de calidad para un software, el objetivo general de dicha norma es dar soporte de calidad y describir un modelo de procesos para la evaluación de productos específicos como los software.

Figura 22. Modelo de calidad interna y externa de un software.



Fuente: Guía técnica para la evaluación de software. Carlos Alberto Lago García y Erledy Marín Mazo. 2005. P11.

La norma ISO/IEC describe la calidad del producto en dos partes:

- Calidad interna y externa
- Calidad en el uso

Figura 23. Modelo de calidad en el uso del software.



Fuente: Guía técnica para la evaluación de software. Carlos Alberto Lago García y Erledy Marín Mazo. 2005. P24.

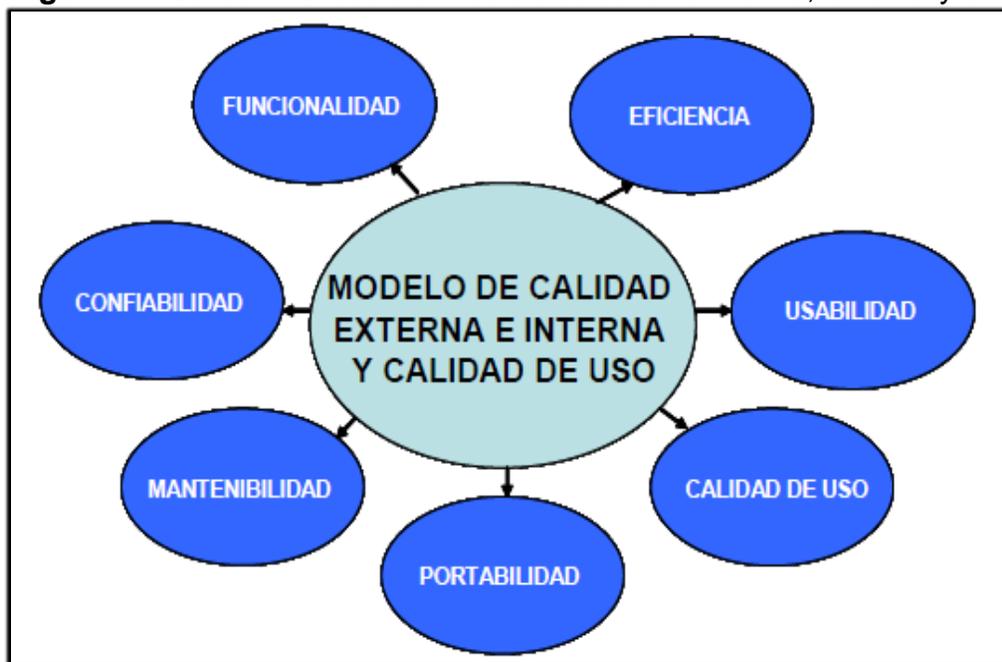
La calidad interna y externa se mide en seis factores que se pueden apreciar en la **Figura 23**, cada uno de estos factores se subdividen en diversas categorías.

Dichas subcategorías se manifiestan de manera externa cuando el software es usado como una máquina de cómputo o sistema automatizado, y cada una de estas subcategorías son el producto de características internas que posee el software.

Por otro lado la calidad del uso especifica cuatro características de calidad que se pueden observar en la Figura 19, se puede definir la calidad en uso como la forma como el usuario final logra llevar a cabo los distintos procesos de manera eficiente, exacta y con alto grado de satisfacción; eso en pocas palabras resume los cuatro factores de dicha categoría.

La **Figura 24**, resume las características del modelo de calidad interna y externa que debe poseer un software y su respectivo modelo de calidad en uso.

Figura 24. Características del modelo de calidad interna, externa y en uso.



Fuente: Guía técnica para la evaluación de software. Carlos Alberto Lago García y Eledy Marín Mazo. 2005. P14.

3.1 ANÁLISIS DE REQUISITOS

Se deben identificar los requerimientos y con base en estos determinar el producto a desarrollar, esto constituye la tarea principal de los investigadores. Dicho proyecto buscara suplir las necesidades actuales de la empresa, sin embargo no es la única solución posible, y sus técnicas de elaboración están sujetas a cambios debido a futuras nuevas tendencias.

3.1.1 Recolección de datos e información. Se basa en el análisis de la situación actual de la empresa, de manera tal que dicho análisis conlleva a la identificación de nuevos requerimientos que proporcionaran el origen del nuevo sistema a implementar. Para poder lograr esto se requieren técnicas de recolección de datos así como interpretación de las mismas, cada una de estas técnicas permitirán recolectar el volumen de información necesario para continuar con la investigación.

3.1.2 Entrevistas. Es la técnica más usada en la investigación, en ella se realizan encuentros entre los investigadores y los directivos, con el fin de obtener la información necesaria así como las opiniones de los usuarios acerca del sistema actual que se ejecuta en la empresa, también se deben buscar cuales son los objetivos del proceso en la empresa así como de qué manera se lleva a cabo.

3.1.3 Observación del entorno. Básicamente es observar de qué manera el personal realiza su trabajo, esta técnica es de mucha utilidad porque permite identificar aspectos relevantes acerca del sistema actual, así como falencias de dicho sistema. Una buena observación permite a los investigadores identificar, que se hace, como se hace, quien lo hace, cuando se realiza, cuánto tiempo tarda, porque se hace y donde se hace lo que se considera como el objeto de la investigación.

Se puede realizar la observación de tres maneras básicas. La primera es en la cual los investigadores observan una operación o proceso sin intervenir para nada en dicha operación, pero la persona observada está consciente de la observación. La segunda forma es observar de manera omnipresente sin que la persona o lo observado se dé cuenta que lo están observando, por último se puede observar de una manera conjunta que consiste en observar e interactuar con las personas observadas, esta última es la mejor alternativa y la que se desarrolló en el proceso de investigación.

Para poder proponer un nuevo sistema se debe conocer el actual, por esto además de entrevistas se realizaron observaciones e interacción con el personal que realiza las tareas del objetivo de la investigación, se realizaron preguntas a cada uno de estos usuarios acerca del tiempo que tardan, como realizan la tarea y porque la realizan.

Se identificó que las tareas se vuelven repetitivas y tediosas debido a que muchos de los procesos actualmente implementados en la empresa se realizan de forma manual. Debido a que los procesos no son eficientes se pierde tiempo y dinero en las tareas propuestas.

3.2 DIAGRAMAS DEL PROCESO ACTUAL

“Un proceso es una secuencia de pasos dispuesta con algún tipo de lógica que se enfoca en lograr algún resultado específico. Los procesos son mecanismos de comportamiento que diseñan los hombres para mejorar la productividad de algo, para establecer un orden o eliminar algún tipo de problema”¹.

Por medio de las entrevistas y la observación directa se logró encontrar un problema en la empresa, el proceso que actualmente se sigue para la evaluación, capacitación y selección de personal, se base en su mayoría en tareas manuales, que provocan que las tareas se vuelvan repetitivas y tediosas, dando origen a errores y equivocaciones que se traducen en problemas en la preparación, evaluación y selección de su personal operativo de campo.

3.3 DIAGRAMA DE PROCESO REQUERIDO

El proceso que se requiere para innovar el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal actual se basa en el desarrollo de un software o herramienta virtual, completamente nueva en donde se logren superar las debilidades del personal de campo con respecto a conocimientos técnicos operacionales y de seguridad, de manera tal que se logren agilizar los procesos de evaluación y selección del personal. Para el desarrollo de la aplicación se cuenta con equipos de cómputo, personal experto en ingeniería de sistemas que brindara el soporte técnico a los investigadores, al mismo tiempo para el desarrollo de la aplicación se necesita el conocimiento de algunos términos relacionados con programación como son lenguaje Visual Basic, base de datos, Pre procesador de hipertexto (PHP), servidor, Java Script (JS), lenguaje de programación C++ y conexión a base de datos denominado como MySql que cuenta con conexión al sistema.

La herramienta no requiere de componentes informáticos de gran soporte en los equipos donde se implemente, tampoco es necesario de conexión permanente a un sistema de red, debido a que cuenta con una herramienta virtual de almacenamiento conocida como XAPP que permite tener todos las herramienta y componentes informáticos y demás atributos de la aplicación mencionados anteriormente de manera gratuita, sin necesidad de invertir en licencias para la protección de datos.

Los requerimientos mínimos de hardware son los siguientes:

- Servidor o equipo principal
- 400 a 600 gigabytes de disco duro
- 2 Gigabyte de memoria RAM (Random Access memory)
- Procesador de 2,2 gigahercios (GHz)
- Tarjeta gráfica de cualquier tipo

En cuanto al software se requiere de mínimo:

- Navegador web de cualquier tipo
- Sistema operativo activo (Mínimo Windows XP)
- Lector de archivos o de formato de documento portátil (PDF)
- Plugins compatibles con animaciones flash
- Programa de procesador de texto, presentaciones y hojas de cálculo.
- Sistema de gestión para base de datos denominado MySql
- Servidor Web
- Manejo de procesador de hipertexto (PHP). En la mayoría de los casos se denomina Apache.

3.4 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

El diagrama de casos de uso básicamente es un diagrama básico fundamental que permite ver de una manera muy simple los componentes de un programa, se muestra la relación entre el emisor y el receptor, así como también se muestra en qué proporción interactúan los dos tipos de usuario que son el administrador y el usuario en sí que es el que toma participación con el software, esto se puede ver mejor en la **Figura 25**.

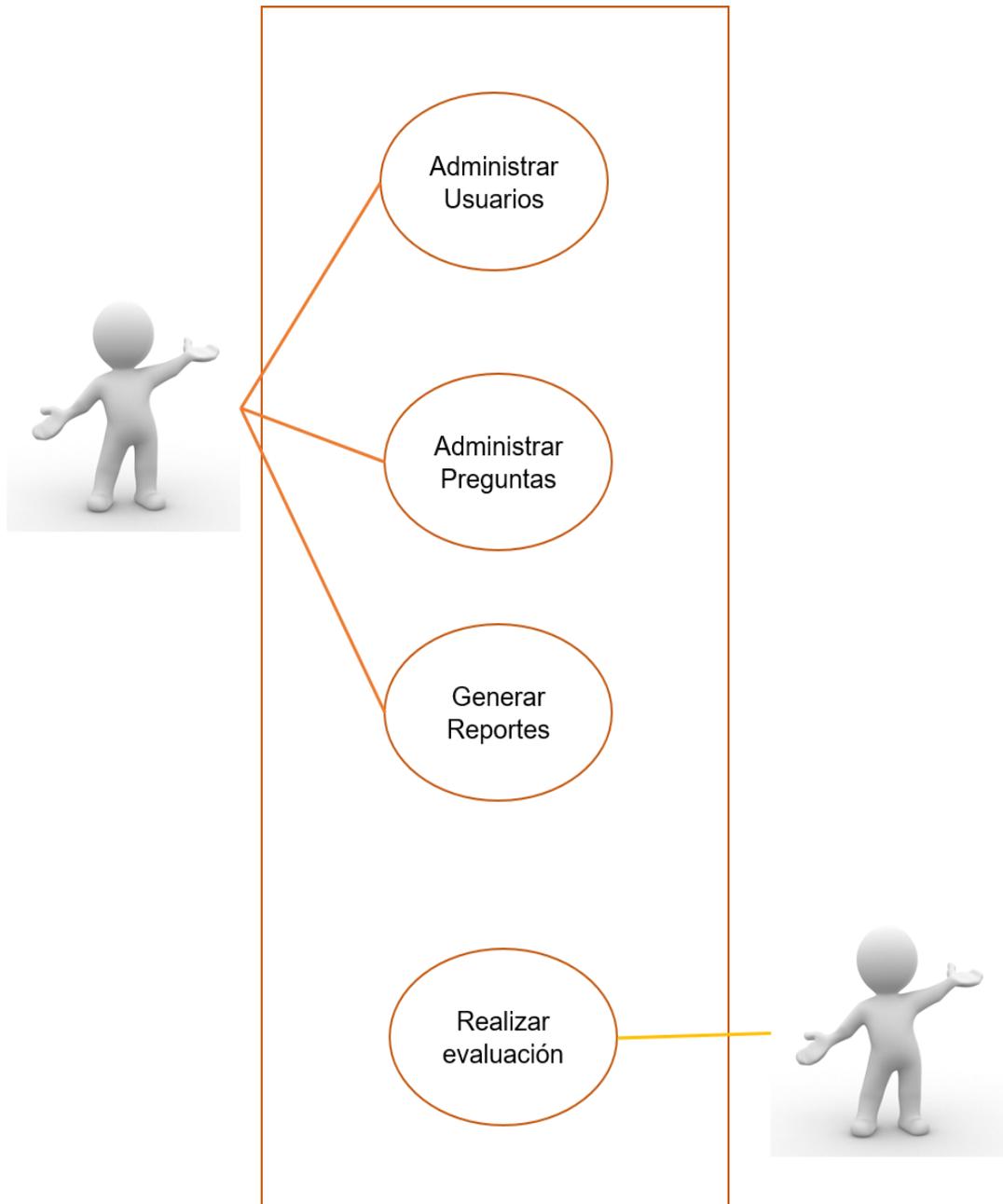
En el diagrama anterior se puede observar el medio de comunicación entre la empresa y los usuarios finales que en este caso son el personal operativo de campo.

3.5 DOCUMENTACIÓN DE CASOS DE USO

Esta documentación permite conocer qué tipo de pasos y procedimientos se deben realizar de acuerdo a el tipo de acción en el software, dentro de estas acciones cabe destacar a los actores, tipo de documentación necesaria para actuar y en qué momento se necesita la participación del usuario.

3.5.1 Actores. En la aplicación solo se observan dos tipos de actores, los cuales son los trabajadores y el administrador principal, ellos deben cumplir ciertas actividades que se resumen en las **Tablas 11 y 12**.

Figura 25. Gestión de usuarios de la plataforma virtual



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 11. Documentación del actor administrador.

Actor	Administrador
Tipo	Primario
Casos de uso	Iniciar sesión (log in) Administrar preguntas y módulos Administrar usuarios Cambiar contraseñas Generar reportes Generar evaluaciones

Tabla 12. Documentación del actor usuario final (trabajadores).

Actor	Personal operativo
Tipo	Primario
Casos de uso	Iniciar sesión (log in) Gestionar capacitación Cambiar contraseñas

3.6 CASOS DE USO

Son todas aquellas acciones en las que se requiere participación de los actores, de la **Tabla 13** a la **Tabla 22**, respectivamente, se muestran los procedimientos, flujos de acciones principales y requerimientos para realizar los diferentes tipos de acciones.

Tabla 13. Documentación de caso de uso al iniciar sesión.

Caso de uso	Inicio de sesión (log in)
Identificador	I
Descripción	El usuario realiza el inicio de sesión para poder ingresar a la plataforma.
Actor principal	Administrador Personal operativo
Actor no principal	Base de datos
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que el usuario este pre registrado en la plataforma
Procedimiento del caso	<ul style="list-style-type: none"> • El caso de uso empieza cuando el sistema arroja un formulario para iniciar sesión. • Se debe digitar usuario y contraseña • El sistema valida la información • El sistema permite el log in
Condiciones después de la acción	<ul style="list-style-type: none"> • Se permite el acceso al sistema
Flujo de posible alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Si hay datos inconsistentes, el sistema muestra mensaje de error y regresa al punto I del flujo.

Tabla 14. Documentación de caso de uso administrar usuario.

Caso de uso	Administrar usuario
Identificador	II
Descripción	El usuario puede administrar sus datos
Actor principal	Administrador
Actor no principal	Base de datos
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe estar registrado en el sistema • El usuario debe haber iniciado sesión. • No exista un registro previo de usuario • Un usuario ya debe estar registrado
Procedimiento del caso	<ul style="list-style-type: none"> • El caso de uso empieza cuando la plataforma muestra el formulario para generar reporte • Se selecciona: agregar, modificar usuario. • El sistema valida la información • El sistema llama el formulario
Condiciones después de la acción	<ul style="list-style-type: none"> • Formulario abierto
Flujo de posible alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresar o modificar usuario.

Tabla 15. Documentación de caso de uso al ingresar usuario.

Caso de uso	Ingresar usuario
Identificador	II.1
Descripción	El usuario puede ingresar los datos de los usuarios.
Actor principal	Administrador
Actor no principal	Base de datos
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que el usuario este pre registrado en la plataforma. • El usuario debe haber iniciado sesión • No existe un registro de algún usuario
Procedimiento del caso	<ul style="list-style-type: none"> • El caso de uso empieza cuando el sistema arroja el formulario para ingresar al usuario • Se debe ingresar los datos • El sistema valida la información • El sistema permite guardar los datos
Condiciones después de la acción	<ul style="list-style-type: none"> • Usuario guardado
Flujo de posible alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Si hay datos inconsistentes, el sistema muestra mensaje de error y regresa al punto I del flujo.

Tabla 16. Documentación de caso de uso administrar cuestionarios.

Caso de uso	Administrar cuestionarios
Identificador	III
Descripción	El usuario puede administrar los cuestionarios que se utilizan en los procesos de evaluación.
Actor principal	Administrador
Actor no principal	Base de datos
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que el usuario este pre registrado en la plataforma. • El usuario debe haber iniciado sesión.
Procedimiento del caso	<ul style="list-style-type: none"> • El caso de uso empieza cuando el sistema arroja el formulario para generar un reporte • Se selecciona la opción agregar o modificar pregunta. • Se modifican los datos permitidos por el sistema • El sistema valida la información. • El sistema llama al formulario.
Condiciones después de la acción	<ul style="list-style-type: none"> • Formulario abierto
Flujo de posible alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar o modificar pregunta

Tabla 17. Documentación de caso de uso al ingresar pregunta.

Caso de uso	Ingresar pregunta
Identificador	III.1
Descripción	El usuario puede ingresar preguntas de evaluación.
Actor principal	Administrador
Actor no principal	Base de datos
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que el usuario este pre registrado en la plataforma. • El usuario debe haber iniciado sesión
Procedimiento del caso	<ul style="list-style-type: none"> • El caso de uso empieza cuando el sistema arroja el formulario para ingresar las preguntas • Se debe ingresar los datos • El sistema valida la información • El sistema permite guardar los datos
Condiciones después de la acción	<ul style="list-style-type: none"> • Pregunta almacenada
Flujo de posible alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Si hay datos inconsistentes, el sistema muestra mensaje de error y regresa al punto I del flujo.

Tabla 18. Documentación de caso de uso al modificar pregunta.

Caso de uso	Modificar pregunta
Identificador	III.2
Descripción	El usuario puede modificar las preguntas.
Actor principal	Administrador
Actor no principal	Base de datos
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que el usuario este pre registrado en la plataforma. • El usuario debe haber iniciado sesión.
Procedimiento del caso	<ul style="list-style-type: none"> • El caso de uso empieza cuando el sistema arroja el formulario para modificar las preguntas. • Se busca el registro a modificar • Se modifican los datos • El sistema valida la información • El sistema permite guardar los datos
Condiciones después de la acción	<ul style="list-style-type: none"> • Pregunta modificada
Flujo de posible alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Si hay datos inconsistentes, el sistema muestra mensaje de error y regresa al punto I del flujo.

Tabla 19. Documentación de caso de uso generar reportes de evaluación.

Caso de uso	Generar reportes
Identificador	IV
Descripción	El usuario puede generar un reporte de acuerdo a lo que necesite observar.
Actor principal	Administrador
Actor no principal	Base de datos
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que el usuario este pre registrado en la plataforma. • El usuario debe haber iniciado sesión • Existencia de datos para mostrar reportes
Procedimiento del caso	<ul style="list-style-type: none"> • El caso de uso empieza cuando el sistema arroja el formulario para generar un reporte. • Se ingresa la información necesaria requerida por la plataforma • El sistema valida la información • El sistema genera un reporte
Condiciones después de la acción	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de reporte
Flujo de posible alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Si hay datos inconsistentes, el sistema muestra mensaje de error y regresa al punto I del flujo.

Tabla 20. Documentación de caso de uso ingresar a tutorial.

Caso de uso	Ingresar a tutorial
Identificador	V
Descripción	El usuario interactúa con la plataforma para capacitarse.
Actor principal	Personal operativo
Actor no principal	Base de datos
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que el usuario este pre registrado en la plataforma. • El usuario debe haber iniciado sesión
Procedimiento del caso	<ul style="list-style-type: none"> • El caso de uso empieza cuando el sistema arroja el contenido o información. • Se pueden ver videos y tutoriales de capacitación. • Se avanza en los temas que requiera el usuario
Condiciones después de la acción	<ul style="list-style-type: none"> • Información adquirida por el personal
Flujo de posible alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Existe la posibilidad de volver a ver temas en la plataforma, con tiempo limitado.

Tabla 21. Documentación de caso de uso realizar evaluación.

Caso de uso	Realizar evaluación
Identificador	VI
Descripción	El operador podrá realizar la evaluación por módulos
Actor principal	Personal operativo
Actor no principal	Base de datos
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere que el usuario este pre registrado en la plataforma e iniciar sesión previamente. • Existencia de preguntas que permitan generar una evaluación.
Procedimiento del caso	<ul style="list-style-type: none"> • El caso de uso empieza cuando el sistema arroja el formulario con preguntas de evaluación. • Se selecciona las respuestas de cada pregunta • El sistema valida la información • El sistema genera un reporte de calificación
Condiciones después de la acción	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación
Flujo de posible alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Si hay datos inconsistentes, el sistema muestra mensaje de error y regresa al punto I del flujo.

Tabla 22. Documentación de caso de uso cambiar contraseñas.

Caso de uso	Cambiar contraseña
Identificador	VII
Descripción	El usuario puede modificar su contraseña de acceso.
Actor principal	Personal operativo, administrador
Actor no principal	Base de datos
Condiciones previas	<ul style="list-style-type: none"> • Debe existir un registro del usuario en el sistema. • El usuario debe haber iniciado sesión
Procedimiento del caso	<ul style="list-style-type: none"> • El caso de uso empieza cuando el sistema arroja el formulario cambiar contraseña. • El usuario ingresa los datos (contraseña antigua, una nueva y la confirmación de esta última) • El sistema valida la información • El sistema genera un reporte de calificación
Condiciones después de la acción	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de nueva contraseña para inicio de sesión.
Flujo de posible alternativa	<ul style="list-style-type: none"> • Si hay datos inconsistentes, el sistema muestra mensaje de error y regresa al punto I del flujo.

3.7 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

Debido a que se está hablando de una plataforma o programa informático, se debe caracterizar el lenguaje con que se realizan las acciones o comandos de uso, porque es importante que el usuario conozca el tipo de programación utilizada en el programa, de manera tal que se tenga un punto de referencia con posibles actualizaciones que se pueden realizar a futuro.

3.7.1 Preprocesador de hipertexto (PHP). Lenguaje creado por Rasmus Lendorf en 1995, el lenguaje actualmente sigue siendo desarrollado por el grupo PHP, es un lenguaje que hace parte de un software libre desarrollado por PHP, no es compatible con las Licencias publicas generales GNU. Cuenta con características propias de autoría del grupo PHP.

Es un lenguaje básico de programación de uso general, con código abierto o disponible a todo público, su uso principal es para el desarrollo de páginas web con modelos dinámicos. Es un lenguaje bastante antiguo pero posee una gran ventaja y es que permite incorporar documentos en formato HTML sin tener la necesidad de utilizar archivos externos que procesen los datos, proceso que tardaría más. Dicho código es interpretado por un servidor web principal el cual posee un módulo de procesador PHP que es el que se encarga de generar la página web definitiva, PHP desde su creación ha avanzado y actualmente incluye una herramienta de gran utilidad como lo es una interfaz de línea de comandos que permiten independizar las aplicaciones graficas de la plataforma. Su uso es en la gran mayoría de servidores web y también es capaz de ser corrido en la mayoría de sistemas operativos y plataformas de sistemas sin generar costos.

3.8 METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN

La metodología de programación es la que permite que un programa resuelva un problema dado teniendo en cuenta los factores que influyen en la creación de dicho problema.

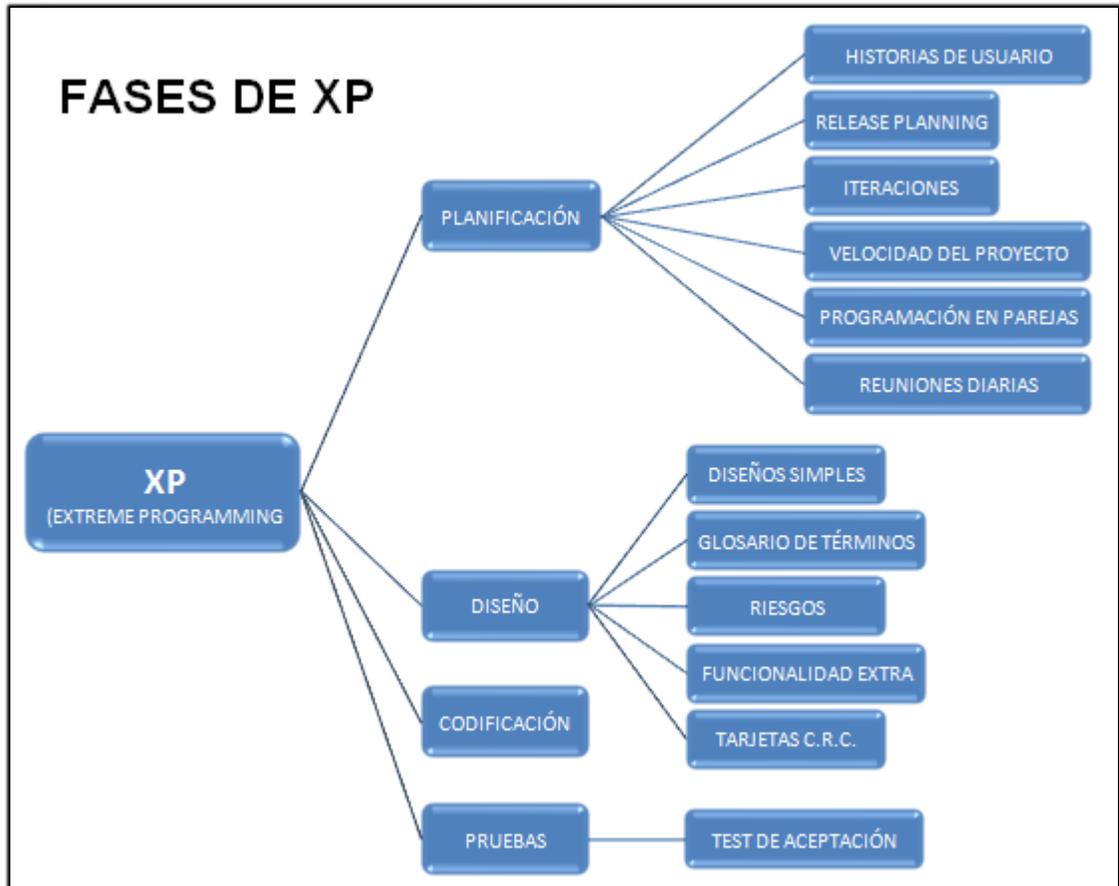
Se puede definir la metodología de programación como un sistema de métodos, reglas u operaciones que permiten afrontar de manera sistemática y concreta el desarrollo de una plataforma o software que resuelve un problema dado por medio de algoritmos. Por lo general está estructurada por medio de una secuencia de paso que toman como punto inicial la buena definición del problema y finalizan con el desarrollo de un programa que resuelve a dicho problema.

3.8.1 Programación externa. Metodología basada en el desarrollo de software desarrollada por Kent Benck. Es uno de los procesos más resaltados para el desarrollo de software. Dicha forma de programación difiere con las metodologías

tradicionales en que se enfoca mucho más en la adaptabilidad que en la previsibilidad de la plataforma o programa.

En la **Figura 26** se pueden observar las fases de la metodología de programación externa también conocida como XP, en ella se pueden ver las relaciones entre cada una de las fases y los factores asociados a cada uno de ellos.

Figura 26. Fases de la metodología de programación externa.



Fuente: Fases de programación externa. Disponible en: <http://maestriamodulo7.blogspot.com>.

Lo que se busca con la programación externa es cumplir o satisfacer las necesidades que requiera el cliente, en su metodología involucra al cliente como una parte del equipo. Por lo general se usa este tipo de programación cuando se desarrollan aplicaciones con programadores pequeños y no de gran tamaño.

Al inicio se creó este tipo de programación para el desarrollo de programas donde el usuario no tiene una idea definida del producto que requiere, por ende permite

el cambio constante en los cambios o requisitos que necesite el usuario modificar, lo cual se hará a lo largo del tiempo según los requerimientos del cliente.

Este tipo de programación se desarrolla bajo los siguientes principios:

- Manejo simplificado: buenos diseños y modelos simples de corrida.
- Buena comunicación o trabajo grupal en equipo.
- Feedback: retroalimentación y participación del cliente en base a su opinión del producto.
- Metodologías matemáticas: iteraciones, factorizaciones, pruebas, análisis de resultados.

3.9 FASES DE LA PROGRAMACIÓN EXTERNA

Las fases que se mencionaran a continuación son las que permiten el desarrollo del proyecto a desarrollar, por ende es vital cumplir a cabalidad cada una de ellas para que el resultado esperado se dé y que las metas del programa puedan ser implementadas.

3.9.1 Primera fase: planificación del proyecto. Para lograr una buena planificación es necesario es necesario cumplir ciertas pautas que se mencionan a continuación.

3.9.1.1 Historias de usuario. Representan la recolección inicial de los requerimientos en base a disposiciones preestablecidas con la empresa, usando la entrevista como herramienta fundamental de recolección de información. Los requerimientos están identificados en los diagramas de casos de uso. Con base en la información recolectada se estima un tiempo para el desarrollo del proyecto, se establecen prioridades y posibles retardos que se puedan presentar.

3.9.1.2 Plan de entregas. Se establece un conjunto de pautas para poder tener claro un cronograma de trabajo y decidir sobre las actividades a desarrollar en dicho cronograma, estableciendo tiempos limite.

Cada etapa del proceso se estableció con tiempos de semanas de trabajo para el desarrollo de las mismas.

Se identificaron 5 elementos importantes para poder culminar el proyecto dentro del tiempo planeado.

- **Elemento 1.** Cumplir con las fechas estipuladas para el desarrollo del proyecto.

- **Elemento 2.** Se requiere de asesoría en ingeniería de sistemas, hacia los investigadores para el desarrollo de la plataforma virtual.
- **Elemento 3.** Se estimó un tiempo límite para culminar el proyecto de máximo 8 meses.
- **Elemento 4.** Se requieren seguir ciertas normas de calidad para que el producto terminado satisfaga las necesidades del cliente.
- **Elemento 5.** Es de vital importancia que a los investigadores se les suministre toda la información necesaria por parte de la empresa para la culminación del proyecto.

3.9.1.3 Iteraciones o pruebas. Básicamente lo que se busca en este punto es que en un periodo de una o dos semanas el cliente puede hacer pruebas en el software sobre todos los casos de uso mencionados anteriormente.

Si se requieren realizar cambios, se harán de acuerdo a las especificaciones y deseos de la empresa sobre la plataforma virtual.

3.9.1.4 Velocidad del proyecto. De acuerdo al número de casos de uso se desarrollara la implementación, cabe resaltar que dependiendo del caso de uso, la implementación podrá tardar más o menos tiempo de acuerdo a los tiempos requeridos por el cliente o usuario.

3.9.1.5 Reuniones periódicas. Se deberán realizar reuniones con el personal y la base administrativa para encontrar posibles errores y proponer nuevas soluciones para mejorar la eficiencia de la plataforma virtual.

3.9.2 Segunda fase: diseño de la plataforma. En esta fase se hace un bosquejo inicial de cómo se quiere el software, atributos, calidad y componentes fundamentales, son factores muy importantes a tener en cuenta. Se debe llegar a un acuerdo entre lo que busca la empresa y lo que proponen los investigadores.

3.9.2.1. Diseños poco complejos. Se busca que los diseños sean lo más simple posibles para que sean de fácil comprensión para todo el personal a quien será dirigido la plataforma, para poder realizar estos diseños se usaron herramientas como pencil y otras muy similares a esta. Los bosquejos y diseños iniciales fueron cambiando a medida que se desarrollaba el bosquejo final.

- **Glosario de términos.** Es muy importante que dentro del software se haga una buena especificación de los términos presentes, para que en el transcurso de la implementación todo se torne mucho más sencillo.

- **Tipo de prototipos.** A lo largo del desarrollo del software se establecieron posibles versiones o adaptaciones, las cuales se fueron mejorando de acuerdo a las funcionalidades y parámetros requeridos.

3.9.3 Tercera fase: codificación. Para el desarrollo de la plataforma se utilizó la programación orientada a objetos (POO), la cual se basa en emplear objetos simples con el fin de generar programas sencillos y de fácil entendimiento para el usuario.

Debido a que es una programación distinta a las otras, se debe enfocar todo el pensamiento en desarrollar las aplicaciones en torno a los objetos de estudio. Este tipo de programación busca simular objetos de la vida real por medio de objetos teniendo en cuenta las características y funciones que se deseen observar en el programa.

Para la parte del diseño web se utilizaron lenguajes como PHP, HTML, Java script y lenguaje C++, los cuales permitieron conectar todo el programa a una base de datos, en donde se pueden realizar consultas, evaluaciones realizadas y demás archivos históricos de una manera rápida y eficiente.

3.9.4 Cuarta fase: pruebas. En esta fase se observa si el programa cumple con los requisitos o exigencias que se le plantean. Debe existir un correcto desempeño en cuanto a funcionalidad, evaluaciones, preguntas, información o tutoriales, base de información, conexión entre datos, etc.

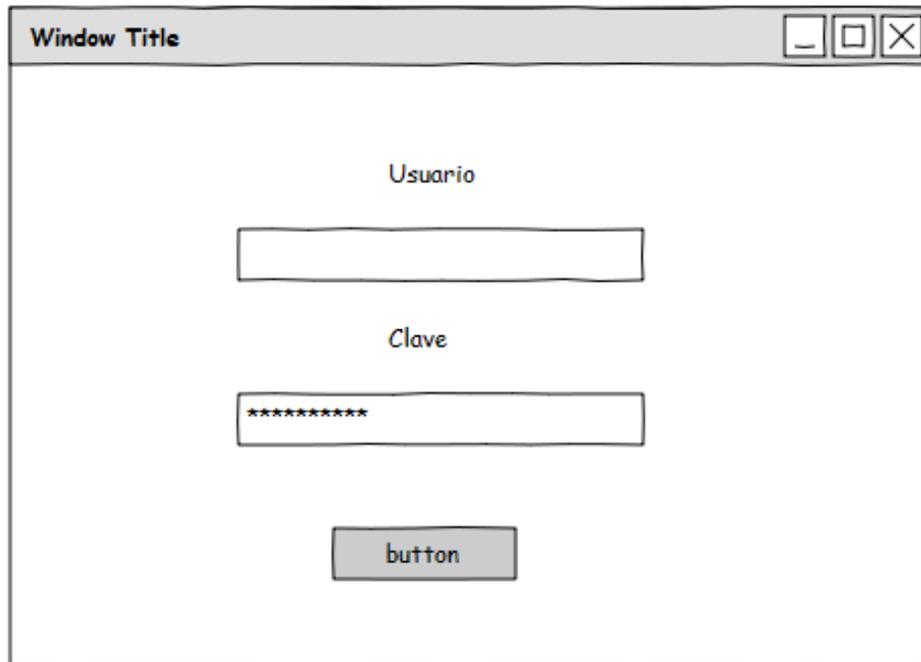
Es importante resaltar que la aplicación debe poseer una base de datos robusta, debido a que en la empresa se manejan grandes volúmenes de información que cambia a medida que pasa el tiempo. Se debieron aplicar procesos de administración para verificar que todo se estuviera desarrollando de manera adecuada.

A la base de datos adicionalmente se le requiere validar si está cumpliendo con actualizaciones, conexiones, valores nulos y de unicidad, restricciones, etc. Luego de realizar varias validaciones se pudo establecer que la aplicación funcionaba de manera correcta y eficiente.

3.10 PROTOTIPO DE PANTALLAS

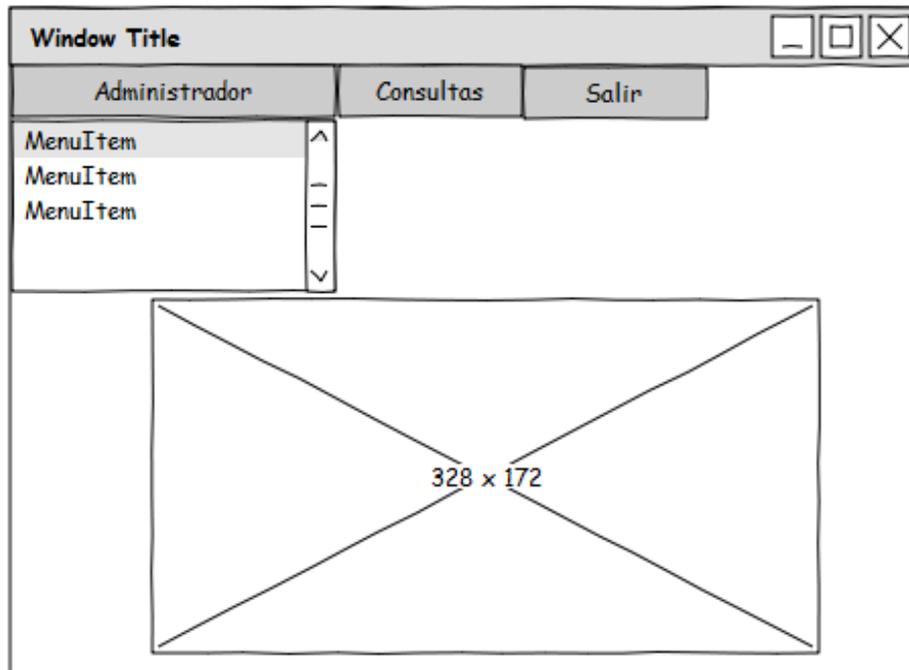
A continuación se presentan los prototipos de pantalla elaborados como base para el desarrollo de la herramienta virtual según cada caso de uso.

Figura 27. Pantallazo al iniciar sesión.



Fuente: Diseño en PHP y C# del software "Workover/Drilling".

Figura 28. Pantallazo principal de la aplicación.



Fuente: Diseño en PHP y C# del software "Workover/Drilling".

Figura 29. Pantallazo para el registro de usuarios.

The screenshot shows a window titled "Window Title" with standard minimize, maximize, and close buttons. The main content area contains a registration form with the following fields and labels:

- Tipo documento:
- Numero documento:
- Nombres:
- Apellidos:
- Cargo:
- Estado:

At the bottom center of the form is a button labeled "Registrar".

Fuente: Diseño en PHP y C# del software "Workover/Drilling".

Figura 30. Pantallazo para modificar preguntas.

The screenshot shows a window titled "Window Title" with standard window controls (minimize, maximize, close). The main content area is divided into two sections. The first section, labeled "Pregunta", contains a single large text input field. The second section, labeled "Respuestas", contains four radio buttons, each followed by a text input field containing the word "text". The first radio button is selected. At the bottom center of the window is a button labeled "button".

Fuente: Diseño en PHP y C# del software "Workover/Drilling".

Figura 31. Pantallazo para modificacion de parametros basicos.

The screenshot shows a window titled "Window Title" with standard window controls. The main content area contains six text input fields, each with a label to its left: "Num Preg Carg", "Porce Carg", "Num Preg HSE", "Porce HSE", "Cantidad Eva", and "Tiempo (Min)". Each input field contains the word "text". At the bottom center of the window is a button labeled "Modificar".

Fuente: Diseño en PHP y C# del software "Workover/Drilling".

Figura 32. Pantallazo para evaluacion por cargo.

Window Title

Pregunta

Respuestas

text

text

text

text

Enviar

Fuente: Diseño en PHP y C# del software "Workover/Drilling".

Figura 33. Pantallazo para evaluacion HSE.

Window Title

Pregunta

Respuestas

text

text

text

text

Enviar

Fuente: Diseño en PHP y C# del software "Workover/Drilling".

4. DISEÑO DEL SOFTWARE DE CAPACITACIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN “WORKOVER/DRILLING”

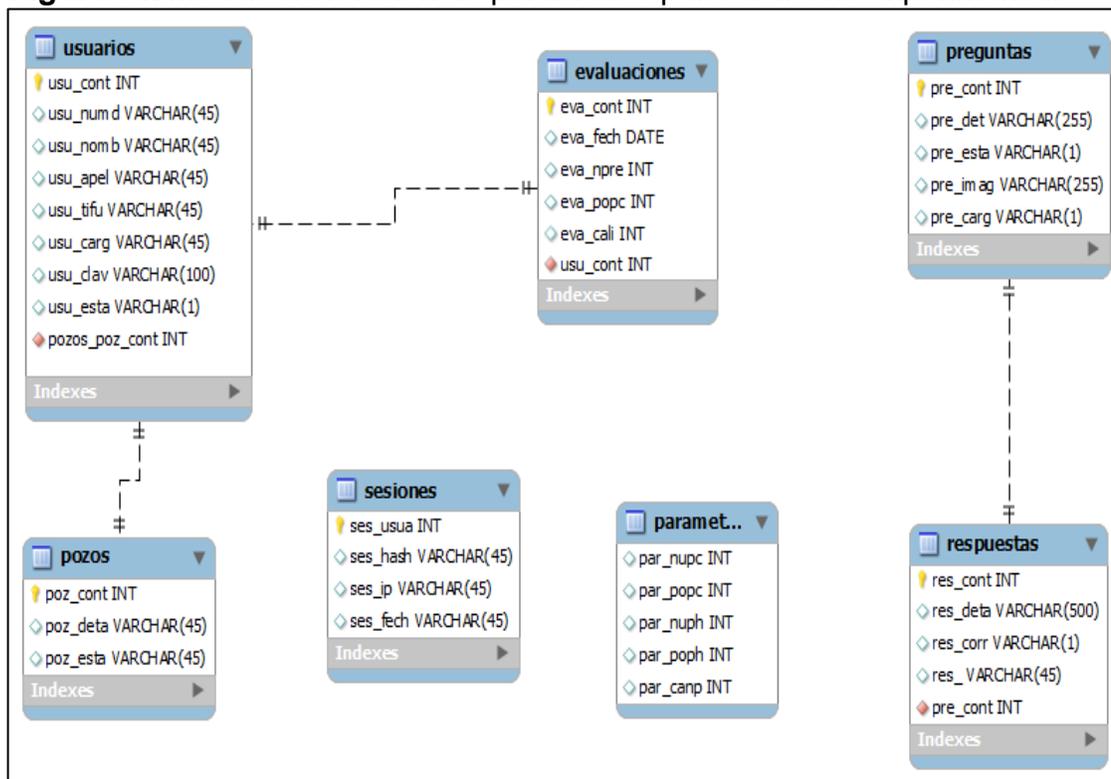
Para el diseño de la plataforma virtual se utilizaron los programas: PHP, Visual Basic y la programación orientada a objetos junto con una base de datos conecta a MySql. Los parámetros fundamentales para el diseño de la plataforma fueron los siguientes:

- **Usuarios:** Contiene los usuarios disponibles para acceder al sistema por medio de usuario y contraseña, teniendo él cuenta el tipo de usuario.
- **Parámetros:** Contiene los parámetros básicos que necesita el programa para funcionar, como cantidad de preguntas, numero de evaluaciones que puede presentar diariamente.
- **Sesiones:** Contiene la información de las sesiones iniciadas para controlar la seguridad de la aplicación.
- **Pozos:** Contiene la información de los pozos donde se van a presentar evaluaciones.
- **Evaluaciones:** Contiene la información de la evaluación presentada por el funcionario.
- **Preguntas:** Contiene la información de las preguntas que se van a realizar en la evaluación de acuerdo al cargo.
- **Respuestas:** Contiene la información de las respuestas de cada pregunta.

El modelo relacional que permitió juntar todas las características expuestas anteriormente se pueden observar en la **Figura 34**, en dicho modelo se tienen en cuenta los usuarios y su interacción con las evaluaciones así como las preguntas y su relación específica con el modelo de respuestas, adicionalmente se puede observar las sesiones y el diseño de los parámetros.

Adicionalmente se presenta un diccionario de datos, el cual permite conocer todas las características de los atributos de las tablas que hacen parte de la base de datos, tales como nombre, tipo de dato, longitud o tamaño, el rango de las datos que maneja ese atributo y una breve descripción del papel que cumple el atributo dentro del sistema. Esto se puede apreciar de la **Tabla 23** a la **29**.

Figura 34. Modelo de relación de parámetros para el diseño experimental.



Fuente: Elaboración propia de los autores en conjunto con PDO y PHP.

Tabla 23. Diccionario de datos para parámetro de pozos.

Pozos			
Columna	Tipo	Nulo	Descripción
Poz_cont	int(11)	No	Llave primaria de los pozos
Poz_deta	varchar(45)	Sí	Detalle o nombre del pozo
Poz_Esta	varchar(1)	Sí	Estado del pozo (Activo o Inactivo)

Fuente: Elaboración por parte de los autores del proyecto.

Tabla 24. Diccionario de datos para parámetro de Evaluaciones.

Evaluaciones			
Columna	Tipo	Nulo	Descripción
Eva_cont	int(11)	No	Llave primaria de la tabla evaluación
Eva_fech	Date	Sí	Fecha de la evaluación
Eva_npre	int(11)	Sí	Numero de preguntas realizadas
Eva_popc	int(11)	Sí	Porcentaje para aprobar
Eva_cali	int(11)	Sí	Calificación en porcentaje
Usu_cont	int(11)	No	Llave foránea del usuario que presento la evaluación
Eva_tipo	int(11)	No	Tipo de evaluación cargo o HSE
Eva_esta	int(11)	No	Estado de la evaluación (Aprobó o No Aprobó)

Fuente: Elaboración por parte de los autores del proyecto.

Tabla 25. Diccionario de datos para parámetro de Preguntas.

Preguntas			
Columna	Tipo	Nulo	Descripción
Pre_cont	int(11)	No	Llave primaria de la tabla preguntas
Pre_det	varchar(1000)	Sí	Descripción de la preguntas
Pre_Esta	varchar(1)	Sí	Estado activa o inactiva
Pre_carg	varchar(1)	Sí	Cargo al que corresponde la pregunta

Fuente: Elaboración por parte de los autores del proyecto.

Tabla 26. Diccionario de datos para módulo de Parámetros.

Parámetros			
Columna	Tipo	Nulo	Descripción
Par_nupc	int(11)	No	Numero de preguntas que deben ir en la evaluación por cargo
Par_popc	int(11)	Sí	Porcentaje con el que se aprueba la evaluación por cargo
Par_nuph	int(11)	Sí	Numero de preguntas que deben ir en la evaluación por HSE
Par_poph	int(11)	Sí	Porcentaje con el que se aprueba la evaluación por HSE
Par_canp	int(11)	Sí	Número de veces que puede presentar la evaluación por día.
Par_dura	int(11)	Sí	Duración de la evaluación en minutos.

Fuente: Elaboración por parte de los autores del proyecto.

Tabla 27. Diccionario de datos para módulo de Sesiones.

Sesiones			
Columna	Tipo	Nulo	Descripción
Ses_usua	varchar(15)	No	Llave foránea de la tabla usuarios
Ses_hash	varchar(100)	Sí	Almacena el hash de la sesión
Ses_ip	varchar(45)	Sí	Guarda la dirección IP de la maquina en la que se inició sesión
Ses_fech	Date	Sí	Fecha en la que se inició sesión

Fuente: Elaboración por parte de los autores del proyecto.

Tabla 28. Diccionario de datos para módulo de Respuestas.

Respuestas			
Columna	Tipo	Nulo	Descripción
Res_cont	int(11)	No	Llave primaria de la tabla respuesta
Res_deta	varchar(1000)	Sí	Descripción de la respuesta
Res_corr	varchar(1)	Sí	Si la respuesta es correcta o incorrecta
Pre_cont	int(11)	No	Llave foránea de la tabla pregunta

Fuente: Elaboración por parte de los autores del proyecto.

Tabla 29. Diccionario de datos para módulo de Usuarios.

Usuarios			
Columna	Tipo	Nulo	Descripción
Usu_cont	Int(11)	No	Llave primaria de la tabla usuarios
Usu_numd	varchar(45)	Sí	Numero de documento del trabajador
Usu_nomb	varchar(45)	Sí	Nombres del trabajador
Usu_apel	varchar(45)	Sí	Apellidos del trabajador
Usu_tifu	varchar(45)	Sí	Tipo de funcionario administrador o personal
Usu_carg	varchar(1)	Sí	Código del cargo
Usu_clav	varchar(1000)	Sí	Clave encriptada del usuario
Poz_cont	Int(11)	No	Llave foránea del pozo

Fuente: Elaboración por parte de los autores del proyecto.

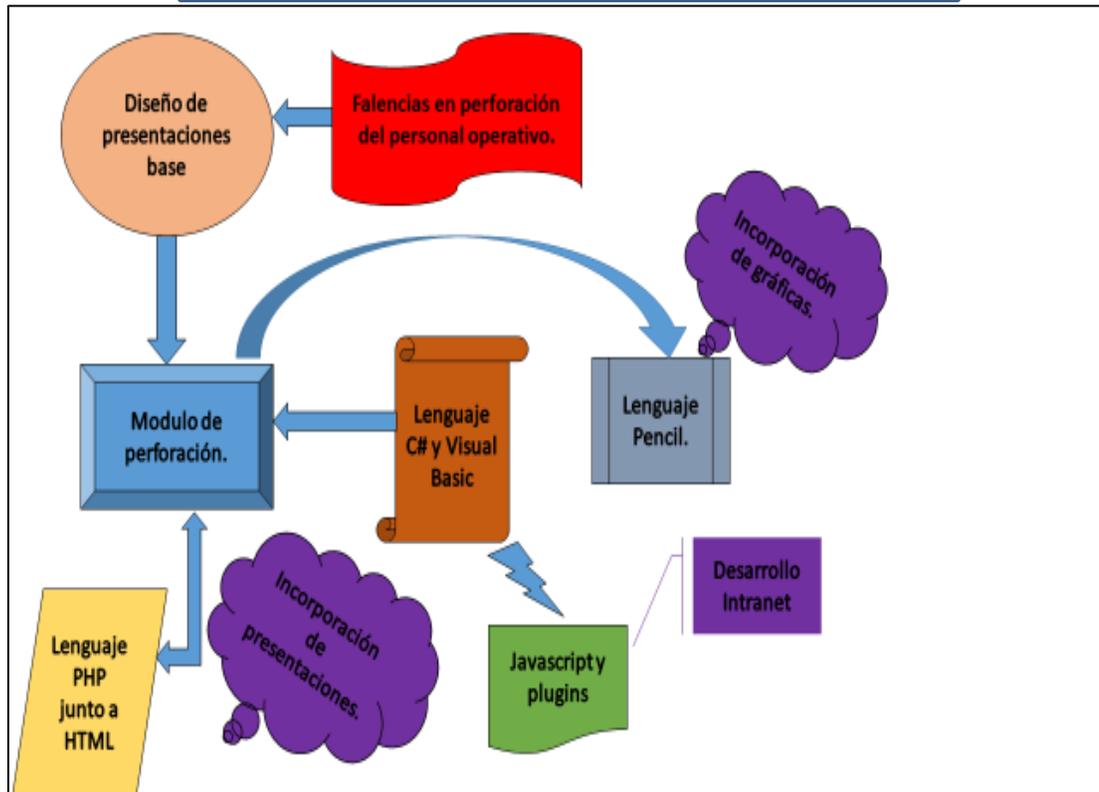
El diseño del software se realizó por módulos, los cuales fueron: perforación, reacondicionamiento (workover) y seguridad en las operaciones (HSE); dichos módulos cuales harán parte del proceso de capacitación, por otro lado se tendrá un módulo especial donde se evaluara al personal según el cargo requerido y finalmente se contara con una base de datos del personal evaluado para su posterior selección en base a conocimientos técnicos.

El programa está compuesto de videos, imágenes, presentaciones y diagramas que permitan al usuario adquirir conocimientos referentes a su cargo de una forma rápida y eficiente.

4.1 DESARROLLO DEL MODULO DE PERFORACIÓN

El fundamento de este módulo es complementar los conocimientos respecto a operaciones de perforación, equipos y conceptos fundamentales que deben manejar el personal de campo, para que desempeñen de manera adecuada sus funciones en campo. En el siguiente esquema se expondrá los fundamentos de diseño de la plataforma virtual para el desarrollo del módulo de perforación.

Esquema de diseño para módulo de perforación.



4.1.1 Principios y fundamentos teóricos. Es de vital importancia que el personal de campo, en especial los cargos de cuñero, encuellador, maquinista, supervisor y aceitero conozcan los conceptos fundamentales de perforación, por ende se desarrolla el módulo con dificultad progresiva comenzando desde las descripciones

teóricas más simples hasta los cálculos más complejos que se requieren realizar para llevar a cabo operaciones de perforación de manera segura y eficiente.

4.1.1.1 Tipos de instalaciones de perforación. Existen seis tipos de instalaciones las, cuales son:

- **Equipos de tierra.** Existen de diversos tamaños, se mueven por medio de camiones o grúas, dependiendo de su capacidad permiten perforar desde miles de pies hasta más de 30000 pies.

Figura 35. Equipo de tierra convencional



Fuente: MONOGRAFÍAS. Resúmenes. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos105/sistemas-levante-y-transmision>

- **Equipos sumergibles.** Tienen capacidad de perforar en zonas de aguas poco profundas, pueden ser remolcados, pueden sumergirse dejando entrar agua, son ideales para perforar en ríos y pantanos poco profundos.

Figura 36. Unidad semi-sumergible de perforación.



Fuente: Tipos de instalaciones. Disponible en:
<http://manejodepetroleoygas.blogspot.com.co/2013/12/tipos-de-torres-de-perforacion>

- **Plataformas auto-elevables.** Poseen cimientos que pueden desplegadas o recogidas sea para perforar en el agua o para movilizarse a través de la misma.

Figura 37. Plataforma auto-elevable de perforación.



Fuente: MILENIO. Pemex Disponible en: http://www.milenio.com/region/Pemexpozo_marino-Arenque_310_H-costas

- **Plataformas fijas en el mar.** Son unidades fijas en el mar de alto peso y para operaciones donde se planea explotar un yacimiento por tiempo prolongado.

Figura 38. Plataforma fija de perforación.



Fuente: SECTOR MARÍTIMO. Ingeniería naval. Disponible en: <http://sectormaritimo.es/las-plataformas-petroliferas-que-operan-a-mayores-profundidades>.

- **Equipos semisumergibles.** Son similares a las plataformas sumergibles solo que tienen impulsores y posicionadores para mantener la plataforma en una sola posición.

Figura 39. Equipo semi-sumergible de perforación.



Fuente: HHIC. Equipo semisumergible. Disponible en:
<http://hhic.cn/sp/hypt-2/201111/103.html>

- **Barcos de perforación.** Son unidades que flotan y se pueden propulsar por sí mismas, similares a las plataformas semi sumergibles, poseen huecos en la parte inferior para permitir la perforación.

Figura 40. Barcaza de perforación



Fuente: KOREA.net. Barcaza de perforación. Disponible en:
<http://spanish.korea.net/NewsFocus/Business/view?articleId=84699>

4.1.1.2 Los cinco sistemas del equipo de perforación. Conocer los cinco sistemas de perforación resulta de mucha importancia para las operaciones en campo, los cinco sistemas son:

- **Sistema de Potencia.** Tiene dos partes básicas: la generación y transmisión de potencia (eléctrica o mecánica). Consta de dos partes principales, la generación de potencia y la transmisión que puede ser eléctrica o mecánica.

Figura 41. Sistema de potencia de perforación.



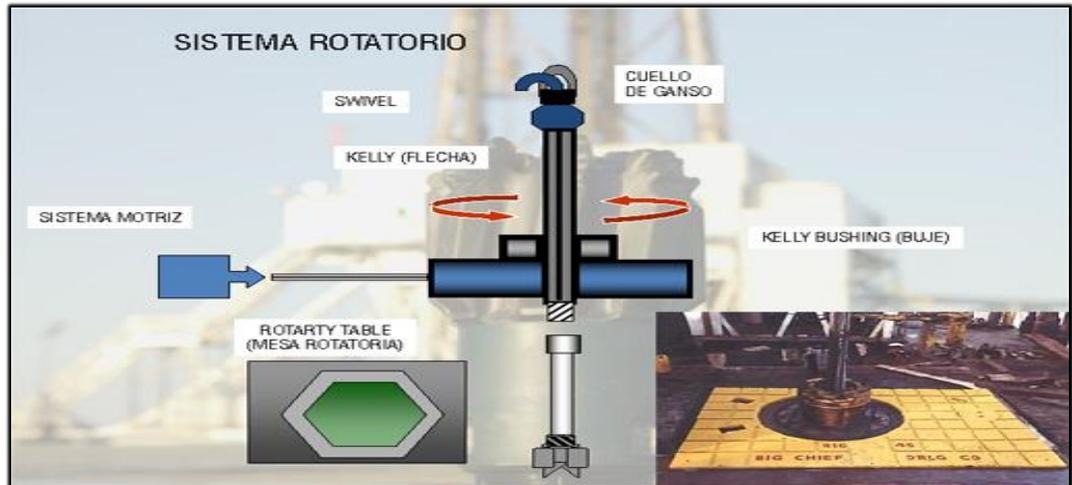
Fuente: Generadores eléctricos en equipos de perforación. Disponible en: <http://www.latindrilling.com/ld/category/instrumentacion-y-control/monitoreo-y-control-en-grandes-motores-y-generadores-de-potencia/>

- **Sistema de rotación.** Se subdivide en tres componentes:

Mesa Rotatorio o top drive. El Kelly permite transmitir el giro que proporciona la mesa de rotación, permitiendo el ascenso y descenso de la tubería, además conduce el fluido de perforación

El top drive es más eficiente y permite usar más tuberías, así como un acople y desacople más fácil de tuberías, posee un motor que hace girar el eje del top drive así como el principio de mesa rotatoria y Kelly

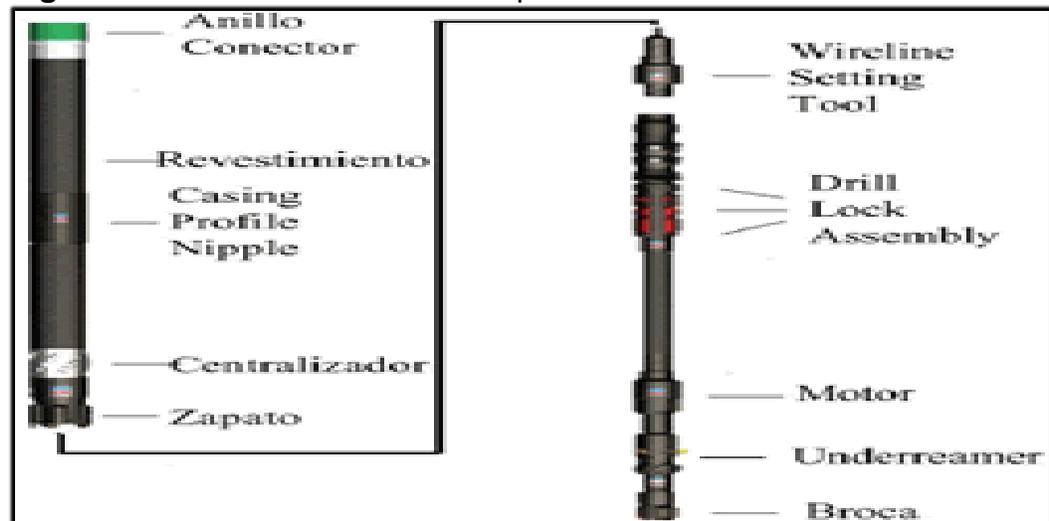
Figura 42. Sistema de perforación con Kelly.



Fuente: MONOGRAFÍAS. Resúmenes. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos93/equipos-perforacion-descripcion-por/equipos-perforacion-descripcion-por.shtml>

Sarta de Perforación. Son tuberías de acero de calibre y longitud distintos que se unen entre sí y con la broca para permitir la operación de perforación.

Figura 43. Diseño de una sarta de perforación.



Fuente: Scielo. Análisis de la hidráulica de perforación con revestimiento. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532006000300

Broca o Barrena. Herramienta de corte de diversos materiales ubicada en la parte inferior de la sarta que permite el avance en la operación de perforación por medio de la trituración de roca.

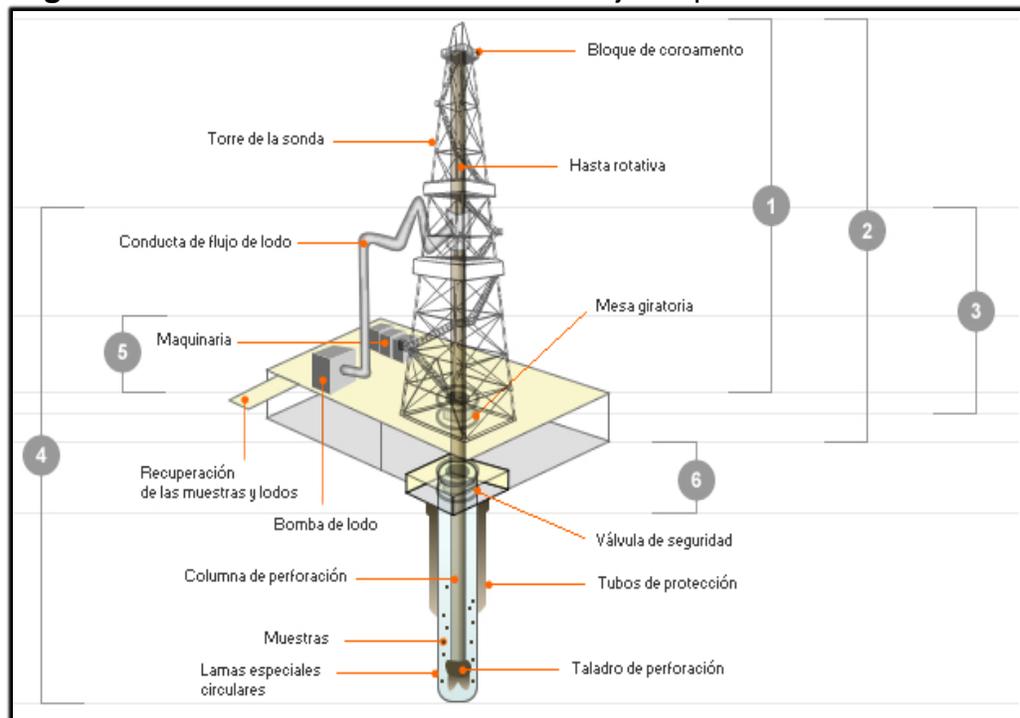
Figura 44. Broca o barrena de perforación.



Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.30.

- **Sistema de levantamiento o izaje.** Es el que da una estructura de soporte a todos los equipos y así mismo permite el levantamiento de cargas pesadas por la plataforma de perforación.

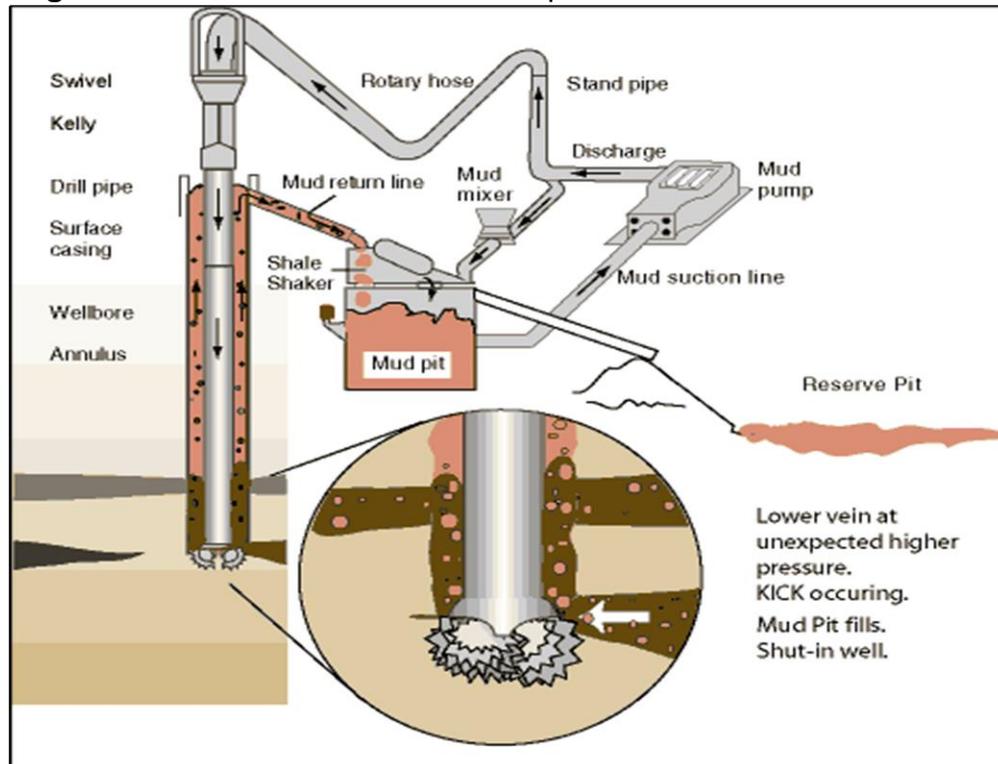
Figura 45. Sistema de levantamiento o izaje de perforación.



Fuente: GALP. Sistema de Levantamiento de un pozo de petróleo. Disponible en: <http://www.galpenergia.com/ES/agalpenergia/Os-nossos-negocios/Exploracao-Producao/fundamentos-engenharia-petroleo/Paginas/Perforacion.aspx>

- **Sistema de circulación.** Permite la circulación del fluido de perforación y ripios a través de la tubería hacia superficie además de otras funciones principales, básicamente compuesto por cuatro partes: Fluido de perforación, área de almacenaje, equipo de bombeo y circulación y equipo de acondicionamiento

Figura 46. Sistema de circulación de perforación.



Fuente: Mazzenza Drilling Rigs. Sistema de circulación de perforación. Disponible en: <http://www.massenzarigs.it/es/contenuti/140/%C2%BFcu%C3%A11-es-el-m%C3%A9todo-perforaci%C3%B3n-mediante-circulaci%C3%B3n-directa?.html>

- **Sistema de prevención de reventones.** Es el que permite el control de fluidos provenientes del pozo, básicamente tiene tres funciones: Cerrar el pozo en caso de influjo no deseado, proporcionar contra presión sobre la formación y permitir el control del pozo

4.1.1.3 La sarta de perforación. Está compuesta de:

- **Broca o Barrena.** Permiten la perforación del subsuelo.

- **Collares.** Tubos metálicos de gran espesor y sus extremos están diseñados por caja y perno., sus funciones son: Dar peso sobre la broca (WOB), dar efecto de péndulo en pozos verticales y prevenir el pandeamiento de la tubería

Figura 47. Collares de perforación.



Fuente: COREDRILLCHINA. Collares de perforación. Disponible en: <http://www.coredrillchina.com.es/hdd-drill-pipe.html>

- **Tubería pesada de perforación.** Tienen mayor espesor y acoples más largos que las TP convencionales, dentro de sus funciones están: Prevenir el pandeo de la TP, uso en perforación direccional, mantener la tubería de perforación en rotación con tensión, es un elemento de transición entre los collares DC y la TP.

Figura 48. Tubería de perforación pesada.



Fuente: MULTIPINO. Tubería de perforación pesada. Disponible en: <http://www.multipino.es/offer306175.html>

- **Tubería de perforación.** Sirven de conducto para el fluido de perforación y transmiten la rotación de superficie a la broca, sus componentes son: Tubos externos con conductores internos de diversos diámetros de aluminio o acero y conectores de rosca que se acoplan en los extremos de la tubería, estos conectores permiten la conexión de varias tuberías.

Figura 49. Tubería de perforación común.



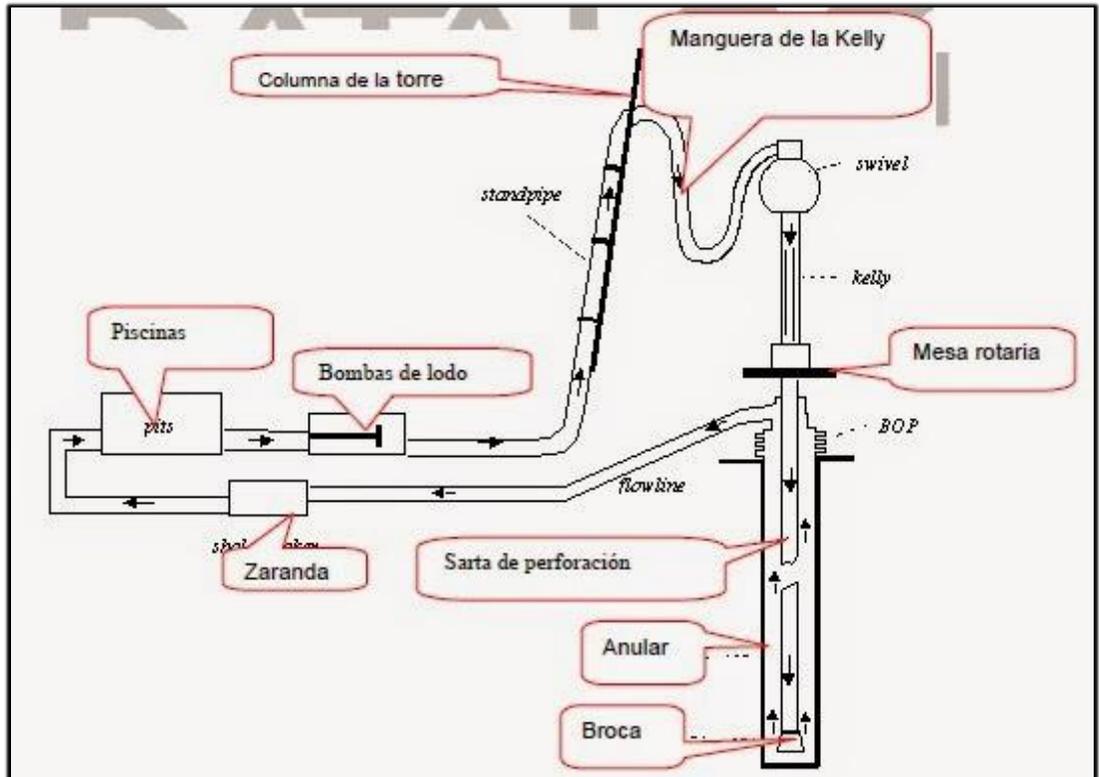
Fuente: RUGAO YAOU .Tubería de perforación. Disponible en:
<http://yaoumachinery.es/1-drill-pipe-3.html>

4.1.1.4 El sistema de circulación.

Es un sistema vital dentro de la perforación permite la circulación del fluido de perforación hacia el fondo del pozo, está compuesto de:

- Fluido de perforación
- Línea de succión
- Bombas de lodo
- Líneas de descarga de bomba
- Línea de conducción de torra
- Manguera rotatoria
- Sarta de perforación
- Espacio anular (sarta-hoyo)
- Línea de retorno
- Tanques de asentamiento
- Sección de acondicionamiento de lodo

Figura 50. Sistema de circulación de perforación.



Fuente: Ingeniería petrolera Blogspot. El sistema de circulación. Disponible en: <http://ingenieriaenpetroleo.blogspot.com.co/2015/02/el-sistema-de-circulacion-i.html>.

- **Calculo de volúmenes de sarta y anular.** Es fundamental que el personal de campo conozca como calcular los volúmenes de sarta en operaciones de perforación.

Ecuación 1. Volumen anular de tubería.

$$\text{Volumen tubular (bbl/ft)} = D^2/1029.4$$

Fuente: Mavliutov, M.R. Tecnología de perforación de pozos profundos. Pag 33. MIR, 1986.

Ecuación 2. Volumen de un espacio anular en bbl/pies.

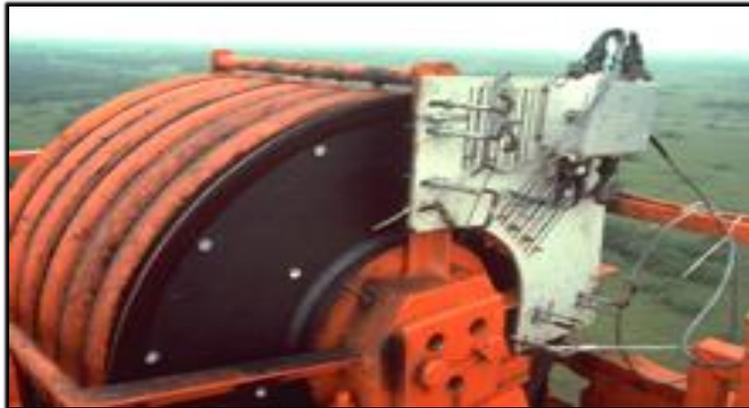
$$\text{Volumen anular (bbl/ft)} = D^2 - d^2/1029.4$$

Fuente: Mavliutov, M.R. Tecnología de perforación de pozos profundos. Pag 34. MIR, 1986.

4.1.1.5 El sistema de izaje. Es el que permite el levantamiento de cargas a lo largo del taladro, está formado por dos partes que son: La estructura soportante y el equipo de izaje.

- **Bloque Corona:** ubicado en la parte superior de la torre, formado por una serie de poleas, proporciona soporte para suspender las herramientas.

Figura 51. Bloque corona de perforación.



Fuente: SCHLUMBERGER .Glosario de términos. Disponible en:http://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/c/crown_block.aspx

- **Bloque Viajero:** conjunto de poleas integradas a una estructura metálica compacta y pesada, lo que facilita una rápida velocidad de ascenso y descenso de carga.

Figura 52. Bloque viajero de perforación.



Fuente: STC OIL .Equipo de perforación. Disponible en:
<http://stcoilfield.com/product/swivel-wkelly-spinner>

- **Gancho:** en conjunto con el bloque viajero permite el levantamiento de cargas.

Figura 53. Gancho de perforación.

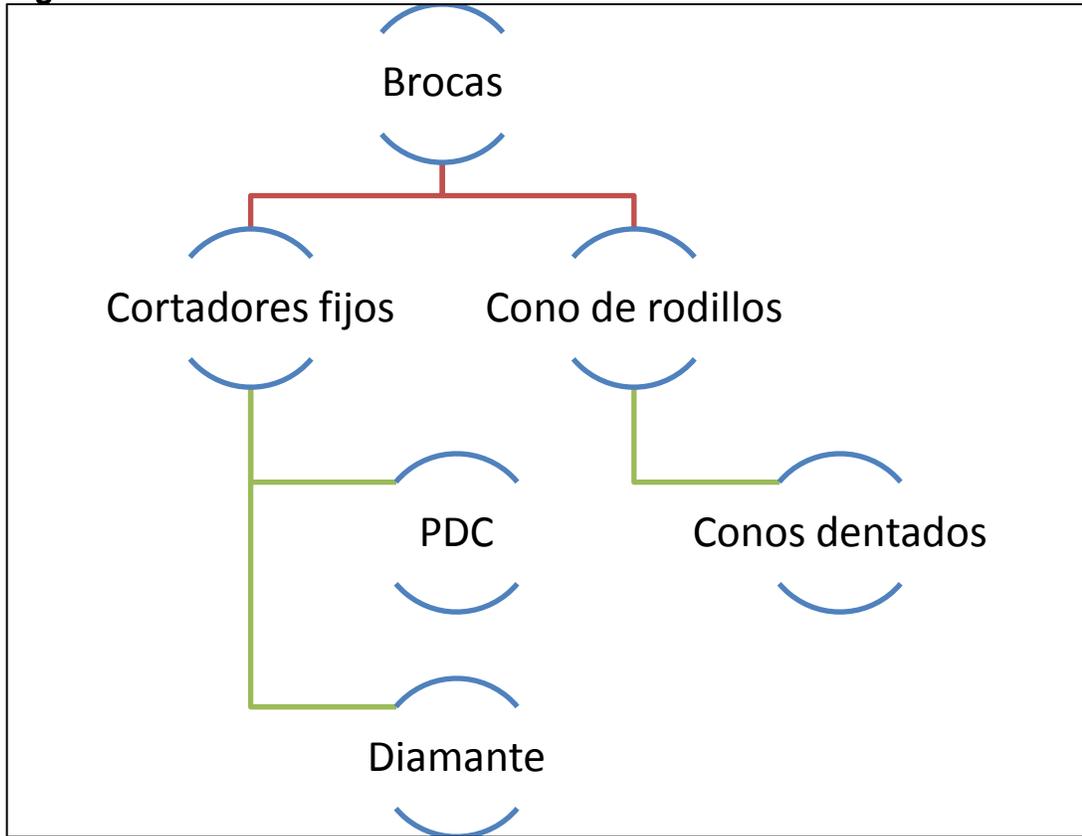


Fuente: HHIC .Gancho de perforación. Disponible en: <http://hhic.cn/sp/zjbj-2/201111/80.html>

- **Cable de perforación.** es el nexo entre el gancho del bloque y el malacate, permite el ascenso y descenso de carga pesada.
- **Malacate.** unidad que permite el enrosque y desenrosque del cable de perforación.
- **Elevador.** mecanismo de bisagra que se cierra para permitir la subida o bajada de tubería.
- **Anclaje de línea muerta.** fija la línea muerta desde la corona al suelo, cuenta con dispositivo para medir la carga del bloque viajero.
- **Mástil.** estructura para apoyar la corona y la sarta de perforación.

4.1.1.6 Clasificación de brocas y criterios de selección. En la **Figura 53** se puede ver la clasificación de brocas de manera general.

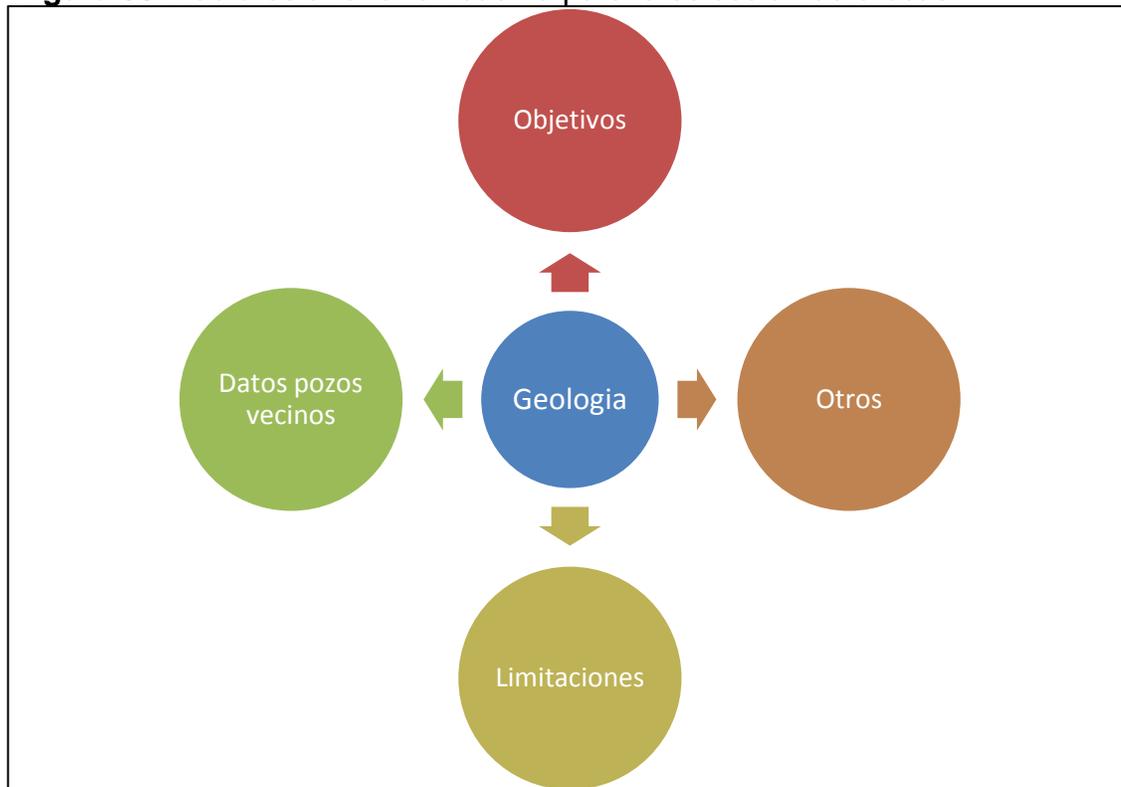
Figura 54. Clasificación de brocas o barrenas.



En el siguiente esquema se resumen los factores a tener en cuenta para un proceso de selección de brocas.

Es claro de los factores mostrados en el esquema no son todos los que hay que mirar, sin embargo de manera general dan una idea de lo primordial a tener en cuenta para seleccionar una broca adecuada para una perforación.

Figura 55. Factores a tener en cuenta para la selección de brocas.



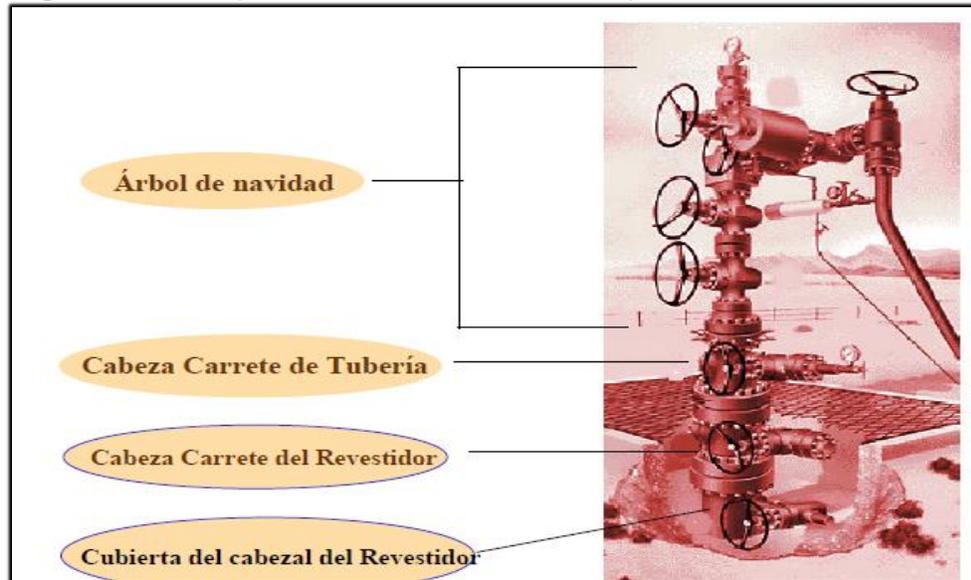
4.1.1.7 Cabezal de pozo y árbol de navidad. Es la base en superficie sobre la cual se elabora un pozo durante la perforación. Sus funciones son las siguientes:

- Soportar cargas de tensión en tubulares
- Ser capaces de sellar a presión

En la **Figura 53** se ilustran los componentes principales de un cabezal de pozo.

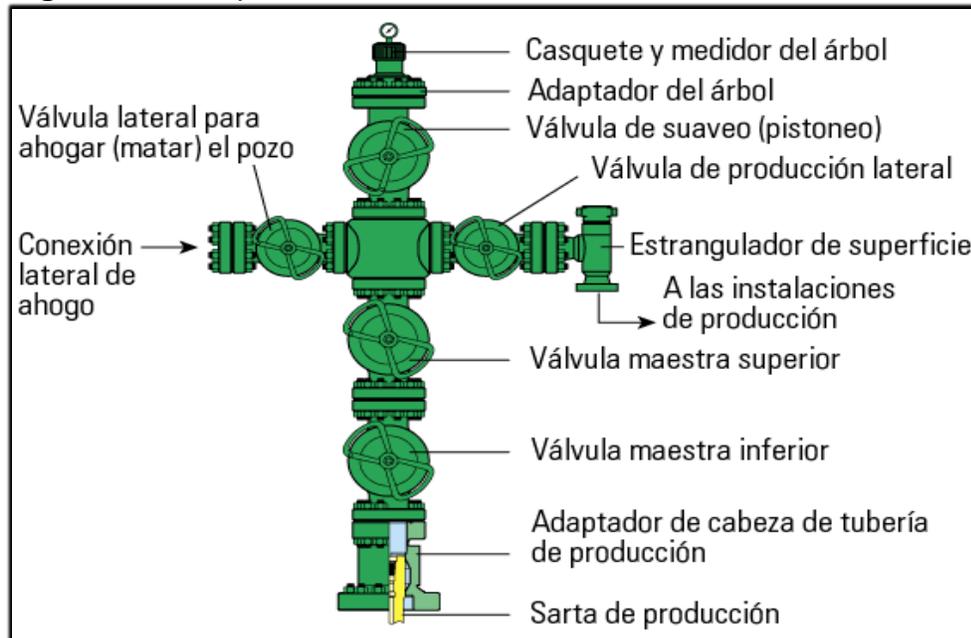
- **Cabezal de pozo.** Es el soporte que coloca perforación luego que termina un pozo. Sus funciones son: sellar a presión, aislar al pozo del exterior, aislar entre revestidores y formaciones de fondo de pozo, mantener presión durante operaciones de control de pozo, pruebas o cierres.
- **Árbol de navidad.** El árbol de navidad por su parte se instala inmediatamente después del cabezal del pozo, y además de permitir controlar al pozo, también permite el control de fluidos producidos por medio de válvulas. En la **Figura 54** se observa cómo se encuentra estructurado un árbol de navidad.

Figura 56. Componentes de un cabezal de pozo.



Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.212.

Figura 57. Componentes de un árbol de navidad.

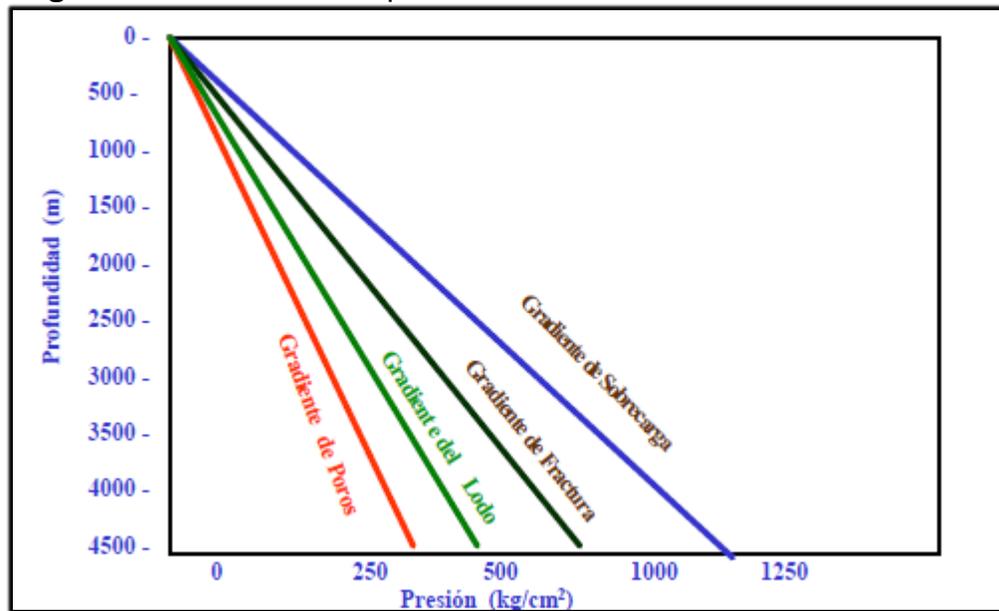


Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.228.

4.1.1.8 Presiones de formación. El estudio de presiones de formación permite:

- Diseñar revestimiento
- Evitar atrapamiento en la tubería de perforación
- Controlar pozo
- Saber velocidades ideales de perforación
- Diseñar el peso adecuado del lodo
- Encontrar problemas en zonas sobre presurizadas.

Figura 58. Gradientes de presión en formaciones.



Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.1013.

- **Presión hidrostática.** Es la presión ejercida por una columna de fluido en el fondo. Depende de la densidad promedio del fluido y la altura vertical o profundidad del líquido.

Ecuación 3. Cálculo de presión hidrostática de una formación.

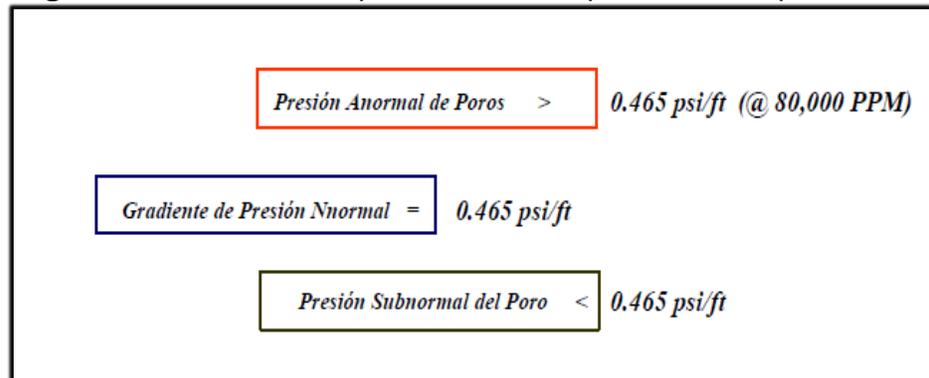
$$HP = g * df * D \text{ (psi)}$$

Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.1000.

Dónde:

- HP es la presión hidrostática (psi).
 - g = aceleración gravitacional
 - d_f es la densidad promedio del fluido (lbs/gal)
 - D es la profundidad vertical verdadera (ft)
- **Presión de poro.** Es la presión que actúa sobre los fluidos en el espacio poroso de la roca, tiene que ver con la salinidad del fluido.
 - **Presión de poro normal.** es la presión hidrostática de una columna de fluido de formación desde superficie hasta la formación en el subsuelo. La magnitud de esta presión normal varía de acuerdo a la concentración de sales disueltas en el fluido de la formación.
 - **Presión anormal de poro.** cualquier presión de poro que sea mayor a la presión hidrostática normal del agua de formación en el espacio poroso.

Figura 59. Condiciones para establecer presiones de poro.



Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.1020.

- **Presión de sobrecarga.** Es la presión ejercida por el peso total de las formaciones por encima de un punto de interés. Depende de la densidad total de rocas, porosidad y fluidos en la roca.

Ecuación 4. Cálculo de presión de sobrecarga.

$$\Sigma_{ov} = 0.052 * db * D$$

Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.102

Dónde:

- Σ_{ov} es la presión de sobrecarga (psi).
- d_b es la densidad de volumen de la formación (ppg)
- D es la profundidad vertical verdadera (ft)

Ecuación 5. Cálculo de presión de sobrecarga.

$$\Sigma_{ov} = 0.433 * [(1 - \theta) * d_{ma} + (\theta * d_f)]$$

Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS.
PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.1026.

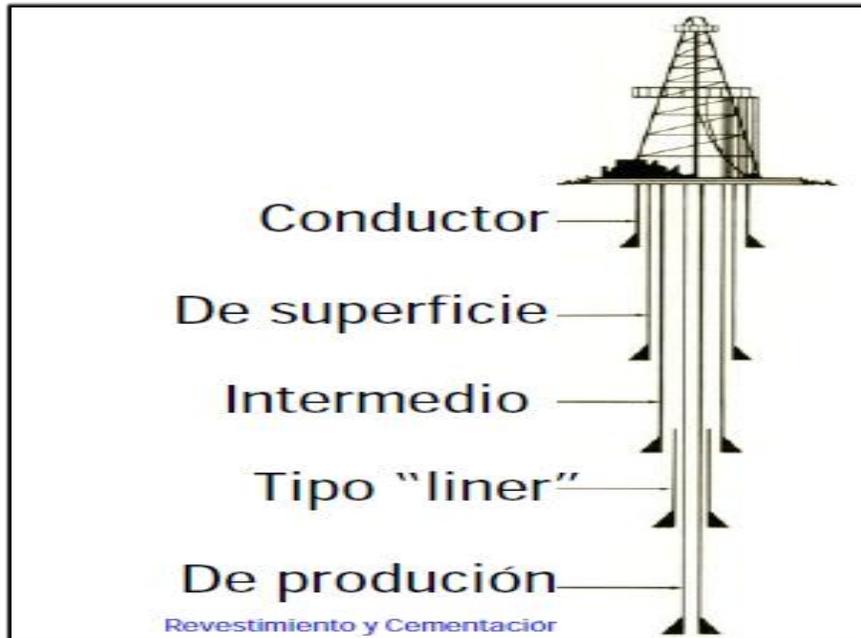
Dónde:

- Σ_{ov} es el gradiente de sobrecarga de sobrecarga (psi/ft).
- d_{ma} es la densidad de la matriz en (gr/cc)
- d_f es la densidad del fluido de la formación (gr/cc)
- θ es la porosidad expresada como fracción
- **Gradiente de fractura.** Es la presión a la cual ocurre la ruptura de una formación, es fundamental conocer este valor para optimizar el diseño del pozo.

4.1.1.9 Revestimiento y cementación. Las funciones que cumple el revestimiento son:

- Prevenir ensanchamiento y lavado del hoyo por erosión
- Prevenir contaminación de zonas perforadas entre sí.
- Aislar el agua de formaciones productoras.
- Mantener producción en el pozo controlada.
- Permitir controlar las presiones en el pozo.
- Servir como conducto para los fluidos que se producen.
- Debe permitir poder instalar equipos de levantamiento artificial de fluidos en producción.

Figura 60. Tipos de revestimiento en pozo.



Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.1053

Los principales accesorios que encontramos para los revestidores son:

- **Centralizadores:** aseguran la distribución uniforme del cemento alrededor del revestidor, además proporcionan sello entre el revestimiento y la formación.
- **Arañadores:** remueven el revoque que se deposita sobre la pared del pozo.
- **Zapata guía:** guía al revestidor hacia el centro del pozo y minimiza los golpes asociados en el proceso
- **Zapata de flotación:** permite colocar revestimientos por medio de la flotación de las mismas, ahorrando equipos que carguen con el peso del equipo.
- **Collar flotador:** reduce la contaminación alrededor de la zapata, por lo general se instala de a 1 a 3 tramos arriba de la zapata.
- **Llaves de potencia:** permiten el acople y desacople de revestimiento.
- **Cuñas manuales para mesa rotatoria:** permiten el agarre de la mesa rotatoria durante las operaciones de perforación.
- **Llaves Manuales para ajuste de conexiones.** Permiten la conexión entre acoples y tubería.
- **Elevador de cuñas:** se usan para agarrar la sarta soportando todo su peso y así poder bajarla o sacarla del pozo.
- **Equipo de cementación:** permite el bombeo al momento de la cementación.

4.1.1.10 Mecánica de fluidos e hidráulica de perforación. Son todos los parámetros que permiten caracterizar un fluido.

- **Viscosidad.** Es la resistencia de un fluido a fluir, teóricamente es la razón de esfuerzo cortante a la velocidad de cizalla.

Ecuación 6. Ecuación de viscosidad.

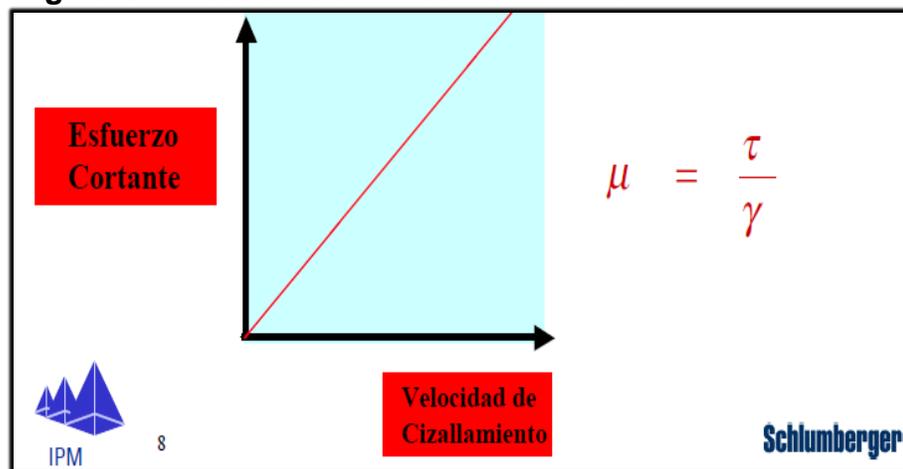
$$\mu(\text{viscosidad}) = \frac{\tau}{\gamma}$$

Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.1125

Los Poise son unidades muy grandes, por lo general la unidad utilizada es el centipoise, que es 1/100 de 1 Poise.

- **Fluido newtoniano.** Son todos en los que la viscosidad es constante para todas las velocidades de cizalla, si se cumple que la presión y temperatura son iguales. Este esfuerzo cortante es proporcional a la velocidad de cizalla.

Figura 61. Modelo de un fluido Newtoniano.



Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.1128

- **Fluido no newtoniano.** No muestran la proporcionalidad de los newtonianos, del esfuerzo cortante y la velocidad de cizalla. La mayoría de los fluidos de perforación son de este tipo. Su viscosidad se conoce como viscosidad efectiva y para obtener su valor se debe especificar la velocidad de cizalla dada.

- **Viscosidad plástica.** Es la resistencia al flujo asociada con la fricción mecánica causada por: Concentración de sólidos, tamaño y forma de los sólidos y viscosidad de la fase líquida.
- **Punto de cedencia.** Es la resistencia inicial al flujo debida a fuerzas electroquímicas entre las partículas, asociadas a cargas en la superficie de las partículas, la Y_p depende de: las propiedades superficiales de los sólidos en el lodo, concentración en volumen de sólidos y ambiente iónico del líquido que rodea a los sólidos.

4.1.1.11 Fluidos de perforación. Es un líquido o gas que circula por la sarta de perforación hasta la broca y regresa a superficie por el anular.

Se conoce como ciclo al tiempo requerido para que la bomba mueva el fluido de perforación hasta el fondo y de regreso a superficie. Los fluidos de perforación para áreas particulares se deben diseñar para cumplir con requerimientos específicos de acuerdo a las características geológicas.

Las funciones de un fluido de perforación son las siguientes:

- Remover cortes de fondo y transportarlos a superficie para ser tratados.
- Enfriar y lubricar broca
- Recubrir el hoyo con revoque de baja permeabilidad
- Controlar presiones sub superficiales
- Sostener recortes y material pesado cuando se pare la circulación
- Dar soporte al peso de la sarta de perforación y revestimiento
- Reducir al mínimo cualquier daño a las formaciones
- Obtener información de las formaciones
- Dar potencia hidráulica a la broca
- Evitar la corrosión de herramientas

Las principales propiedades que presentan los fluidos de perforación son:

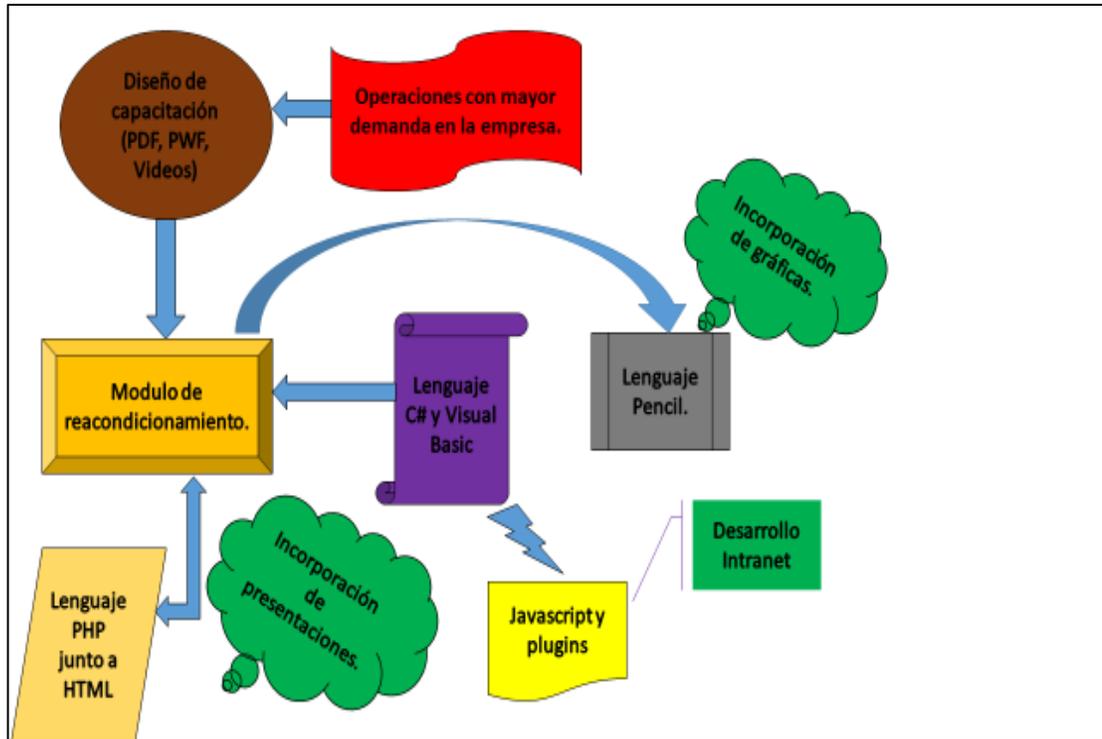
- **Densidad.** Es el requerimiento primario de desempeño para un fluido de perforación. La densidad del lodo está relacionada con la cantidad y gravedad específica de los sólidos del sistema. Esta propiedad permite el control de la presión hidrostática de la columna del fluido.

- **Viscosidad.** Es la resistencia de un fluido a fluir, normalmente se mide en campo usando un embudo Marsh que mide el tiempo en segundos que tarda $\frac{1}{4}$ de galón en pasar a través del embudo. Los recortes y sólidos inertes hacen que la viscosidad del lodo aumente. El embudo Marsh se usa también para determinar si la viscosidad está en el rango adecuado según valores predeterminados.
- **Reología.** La reología es la ciencia de la deformación de los materiales (si son sólidos) o de su flujo (si son líquidos) bajo un esfuerzo aplicado.
- **Viscosidad plástica.** La Viscosidad Plástica es la parte de resistencia al flujo causada por la fricción mecánica. Altas concentraciones de sólidos llevan a una alta fricción que aumentará la viscosidad plástica. El disminuir el tamaño de los sólidos a volumen constante también aumenta la Viscosidad Plástica.
- **Punto de Cedencia.** es la medida de una fuerza electro-químicas o de atracción en el lodo. Estas fuerzas son el resultado de cargas positivas o negativas localizadas cerca de la superficie de las partículas.
- **Filtración.** Existen dos tipos de filtración, dinámica y estática. En la filtración dinámica, el flujo erosiona el revoque a medida que se deposita, mientras en el caso estático, el revoque se hace más grueso con el tiempo.
- **Tipos de fluidos de perforación.** Los lodos de perforación se pueden clasificar en dos grandes grupos que son los más usados en la industria y son:
 - a) **Lodos base agua.** La mayoría de los fluidos de perforación son de base acuosa. La fase líquida para la mezcla puede ser: Agua dulce, agua de mar o con una cantidad específica de sal.
 - b) **Lodos base aceite.** Los fluidos de perforación en base de aceite son: Altamente inhibidos, resistentes a contaminaciones, estables a altas temperaturas y presiones, de alta lubricidad y no corrosivos. Los componentes básicos de un lodo base aceite son: Aceite, salmuera, emulsificante, agentes de humectación al aceite, agentes para control de filtración, viscosificantes y agente densificadores

4.2 DESARROLLO DEL MODULO DE REACONDICIONAMIENTO

El esquema de a continuación resume el modelo de diseño para este módulo.

Esquema de diseño del módulo de reacondicionamiento.



4.2.1 Principios y fundamentos teóricos. Las operaciones de reacondicionamiento juegan un papel importante para la empresa, por eso es necesario que el personal operativo cuente con conocimiento en el equipo de reacondicionamiento así como en las operaciones asociadas al tema, se expondrán los temas principales que se tuvieron en cuenta en el diseño del software de acuerdo a la importancia de las operaciones.

4.2.1.1 Equipo de reacondicionamiento (Workover). El equipo consta de varias partes dentro de las que se encuentran: carrier, torre y sistema de levantamiento, tanques de lodo, sistema de control de sólidos. Herramientas de manejo de tubería, herramientas de torque y el sistema de BOP o preventoras.

- **Carrier.** Sistema que permite el movimiento mecánico de las piezas del taladro. Está conformado por: Malacate, gatos de levante, motor, sand line, caja de ángulo recto, bomba hidráulica, cable de perforación, winche, freno del

malacate, inspección cuidados y manteniendo, cadenas y sprokets: instalación, lubricación y mantenimiento.

- **Torre y sistema de levantamiento.** La torre proporciona el soporte a la estructura y el sistema de levantamiento permite izar y mover cargas pesadas en el taladro. Sus componentes principales son: Corona, gancho, jerónimo, monkeyboard. Arreglo de poleas, ancla, cables: Tipos, Nomenclatura, Instalación, Manipulación, Transporte, mantenimiento, inspección, consola de mandos del perforador, indicador de peso “martin decker”, almacenamiento, y accesorios.

Figura 62. Sistema de carrier integrado



Fuente: DRILLMEC. Serie MR. Disponible en: <http://www.drillmec.com/es/p/serie>

- **Tanques de lodo.** Almacenan el lodo de perforación para las diversas operaciones.

Figura 63. Tanques de lodo.



Fuente: THOR Dynamyc Energy S.A. Tanques de lodo. Disponible en: <http://www.hookyhook.com/thor/index.php/productos/tanques-de-lodo>

- **Sistema de control de sólidos.** Sistema que permite controlar la cantidad de sólidos en el lodo de perforación, se encuentra conformado por: Zarandas, mallas, desarenadores, desarcilladores, desgasificadores, hidrociclones y mudcleaner

Figura 64. Tanques de lodo de equipo de reacondicionamiento.



Fuente: GN Solids Control. Sistema de control de sólidos. Disponible en: <http://www.gnequipment.es/1-1-drilling-fluid-system.html>

- **Herramientas de manejo de tubería.** Son todas aquellas herramientas que permiten movilizar tubería en el taladro, conformadas por: elevadores, bloque viajero, ayatolas, lifting sub, Kelly, swivel, cuñas manuales, cuñas neumáticas y bushing.
- **Herramientas de torque.** Básicamente permiten el control y el enrosque y desenrosque de tubería, conformado por: llaves de potencia, llaves hidráulicas, sensor de presión y medidor de torque.

Figura 65. Llave hidráulica de perforación.



Fuente: Provensid. Llave hidráulica de perforación. Disponible en: http://provensid.com.ar/SACIF/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=12&Itemid=138

4.2.1.2 Operación de cementación forzada. Estas operaciones pueden ser desarrolladas durante las operaciones de perforación o terminación de pozos. Normalmente se realizan cuando los trabajos de cementación primaria no fueron los adecuados. El uso más importante de este tipo de cementación es aislar hidrocarburos de otras formaciones productoras de otros fluidos.

Su objetivo principal el corregir por medio de inyección de cemento a alta presión:

- Posibles fallas de cementaciones primarias
- Rupturas de tuberías de revestimiento
- Abandono de intervalos explotados

Una descripción clara del proceso es la siguiente:

- La lechada se forza contra un área permeable, donde se filtran las partículas sólidas por medio de la formación y la fase acuosa atraviesa a la matriz de la roca.
- Para llevar a cabo este tipo de trabajos se requiere del uso de un empacador recuperable o permanente, para aislar el anular del pozo.

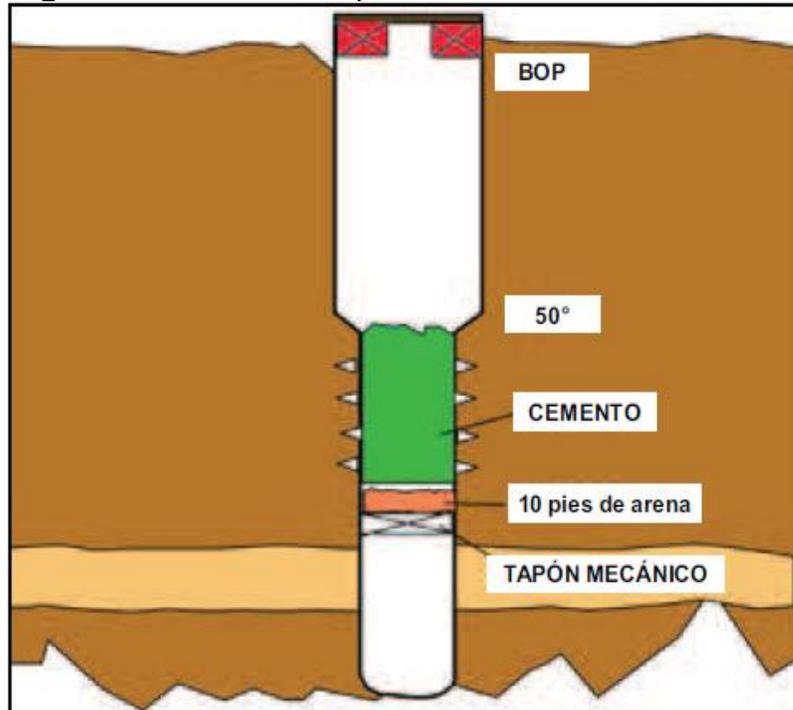
La velocidad de construcción del enjarre de cemento depende de cuatro factores principales:

- Permeabilidad de la formación.
- Presión aplicada.
- Tiempo
- Capacidad de la lechada para perder fluido en fondo.

Los dos métodos básicos para realizar este tipo de operaciones son: método del tapón y método con empacador.

- **Método del tapón:** Es un tapón de caucho usado para separar la lechada de cemento de otros fluidos, reduciendo la contaminación y manteniendo un rendimiento predecible de lechada. Normalmente se usan dos tapones: El tapón inferior se lanza antes de la lechada de cemento para evitar la contaminación con otros fluidos dentro de la TR. El tapón superior es el que permite el contacto con el collar de asentamiento y el enlace con el tapón inferior.
- **Método con empacador:** Este método emplea un empacador o retenedor de cemento anclado aproximadamente a 6 metros sobre los disparos, este trabajo se realiza con la TP, todas las demás operaciones se mantienen igual. La principal ventaja de este método es que permite una retención positiva del cemento por medio de una válvula de contrapresión en la herramienta.

Figura 66. Método de tapón de cemento.



Fuente: Portal de perforación. Método de cementación por tapón.
Disponible en: <http://portal-perforacion.blogspot.com.co/2014/10>

4.2.1.3 Operación de suabeo (estimulación mecánica de pozos). Es un trabajo de workover, que consiste en una estimulación mecánica para realizar una reducción de presión en el fondo del pozo, logrando levantar una columna de fluido (petróleo, agua o agua-petróleo), a través del interior de la tubería de producción o tubería de revestimiento (casing) a una profundidad determinada hasta la superficie, utilizando un cable de acero enrollado a un tambor de servicios de pozos.

Esta estimulación mecánica (suabeo) se realiza por medio de la acción descendente y ascendente de la barra de suabeo halada por el cable 9/16" (sand-line), esta barra actúa como el Pistón de una bomba de subsuelo desalojando el fluido contenido en el tubing, generando que la presión hidrostática descienda, provocando una fuerza de succión que induce la entrada de fluido desde la formación al agujero del pozo.

El procedimiento a seguir para realizar una operación de suabeo es el siguiente:

- Bajar con la tubería de producción una niple silla de menor diámetro que la tubería, con el fin de que la sarta de suabeo al momento de cualquier evento

(ruptura del cable) esta quede dentro de la tubería y no por fuera de ella, evitando con ello operaciones de pesca.

- Conectar el cabezal en la sarta de tubería.
- Conectar la salida del cabezal, con líneas al sistema de “Choque manifold” y al “Poor Boy” con el fin de tener el control de los fluidos y gases que se recuperen del pozo durante la operación.
- Conectar la unión giratoria (“swivel”) al “stuffing box”.
- Conectar el ensamblaje de “stuffing box” a la barra de peso.
- Llevar el “stuffing box” unido con la varilla a la mesa de trabajo y conectar la manguera de la bomba de aceite al “stuffing box”.
- Asegurar el lubricador a las vigas de la torre.
- Levantar el “stuffing box” unido a la varilla sin las copas de suabeo y hacer un primer viaje de prueba (“Dummy Run”).
- Proceder a conectar las copas de suabeo con los mandriles a la barra de peso una vez hecho el viaje de prueba si toda la operación fue normal y entendida por la cuadrilla.
- Comenzar a bajar las copas de achicamiento.
- Continuar bajando dentro del fluido hasta máximo 500 pies (día), 300 pies (noche), con el fin de obtener carga.
- Levantar la sarta de suabeo de tal manera que los pasos de los cables no se monten unos sobre otros.
- Avisar una vez aparezca la primera marca, lo mismo cuando aparezcan la segunda y la tercera.
- Detener el enrollado de cable una vez la tercera marca llegue a la altura del maquinista, con el fin de no sacar el “stuffing box” del lubricador.
- Tomar los datos del fluido recuperado, volumen total acumulado, variación de nivel de fluido entre corridas, presencia de gas en el área de trabajo.
- Dejar caer a cero la presión en la bomba una vez no se tenga más fluido o gas saliendo por el oil saver.
- Comenzar a bajar nuevamente la sarta de suabeo para un nuevo viaje.
- Se repiten estos pasos de manera sucesiva hasta verificar el aporte representativo del pozo.

Figura 67. Cabezal en la mesa rotatoria.



Fuente: OXY. Procedimiento para suabeo de pozos.
Anexo A. 20 de Octubre de 2012.

Figura 68. Conexión de líneas al “Choque M.”



Fuente: OXY. Procedimiento para suabeo de pozos.
Anexo A. 20 de Octubre de 2012.

Figura 69. Lubricador con amarre seguro.



Fuente: OXY. Procedimiento para suabeo de pozos.

Anexo A. 20 de Octubre de 2012.

Figura 70. Conexión del stuffing box a la barra de peso.



Fuente: OXY. Procedimiento para suabeo de pozos.
Anexo A. 20 de Octubre de 2012.

Figura 71. Conexión de stuffing box al sistema hidráulico.



Fuente: OXY. Procedimiento para suabeo de pozos. Anexo A. 20 de Octubre de 2012.

Figura 72. Lubricador asegurado a la torre.



Fuente: OXY. Procedimiento para suabeo de pozos.
Anexo A. 20 de Octubre de 2012.

Figura 73. Viaje de prueba sin copas de suabeo.



Fuente: OXY. Procedimiento para suabeo de pozos.
Anexo A. 20 de Octubre de 2012.

Figura 74. Copas de suabeo.



Fuente: OXY. Procedimiento para suabeo de pozos. Anexo A. 20 de Octubre de 2012.

4.2.1.4 Cabezales de pozo. Los sistemas de control de pozo son de vital importancia ya que evitan cualquier peligro de seguridad en la operación de cualquier pozo.

Las prácticas recomendadas para esto se establecen en la norma API RP-16E, según esta norma los elementos básicos de un sistema de control son:

- Deposito almacenador de fluido
- Acumuladores de fuentes de energía
- Unidad para operar pre ventores
- Consolas de control remoto
- Válvulas de control

4.2.1.5 Operaciones con wireline y slickline. Son operaciones que se realizan con y sin cable dentro del pozo cada una de ellas con el fin de aumentar la productividad del pozo y mejorar las condiciones de operación, dentro de las operaciones más comunes se encuentran:

- **Corrida de registradores de presión;** La corrida de registradores de presión y temperatura con slick line son procedimientos muy comunes en los pozos productores e inyectores. El registro de presiones y temperaturas es necesario para determinar presión y temperaturas de formación, niveles de fluido, índices de productividad y otros parámetros importantes para evaluar las condiciones del reservorio.
- **Corrida de tapón de prueba de tubería con slick line:** La corrida de tapones de prueba de tubería con slick line se realiza con el fin de garantizar el sello, integridad y buen estado de las tuberías de producción.

- **Cortador explosivo:** Esta actividad se realiza cada vez que se requiera cortar un tubular para su posterior recuperación o abandono en el hueco, durante pegas de tubería de trabajo y producción.
- **Registro RMT:** El registro RMT es el único sistema Carbono/Oxígeno through-tubing que ofrece resoluciones de medición dos a tres veces más altas que otros sistemas de registro Carbono/Oxígeno. Debido a que la herramienta RMT Elite es tan exacta y precisa, le permite al operador lograr velocidades de registro de dos a cinco veces más rápidas que otros sistemas similares. El registro RMT se toma para obtener información acerca de: Discriminar los contactos de fluido en la formación, evaluar las zonas de saturación de hidrocarburos en ambientes de agua fresca, mezclada o salinidades desconocidas, localizar zonas de aceite en invasiones de agua, evalúa saturaciones en formaciones detrás de los revestimientos cuando los registros open hole no fueron tomados, monitorea la inyección de CO₂ y vapor, verifica la integridad del empaquetamiento con grava.
- **Registro CBL-VDL:** El registro CBL-VDL, se corre en los pozos con el fin de verificar la calidad de los trabajos de cementación de un pozo y poder determinar cuándo se deben hacer cementaciones remediales (forzada o squeeze) con el fin de mejorar la adherencia del cemento al revestimiento y por ende obtener un aislamiento completo de las zonas supra yacientes o infra yacientes a la formación productora.
- **Registro PLT:** El registro PLT se toma para obtener información acerca de la presión, temperatura y perfil de producción del pozo. Tal información consiste de los tiempos de estaciones de trazador, estaciones de presión y una evaluación cualitativa del comportamiento de producción del pozo, determinando también que formaciones están aportando fluidos de producción y cuáles no.
- **Registro ILT:** El registro ILT se toma para obtener información acerca de la presión, temperatura y perfil de inyección del pozo. Tal información consiste de los tiempos de estaciones de trazador, estaciones de presión y una evaluación cualitativa del comportamiento de producción del pozo, determinando también que formaciones están recibiendo fluidos de inyección y cuáles no.
- **Correlación de profundidad con wireline:** La correlación en profundidad es un procedimiento que se hace previo a la realización de un trabajo de toma de registros, cañoneo y otras operaciones con wireline, para asegurar que las profundidades leídas en el camión de registros coincidan con las profundidades verdaderas de las formaciones presentes en el pozo.

- **Apertura y cierre de camisas:** Un medio para lograr comunicación entre la tubería de producción y el revestimiento. Puede ser usado para desplazar fluido desde atrás. También puede ser usado para producir zonas alternadas.
- **Registro de producción con trazador radioactivo:** El registro PLT se toma para obtener información acerca de la presión, temperatura y perfil producción del pozo. Tal información consiste de los tiempos de estaciones de trazador, estaciones de presión y una evaluación cualitativa del comportamiento de producción del pozo, determinando también que formaciones están aportando producción y cuáles no.

Cada una de las operaciones mencionadas tiene un procedimiento claro a seguir, solo que en este caso no se detallara debido a que se haría muy extenso y tedioso para el lector.

4.2.1.6 Instructivo operación de limpieza de arena por circulación. El principal objetivo de esta operación es limpiar los sedimentos y arena que se depositan y acumulan en el fondo de pozo, donde estos se encargan de obstruir el acceso del fluido desde la formación del pozo o la inyección desde la superficie hacia la formación.

Hay una serie de equipos que se usan para poder realizar correctamente la operación los cuales son: equipo de workover, bomba triplex, equipo para control de pozo, hydril, manifold, separador, quemador.

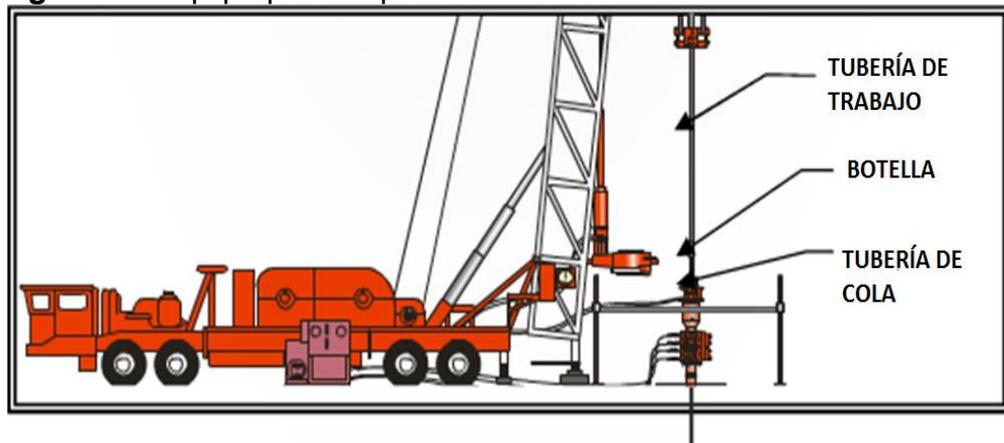
La limpieza de arena por circulación directa Esta consiste en circular un fluido ya sea agua fresca, agua salada o aceite a través del tubing, el cual posee en su extremo un accesorio cuya función es revolver la arena mecánicamente o aumentar la presión de trabajo(debido a la disminución del diámetro), según el accesorio utilizado.

Para el desarrollo de esta actividad se deben seguir un proceso correctamente para que la operación sea exitosa estos son los diferentes pasos que se deben realizar en la limpieza de arena por circulación directa:

- Acondicionamiento de las herramientas y accesorios: se debe proceder a instalar las cuñas según el diámetro que sea requerido.
- Instalar el elevador según el diámetro que se requiera
- Armado y bajada de la sarta de lavado:
- Se conecta el primer tubo un tubo chaflan con reducción cuello dentado.
- Se conecta una botella a 1 o ¼ de pulgada al tubo de cola, en el otro extremo de donde se hizo la conexión del chaflán.
- Con el elevador se procede a sujetar el tubo de la cola que tiene la reducción.
- El tubo se tiene que izar
- El tubo se baja y se tiene que sujetar con las cuñas

- Se desconecta la reducción del diámetro de la tubería que se va a acoplar del primer tubo de cola y se instala en el tubo siguiente y se repite este proceso cuantas veces sea necesario
- Se sujeta el primer tubo de trabajo con el elevador se iza y se coloca en posición para que se haga el acople con la tubería de cola a través de la reducción de 1 o ¼ de pulgada
- Se aprieta el primer tubo de la tubería de trabajo con la botella de reducción.
- Se cambian las cuñas de 1 o ¼ de pulgada por las cuñas de la tubería de trabajo (según el diámetro que demande).
- Bajar la sarta de tubería hasta el tope del sucio, se toca el fondo y se hace una marca de referencia en el último tubo.
- Se saca el último tubo de la sarta de tubería cuando se haya tocado el fondo.
- Se instala el Hydrill con su caucho y tuerca determinado.
- Se arma el conjunto swivel-tubo Kelly con la respectiva manguera.se aconseja asegurar la conexión de la manguera con un amarre especial con manila.
- Se sujeta el conjunto swivel-tubo Kelly con el elevador, se debe izar (en este recorrido un operario debe sostenerlo, conectarlo a la sarta de lavado se debe apretar manualmente y conectar la manguera de 2 pulgadas.

Figura 75. Equipo para limpieza de arenas.



Fuente: Henry Geovany Mayorga León-Andrés Quevedo Mayorga. Limpieza de arena en pozos petroleros.2009.

Lavado y circulación en directa: Se instala la manguera de 2 pulgadas de retorno.se conecta del anular hacia el tanque de suministro de fluido, al compartimiento o canal donde se van a decepcionar los fluidos provenientes del pozo con sólidos.

- Se pone en funcionamiento la bomba triplex
- Se verifica que la conexión de la manguera de succión de la bomba triplex al tanque de suministro este correcta.

- Se comienza a bombear en forma directa la bomba triplex sin acelerar la misma a fondo hasta obtener retorno por el anular al tanque de recepción de residuos(un operario debe vigilar el tanque hasta que ocurra este momento)
- Se comienza a lavar bombeando en directa y se baja muy despacio la sarta sí que se sobrepasen las 2000 lbs de peso si en esta se encuentra tubería de cola en la punta, se debe evitar rotar la sarta ya que esta se puede quebrar la tubería de cola. Si el sucio que se requiere remover es muy compacto se recomienda trabajar con presiones de 500 psi a 700 psi aproximadamente.
- Se debe ir colocado peso en la sarta para avanzar progresivamente sin sobrepasar las 2000 lbs hasta que el tubo Kelly baje totalmente dentro del pozo.
- Circular durante el tiempo requerido para que el sucio salga a superficie, cuando esto se realice detener la circulación y subir la sarta con la polea viajera hasta que el Kelly salga.
- Se asegura la tubería con las cuñas y se desconecta el Kelly y después se lleva al piso
- Se sujeta un tubo de trabajo con el elevador, se iza y después se conecta con el último tubo de la sarta para bajarlo totalmente en el pozo.
- Se instala nuevamente el tubo Kelly y se baja el cuello por debajo del caucho del Hydrill y se pone en funcionamiento la bomba triplex.
- Se circula el pozo limpio aproximadamente por 2 horas o como su profundidad lo demande hasta llegar a fondo.

Figura 76. Proceso de lavado y circulación directa.



Fuente: Henry Geovany Mayorga León-Andrés Quevedo Mayorga. Limpieza de arena en pozos petroleros.2009.

Sacada de la sarta de lavado y desinstalación de líneas

- Desconectar el tubo Kelly llevarlo al piso, después de esto se desconectan las mangueras.
- Se saca y se tumba la tubería de trabajo y la tubería de cola según se haya establecido el procedimiento.

Figura 77. Sacada de sarta de lavado y desinstalación de líneas.



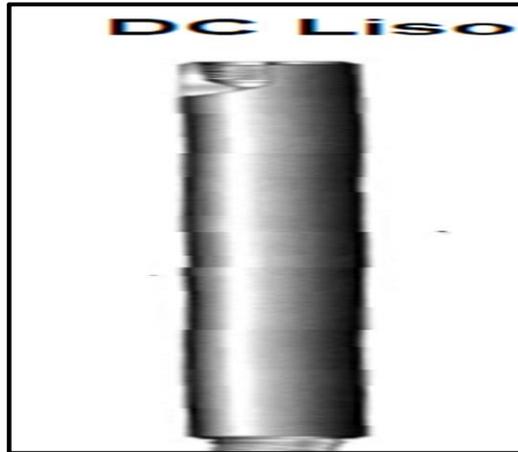
Fuente: Henry Geovany Mayorga León-Andrés Quevedo Mayorga. Limpieza de arena en pozos petroleros.2009.

4.2.1.7 Procedimiento para selección de tubería. Para el proceso de selección de tubería hay que tener en cuenta los siguientes conceptos:

- **Drillcollar:** es un componente de la sarta de perforación que ejerce peso sobre la broca o barrena para la operación de perforación. Los porta mechas son piezas tubulares que poseen un grueso espesor generalmente estas son fabricadas en material acero al carbono común en algunos casos se utilizan aleaciones de níquel-cobre no magnético u otras aleaciones no magnéticas de calidad superior. Estas barras de acero se encuentran perforadas para que así cuando se esté bombeando los fluidos de perforación vayan a través del porta mechas. Para que se garantice una redondees de las barras el diámetro externo debe estar mecanizado. Se cortan conexiones roscadas en un extremo el macho y en el otro la hembra para que se puedan unir los suficientes para lograr darle peso a la barrena o broca y así fracture la roca eficazmente.

Existen dos tipos de dril collar el que es liso que se denomina convencional ya que su forma viene desde la fábrica y este tipo puede suplir cualquier tipo de requisito nominal.

Figura 78. Drillcollar Liso.



Fuente: SCHLUMBERGER.
PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA
DE ENTRENAMIENTO.p.120.

Otro tipo de dril collar existente es el que tiene forma de espiral, este tipo de dril collar ofrece una reducción del área de contacto entre el dril collar y la pared del pozo por ende con este tipo se pueden evitar pegas de tubería por presión diferencial.

Figura 79. Drillcollar espiralado.

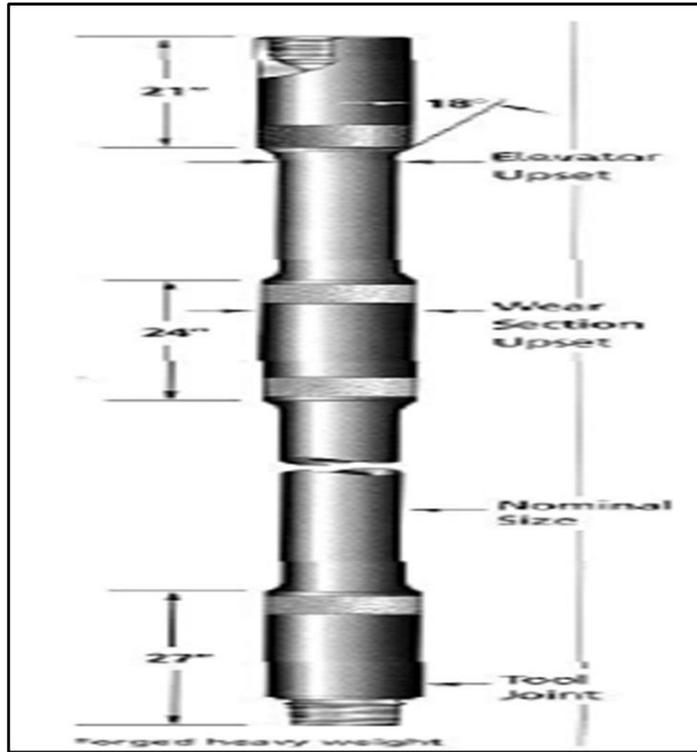


Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS.
PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.121.

- **Tubería de perforación pesada (HWDP):** Poseen el mismo diámetro de la tubería de perforación pero su diámetro interno es más reducido (entre 3'' y 4'') y además poseen un refuerzo en la mitad del cuerpo del tubular para

resistir abrasión. Se usan entre tubería de perforación normal y DC para que haya una transición suave entre las secciones y la sarta de perforación.

Figura 80. Esquema de tubería pesada de perforación.



Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.122.

- **Drill pipe (columna de perforación):** Conducto tubular fabricado en acero el cual posee extremos roscados que son llamados uniones de tubería. La función principal de la columna de perforación es conectar los componentes de superficie del equipo de perforación con el arreglo de fondo de pozo y la barrena o broca, ya sea para que los fluidos de perforación puedan ser bombeados y para también subir bajar y rotar el arreglo en fondo y la broca o barrena.

Figura 81. Diseño típico de Drillpipe



Fuente: DREMCO. DRILL PIPE. Disponible en:
http://www.globalspec.com/learnmore/specialized_industrial_products/mining_equipment/drill_pipe

- **TBG (uniones de tubería):** Son una de las partes fundamentales de la sarta. La unión no puede ser la parte más frágil de la columna. La unión se debe seleccionar según las restricciones del pozo y las condiciones del servicio.

Figura 82. Uniones de tubería.

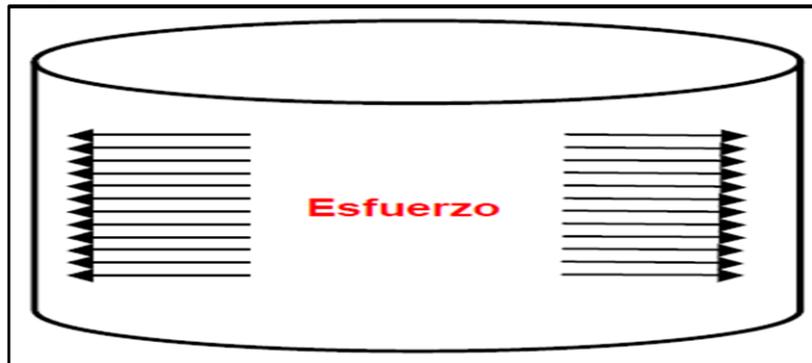


Fuente: TB. Uniones de tubería. Disponible en:
<http://spanish.alibaba.com/product-gs/petroleum-tubing-thread-gages-tbg-for-oil-drilling-60350211266.html>

- **Inspección de tubería:** es necesario realizar esta inspección de una manera periódica para que no se generen problemas en las operaciones que se deban realizar, existen diferentes tipos de inspecciones a realizar ya que se pueden encontrar diferentes tipos de problemas en la tubería a continuación se describirán algunas de las inspecciones realizadas.- Inspección de defectos transversales : en esta se detectan los defectos sub-superficiales y también los superficiales como lo son inclusiones o fracturas.- Inspección de defectos longitudinales: en esta se logran localizar defectos como cuarteaduras externas e internas.

- **Niveles de servicio:** Los tubulares se clasifican según su nivel de servicio en base a la norma 6 A PSL. Existen cuatro niveles Nivel 1: Grados H-40, J-55, K-55 y N-80 (para cantidades limitadas de H₂S y presiones menores a 5000 psi). Nivel 2: Grados M65, L80, C90, C95 y T95 (para presiones altas con H₂S limitado o baja presión con H₂S elevado, requiere control de dureza). Nivel 3: Grado P-110 (Bajo H₂S, alta T o P) Nivel 4: Por encima del nivel 3 como Q125 (altas presiones con alto contenido de H₂S).
- **Grados de acero:** hay una clasificación que determina de forma selectiva la calidad del acero rigiéndose de parámetros como lo son punto de cedencia, resistencia de tensión y su material de composición a continuación se nombraran los diferentes grados que existen: **C90:** para pozos de alta presión que contienen H₂S. Creado en 1983. El punto de cedencia máximo se restringe a 105,000 psi y la resistencia a la tensión mínima es de 100,000 psi para tuberías de revestimiento y de producción. Es un acero de aleación que contiene cromo y molibdeno. **C95:** tiene un punto de cedencia máximo de 110,000 psi y una resistencia a la tensión mínima de 105,000 psi. Es un grado sólo para tubería de revestimiento y se hizo para reemplazar al grado C75. No tiene limitación de dureza, por lo tanto no es adecuado para H₂S a temperaturas bajas debido a su alto punto de cedencia. **T95:** Resuelve los problemas que tiene el C95. Es tanto para tubería de revestimiento como para tubería de producción. La resistencia a la tensión mínima es de 105,000 psi y el punto de cedencia máximo es de 110,000 psi. **P110:** usado en tuberías de revestimiento y de producción. Cedencia máxima 140,000 psi. Resistencia a la tensión mínima de 125,000 psi. Se fabrica sin costura para tubing y son soldadura ERW para tubería de revestimiento. Inicialmente se añadió para resolver problemas de pozos profundos **Q125:** Usado en pozos profundos con altas presiones, con altas presiones de colapso. Creado en 1985, clasificado como grupo 4. Se fabrica por medio de ERW y métodos sin costura. Es el primer grado que requiere pruebas de impacto para confirmar la resistencia del acero. **NACE:** Se usa en H₂S a temperaturas de 225 F y mayores. **V150:** No es un grado API. El rango de cedencia va de 150K a 180K psi. Resistencia a la tensión mínima de 160,000 psi. No se puede usar para H₂S a ninguna temperatura.
- **Resistencia al estallido:** Es el valor de presión interna que se necesita para hacer que el acero ceda. La falla por estallido se puede dar por rompimiento del cuerpo de tubería o por fugas en acoples.

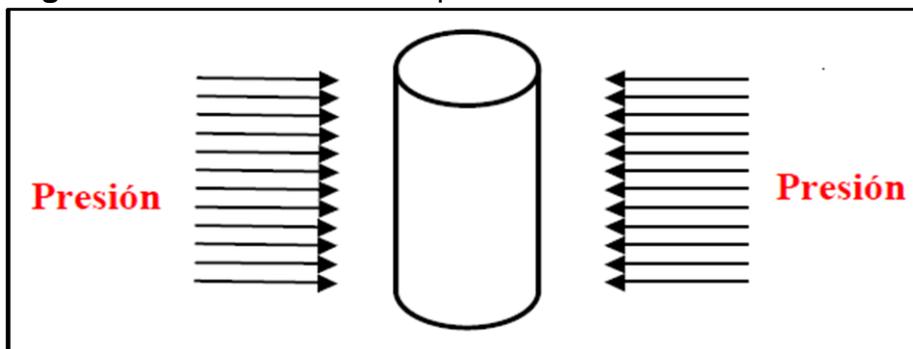
Figura 83. Grados de esfuerzo dentro de una tubería.



Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.140.

- **Resistencia al colapso:** Es la presión externa que se requiere para hundir o sumir cierta tubería de revestimiento.

Figura 84. Resistencia al colapso de tuberías.



Fuente: SCHLUMBERGER. PERFORACIÓN DE POZOS. PROGRAMA DE ENTRENAMIENTO.p.75.

- **Efectos de tensión en colapso y estallido:** La tensión tiende a reducir la resistencia al colapso. Si no existe presión, la resistencia al colapso será mayor que la diseñada. La tensión aumenta la resistencia al estallido. Si no estuviera presente el estallido sería menor al diseñado.
- **Desgaste de la tubería de revestimiento:** El desgaste causa disminución de tubería de revestimiento y por ende su resistencia de estallido.-Por lo general se da por contacto en los acoples de la TP y la TR.-Existe mayor desgaste por arrastre de la broca en el revestimiento.-Se da por mayor contacto de las herramientas corrida con cable de acero en la TR.

4.2.1.8 Operaciones de pesca. Las operaciones de pesca son frecuentemente utilizadas en trabajos de reacondicionamiento ya que estos incidentes operacionales suceden de forma repetida en los campos petroleros.

Las herramientas que se usan en las operaciones de pesca son las que se describen a continuación.

- **Taper mill:** esta herramienta se usa para triturar la tubería dañada que queda como pes dentro del pozo. Es una herramienta que se diseñó para ser usada en lugares muy estrechos, donde se encarga de mover restricciones u obstrucciones, es usada normalmente para arreglo de colapsos y daños que ocurrieron en el casing.
- **Junk mil:** Se usa para mover tubería dañada que ha quedado en el fondo del pozo. Se usa generalmente cuando se necesita moler pescados como cuñas, brocas, cemento entre otros.
- **Cucharas desviadoras:** La principal función de esta herramienta es alterar el curso de la perforación para asignarle otra desviación deseada.
- **Ensanchadores de hueco:** Esta herramienta es usada para cortar formaciones de cualquier tipo en una parte posee un pin y en la otra tiene una punta.
- **Junk basket sub:** La principal función de esta herramienta es recoger chatarra que ha quedado en el fondo del pozo como pedazos de broca, partes de accesorios entre otros.

Figura 85. Junk Basket Sub.



Fuente: Trabajo de grado: "Principales herramientas utilizadas en el campo castilla para operaciones de workover". Junk Basket Sub Rafael Valbuena hernandez. Edilson Saza Barreto.2009.

- **Raspadores de casing:** La principal función de esta herramienta es calibrar el casing antes de que los empaques sean colocados ya que se encarga de remover las obstrucciones que tenga el casing internamente.

Figura 86. Scrapper.



Fuente: Trabajo de grado: “Principales herramientas utilizadas en el campo castilla para operaciones de workover”.Scaper. Rafael Valbuena hernandez. Edilson Saza Barreto.2009.

- **X-over:** La función de esta herramienta es habilitar otras herramientas que son necesarias usar en operaciones de workover como trabajos de sarta cambiada, estos por su forma donde en un extremo poseen pin y box en el otro normalmente se usan para cambiar tipo de rosca o conexiones.

Figura 87. X-over.



Fuente: Trabajo de grado: “Principales herramientas utilizadas en el campo castilla para operaciones de workover”.X-over. Rafael Valbuena hernandez. Edilson Saza Barreto.2009.

- **Bit sut:** Esta herramienta es una de las más importantes ya que es la que permite hacer las conexiones de pin-pin.
- **Drilling jars (martillo):** La función principal de esta herramienta es generar nuevos impactos de la sarta o acelerar la velocidad de impacto. Existen martillos hidráulicos y mecánicos.

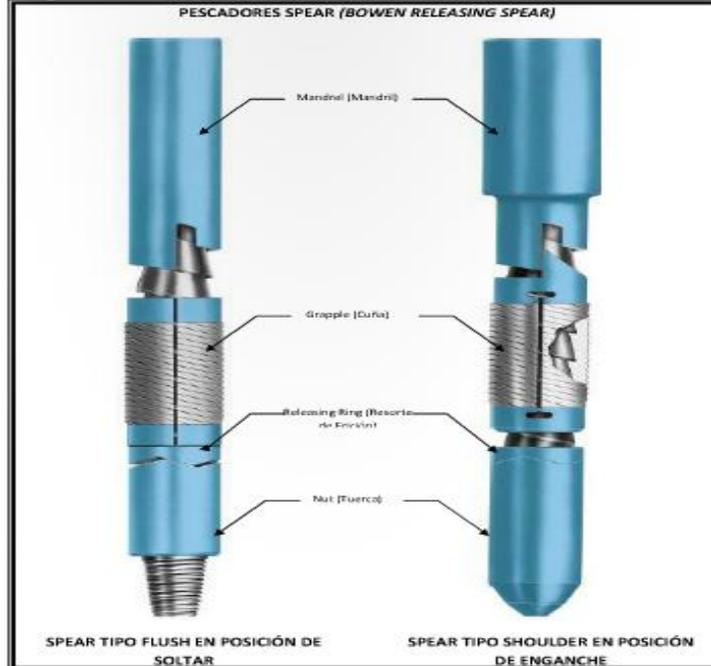
Figura 88. Bit Sut



Fuente: Trabajo de grado: "Principales herramientas utilizadas en el campo castilla para operaciones de workover". Bit sut. Rafael Valbuena hernandez. Edilson Saza Barreto. 2009.

- **Taper taps (rabo de rata):** La función principal de esta herramienta es la pesca de tubería. Cuando el diámetro externo del pescado está muy desgastado o deteriorado por lo cual no hay forma de que se conecte se usa la herramienta taper tap. Esta herramienta engancha internamente el pescado
- **Cortador interno de casing:** La función principal de esta herramienta como su nombre lo dice es cortar el casing, para que sea eficaz te tienen que determinar los segmentos donde se tiene que cortar el casing. La ventaja de esta herramienta es que realiza cortes uniformes a diferencia de los cortes por explosión.
- **Spear:** La función principal de esta herramienta es la pesca interna donde se enfoca en el drill pipe y tubing Este tipo de herramienta se puede usar con reversing tool o con el martillo hidráulico.
- **Over shot:** Esta herramienta tiene una cualidad importante y es que es la más apta para sujetar externamente, ya que puede resistir torsiones fuertes y tensiones grandes. Se usa para recuperar tuberías quebradas por torsión, usando cuñas de canasta o en espiral.

Figura 89. Spear.



Fuente: Trabajo de grado: "Principales herramientas utilizadas en el campo castilla para operaciones de workover".Spear. Rafael Valbuena hernandez. Edilson Saza Barreto.2009.

4.2.1.9 Abandono del pozo. Si surge una razón por la cual se tenga que abandonar el pozo por un tiempo corto o largo se debe proceder a llevar el pozo en seguridad. Si en la operación el zapato sufrió perforaciones se debe proceder a acoplar un tapón de cemento 30 ft por debajo y 15 ft por encima para que se haga una operación más exitosa Se tiene que asentar un tapón mecánico sobre el tapón de cemento.

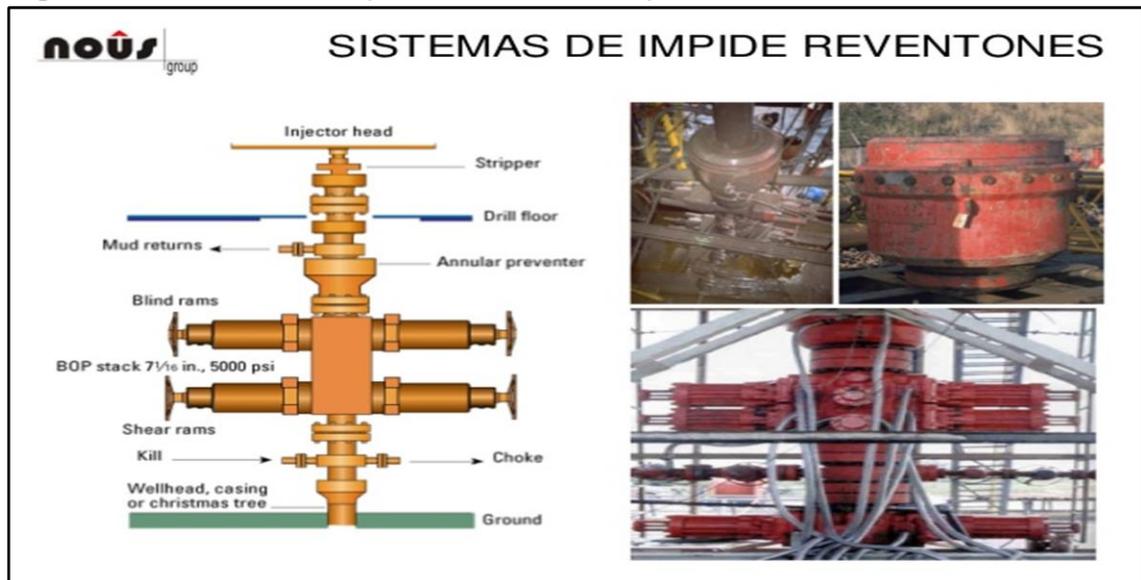
Se debe bajar una sarta para poder matar el pozo entre y 500-1000 metros de longitud esta debe llevar una válvula cerrada sobre la cabeza y para finalizar se deben cerrar la válvula de choque line y la kill line de los BOP.

- **Abandono del pozo y remoción del equipo:** El procedimiento de este abandono es similar al abandono temporal solo que en este caso la sarta que se baja para matar el pozo se tiene que bajar después de que ya se haya procedido desmontando las BOPs y luego una válvula maestra será instalada
- **Abandono definitivo:** Este prevé el aislamiento con tapones mecánicos y/o de cemento de las zonas que están produciendo. Entre las secciones de cada tapón se debe dejar el fluido de competición el cual tiene que poseer una densidad que pueda balancear la presión de la formación. Cuando la

operación se debe realizar en un pozo a hueco abierto las zonas del pozo que sean permeables deben ser selladas correctamente para que no se genere un flujo cruzado. El tapón debe estar asentado correctamente 50 m por debajo y 50 m por encima.

- **Control de pozo:** si se desea realizar una operación correcta de control de pozo se debe empezar por definir los equipos que se deben usar, a continuación se nombraran los equipos usados en el control de pozos - Estrangulador hidráulico ajustable (choke), dos estranguladores ajustables manuales. Un separador de gas, dos impide reventones tipo ariete, una válvula de control hidráulica, manómetros, una válvula de contra presión, una válvula de cierre de máxima abertura (Nelly Cock). Estos equipos usados para el cierre del pozo son principales en el control hidráulico, además de eso brindan la energía para operar los sistemas de impide reventones. Estas unidades deben cumplir la capacidad para poder generar el funcionamiento de los impide reventones .Las unidades están compuestas de dos elementos básicos: bombas, depósitos para el fluido, banco de acumuladores y para las válvulas un múltiple que va a permitir direccionar el fluido accionador al impide reventón apropiado.

Figura 90. Sistema de impide reventones en pozo.



Fuente: NOUS GROUP. Sistema Impide reventones. Disponible en: <http://es.slideshare.net/magnusgabrielhuertafernandez/fundamentos-de-exploracion-y-produccion>

- **Método para controlar el pozo:** si se desea cerrar el pozo, se debe llevar la presión del mismo a 1500 psi para obtener un sello inicial. Si la presión de cierre es una incógnita se puede reducir la presión hidráulica paulatinamente hasta que el impide reventón permita una fuga muy mínima alrededor de la

diferente o de riesgo, hay que tener mucho cuidado al evaluar los riesgos de incendio o explosión.

- Está prohibido fumar dentro de las instalaciones de perforación.
- No están permitidos los encendedores de butano en zonas de alto riesgo o altas temperaturas.
- Si se almacena ACPM o GASOLINA en el campo estos contenedores deben tener una etiqueta que lo indique.
- Materiales combustibles deben ser almacenados en recipientes de metal cerrados.
- Siempre cuando se vayan a realizar trabajos en caliente se debe solicitar y diligenciar el permiso de trabajo.
- Los motores se deben apagar cuando se va a llevar a cabo el procedimiento de llenado de combustible.

Figura 91. Rótulos de evaluación y prevención de incendios



Fuente: Lespaidelretol. Rotulos de evaluación y prevención de incendios. Disponible en: <http://www.lespaidelretol.net/es/productos/rotulos-de- evacuacion-y-prevencion-de-incendios>

4.3.2 Movilización arme y desarme del equipo de perforación.

Todo el personal que este encargado de la operación del arme y desarme del equipo de perforación debe tener conocimiento técnico de cada una de las partes del equipo que maneje.

- No se puede hacer esta operación entre el horario de 6 pm a 6 am.
- Se debe realizar una inspección del equipo de manera periódica por parte del jefe de operaciones o jefe de HSE quien diligenciara el formato pertinente.
- Durante el procedimiento de arme de los equipos deben asegurarse con líneas de seguridad todas las poleas ubicadas en la torre además estas deben ser inspeccionadas frecuentemente.
- Antes de que se realice la movilización se deben identificar los riesgos del trayecto y la locación.
- Cuando se tumba o se iza la torre ningún otro trabajo debe ser realizado.

- El equipo se debe armar en la misma dirección de la corriente de viento.
- Ninguna parte del equipo debe quedar a menos de 5 metros de una línea eléctrica.
- Los gatos hidráulicos siempre deben estar ajustados con contratuerca.
- Los equipos no se deben operar sin la instalación completa de todos los cables contra viento, cables de carga, cables de trabajadero de la tubería y el soporte de la parte media de la torre
- El área donde la torre va a caer debe estar despejada.
- Los cables contra viento no deben quedar extremadamente templados.
- Se deben señalar los cables contraviento con material reflectivo
- Cualquier tipo de herramienta, llave, clavija o perno debe retirarse de la torre antes de que esta sea izada.
- Se debe levantar y acomodar los pasamanos cuando se esté realizando la operación de ensamblado del piso de la torre.
- Se deben instalar pasillos, escalera y rampas antes de que los trabajos de la mesa rotaria sean iniciados.
- Las líneas de presión se deben descargar antes de realizar cualquier operación de movilización.

Figura 92. Transporte de carga especializado



Fuente: GLOBOPETROL. Transporte de carga. Disponible en: <http://www.globopetrol.com>

4.3.3 Seguridad en la operación del equipo de levante

Seguridad en el manejo de cuñas y elevadores:

- El supervisor debe realizar una instrucción adecuada en el uso y el mantenimiento y uso de cuñas y elevadores.
- Se deben inspeccionar constantemente para corroborar que se detecte si hay desgaste excesivo.
- El personal tienen que mantener sus manos y pies apartadas de las manijas de la cuña cuando la mesa rotaria este en movimiento.

- Las cuñas deben ubicarse en sitios donde no se conviertan en un obstáculo en el trabajo.
- Cuando se vaya a coger una cuña las manijas deben cogerse con las palmas de las manos hacia arriba.
- La cuña se debe levantar entre dos cuñeros.
- Las orejas del elevador deben asegurarse muy bien con pernos de acero de tamaño adecuado.

El elevador causa lesiones frecuentes por:

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

Figura 93. Procedimiento para levantamiento de cuña.



Fuente: Escuela Colombiana De Petróleos. Levantamiento de llaves y cuñas. Disponible en: <http://www.escuelacolombianadepetroleos.edu.co/>

4.3.4 Seguridad en el manejo del malacate

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

Figura 94. Malacate de perforación.



Fuente: Hong Sheng Oil. Malacate de perforación. Disponible en: <http://hongshengoil.en.made-in-china.com/productgroup/IMcxrCpHhYVS/Comp>.

4.3.5 Seguridad en el levantamiento de cargas

Seguridad en el izamiento del winche:

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

Figura 95. Izamiento de Winche.

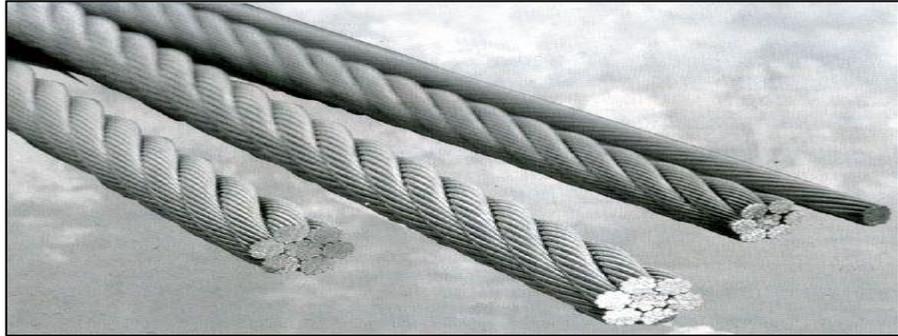


Fuente: País Minero. Proceso se levantamiento de winche. Disponible en: <http://www.paisminero.co/de-petroleo-e-hidrocarburos/de-interes-hidrocarburos/15488-analisis-el-petroleo-en-el-2015-entre-precios-bajos-y-baja-inversion>

4.3.6 Seguridad en el manejo de cables de acero

- Los perros en el cable de acero tiene que estar puestos de manera que la U no quede en la punta del cable corto.
- La U que se encuentra en la abrazadera debe quedar sobre el extremo muerto para así prevenir que el extremo vivo se debilite o aplaste.
- No se deben usar nunca cables desgastados o con presencia de corrosión.
- Al enrollar el cable se deben evitar torceduras o daños.
- El cable que se usa para suspender las llaves tiene que ser inspeccionado por el encuellador continuamente para informar problemas sobre el desgaste.
- Se deben usar poleas adecuadas para el cable para que este no roce otros equipos.
- Esta operación se realiza cuando la broca está cerca al zapato del último revestimiento no se debe hacer la operación con tubería afuera.
- Cuando se hace la corrida del cable se tiene que bajar el bloque viajero al piso.
- Siempre que se corte el cable se debe usar cinta adhesiva para que el cable no se desenrosque.
- Use solamente eslingas certificadas.

Figura 96. Cables de acero



Fuente: ARQHYS. Cables de acero. Disponible en: <http://www.arqhys.com/contenidos/cables-acero>

4.3.7 Seguridad en el taller

- Los talleres de mantenimiento deben estar siempre aseados
- Los residuos y basuras se deben ubicar en áreas adecuadas y recipientes pertinentes.

Figura 97. Seguridad en el taller de herramientas



Fuente: IM POINTER. Taller de reparación de herramientas. Disponible en: <http://www.impointer.com/productos.html>

4.3.8 Seguridad en el manejo de herramientas de potencia

- Son actividades que se realizan con la fuerza mecánica, hidráulica, neumática y eléctrica.

- Llaves para el manejo de tubería de perforación: hay una alta estadística de accidentes relacionados con el uso de llaves de potencia dado por el engancho de las llaves y golpes debido a la acción de giro.
- No deje cables sueltos en el suelo ya que puede ocasionar que una persona tropiece.
- No las deje caer ni las maltrate se pueden romper.
- Las llaves deben ser aseguradas y ancladas con cables.
- Las llaves tienen que tener mantenimiento y deben ser remplazadas si están deterioradas.
- Las llaves deben tener una línea de seguridad para prevenir que se caigan y puedan golpear a miembros de la cuadrilla.
- Al cambiar muelas en las llaves tiene que usar guantes de cuero, peto de cuero y protector para toda la cara.
- Las llaves de potencia deben ser engrasadas antes y después de cada viaje.
- Las llaves siempre se deben tomar por las manijas de la cabeza.
- El operador no debe operar la rotaria sino hasta cuando los cuñeros hayan soltado la llave de contrafuerza.

Figura 98. Llave manual de perforación



Fuente: YAOU MACHINERY. Llave manual de perforación. isponible en: <http://yaoumachinery.es/3-manual-tongs-1.html>

4.3.9 Herramientas neumáticas

- Cuando se requiera usar una herramienta neumática para limpieza se debe usar protección facial no puede sobrepasar 30 psi.

- Las mangueras deben permanecer en una buena condición, limpias y deben permanecer guardadas cuando no se estén usando.
- El sistema que se encuentra presurizado se debe despresurizar antes de desconectar las mangueras equipadas con conexiones que no se cierran.
- Todos los equipos de compresión y tanques receptores deben contar con válvulas de alivio y deben ser revisadas periódicamente.
- Los tanques que están encargados de recibir el aire deben estar equipados con calibradores de presión que estén acoplado de manera visible.
- Todas las mangueras que se usen deben estar conectadas no pueden estar sueltas ya que estas pueden proporcionar latigazos.
- No se debe jugar con el aire comprimido esto puede ocasionar lesiones graves
- Cuando se requiera usar un martillo neumático, no accionar la herramienta hasta estar en el sitio que se requiera usar.
- Se debe usar obligatoriamente protección auditiva.
- No se deben realizar reparaciones si no se ha aislado la fuente de potencia.
- No se debe dirigir el aire comprimido hacia otra persona o hacia usted se pueden generar lesiones.
- Antes de que se desconecte cualquier herramienta neumática se debe verificar que este despresurizada y que no se encuentre aire en esta.
- La llave neumática se debe usar para enroscar y desenroscar tubería solamente.

Figura 99. Herramientas neumáticas.



Fuente: Can Stock. Taladro de perforación manual. Disponible en: <http://www.canstockphoto.es/imagenes-fotos/martillo-neum%C3%A1tico.html>

4.3.10 Herramientas eléctricas portátiles

Antes de que se vayan a usar estas herramientas se debe cerciorar que tengan conexión a tierra.

- No se debe trabajar con herramientas en espacios confinados.
- No se debe posicionar sobre superficies que se encuentren húmedas cuando manipule una herramienta eléctrica.
- No se deben usar herramientas impulsadas por motores eléctricos en presencia de gases.
- La reparación de estas herramientas se debe llevar a cabo por personal capacitado.

Figura 100. Herramientas eléctricas portátiles



Fuente: GRIMAL. Equipos eléctricos manuales.

Disponible en: http://www.guima-mh.com/tratam_1_1/tratam_1_1.html

4.3.11 Seguridad en el manejo de herramientas

- El supervisor es la persona encargada de instruir correctamente para el uso y el mantenimiento de las herramientas manuales.
- Se deben inspeccionar correctamente las herramientas de forma visual y si estas presentan un daño deben ser arregladas antes de ser usadas.
- Se debe estar en posición segura antes de que se aplique presión en el mango de la herramienta.
- Cuando se deba transportar una herramienta estas deben ser transportadas en fundas.

- Cuando se estén usando herramientas cerca a la mesa rotaria se debe asegurar de que las herramientas no caigan en esta.
- Cuando se use una herramienta esta se debe dejar en el puesto respectivo.
- Los cinceles, barras, punzones y otras herramientas que se usan con dos operarios uno sujetando y el otro golpeando deben ser sujetadas a distancia par que el operario que la esté sujetando no sufra una lesión por un golpe.
- Utilice siempre las herramientas con las manos y guantes limpios.
- Cuando se están subiendo o bajando las escaleras de la torre no se deben tener herramientas en las manos.
- Si son herramientas muy pesadas se debe usar el elevador o el winche.

Figura 101. Herramientas comunes de medición en campo.



Fuente: Buenos Aires All. Herramientas comunes de medición.
 Disponible en: http://www.guima-mh.com/tratam_1_1/tratam_1_1.htm

4.3.11.1 Martillos

- Existen varios tipos dependiendo con el material en los cuales van a ser usados
- Un martillo nunca se debe golpear con otro martillo.
- No se deben emplear como palancas para aflojar tuercas.
- Los guantes deben permanecer limpios para que estos no ocasionen un deslizamiento.
- No se debe golpear superficies de acero endurecido sin los elementos de protección personal.
- Cuando existen fugas de gas y se necesite golpear superficies metálicas use martillos de bronce o material que no produzca chispas.
- Cuando se vaya a golpear en la rotaria use martillos de bronce o caucho.
- No use otra herramienta como martillo.

Figura 102. Martillos



Fuente: Traver Stool. Martillo. Disponible en: http://www.traverstool.com.mx/mano_175_4_1/71-351-739.html

4.3.11.2 Llaves

- Son usadas las llaves de boca fija y estría para generar una fuerza de torsión en las cabezas de tuercas, tornillos y pernos.
- El desgaste de las llaves como quijadas gastadas o mangos ásperos son los defectos más comunes.
- Nunca se debe usar una llave de tubo para doblar o levantar tubos.
- Cuando se use una llave ajustable (inglesa) se debe apretar alrededor de la tuerca o conexión y la fuerza se aplica en el lado con la boca estacionaria.
- No es recomendado usar un policia en una llave inglesa o de aluminio
- Se debe usar la llave apropiada con la medida exacta.
- No emplee extensiones para generar un aumento con fuerza de palanca.
- Nunca se debe usar una llave de estría como extensión de una llave fija.
- Nunca se debe soldar una llave que se ha quebrado.
- Después de que una llave sea usada debe ser puesta en su respectiva caja o tablero.
- Siempre que suba a la torre sujete las llaves al cuerpo.

Figura 103. Llave común en campo.

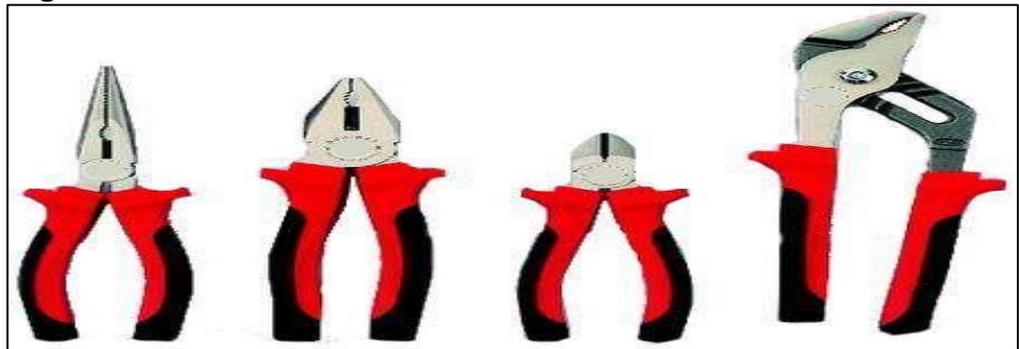


Fuente: Amazon. Llave común. Disponible en: <https://www.amazon.es/SAM-Outillage-10-N-Llave-boca/dp/B008EM3RXS>

4.3.11.3 Alicates

- Existen varios tipos de alicates pero lo más utilizados son los graduables para sujetar o cortar.
- No se deben emplear para soltar tuercas.
- Seleccione el alicate correcto para hacer cortes de alambre cuando se realice este procedimiento debe sujetar los dos extremos para que este no se recoja o salte.
- No se deben emplear para hacer palanca o como martillo.
- Se deben usar guantes al manipular los alicates.
- Cerca de la cabeza del pozo debe permanecer amarrado.

Figura 104. Alicates manuales.



Fuente: Brico Page. Alicates manuales. Disponible en: <http://www.bricopage.com/herramientas/alicates-de-electricistas.htm>

4.3.11.4 Destornilladores

- Los destornilladores deben de tener un mango en buen estado, este no debe ser resbaloso.
- No se debe golpear un destornillador con un martillo puede deteriorar el mango o lastimarse.
- No se deben emplear como palanca.
- Para trabajos eléctricos use destornilladores de mango aislante.
- No los emplee para crear un puente eléctrico.

Figura 105. Tipos de destornilladores comunes.



Fuente: Brico Page. Destornilladores comunes. Disponible en: http://www.tme.eu/html/ES/juegos-de-destornilladores-planos-y-de-cruztipophillips/ramka_4846_ES_pelny.html

4.3.11.5 Cinceles

- Se deben encontrar con un filo apropiado.
- Las asperezas cuando empiezan a florecer deben eliminarse.
- Use un cincel con el borde cortante del mismo grosor o un poco más ancho del corte que se desea hacer.
- Siempre debe usar guantes y gafas protectoras cuando se requieran usar.

Figura 106. Cinceles

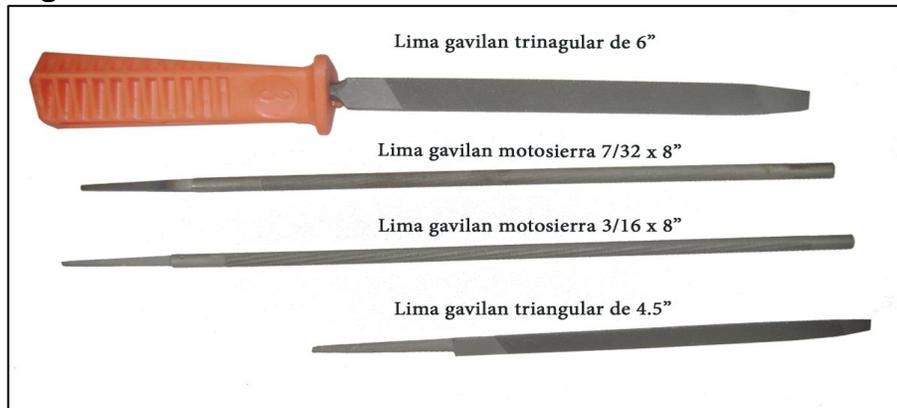


Fuente: ArtiFexBalear. Tipos de cinceles. Disponible en: <http://www.artifexbalear.org/cinzel.htm>

4.3.11.6 Limas

- Se tienen que usar siempre gafas protectoras.
- No use la lima para afilar superficies más duras que la lima.
- Las limas no se deben emplear para hacer palanca.

Figura 107. Limas



Fuente: BLEICHNER. Tipos de limas comerciales. Disponible en: http://www.bleichner.com.bo/productosdetalles.php?cod_prod=49&nombre_prod=Limas%20de%20Afilas

4.3.11.7 Barras, palas y picas

- Se deben usar guantes y gafas en el momento de realizar operaciones con estas.
- Se debe tener conocimiento y entrenamiento para su uso.
- Los cabos de las palas y picas deben ser en madera y deben permanecer limpios.

Figura 108. Barras y palas de uso común



Fuente: PERFIMACA. Barras y palas. Disponible en: http://perfimaca.com/index.php?option=com_content&view=article&id=20:picos-y-palas

4.3.12 Seguridad del sistema de perforación de lodos

- Mangueras de lodo, swivel y Kelly.
- Las secciones de la manguera se deben sujetar con cables de acero y abrazaderas para evitar que esta genere latigazos.
- El extremo que va sujeto al swivel se debe sujetar con un conjunto de abrazaderas y cable de acero que se une al cuerpo del swivel y no al cuello de ganso.
- Cualquier operación que se desee realizar o sea necesaria en el swivel, cuello de ganso o la manguera se debe hacer mientras la Kelly este en la ratonera.
- Cuando se desee hacer traslado o movimiento de fluidos el encuellador debe verificar que la posición de las válvulas sea correcta para evitar contaminaciones.
- La observación continua del nivel de fluido es de vital importancia para el control del pozo.
- Cuando se desee añadir barita u otro compuesto químico al lodo el operario debe usar elementos de protección personal.

Cuando se realice la limpieza de los tanques de lodo se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

- Se debe informar al operador si se desea llenar o vaciar los tanques de lodo.
- Se debe diligenciar el permiso para trabajos confinados.
- Aislar todas las conexiones eléctricas.
- Debe haber una persona que supervise el trabajo para cualquier eventualidad.
- No se deben usar herramientas que ocasionen chispa.
- Debe usar equipos de respiración y verificar que la ventilación sea apropiada.

4.3.13 Seguridad en el manejo de las bombas de lodo

- El supervisor tiene que instruir al personal en el uso y mantenimiento de las bombas.
- Antes de que se desconecten las líneas de las bombas lávelas con agua limpia para que así facilite su transporte y se evite cualquier tipo de contaminación.
- Si se requiere hacer un mantenimiento se debe tener un permiso de trabajo.
- Antes de que las bombas operen las líneas de presión deben ser descargadas.
- No se debe operar la bomba a una presión superior de la establecida por el fabricante.
- El perforador no debe activar las bombas sin antes cerciorarse de que el suministro de energía sea bueno.
- Cuando se repara una bomba se debe probar antes de ser operada nuevamente.
- No coloque las manos en el cilindro mientras la bomba esté funcionando.

- El amortiguador de pulsaciones se debe cargar con nitrógeno y no con otro gas.
- Para la reparación de la bomba se debe usar una llave tipo corona o de boca fija.

Figura 109. Bomba de lodo dúplex



Fuente: Rock Mont. Bomba duplex. Disponible en: <http://www.rockmont.com.ec/cuerpop.php?u=&n=&idioma=1&codigo=&nivel1=&nivel11=&id=338>

4.3.14 Seguridad en el manejo de la tubería

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

4.3.15 Seguridad corriendo el revestimiento

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

- Cuando el revestimiento está corriendo el encuellador debe asegurarse con el cinturón de seguridad amarrado a la torre.

4.3.16 Seguridad en operaciones de cementación

- Se debe realizar una charla operacional para empapar de conocimiento sobre la operación que se va a hacer.
- Solo el personal necesario debe permanecer alrededor de la mesa rotaria.
- Asegure con cable o cadenas las líneas de cementación.
- No se deben obstaculizar las salidas con las líneas de cementación.
- Debe usar protección auditiva mientras se encuentra en la mesa rotaria.
- Se debe colocar el letrero de alta presión y ubique extintores cerca.

4.3.17 Seguridad en el manejo de lodos base aceite

- Se deben cumplir normas específicas legales de seguridad.
- Los tanques de lodo deben tener una ventilación adecuada.
- Si el tanque está impregnado de aceite se debe proceder a lavar con jabón y agua caliente.
- El personal debe conocer la diferencia cuando se trabaja con un lodo base aceite y uno base agua.
- Nunca suponga que un cordón eléctrico es inofensivo verifique la fuente de protección y que no exista un riesgo inminente.
- Toda herramienta eléctrica debe tener una conexión a tierra.
- Nunca lave un motor sin antes haberlo aislado eléctricamente.
- El equipo eléctrico debe ser encerado para que no haya contacto con gases.
- En los alrededores del contrapozo todos aquellos equipos que funcionen con más de 220 voltios debe tener aviso de peligro alto voltaje.

Figura 110. Tratamiento lodo base aceite



Fuente: BIO IN TECH. Lodos base aceite Disponible en: <http://www.biointech.co/portal/index.php/servicios-bioingenieria/3-recuperacion>

4.3.18 Seguridad en el trabajo de soldadura

- La válvula de los cilindros que poseen gases no combustibles es roscada hacia la derecha y por otra parte la de los gases combustibles hacia la izquierda.
- Una válvula se abre con una vuelta y media.
- No use imanes cadenas o eslingas para alzar los cilindros.
- No deje caer los cilindros desde una posición alta.
- Los cilindros vacíos se almacenan en un lugar diferente que a los llenos.
- No use comprimido con otros productos.
- No inhale hidrogeno ni coloque las manos en la corriente de gas.
- Chequee regularmente si los cilindros tienen fugas.

Figura 111. Trabajo de soldadura



Fuente: ARQHYS. Trabajos con soldadura. Disponible en: <http://www.arqhys.com/arquitectura/trabajos-soldadura.html>

4.3.19 Precauciones generales en soldadura

- Se debe diligenciar siempre un permiso de trabajo en caliente.
- Deben haber extintores en el lugar donde se va a llevar a cabo la operación.
- No debe hacer trabajos de soldadura en espacios reducidos donde no se ha inspeccionado si hay concentración de oxígeno en el ambiente.
- Se debe usar el equipo apropiado y elementos de protección personal.
- No cargue encendedores plásticos de butano.
- Evite inhalar los vapores usando ventilación y los elementos adecuados.
- No mire el arco de soldadura sin las gafas para soldadura.
- No se puede hacer trabajos en caliente en los siguientes lugares: torres, equipos de potencia, brocas, equipo de levante sin autorización del fabricante.
- Elija la boquilla adecuada para soldar exitosamente.
- No utilice una llama para encender el soplete.
- Siempre se deben usar guantes.

4.3.20 Seguridad en el uso y manejo de escaleras

- Se deben quitar las abolladuras que aparezcan en las barandas.
- Se deben revisar con frecuencia para detectar deterioro.
- Para trabajo tipo eléctrico se debe usar una escalera de madera.

4.3.21 Seguridad en manejo de preventoras

- Las preventoras y el equipo que está relacionado con el control del pozo son empleados para controlar la presión del pozo.
- Recomendaciones
- No se debe cerrar una preventora anular sin tener tubería dentro del pozo.
- El manejo de las preventoras solo debe ser llevado a cabo por el supervisor.
- No use otro gas que no sea nitrógeno para el acumulador.
- Cuando se estén conectando las mangueras a la preventora todas las líneas, deben tener una presión equivalente a cero antes de que se vayan a martillar las uniones.

Figura 112. BOP o preventora.



Fuente: ATRSAS. Preventora o BOP.

Disponible en:
http://catalogo.atrsas.com/rental_petroleos.ph

5. IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN “WORKOVER/DRILLING” EN LOS CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE

La siguiente implementación del sistema de capacitación, evaluación y selección de la aplicación virtual “Workover/Drilling” se realizó en los taladros RIG 51 y RIG 53, dentro de este capítulo se presenta el cronograma de actividades con el cual se lleva a cabo el proceso de inscripción, presentación del programa, capacitación, evaluación y su respectiva selección, adicionalmente también se presentan los resultados obtenidos.

5.1 ORNIGRAMA

En la **Tabla 23** se muestra el cronograma de actividades resumido de la implementación de la aplicación virtual, el cual ilustra las actividades detalladas con las que se realiza la implementación del sistema de capacitación, evaluación y selección “Workover/Drilling” en los taladros RIG 51 del Campo Castilla y RIG 53 del Campo Chichimene.

5.1.1 Estudio de autoevaluación.

En esta parte se evalúan los pros y contras de la implementación de la herramienta virtual con el fin de identificar si se está logrando llenar las lagunas o vacíos en conocimientos teóricos y prácticos, que presente el personal operativo de Independence & Drilling S.A dentro de las labores comunes en los taladros.

Dicha autoevaluación es realizada de manera libre por parte del personal, ellos establecen sus opiniones acerca de la metodología del programa, manejo, diseño, creatividad, etc. También dan sus opiniones acerca de cómo fue la evaluación y si el enfoque que se utiliza en la evaluación lo consideran adecuado

Luego de dicho trabajo de retroalimentación por parte del personal se deben realizar actas que evidencien los puntos fuertes que presenta la herramienta virtual y las posibles mejoras a tener en cuenta que se puedan conseguir para desarrollar de una mejor manera el software de capacitación, evaluación y selección “Workover/Drilling” de Independence Drilling S.A.

Tabla 30. Cronograma de actividades

Hora	Actividad
7:00 am	<ul style="list-style-type: none"> • PRESENTACIÓN DE LA PLATAFORMA VIRTUAL • Introducción a la capacitación. • Asignación de usuario y contraseña • Verificación de ingreso a la plataforma • Manejo y explicación unificada de la herramienta.
8:00 am	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos y pruebas de la plataforma
8:30 am	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación de la herramienta (manejo y diagramas de uso comunes)
9:00 am	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación guiada de la plataforma. Módulo de capacitación.
9:30 am	<ul style="list-style-type: none"> • Resolución de dudas y complementación a información del módulo de capacitación
10:00 am	<ul style="list-style-type: none"> • Explicación guiada de la plataforma. Módulo de evaluación.
10:30 am	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de los temas vistos, aclaración de dudas.
11:00 am	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de la plataforma con los trabajadores.
11:30 am	<ul style="list-style-type: none"> • Autoevaluación del personal, conclusiones y estudio de la implementación de la herramienta

5.2 SELECCIÓN DE PERSONAL POR CARGO

La selección del personal se realizó luego de un estudio de los cargos de mayor solicitud en la empresa, básicamente los cargos de supervisor, cuñero, encuellador, maquinista y aceitero; la selección se hace con base solo en los conocimientos técnicos, por ende solo se tienen en cuenta los mejores resultados en las pruebas técnicas y de HSE presentadas por el personal para cada cargo.

Es importante también destacar que las evaluaciones para cada cargo se hicieron entre los dos taladros, en este caso particular, en el RIG 51 se evaluaron a los aspirantes a cuñeros y encuelladores, mientras que en el RIG 53 se evaluaron a los aspirantes a supervisores y maquinistas.

En las **Tablas 24 y 25** se pueden observar los reportes de inscripción de los trabajadores para el cargo de cuñero y encuellador para el Rig 51.

Tabla 31. Reporte de inscripción para el cargo de cuñero en el RIG 51.

ID del curso	Cedula	Nombres	Apellidos
2	7827657	Esneyder	Parra Cárdenas
3	1123512021	Luis Carlos	Parra Contreras
4	1123024840	Jorge	Vega Garzón
5	1123085385	Diego Alejandro	Tapias
6	1122121819	Sneyder	Marín Ramírez

Tabla 32. Reporte de inscripción para el cargo de encuellador en el RIG 51.

ID del curso	Cedula	Nombres	Apellidos
7	17446430	Matías Faber	Salgar
8	17422547	Francisco	Rodríguez
9	827710	Julio	Puerta Prasca
10	17416678	Carlos Arturo	Leal Molla
11	91004389	Gustavo	Quintero Cantillo

En las **Tablas 26 y 27** se pueden observar los reportes de inscripción de los trabajadores para el cargo de supervisor y maquinista para el Rig 53.

Tabla 33. Reporte de inscripción para el cargo de supervisor en el RIG 53

ID del curso	Cedula	Nombres	Apellidos
12	18144458	Henry	Mejía Burbano
13	17421843	Edidier	Quevedo Rivillas
14	80428742	Miguel	Castro Maldonado
15	7709212	Wilfor	Trujillo Pascuas
16	74845719	Joselin	Dueñas Buitrago

Tabla 34. Reporte de inscripción para el cargo de maquinista en el RIG 53.

ID del curso	Cedula	Nombres	Apellidos
17	19296575	Alirio Nel	Rubís Molla
18	8607076	Hector Arnulfo	Ávila Forero
19	16845040	Gilberto	Urrutia V. Marín
20	7827758	Edgar	Morales Mollano
21	91518015	Alexis	Arguello Cuello

5.3 EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

Luego de la implementación de la aplicación virtual “Workover/Drilling” se logró obtener un resultado positivo debido a que la mayoría del personal evaluado logro aprobar tanto las pruebas técnicas y de HSE, de igual forma se logró agilizar mucho los procesos de evaluación y selección de personal por parte del departamento de recursos humanos de la empresa, de días a minutos. En las **Tablas 28, 29, 30 y 31** se pueden observar los reportes de calificación para ambos taladros y en los puestos de supervisor, encuellador, maquinista y cuñero.

Tabla 35. Reporte de calificación para el cargo de cuñero en el RIG 51. (Para Prueba Técnica).

ID del curso	Cedula	Nombres y apellidos	Estado	Calificación (%)
2	7827657	Esneyder Parra Cárdenas	Aprobado	60
3	1123512021	Luis Carlos Parra Contreras	Aprobado	60
4	1123024840	Jorge Vega Garzón	Aprobado	60
5	1123085385	Diego Alejandro Tapias	No aprobado	40
6	1122121819	Sneyder Marín Ramírez	No aprobado	40

Tabla 36. Reporte de calificación para el cargo de cuñero en el RIG 51. (Para prueba HSE).

ID del curso	Cedula	Nombres y apellidos	Estado	Calificación (%)
2	7827657	Esneyder Parra Cárdenas	Aprobado	50
3	1123512021	Luis Carlos Parra Contreras	Aprobado	80
4	1123024840	Jorge Vega Garzón	Aprobado	70
5	1123085385	Diego Alejandro Tapias	Aprobado	90
6	1122121819	Sneyder Marín Ramírez	No aprobado	30

Tabla 37. Reporte de calificación para el cargo de encuellador en el RIG 51. (Para la prueba técnica).

ID del curso	Cedula	Nombres	Estado	Calificación (%)
7	17446430	Matías Faber Salgar	Aprobado	50
8	17422547	Francisco Rodríguez	No aprobado	40
9	827710	Julio Puerta Prasca	Aprobado	60
10	17416678	Carlos Arturo Leal Molla	No aprobado	40
11	91004389	Gustavo Quintero Cantillo	Aprobado	60

Tabla 38. Reporte de calificación para el cargo de encuellador en el RIG 51. (Para la prueba en HSE).

ID del curso	Cedula	Nombres y Apellidos	Estado	Calificación (%)
7	17446430	Matías Faber Salgar	Aprobado	50
8	17422547	Francisco Rodríguez	Aprobado	70
9	827710	Julio Puerta Prasca	Aprobado	60
10	17416678	Carlos Arturo Leal Molla	Aprobado	60
11	91004389	Gustavo Quintero Cantillo	Aprobado	70

Tabla 39. Reporte de calificación para el cargo de supervisor en el RIG 53. (Para prueba técnica).

ID del curso	Cedula	Nombres y Apellidos	Estado	Calificación (%)
12	18144458	Henry Mejía Burbano	No aprobado	20
13	17421843	Edidier Quevedo Rivillas	Aprobado	70
14	80428742	Miguel Castro Maldonado	No aprobado	20
15	7709212	Wilfor Trujillo Pascuas	Aprobado	60
16	74845719	Joselin Dueñas Buitrago	Aprobado	90

Tabla 40. Reporte de calificación para el cargo de supervisor en el RIG 53. (Para prueba en HSE).

ID del curso	Cedula	Nombres y Apellidos	Estado	Calificación (%)
12	18144458	Henry Mejía Burbano	Aprobado	70
13	17421843	Edidier Quevedo Rivillas	No aprobado	0
14	80428742	Miguel Castro Maldonado	Aprobado	90
15	7709212	Wilfor Trujillo Pascuas	No aprobado	20
16	74845719	Joselin Dueñas Buitrago	Aprobado	60

Tabla 41. Reporte de calificación para el cargo de maquinista en el RIG 53. (Para prueba técnica).

ID del curso	Cedula	Nombres y Apellidos	Estado	Calificación (%)
17	19296575	Alirio Nel Rubís Molla	No aprobado	40
18	8607076	Hector Arnulfo Ávila Forero	Aprobado	60
19	16845040	Gilberto Urrutia Villa Marín	Aprobado	80
20	7827758	Edgar Morales Mollano	Aprobado	80
21	91518015	Alexis Arguello Cuello	Aprobado	60

Tabla 42. Reporte de calificación para el cargo de maquinista en el RIG 53. (Para prueba en HSE).

ID del curso	Cedula	Nombres y Apellidos	Estado	Calificación (%)
17	19296575	Alirio Nel Rubís Molla	Aprobado	60
18	8607076	Hector Arnulfo Ávila Forero	Aprobado	50
19	16845040	Gilberto Urrutia Villa Marín	Aprobado	80
20	7827758	Edgar Morales Mollano	Aprobado	50
21	91518015	Alexis Arguello Cuello	No aprobado	40

De la implementación del software “Workover/Drilling” en los taladros RIG 51 y RIG 53 se obtuvieron los siguientes resultados que se pueden observar en las **Tablas 36 y 37**.

Tabla 43. Resultados de los reportes de calificación de los taladros RIG 51 y 53 Pruebas técnicas.

Estado	Número (#)	Porcentaje (%)
Aprobaron	13	65%
No aprobaron	7	35%
Total	20	100

Tabla 44. Resultados de los reportes de calificación de los taladros RIG 51 y 53 Pruebas de HSE.

Estado	Número (#)	Porcentaje (%)
Aprobaron	16	80%
No aprobaron	4	20%
Total	20	100

Con estos resultados se puede concluir, que más del 50% de los aspirantes a ingresar a los cargos de supervisor, encuellador, maquinista y cuñero en la empresa se vieron beneficiados por las ayudas interactivas así como de interfaz e interacción que proporciona el software “Workover/Drilling” para la capacitación al usuario que lo utilice.

En cuanto a las pruebas técnicas se observó un aumento en el porcentaje del personal que aprueba las evaluaciones, se pasó de un record histórico de 43% a un promedio de 65% en la implementación piloto realizada con la herramienta. En la **Figura 112 y Figura 113** se observa la comparación entre los resultados de los dos sistemas.

Por otro lado en cuanto a las pruebas de HSE se observó un aumento en el porcentaje del personal que aprueba las evaluaciones, se pasó de un record histórico de 60% a un promedio de 80% en la implementación piloto realizada con la herramienta virtual. En la **Figura 113** y **Figura 114** se observa la comparación de los dos sistemas

Figura 113. Desempeño en pruebas técnicas utilizando sistema “Workover/Drilling”

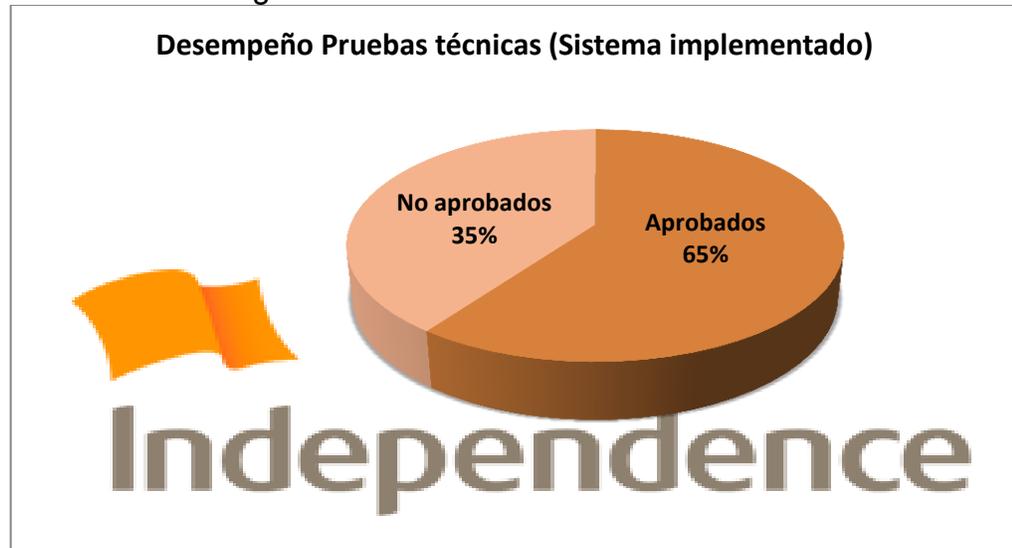


Figura 114. Desempeño en pruebas técnicas (promedio histórico de la empresa).

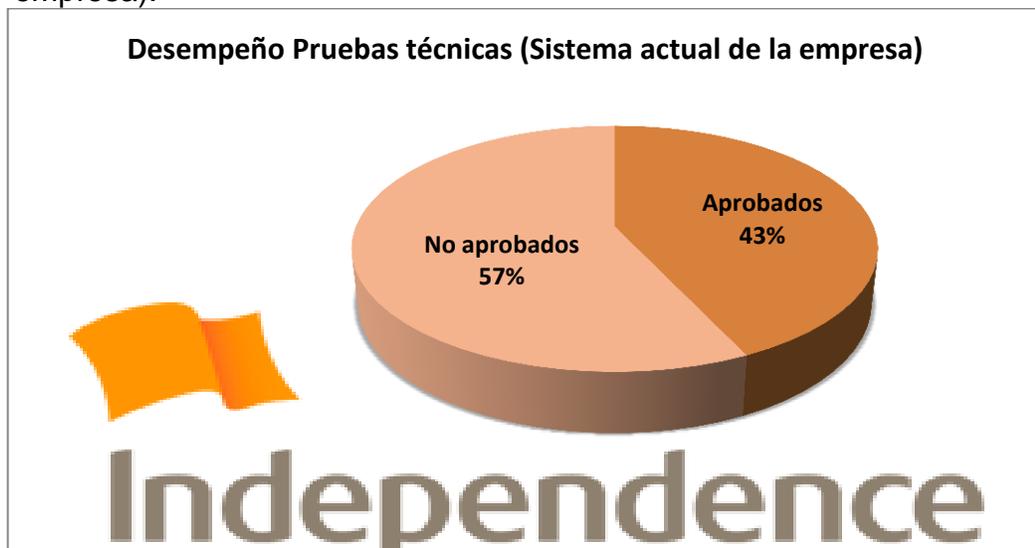
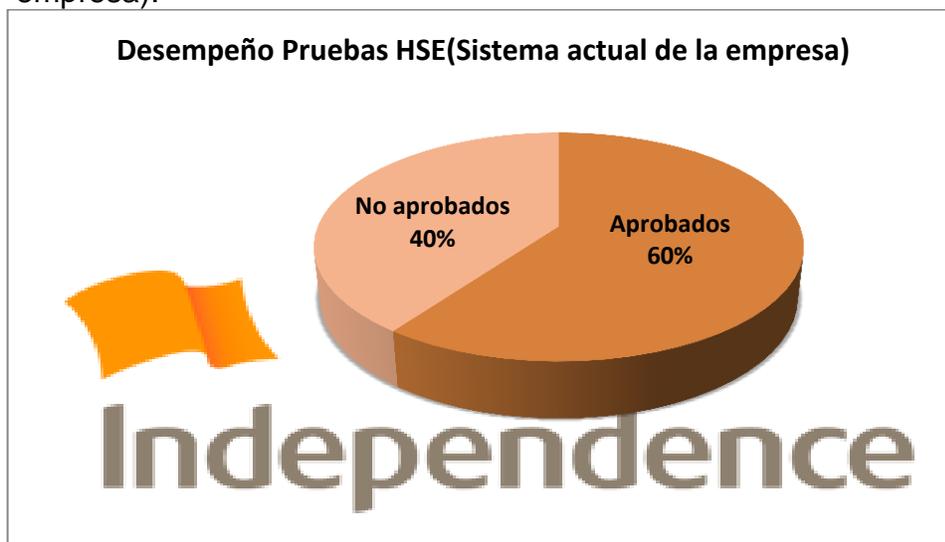


Figura 115. Desempeño en pruebas HSE utilizando sistema “Workover/Drilling”.



Figura 116. Desempeño en pruebas HSE (promedio histórico de la empresa).



Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que la implementación de la herramienta resultó satisfactoria y arrojó los resultados esperados por la empresa patrocinadora y los investigadores.

Lo que se busca con la herramienta al corto plazo y mediano plazo es que el porcentaje de personal que no apruebe las pruebas técnicas y de HSE sea mucho menor al actual y se tenga que escoger a personal mucho más competente en

cada uno de los cargos, para lograr esto es necesario desarrollar en conjunto con la empresa nuevas estrategias de aprendizaje y si es posible mantener en constante actualización la herramienta virtual.

Teniendo en cuenta todo lo anterior se logra cumplir con el objetivo principal del proyecto el cual consiste en mejorar la capacitación del personal y adicionalmente disminuir la pérdida de tiempo y dinero en que incurre la empresa en dichos procesos de capacitación, evaluación y selección de personal operativo.

La empresa quedo satisfecha con los resultados obtenidos por parte de la herramienta, adicionalmente la empresa también quiere pasar a una segunda fase del proyecto la cual consiste en implementar la herramienta virtual en otros taladros, así mismo se buscará mantener la herramienta en constante mantenimiento y actualización para que sea útil a lo largo del tiempo. En el **ANEXO A** se ilustran las respectivas imágenes de la implementación de la herramienta virtual.

6. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA “WORKOVER/DRILLING”

Dando cumplimiento al objetivo seis del trabajo de grado, a continuación se muestran los resultados obtenidos en la implementación del sistema de capacitación, evaluación y selección de personal “Workover/Drilling”, con respecto a los resultados obtenidos antes y después de la aplicación virtual, que fue un punto de cambio importante en los resultados de evaluación y capacitación de personal en campo.

Los resultados que se obtienen a partir de la implementación corresponden a los dos taladros seleccionados por la empresa para hacer la prueba piloto, el RIG 51 y el RIG HH 53, en los cuales se seleccionaron a 20 personas entre ambos taladros divididos en los cargos de supervisor, encuellador, cuñero y maquinista, ya que estos son los cargos de mayor demanda en la empresa.

A estas 20 personas seleccionadas se les realizó la capacitación y evaluación respectiva con la herramienta virtual, de igual forma se tomaron resultados históricos de pruebas realizadas para personal operativo de la empresa y se encontró un promedio de personas que aprueban las pruebas técnicas de 30%.

Tabla 45. Resultados comparativos en pruebas técnicas antes y después de la implementación de la aplicación virtual.

Antes de la implementación de la herramienta virtual		
Estado	#	%
Aprobaron	6	30%
No aprobaron	14	70%
Total	20	100%
Después de la implementación de la herramienta virtual		
Estado	#	%
Aprobaron	13	65%
No aprobaron	7	35%
Total	20	100%

De igual forma se tienen los resultados para las pruebas de HSE comparadas con el record histórico de aprobación de personal en este ítem. En las **Figura 116** y **Figura 117** se puede observar las diferencias entre ambos sistemas.

Figura 117. Desempeño de participantes en pruebas técnicas (antes de la implementación de la herramienta virtual).

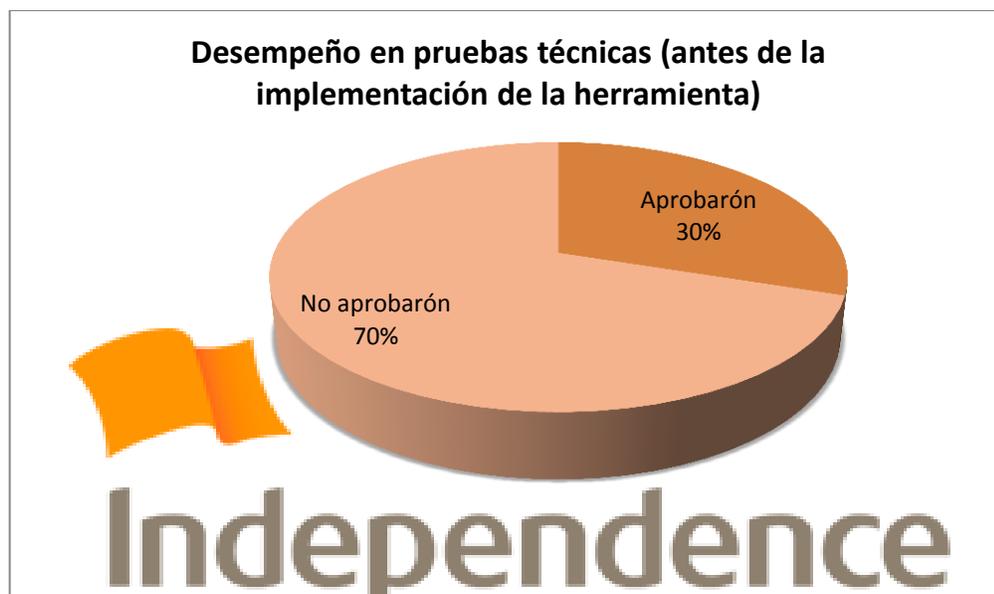


Figura 118. Desempeño de participantes en pruebas técnicas (después de la implementación de la herramienta virtual).

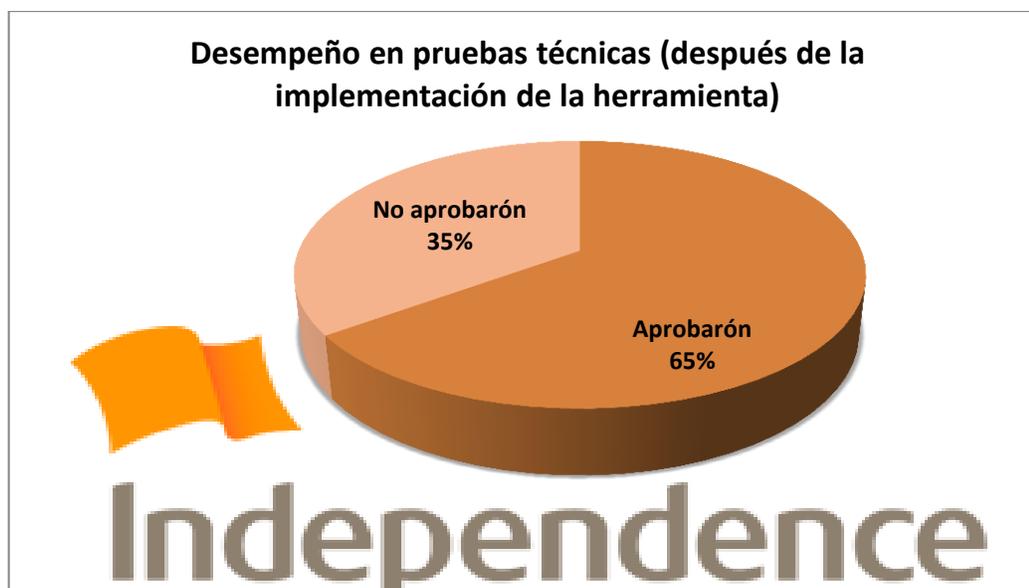


Tabla 46. Resultados comparativos en pruebas HSE antes y después de la implementación de la aplicación virtual.

Antes de la implementación de la herramienta virtual		
Estado	#	%
Aprobaron	10	50%
No aprobaron	10	50%
Total	20	100%
Después de la implementación de la herramienta virtual		
Estado	#	%
Aprobaron	16	80%
No aprobaron	4	20%
Total	20	100%

En la **Figuras 118 y 119** se ilustra la comparación entre los resultados obtenidos antes y después de la implementación de la herramienta virtual.

Figura 119. Desempeño antes de la implementación de la herramienta virtual en pruebas HSE.

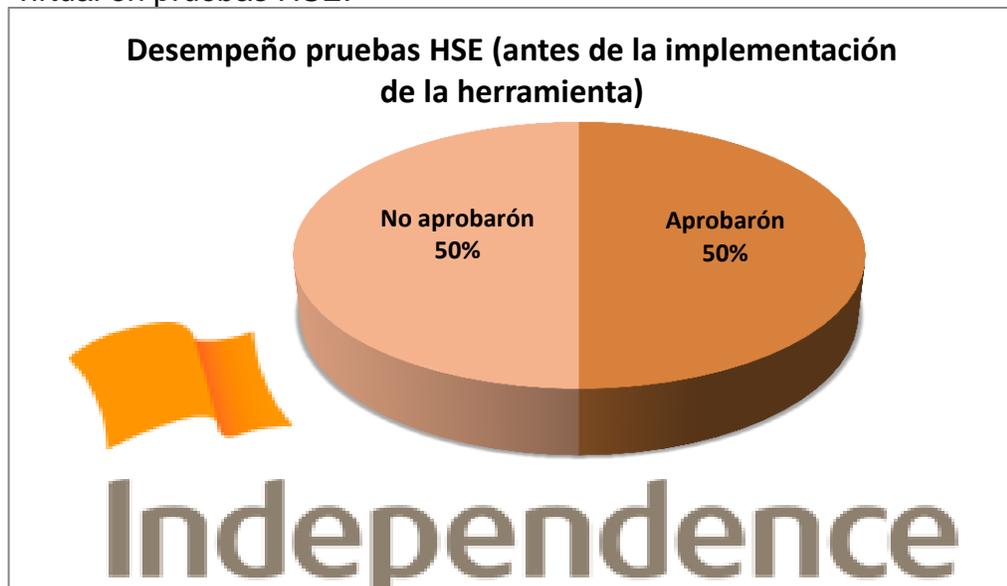
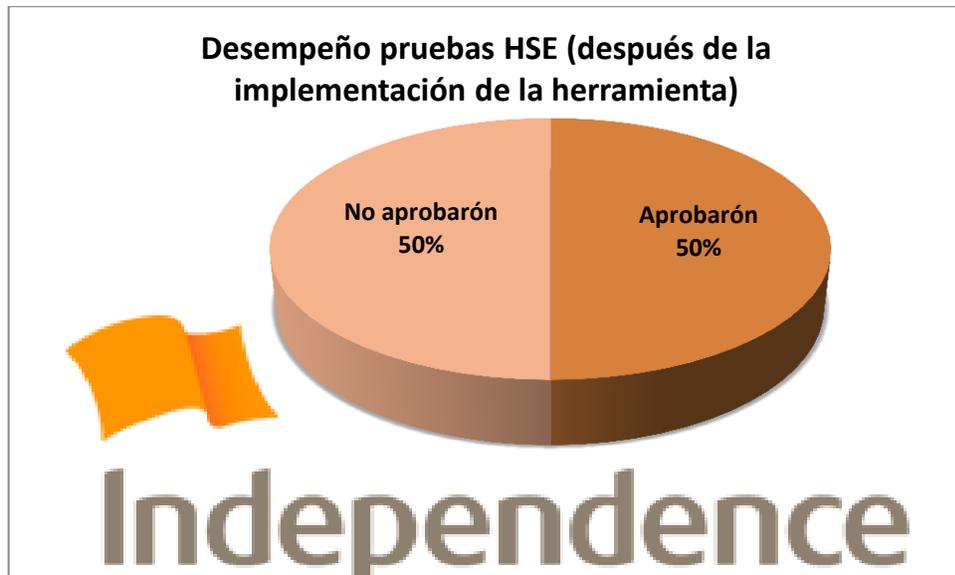


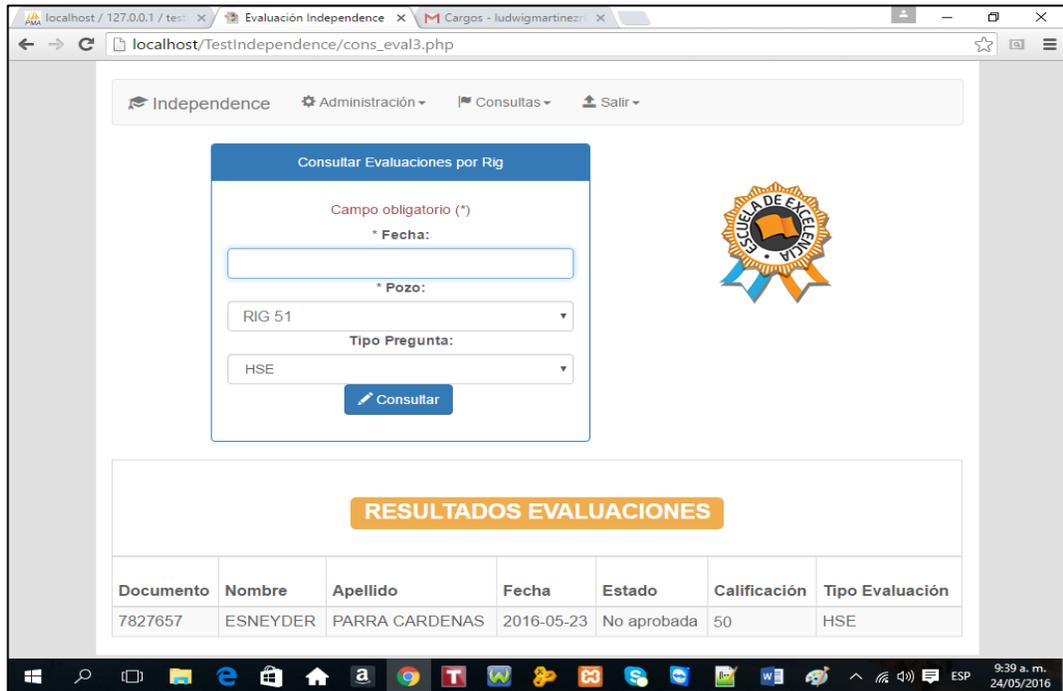
Figura 120. Desempeño después de la implementación de la herramienta virtual en pruebas HSE.



También se observa un aumento del 30 % en el personal que aprueba las evaluaciones HSE utilizando la herramienta como mecanismo de capacitación.

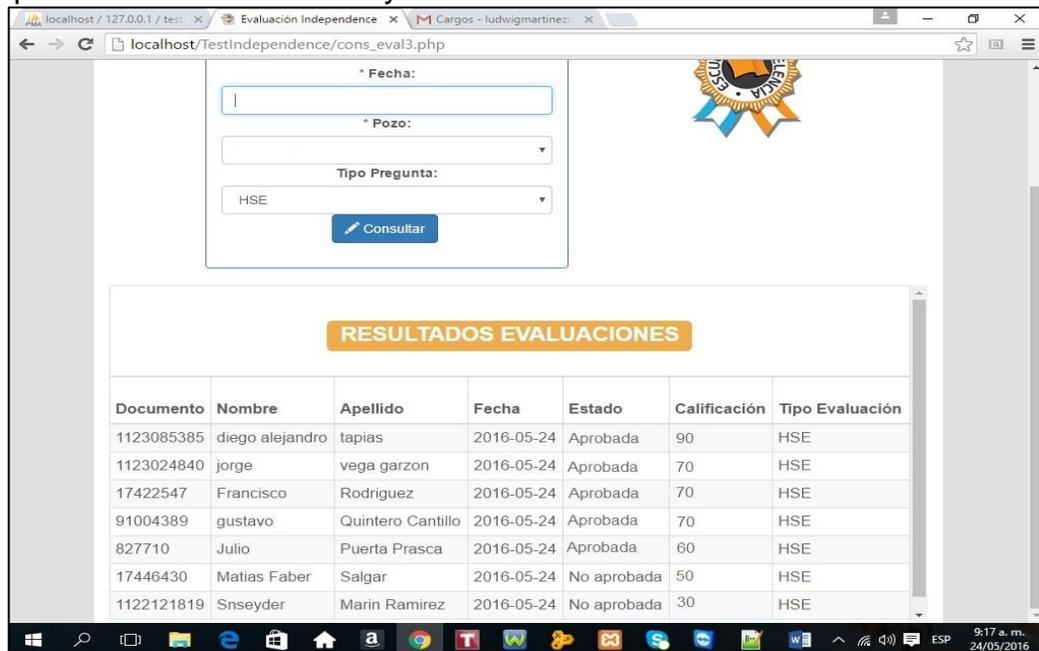
De la **Figura 120** a la **Figura 125**, se ilustran los resultados obtenidos en las pruebas con el personal capacitado y evaluado tanto en pruebas técnicas por cada cargo así como en pruebas de HSE.

Figura 121. Pantallazo inicial para usuario administrador, consulta de evaluaciones.



Fuente: Software Workover/Drilling.

Figura 122. Consulta de evaluaciones por usuario administrador en prueba HSE en el RIG 51 y 53.



Fuente: Software Workover/Drilling.

Figura 123. Resultados de evaluación de aspirantes a supervisores en el RIG 53.

Logo: ESCUELA DE EXPERIENCIA

Campo obligatorio (*)
 * Fecha:
 * Pozo: RIG 53
 Tipo Pregunta: HSE
 Consultar

RESULTADOS EVALUACIONES

Documento	Nombre	Apellido	Fecha	Estado	Calificación	Tipo Evaluación
74845719	Joselin	Dueñas Buitrago	2016-05-24	Aprobada	90	Supervisor
17421843	Eddier	Quevedo Rivillas	2016-05-24	Aprobada	70	Supervisor
7709212	Wilfor	Trujillo Pascuas	2016-05-24	Aprobada	60	Supervisor
18144458	Henry	Mejia Burbano	2016-05-24	No aprobada	20	Supervisor
80428742	Miguel	Castro Maldonado	2016-05-24	No aprobada	20	Supervisor

Fuente: Software Workover/Drilling.

Figura 124. Resultados obtenidos para aspirantes al cargo de cuñero en RIG 51.

Logo: ESCUELA DE EXPERIENCIA

Consultar Evaluaciones por Rig

Campo obligatorio (*)
 * Fecha:
 * Pozo: RIG 51
 Tipo Pregunta: Cuñero
 Consultar

RESULTADOS EVALUACIONES

Documento	Nombre	Apellido	Fecha	Estado	Calificación	Tipo Evaluación
1123024840	jorge	vega garzon	2016-05-24	Aprobada	60	Cuñero
1123085385	diego alejandro	tapias	2016-05-24	No aprobada	40	Cuñero
1122121819	Snseyder	Marin Ramirez	2016-05-24	No aprobada	40	Cuñero

Fuente: Software Workover/Drilling.

Figura 125. Resultados obtenidos para aspirantes al cargo de Encuellador en el RIG 51.

Logo: ESCUELA DE EXPERIENCIA

Campo obligatorio (*)

* Fecha:

* Pozo: RIG 51

Tipo Pregunta: Encuellador

Consultar

RESULTADOS EVALUACIONES

Documento	Nombre	Apellido	Fecha	Estado	Calificación	Tipo Evaluación
91004388	gustavo	Quintero Cantillo	2016-05-24	Aprobada	60	Encuellador
827710	Julio	Puerta Prasca	2016-05-24	Aprobada	60	Encuellador
17422547	Francisco	Rodriguez	2016-05-24	No aprobada	40	Encuellador
17446430	Matias Faber	Salgar	2016-05-24	No aprobada	40	Encuellador
17416678	Carlos Arturo	Leal Molla	2016-05-24	No aprobada	40	Encuellador

Fuente: Software Workover/Drilling.

Figura 126. Resultados obtenidos para aspirantes al cargo de Maquinista RIG 53.

Logo: ESCUELA DE EXPERIENCIA

Campo obligatorio (*)

* Fecha:

* Pozo: RIG 53

Tipo Pregunta: Maquinista

Consultar

RESULTADOS EVALUACIONES

Documento	Nombre	Apellido	Fecha	Estado	Calificación	Tipo Evaluación
7827758	Edgar	Morales Moyano	2016-05-24	Aprobada	80	Maquinista
16845040	Gilberto	Urrutia Villamarin	2016-05-24	Aprobada	80	Maquinista
8607076	Hector Arnulfo	Avila Forero	2016-05-24	Aprobada	60	Maquinista
91518015	Alexis	Arguello Cuello	2016-05-24	Aprobada	60	Maquinista
19296575	Alirio Nel	Rubis Molla	2016-05-24	No aprobada	40	Maquinista

Fuente: Software Workover/Drilling.

7. EVALUACIÓN FINANCIERA

Dando cumplimiento al objetivo siete, se presenta el análisis financiero realizado para determinar la viabilidad financiera del desarrollo e implementación del software de capacitación, evaluación y selección “Workover/Drilling” para personal operativo de Independence Drilling. Para la realización de este análisis se tuvieron en cuenta los indicadores Valor Presente de egresos (VP), y el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), el propósito final es obtener los resultados financieros para mostrar la viabilidad financiera de la aplicación en operaciones terrestres de la empresa Independence Drilling, empresa patrocinadora del proyecto.

Mediante el análisis financiero a través de estos dos indicadores financieros, se busca realizar una comparación del desarrollo e implementación de la aplicación “Workover/Drilling”, con respecto al sistema de capacitación y evaluación que existe actualmente en la empresa, con el fin de determinar qué sistema presenta los mejores resultados en cuanto a viabilidad financiera.

La evaluación del proyecto se realizara con una unidad monetaria corriente pesos colombianos, con una tasa de interés de oportunidad (TIO) del 15% efectivo anual, para los proyectos de inversión desarrollados por la empresa Independence Drilling. El periodo de evaluación del proyecto es de cinco años y es dividido en 10 periodos semestrales.

En el análisis mostrado a continuación se hallaron los costos de inversión para el desarrollo e implementación de la aplicación virtual propuesta y el sistema de capacitación y evaluación actual, para sí poder determinar con la metodología del Valor Presente de egresos (VP) y el Costo Anual Equivalente (CAUE), en cuanto fue la viabilidad financiera que se genera al aplicar el software “Workover/Drilling” en la empresa.

7.1 ANÁLISIS DE INVERSIÓN (CAPEX)

Para el análisis de costos de inversión de la plataforma virtual a desarrollar e implementar y el sistema actual se requiere determinar que equipos de cómputo, licencias, centros formativos, personal capacitado y personal encargado del programa se requieren para que el proyecto funcione correctamente.

7.1.1 Inversión realizada para el sistema de control de pozos a implementar.

Los valores presentados a continuación representan todos los costos involucrados en el proceso de desarrollo e implementación de la aplicación virtual “Workover/Drilling”, para la empresa Independence Drilling en los campos Castilla y Chichimene.

Tabla 47. Inversión para la aplicación virtual a desarrollar e implementar.

Descripción de la inversión	Inversión en pesos
Construcción y montaje	5'000.000
Diseño del programa	3'800.000
Valor de fuentes de diseño	120.000
Capacitación	220.000
Licencias de software	400.000
Licencias de bases de datos	1'900.000
Gastos adicionales	300.000
Total	11'740.000

7.2 ANÁLISIS DE COSTOS (OPEX)

En este análisis se busca determinar los costos en que incurre la empresa al capacitar a 20 trabajadores de dos taladros, en la **Tabla 41** se ilustra de forma detallada dichos gastos.

Tabla 48. Costo para la capacitación, evaluación y selección de personal operativo de Independence Drilling para el sistema actual.

Descripción del costo	Valor en Pesos colombianos
Tiquetes	350.000
Hospedaje	120.000
Material para evaluación	80.000
Personal a cargo de capacitación	1'000.000
Personal a cargo de la evaluación	800.000
Personal a cargo de selección	600.000
Alimentación	150.000
Total	3'100.000
Total para 20 personas	62'000.000

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. Informe interno de costos para la capacitación, evaluación y selección del personal. 2016. P.19

7.2.1 Costo para el sistema de capacitación, evaluación y selección actual.

Los valores mostrados en el análisis de costos para el sistema actual fueron tomados de los informes finales de la empresa Independence Drilling. Es importante destacar que los gastos de hospedaje, alimentación y salario son de

aproximadamente de 4 a 5 días, las 20 personas que se nombran en los costos corresponden a los seleccionados por los dos taladros en donde se desarrolló la implementación.

7.2.2 Costo para el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal a implementar. A continuación se presentan los costos en que incurre la empresa Independence Drilling en la capacitación, evaluación y selección de personal con la aplicación propuesta en el presente trabajo de grado, la **Tabla 42** los costos asociados al sistema propuesto.

Tabla 49. Costo para la capacitación evaluación y selección de personal operativo de Independence Drilling para el sistema a implementar.

Descripción del costo	Valor en Pesos colombianos
Tiquetes	350.000
Hospedaje	120.000
Alimentación	150.000
Costo de mantenimiento al software	300.000
Personal a cargo del software	1'000.000
Total	1'920.000
Total para 20 personas	38'400.000

Fuente: INDEPENDENCE DRILLING S.A. Informe interno de costos para la capacitación, evaluación y selección del personal. 2016. P.22

7.3 EVALUACIÓN FINANCIERA

Se hace la evaluación financiera del proyecto a partir de la inversión realizada para el desarrollo e implementación de la aplicación propuesta y los costos de operación para el sistema actual y el que se quiere implementar.

7.3.1 Valor presente de egresos (VP). Este indicador matemático tiene la función de medir la viabilidad del desarrollo e implementación de la aplicación "Workover/Drilling" en la empresa Independence Drilling, para el análisis a realizar se debe emplear la metodología de este indicador. La **Ecuación 8** ilustra el método indicado para el cálculo del valor presente neto.

Ecuación 7. Fórmula para el valor presente neto (VPN).

$$VPN = S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{St}{(1+i)^t}$$

Fuente: Valor presente neto. Disponible en:
<https://generacionproyectos.wordpress.com/category/uncategorized/page/7/>

Dónde:

- VPN corresponde al valor presente neto a encontrar.
- S_0 corresponde a la inversión realizada.
- St corresponde al valor del flujo de caja neto en el periodo.
- i corresponde a la tasa de descuento la cual es la tasa de retorno que se necesita sobre una inversión, esta tasa descuenta el monto capitalizado de interés del total de ingresos a recibir en un futuro.
- t corresponde al número de periodos que existen para la evaluación del proyecto.

Para calcular el Valor presente de egresos (VP) del proyecto se escogió una tasa de interés de oportunidad (TIO) del 15% anual, la cual es usada en los proyectos de inversión por parte de la empresa, se utiliza la unidad monetaria corriente de pesos Colombianos y un tiempo de evaluación de cinco años para cada semestre de evaluación, para lograr esto es necesario convertir la tasa de interés de anual a semestral, la **Ecuación 9** ilustra el método para realizar dicha conversión.

Ecuación 8. Conversión de tasa de interés.

$$i_{anual} = (1 + i_{semestral})^n - 1$$

Fuente: Conversión tasa de interés. Disponible en:
<https://generacionproyectos.wordpress.com/category/uncategorized/page/7/>

Dónde:

- i_e corresponde a la tasa de interés anual la cual se establecido en 15%
- i_{pv} corresponde a la tasa de interés semestral a encontrar.
- n corresponde al número de periodos en que se divide la evaluación, para este caso es 10.

Para conocer la tasa de interés semestral se despeja de la **Ecuación 9** la tasa de interés semestral quedando de la siguiente manera:

$$i_{\text{semestral}} = (1 + 0,15)^{1/2} - 1 = 0,0677$$

A partir del cálculo ilustrado anteriormente se obtiene una tasa de interés semestral de 0,0677 lo cual equivale a 6,77%.

7.3.2 Costo anual uniforme equivalente (CAUE). Este indicador es muy usado cuando se tienen proyectos que solo involucran costos, se fundamenta en las anualidades o cuotas fijas, con él es posible compara proyectos con diferentes vidas útiles. Se escoge la alternativa que genere mayor CAUE. La **Ecuación 10** ilustra el método adecuado para el cálculo de este indicador.

Ecuación 9. Costo anual uniforme equivalente.

$$\text{CAUE o BAUE} = \text{VAN} * \frac{(1 + i)^n * i}{(1 + i)^n - 1}$$

Fuente: Costo anual uniforme equivalente. Disponible en: <http://www.webyempresas.com/costo-anual-equivalente-o-beneficio-anual-equivalente-caue-o-baue/>

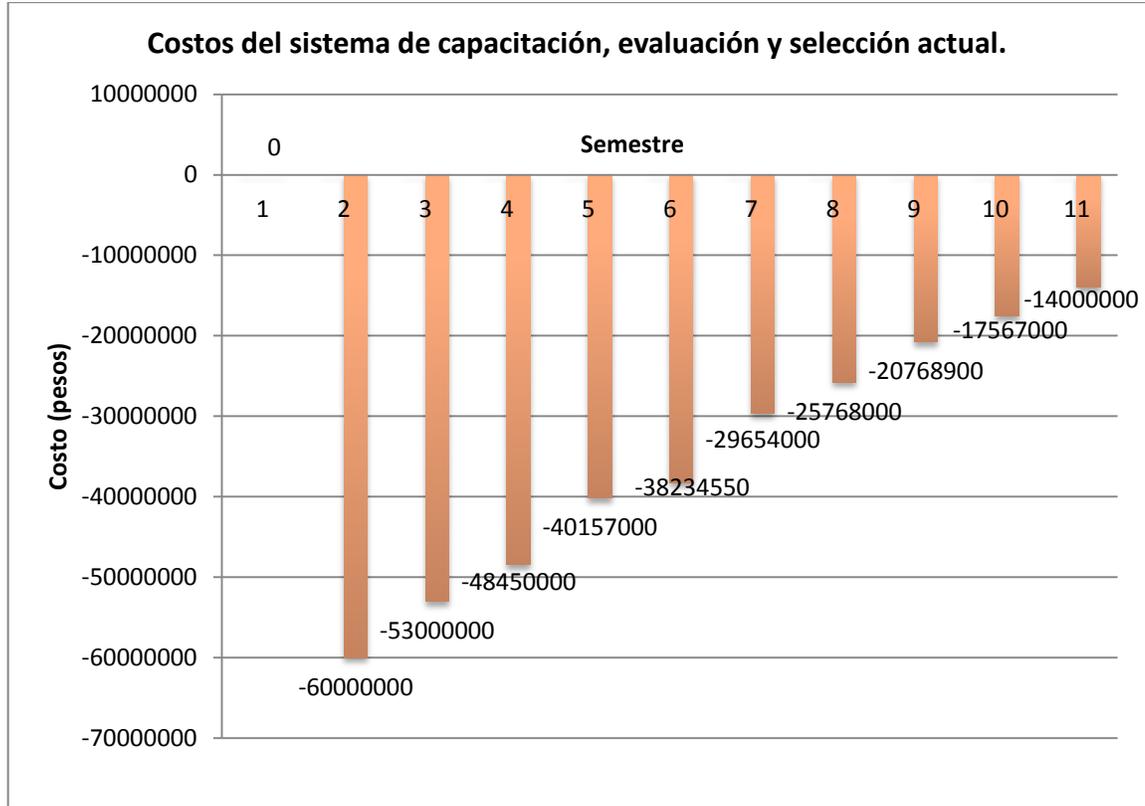
7.3.3 Valor presente de egresos, y costo anual equivalente uniforme para el sistema de capacitación, evaluación y selección actual. La **Figura 118** y la **Tabla 43** ilustra los flujos de caja efectivos durante cinco años, a continuación se presenta la operación matemática y el resultado obtenido para el valor presente neto del sistema actual.

Tabla 50. Flujos de caja efectivos durante cinco años para el sistema actual de capacitación, evaluación y selección.

Semestre	Costo (millones)
0	0
1	-60'000.000
2	-53'000.000
3	-48'450.000
4	-40'157.000
5	-38'234.550
6	-29'654.000
7	-25'768.000
8	-20'768.900
9	-17'567.000
10	-14'000.000

Fuente: Independence Drilling S.A. Informe interno de costos para la capacitación, evaluación, selección. 2016. p.40. Modificado por los autores.

Figura 127. Flujo de caja para el sistema de capacitación, evaluación y selección de Independence Drilling S.A.



Fuente: Independence Drilling S.A. Informe interno de costos para la capacitación, evaluación, selección. 2016. p.40. Modificado por los autores.

$$VP (egresos) = -\frac{60'000.000}{(1+0.0677)^1} - \frac{53'000.000}{(1+0.0677)^2} - \frac{48'450.000}{(1+0.0677)^3} - \frac{40'157.000}{(1+0.0677)^4} - \frac{38'234.50}{(1+0.0677)^5} - \frac{29'654.000}{(1+0.0677)^6} - \frac{25'768.000}{(1+0.0677)^7} - \frac{20'768.900}{(1+0.0677)^8} - \frac{17'567.000}{(1+0.0677)^9} - \frac{14'000.000}{(1+0.0677)^{10}} = -\$ 267'528,649.77$$

$$VPegresos(0.0677) = -\$ 267'528,649 \text{ Pesos}$$

Luego de determinar el valor presente de egresos para el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal operativo actual se procede a determinar el costo anual uniforme equivalente, con la **Ecuación 10**, a continuación se muestra el desarrollo matemático y el valor obtenido.

$$CAUE(0,0677) = -267'528.649 * \frac{0,0677 * (1 + 0,0677)^{10}}{(1 + 0,0677)^{10} - 1}$$

$$CAUE(0,0677) = -37'686,107 \text{ Pesos}$$

7.3.4 Valor presente de egresos, y costo anual equivalente uniforme para el sistema de capacitación, evaluación y selección a implementar. La **Figura 119** y la **Tabla 44** ilustran los flujos de caja efectivos durante 10 semestres de la plataforma de capacitación, evaluación y selección a implementar.

A continuación se presenta la operación matemática para obtener el valor presente de egresos de la plataforma de capacitación, evaluación y selección de personal "Workover/Drilling".

$$\begin{aligned}
 VP(\text{egresos propuesto}) = & -11'740.000 - \frac{38'400.000}{(1+0.0677)^1} - \frac{33'000.000}{(1+0.0677)^2} - \frac{31'000.000}{(1+0.0677)^3} - \\
 & \frac{28'000.000}{(1+0.0677)^4} - \frac{23'000.000}{(1+0.0677)^5} - \frac{19'000.000}{(1+0.0677)^6} - \frac{16'000.000}{(1+0.0677)^7} - \frac{12'000.000}{(1+0.0677)^8} - \frac{8'000.000}{(1+0.0677)^9} - \\
 & \frac{5'000.000}{(1+0.0677)^{10}} = -\$ 177'323,087 \text{ Pesos}
 \end{aligned}$$

$$VP \text{ egresos propuesto}(0.0677) = - \$ 177'323,087 \text{ Pesos}$$

Luego de determinar el valor presente de egresos para el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal operativo actual se procede a determinar el costo anual uniforme equivalente, con la **Ecuación 10**, a continuación se muestra el desarrollo matemático y el valor obtenido.

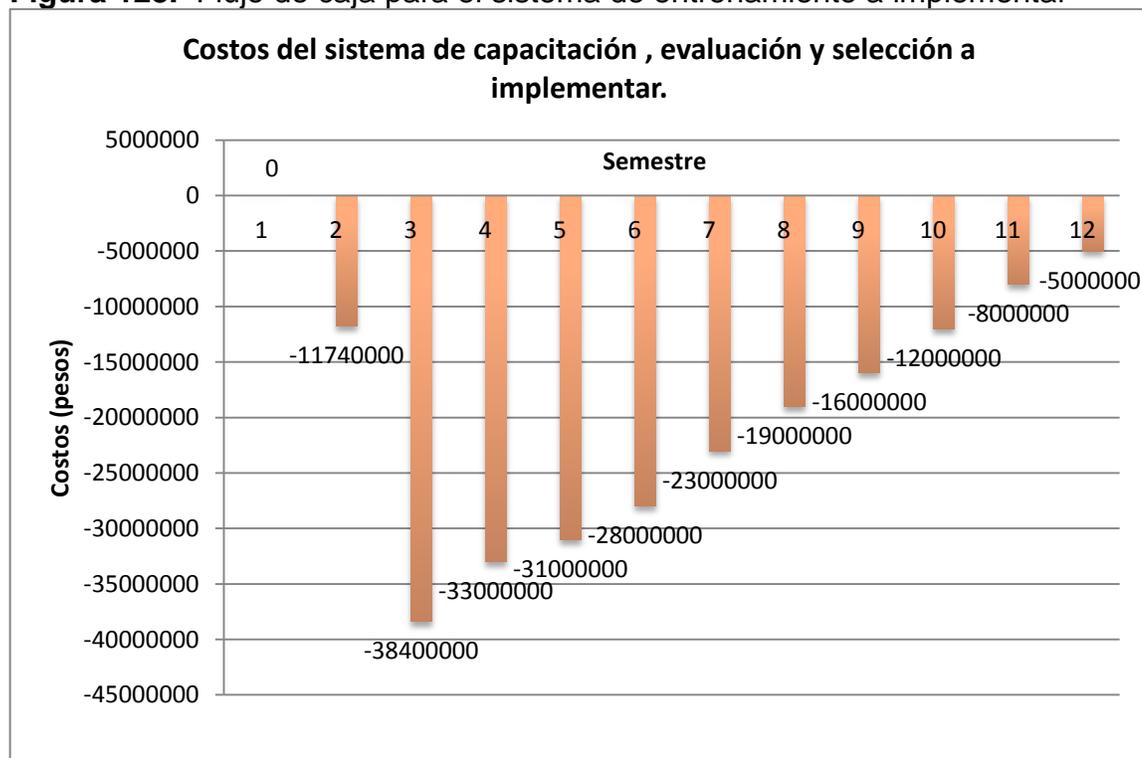
$$\begin{aligned}
 CAUE(0,0677) = & -177'323.087,07 * \frac{0,0677 * (1 + 0,0677)^{10}}{(1 + 0,0677)^{10} - 1} \\
 CAUE(0,0677) = & -24'979.070 \text{ Pesos}
 \end{aligned}$$

Tabla 51. Flujos de caja efectivos durante cinco años para el sistema de capacitación, evaluación y selección a implementar.

Semestre	Costo (millones)
0	0
1	-11'740.000
2	-38'400.000
3	-33'000.000
4	-31'000.000
5	-28'000.000
6	-23'000.000
7	-19'000.000
8	-16'000.000
9	-12'000.000
10	-8'000.000
11	-5'000.000

Fuente: Independence & Drilling S.A. Propuesta de inversión para el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal a implementar. 2016. p 18. Modificado por los autores.

Figura 128. Flujo de caja para el sistema de entrenamiento a implementar



Fuente: Independence & Drilling S.A. Propuesta de inversión para el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal a implementar. 2016. p 18. Modificado por los autores.

En la **Tabla 45** se puede ver las diferencias obtenidas en los indicadores financieros calculados para el sistema actual de capacitación y el sistema propuesto a implementar.

Tabla 52. Comparación de indicadores financieros entre el sistema actual y el sistema a implementar en Independence Drilling S.A.

Indicador financiero	Sistema actual	Plataforma “Workover/Drilling”
VP egresos (0,677)	-\$ 267'528,649 Pesos	- \$ 177'323,087 Pesos
CAUE (0,677)	-37'686,107 Pesos	24'979.070 Pesos

Fuente: Independence & Drilling S.A. Propuesta de inversión para el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal a implementar. 2016. p 25. Modificado por los autores.

Según la **Tabla 45** se observa claramente que la implementación de la plataforma “Workover/Drilling” proporciona una mayor rentabilidad que el sistema actual de capacitación, evaluación y selección de personal de la empresa Independence Drilling S.A, esto se ve reflejado en una disminución del valor presente de egresos de \$90'205,562 millones de Pesos y una disminución del CAUE de \$ 12'707,037millones de Pesos.

8. CONCLUSIONES

- Se logró un cambio en la forma de pensar del personal operativo, ya que estos mostraron mucho interés por el uso de la herramienta, en tiempos no laborales y mostrando mejores resultados en las pruebas realizadas.
- Las expectativas propuestas por el Trabajo de Grado frente a Independence & Drilling S.A se culminaron de la manera deseada, la empresa resalto la importancia de la herramienta y las facilidades que da al personal por capacitar y evaluar.
- Se logró disminuir los tiempos y costos en los procesos de capacitación, evaluación y selección de personal operativo, utilizando como base la herramienta virtual, convirtiendo a esta última en un instrumento de gran utilidad para la empresa.
- Se observó una mejora en los resultados de las pruebas técnicas y de HSE, en aquel personal que utilizo la herramienta virtual para su capacitación, demostrando la utilidad interactiva de la aplicación.
- La aplicación desde el punto de vista virtual y programático genero una buena aceptación, los trabajadores quedaron a gustos con la metodología del programa, desde el punto de vista técnico no se presentaron inconvenientes mayores en cuanto al manejo y destacaron lo dinámico y didáctico que les pareció la herramienta.
- El proyecto es viable financieramente ya que según el estudio proyectado a cinco años de la aplicación se genera una disminución de costos considerables con respecto al sistema actual de capacitación, evaluación y selección de personal operativo.

9. RECOMENDACIONES

- Actualizar las preguntas relacionadas al sistema de evaluación de la plataforma, debido a cambios constantes en la industria en procesos y tecnologías emergentes.
- Actualizar el sistema de capacitación constantemente, de manera tal que se vuelva lo más ameno posible para el usuario con el fin de lograr mejores resultados en el aprendizaje del personal operativo.
- Actualizar la aplicación en cuanto al ingreso y salida de personal operativo de la empresa evitando la posibilidad de fraudes en los procesos de selección y evaluación de personal.
- Realizar actualizaciones al software de manera tal que se pueda implementar la herramienta en todos los demás cargos que hacen parte de la cuadrilla de perforación y workover.
- Evaluar la posibilidad económica de implementar la herramienta en otros campos operados por la empresa debido a la gran utilidad de la herramienta.
- Evaluar la posibilidad de separar la aplicación para la distinción de cuadrillas de perforación y reacondicionamiento de pozos de la empresa en cuanto a registros de pruebas y formatos de asistencia.
- Realizar las actualizaciones de información y distintos complementos si se llega a dar la posibilidad de extender el alcance de la herramienta virtual hacia otro tipo de plataforma solicitada por Independence Drilling S.A en otro país o idioma.

BIBLIOGRAFÍA

ARANGO, Sandra; CARDOSO, Roberto. Estimulación e implementación de nuevas tecnologías para reparar pozos inyectoros en campos maduros-Jornadas de producción IAPG- Seccional Sur, Agosto 2009.

ALFONZO, Pedro Luis. Revisión de modelos para evaluar la calidad de productos Web. Experimentación en portales bancarios. 2012. 70p.

BAROID. Manual de fluidos de perforación. 2000, 400-462 p.

CARSON, Jon; GURLEY, Derrel; KING, George; PRINCE-SMITH, Colin; Waters, Frank. Sand Control: Why and How. En: Completion/Simulation, Octubre 1992. 39p-80p.

ECOPETROL. Proyecto Campo Castilla. 2016. 32 p.

ECOPETROL. Proyecto Campo Chichimene. 2016. 40 p.

ESTEVEZ Julianny GELVEZ Luis Ricardo. Programa de Optimización de trabajos de Workover. Trabajo de grado Ingeniero de Petróleos. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. 1999. 10p-20p.

HERNANDEZ TREJOS, Edelberto. Reacondicionamiento de Pozos Petrolíferos y Operaciones de Workover. Curso: "Operaciones de Workover" Bucaramanga. 8 y 9 de Mayo del 2008. Universidad Industrial de Santander.

INDEPENDENCE DRILLING S.A. "HIDRAULIC RIG 51". Material gráfico y proyectable. Bogotá. 2012. 120 diapositivas.

- - - - -. "Components and Structure RIG 51". Material gráfico y proyectable. Bogotá 2012. 40 diapositivas.

- - - - -. Guía de operaciones de Independence Drilling S.A. 2012. 140 p.

- - - - -. Informe interno de Costos para la capacitación, evaluación y selección de personal. 2015. 40 p.

- - - - -. Informe laboral de Independence Drilling S.A. 2015. 120 p.

- - - - -. Informe laboral de Independence Drilling S.A. 2016. 80 p.

- - - - -. Historial de pruebas. 2011. 40 p.

- - - - -. Historial de pruebas. 2012. 35 p.
- - - - -. Historial de pruebas. 2013. 40 p.
- - - - -. Historial de pruebas. 2014. 20 p.
- - - - -. Historial de pruebas. 2015. 28 p.
- - - - -. Historial de pruebas. 2016. 50 p.

- - - - -. Propuesta de inversión para el sistema de capacitación, evaluación y selección de personal operativo “Workover/Drilling”. 2016. 40 p.
- - - - -. Reportes de entrenamiento en el campo Castilla. 2015. 80 p.
- - - - -. Reportes de entrenamiento en el campo Chichimene. 2015. 90 p.

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y DE CERTIFICACION. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: El instituto, 2008. 110 p.

- - - - -. Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 4490. Bogotá: El Instituto, 1998. 12p.

- - - - -. Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 5613. Bogotá: El Instituto, 1998. 8p.

- MORENO, José Joaquín. Romero, Juan Luis (et al). Manual de Evaluación de Riesgos. México. 2006.

- NORMA ISO 31000: 2009. Risk Managment Standard.

- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACION (ISO). Norma ISO 9001:2008. 2008. 32p.

- RODRIGUEZ Alba Enith. Estudio de Control de Pozos durante las operaciones de mantenimiento y Workover en el campo Apiay y Castilla Nueva. Trabajo de Grado Ingeniero de Petróleos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. 2008. 80p-110p

- SCHLUMBERGER. Casing Design ANUAL 2011. 322P.

- - - - -.Drilling SCHOOL. 2012. 305 p.

ANEXO A

REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LA IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CAPACITACIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE PERSONAL OPERATIVO “WORKOVER/DRILLING” EN LOS TALADROS RIG 51 Y RIG 53 EN LOS CAMPOS CASTILLA Y CHICHIMENE

Figura 129. Llegada a campamento base Villavicencio Independence Drilling S.A.



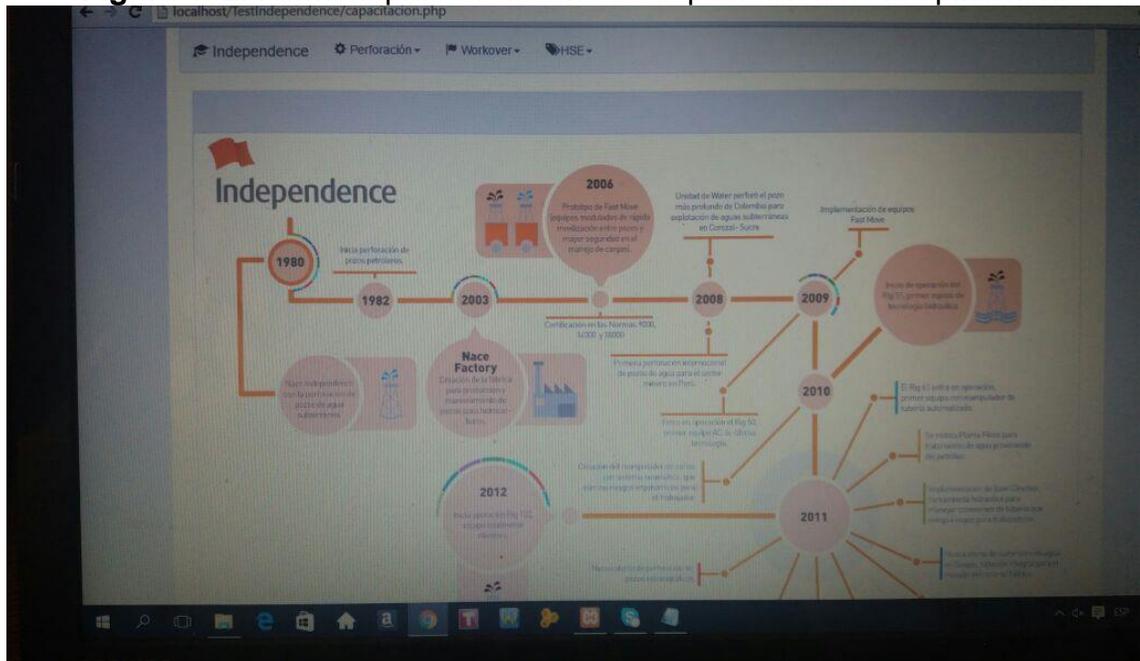
Figura 130. Familiarización del personal con el sistema de capacitación.



Figura 131. Proceso de capacitación, evaluación y selección de personal con la aplicación "Workover Drilling".



Figura 132. Formato para el sistema de capacitación de la aplicación.



ANEXO B

RESUMEN NORMA ISO/IEC 9126

ISO 9126 es un estándar internacional para la evaluación de la calidad del software. Está reemplazado por el proyecto SQuaRE, ISO 25000:2005, el cual sigue los mismos conceptos.

El estándar está dividido en cuatro partes las cuales dirigen, realidad, métricas externas, métricas internas y calidad en las métricas de uso y expendido. El modelo de calidad establecido en la primera parte del estándar, ISO 9126-1, clasifica la calidad del software en un conjunto estructurado de características y subcaracterísticas de la siguiente manera:

- 1. Funcionalidad.** Un conjunto de atributos que se relacionan con la existencia de un conjunto de funciones y sus propiedades específicas. Las funciones son aquellas que satisfacen las necesidades implícitas o explícitas.
 - Adecuación. Atributos del software relacionados con la presencia y aptitud de un conjunto de funciones para tareas especificadas.
 - Exactitud. Atributos del software relacionados con la disposición de resultados o efectos correctos o acordados.
 - Interoperabilidad. Atributos del software que se relacionan con su habilidad para la interacción con sistemas especificados.
 - Seguridad. Atributos del software relacionados con su habilidad para prevenir acceso no autorizado ya sea accidental o deliberado, a programas y datos.
 - Cumplimiento funcional.

- 2. Fiabilidad.** Un conjunto de atributos relacionados con la capacidad del software de mantener su nivel de prestación bajo condiciones establecidas durante un período establecido.
 - Madurez. Atributos del software que se relacionan con la frecuencia de falla por fallas en el software.
 - Recuperabilidad. Atributos del software que se relacionan con la capacidad para restablecer su nivel de desempeño y recuperar los datos directamente afectados en caso de falla y en el tiempo y esfuerzo relacionado para ello.

- Tolerancia a fallos. Atributos del software que se relacionan con su habilidad para mantener un nivel especificado de desempeño en casos de fallas de software o de una infracción a su interfaz especificada.
 - Cumplimiento de Fiabilidad. La capacidad del producto software para adherirse a normas, convenciones o legislación relacionadas con la fiabilidad.
- 3. Usabilidad.** Un conjunto de atributos relacionados con el esfuerzo necesario para su uso, y en la valoración individual de tal uso, por un establecido o implicado conjunto de usuarios.
- Aprendizaje. Atributos del software que se relacionan al esfuerzo de los usuarios para reconocer el concepto lógico y sus aplicaciones.
 - Comprensión. Atributos del software que se relacionan al esfuerzo de los usuarios para reconocer el concepto lógico y sus aplicaciones.
 - Operatividad. Atributos del software que se relacionan con el esfuerzo de los usuarios para la operación y control del software.
 - Atractividad
- 4. Eficiencia.** Conjunto de atributos relacionados con la relación entre el nivel de desempeño del software y la cantidad de recursos necesitados bajo condiciones establecidas.
- Comportamiento en el tiempo. Atributos del software que se relacionan con los tiempos de respuesta y procesamiento y en las tasas de rendimientos en desempeñar su función.
 - Comportamiento de recursos. Usar las cantidades y tipos de recursos adecuados cuando el software lleva a cabo su función bajo condiciones determinadas.
- 5. Mantenibilidad .** Conjunto de atributos relacionados con la facilidad de extender, modificar o corregir errores en un sistema software.
- Estabilidad. Atributos del software relacionados con el riesgo de efectos inesperados por modificaciones.
 - Facilidad de análisis. Atributos del software relacionados con el esfuerzo necesario para el diagnóstico de deficiencias o causas de fallos, o identificaciones de partes a modificar.

- Facilidad de cambio. Atributos del software relacionados con el esfuerzo necesario para la modificación, corrección de falla, o cambio de ambiente.
 - Facilidad de pruebas. Atributos del software relacionados con el esfuerzo necesario para validar el software modificado.
- 6. Portabilidad.** Conjunto de atributos relacionados con la capacidad de un sistema software para ser transferido desde una plataforma a otra.
- Capacidad de instalación. Atributos del software relacionados con el esfuerzo necesario para instalar el software en un ambiente especificado.
 - Capacidad de reemplazamiento. Atributos del software relacionados con la oportunidad y esfuerzo de usar el software en lugar de otro software especificado en el ambiente de dicho software especificado.
- 7. Calidad en uso.** Conjunto de atributos relacionados con la aceptación por parte del usuario final y Seguridad.
- Eficacia. Atributos relacionados con la eficacia del software cuando el usuario final realiza los procesos.
 - Productividad. Atributos relacionados con el rendimiento en las tareas cotidianas realizadas por el usuario final.
 - Seguridad. Atributos para medir los niveles de riesgo.
 - Satisfacción. Atributos relacionados con la satisfacción de uso del software.

Un producto software está definido en un sentido amplio como: los ejecutables, código fuente, descripciones de arquitectura, y así. Como resultado, la noción de usuario se amplía tanto a operadores como a programadores, los cuales son usuarios de componentes como son bibliotecas software.

El estándar provee un entorno para que las organizaciones definan un modelo de calidad para el producto software. Haciendo esto así, sin embargo, se lleva a cada organización la tarea de especificar precisamente su propio modelo. Esto podría ser hecho, por ejemplo, especificando los objetivos para las métricas de calidad las cuales evalúan el grado de presencia de los atributos de calidad.

Métricas internas son aquellas que no dependen de la ejecución del software (medidas estáticas).

Métricas externas son aquellas aplicables al software en ejecución.

La calidad en las métricas de uso están sólo disponibles cuando el producto final es usado en condiciones reales.

Idealmente, la calidad interna no necesariamente implica calidad externa y esta a su vez la calidad en el uso.

Este estándar proviene desde el modelo establecido en 1977 por McCall y sus colegas, los cuales propusieron un modelo para especificar la calidad del software. El modelo de calidad McCall está organizado sobre tres tipos de Características de Calidad:

- Factores (especificar): Describen la visión externa del software, como es visto por los usuarios.
- Criterios (construir): Describen la visión interna del software, como es visto por el desarrollador.
- Métricas (controlar): Se definen y se usan para proveer una escala y método para la medida.

ISO 9126 distingue entre fallo y no conformidad. Un fallo es el incumplimiento de los requisitos previos, mientras que la no conformidad es el incumplimiento de los requisitos especificados. Una distinción similar es la que se establece entre validación y verificación.
