

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, 13 de Noviembre de 2015

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Juan David Gutiérrez Repizo C.C. No. 1.075.274.152 de Neiva- Huila

Wilson Arcenio Galindo Salazar C.C. No. 1.080.294.308 de Palermo- Huila

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado **OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESARME, MOVILIZACIÓN Y ARME DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN TERRESTRE CONVENCIONALES EN COLOMBIA**, Presentado y aprobado en el año 2015 como requisito para optar al título de **INGENIERO DE PRETRÓLEOS** Autorizo (amos) al **CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN** de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

WILSON ARCENIO GALINDO SALAZAR

Firma: 

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

JUAN DAVID GUTIÉRREZ REPIZO

Firma: 

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 4

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Optimización del Proceso de Desarme, Movilización y Arme de Equipos de Perforación Terrestre Convencionales en Colombia.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Galindo Salazar	Wilson Arcenio
Gutiérrez Repizo	Juan David

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Vargas Castellanos	Constanza

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero de Petróleos

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería de Petróleos

CIUDAD: Neiva

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2015

NÚMERO DE PÁGINAS: 148



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 4

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas X Fotografías X Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general X Grabados ___ Láminas ___
Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas o
Cuadros X

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Optimizar</u>	<u>Optimize</u>	6. <u>Seguridad Industrial</u>	<u>Industrial Safety</u>
2. <u>Desarme</u>	<u>Rig Down</u>	7. <u>Medio Ambiente</u>	<u>Environment</u>
3. <u>Traslado</u>	<u>Rig Move</u>	8. _____	_____
4. <u>Arme</u>	<u>Rig Up</u>	9. _____	_____
5. <u>Equipo de Perforación</u>	<u>Rig</u>	10. _____	_____

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente trabajo surge de la necesidad de reducir los tiempos de movilización debido al impacto económico que representa en un proyecto de perforación. En consecuencia, se muestra la optimización del proceso operacional de desarme, traslado y arme de un equipo de perforación terrestre convencional, para lo cual se plantean los procedimientos habituales y se realiza un análisis de seguridad en el trabajo, esto con el fin de tener en cuenta todos los riesgos asociados a cada una de las actividades y lograr que el desarrollo de éstas se hagan de manera exitosa dada la importancia de que las labores se culminen sin ningún tipo de accidente. Se presenta la normatividad legal y ambiental colombiana relacionada al proceso, y se establece un análisis de todas las operaciones para determinar las actividades que se pueden realizar de manera simultánea.



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 4

Finalmente se establecen las directrices para optimizar el procedimiento, así como los recursos necesarios, los costos y utilidades aproximadas de aplicar dichas directrices a un proyecto de traslado de un equipo de perforación terrestre convencional.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This work arises from the need to reduce mobilization times due to the economic impact represents to a drilling project. Accordingly, this document presents the optimization of operational process of rig down, rig move and rig up of a conventional land drilling equipment, for which the usual procedures are established and job safety analysis is performed, this in order to take into account all the risks associated with each of the activities and ensure that they be developing successfully given the importance of the work will culminate without any accident. The Colombian legal and environmental regulations related to the process is presented, and an analysis of all operations is presented to identify activities that can be performed simultaneously.

Finally guidelines are proposed to optimize the process as well as the necessary resources, costs and approximate utilities to apply these guidelines to a rig move project of a conventional land drilling equipment.



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

4 de 4

Empty box for thesis description.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: CONSTANZA VARGAS CASTELLANOS

Firma:

Nombre Jurado: LUIS FERNANDO BONILLA

Firma:

Nombre Jurado: LUIS HUMBERTO ORDUZ

Firma:

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESARME, MOVILIZACIÓN Y ARME DE
EQUIPOS DE PERFORACIÓN TERRESTRE CONVENCIONALES EN
COLOMBIA**



**WILSON ARCENIO GALINDO SALAZAR
JUAN DAVID GUTIÉRREZ REPIZO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA
2015**

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESARME, MOVILIZACIÓN Y ARME DE
EQUIPOS DE PERFORACIÓN TERRESTRE CONVENCIONALES EN
COLOMBIA**

**WILSON ARCENIO GALINDO SALAZAR
JUAN DAVID GUTIÉRREZ REPISO**

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero de Petróleos

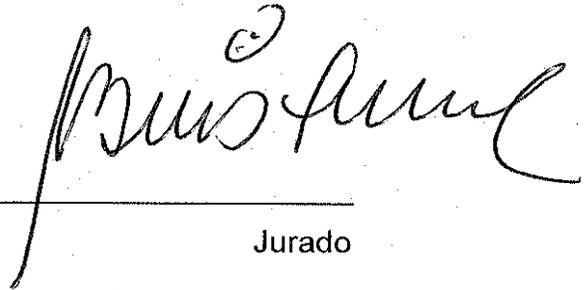
**Directora
CONSTANZA VARGAS CASTELLANOS
Ingeniera de Petróleos**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
NEIVA
2015**

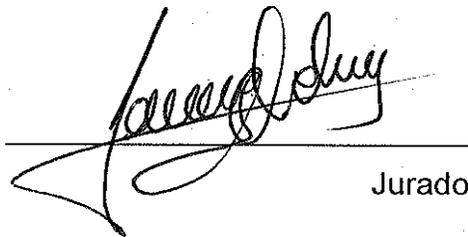
Nota de aceptación

Constantino Castellanos

Director



Jurado



Jurado

Neiva, Noviembre de 2015

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado se lo dedico a mis padres Margarita Salazar Medina y Arcenio Galindo Bernal, por todos sus esfuerzos, sacrificios, amor y apoyo incondicional, y a Alexandra María Adames Losada por su comprensión, cariño y apoyo en los diferentes momentos de mi vida universitaria.

Wilson Arcenio Galindo Salazar

Principalmente a Dios, por su gran misericordia. A mis padres Graciela y Enrique, y hermano Carlos, por el apoyo incondicional, por sus esfuerzos, amor y comprensión, y sobre todo porque son el motor de mi vida. También hago una dedicación especial a Angie por la compañía y el cariño brindado durante la consecución de este gran triunfo profesional.

Juan David Gutiérrez Repizo

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a:

La Universidad Surcolombiana y a toda la planta de profesores, por la contribución en nuestra formación y crecimiento profesional.

Ing. Constanza Vargas Castellanos. Docente de la Universidad Surcolombiana, por habernos brindado su apoyo incondicional, asesoría y cooperación como directora del presente trabajo.

Ing. David Peña Silva. Superintendente QHSE de la empresa Nabors Drilling International, por su orientación y contribución de información en el desarrollo del presente trabajo.

El autor Wilson Galindo hace un agradecimiento especial a:

La Empresa Nabors Drilling International, por haberme permitido desarrollar mi práctica profesional y en consecuencia estar presente en los trabajos de desarme, movilización y arme de sus taladros, al igual que a todo el personal que me asesoró, me brindó información y dedicó parte de su tiempo para aclararme metodológicamente muchos de los procedimientos operacionales.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN

1. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL PARA EL TRASLADO DE UN EQUIPO DE PERFORACIÓN CONVENCIONAL	21
1.1 PLANEACIÓN	21
1.1.1 Inspección de la ruta de traslado	21
1.1.2 Inspección de partes del equipo de perforación	23
1.1.3 Clasificación y dimensionamiento de cargas	23
1.1.4 Inspección de la locación	24
1.2 DESARME DEL EQUIPO	31
1.2.1 Bajada de la tubería	31
1.2.2 Bajada de herramientas y elementos innecesarios de la mesa	31
1.2.3 Desarme de equipo innecesario alrededor de la mesa	33
1.2.4 Bajada del sistema de preventoras	34
1.2.5 Bajada del top drive	35
1.2.6 Desarme del sistema de lodos	39
1.2.7 Bajada del mástil	42
1.2.8 Bajada del piso de perforación	46
1.2.9 Desarme de la subestructura	49
1.2.10 Desarme de la zona de generadores	49
1.2.11 Desarme de los tanques de combustible	49
1.2.12 Desarme del campamento	50
1.2.13 Cargas misceláneas	51
1.3 ARME DEL EQUIPO	52
1.3.1 Arme del sistema de lodos	52
1.3.2 Arme de los generadores y caseta SCR	53
1.3.3 Arme de la subestructura	54

1.3.4	Arme del piso de perforación	55
1.3.5	Procedimiento pre-operacional para el levantamiento del mástil	56
1.3.6	Procedimiento para levantar el mástil	58
1.3.7	Arme del top drive	59
1.3.8	Arme del sistema de preventoras	61
1.3.9	Arme de otros equipos	61
2.	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA LA MOVILIZACIÓN DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN CONVENCIONAL	62
2.1	GRÚA	63
2.1.1	Señales de operación de grúas y montacargas	63
2.1.2	Reglas de Seguridad	65
2.1.3	Grúas más utilizadas en la movilización	67
2.2	MONTACARGAS	67
2.3	CARROMACHOS	68
2.4	TRACTOMULAS	69
2.5	ACCESORIOS DE LOS EQUIPOS DE MOVILIZACIÓN	70
2.5.1	Gancho y Bola	70
2.5.2	Eslingas	70
2.5.3	Cadenas y Ratchet	71
2.5.4	Grilletes	72
2.6	INSPECCIONES	73
2.7	NORMATIVIDAD PARA EL TRANSPORTE DE CARGA	73
2.7.1	Competencias del personal	73
2.7.2	Vehículos de transporte	74
2.7.3	Descripción del proceso administrativo para solicitud de permiso de transporte carga pesada y extra pesada	79
3.	SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LAS OPERACIONES DE MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN	81
3.1	CONCEPTOS BÁSICOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	81
3.1.1	Accidentes	81

3.1.2 Lesión	83
3.2 ANÁLISIS DE SEGURIDAD DEL TRABAJO (AST)	83
3.2.1 Análisis de Seguridad en el Trabajo de la Grúa.....	85
3.2.2 Análisis de Seguridad en el Trabajo de los Tanques de Lodo	86
3.2.3 Análisis de Seguridad en el Trabajo de las Bombas de Lodo.....	89
3.2.4 Análisis de Seguridad en el Trabajo del Top Drive	91
3.2.5 Análisis de Seguridad en el Trabajo del Malacate	95
3.2.6 Análisis de Seguridad en el Trabajo de las Secciones de la Torre	98
3.2.7 Análisis de Seguridad en el Trabajo del Red Fox	101
3.2.8 Análisis de Seguridad en el Trabajo de la Tubería	104
4. MANEJO AMBIENTAL EN EL PROCESO DE MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN.....	106
4.1 MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN	106
4.1.1 Objetivos.....	106
4.1.2 Impactos ambientales a prevenir / mitigar	106
4.1.3 Criterios de manejo ambiental	106
4.1.4 Señalización	107
4.1.5 Vías de acceso de uso privado	108
4.1.6 Otras recomendaciones.....	108
4.2 ÁREA DEL TALADRO E INSTALACIONES CONEXAS	109
4.2.1 Taladro.....	110
4.2.2 Generadores.....	111
4.2.3 Bombas y tanques de lodo	112
4.2.4 Bodega-almacén.....	113
4.2.5 Transporte y almacenamiento de combustibles.....	114
5. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESARME, MOVILIZACIÓN Y ARME DE UN TALADRO	117
5.1 DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES Y CARGAS DEL TALADRO	
118	
5.1.1 Determinación de los Componentes	118

5.1.2	Determinación de las Cargas.....	119
5.2	OPERACIONES SIMULTÁNEAS PARA EL PROCESO DE DESARME, MOVILIZACIÓN Y ARME DEL TALADRO.....	120
5.3	PROGRAMA DE TRASLADO de los Equipos de Perforación UTILIZANDO DIAGRAMA DE RED	130
5.3.1	Diagrama de red para el traslado de las cargas	130
5.3.2	Determinación del tiempo requerido	131
5.4	ANÁLISIS DE COSTOS.....	132
5.4.1	Equipos de movilización y recurso humano.....	132
5.4.2	Producción de los pozos.....	135
6.	CONCLUSIONES.....	137
7.	RECOMENDACIONES	138
	BIBLIOGRAFÍA.....	139
	ANEXOS.....	141

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Límites de aproximación seguro según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) del Ministerio de Minas y Energía.....	22
Tabla 2. Características de grúas móviles	67
Tabla 3. Nomenclatura o designación de vehículos.....	75
Tabla 4. Límites dimensionales de vehículos para transporte de carga.....	77
Tabla 5. Límite máximo de peso y tolerancias	78
Tabla 6. Requisitos para el transporte de combustibles	115
Tabla 7. Condiciones del traslado línea base	117
Tabla 8. Vehículos necesarios para el traslado línea base.....	117
Tabla 9. Recurso humano necesario para el traslado línea base	118
Tabla 10. Plan de traslado de las cargas del equipo de perforación.....	131
Tabla 11. Costo por día de los equipos de movilización	132
Tabla 12. Costo total de los equipos de movilización para los 10 días.....	133
Tabla 13. Costo total de los equipos de movilización para los 8 días.....	133
Tabla 14. Costos del recurso humano	134
Tabla 15. Ganancias perforando 3 pozos por clouster	135
Tabla 16. Ganancias perforando un pozo por locación.....	136

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Inspección de la vía para el traslado del equipo de perforación	23
Figura 2. Locación lista para el traslado del equipo	25
Figura 3. Desarenador de aguas lluvias de la cuneta perimetral	25
Figura 4. Skimmer para tratamiento de aguas domésticas.....	26
Figura 5. Cuneta de aguas aceitosas	28
Figura 6. Skimmer perimetral.....	28
Figura 7. Contrapozo con rejilla y plataforma de concreto.....	29
Figura 8. Piscina para tratamiento de recortes de perforación	29
Figura 9. Centro de acopio de residuos sólidos	30
Figura 10. Distribución de equipos en la locación (layout).....	30
Figura 11. Bajando llaves de potencia de la mesa.....	32
Figura 12. Canasta de herramientas (tool basket)	32
Figura 13. Unidad de Enfriamiento	33
Figura 14. Sistema de acumuladores	33
Figura 15. Desarme de línea de retorno (Flow line).....	33
Figura 16. Desarme y reubicación del Catwalk.....	33
Figura 17. Múltiple de estrangulamiento (Choque manifold).....	34
Figura 18. Sistema para bajar techo de tanques	34
Figura 19. Procedimiento de desarme de las preventoras.....	35
Figura 20. Rodillo del riel del top drive.....	37
Figura 21. Instalando rodillo a la base del riel.....	37
Figura 22. Perno inferior para asegurar el top drive.....	37
Figura 23. Perno superior para asegurar el top drive.....	37
Figura 24. Retirando pernos entre el Bloque Viajero y el Top Drive	38
Figura 25. Ensamblaje de levantamiento del riel	38
Figura 26. Sistema de levantamiento asegurado al bloque	38

Figura 27. Posicionamiento del bloque en la parte superior del riel.....	38
Figura 28. Posicionamiento del sistema de levantamiento del riel.....	39
Figura 29. Moviendo top drive.....	39
Figura 30. Desconexión de las líneas de succión de las bombas.....	40
Figura 31. Desconexión de líneas de las tolvas para adición química.....	40
Figura 32. Levantando con la grúa tanque de las zarandas	40
Figura 33. Levantamiento del tanque de succión.....	40
Figura 34. Desconexión y ubicación de cableado eléctrico de las bombas	41
Figura 35. Levantamiento de bombas de lodos en su respectivo patín (skid)	41
Figura 36. Tanques de lodos	41
Figura 37. Cargando Tanque de lodos	41
Figura 38. Sistema de lodos	41
Figura 39. Scalpers.....	41
Figura 40. Desarme del desgasificador (poor boy)	42
Figura 41. Estructura de soporte del scalpers.....	42
Figura 42. Cargando desgasificador de lodos	42
Figura 43. Cargas misceláneas del sistema de lodos (conexiones, barandas, mangueras).....	42
Figura 44. Sistema de poleas para bajar el mástil	44
Figura 45. Descenso del mástil.....	44
Figura 46. Posicionando caballetes de soporte del mástil	45
Figura 47. Finalización de la bajada del mástil	45
Figura 48. Polea ecualizadora del bloque viajero	45
Figura 49. Retirando manguera rotaria	45
Figura 50. Retirando pernos para bajar encuelladero.....	45
Figura 51. Removiendo manguera rotaria	45
Figura 52. Desarmando sección uno del mástil.	46
Figura 53. Reubicando sección uno del mástil.	46
Figura 54. Asegurando casa del perro a la grúa.....	47
Figura 55. Descenso de casa del perro	47

Figura 56. Bajada de la estructura de soporte de la casa del perro	47
Figura 57. Desarme de estructura del piso de perforación	47
Figura 58. Bajada del malacate	48
Figura 59. Motores del malacate.....	48
Figura 60. Bajando soportes del piso de perforación.....	48
Figura 61. Moviendo malacate.....	48
Figura 62. Mesa rotaria.....	48
Figura 63. Bandeja de cableado (Grasshopper)	48
Figura 64. Satélite de conexiones eléctricas.....	50
Figura 65. Planta de tratamiento de agua potable	50
Figura 66. Planta de tratamiento de aguas residuales.....	51
Figura 67. Desconexión de la red sanitaria.....	51
Figura 68. Levantamiento de casetas	51
Figura 69. Arme de la estructura de los scalpers.....	53
Figura 70. Posicionando zarandas de lodos	53
Figura 71. Armando tolvas para adición de química	53
Figura 72. Limpiador de lodo (mud cleaner)	53
Figura 73. Patines de deslizamiento del taladro	55
Figura 74. Puentes inferiores de la subestructura.....	55
Figura 75. Base de la subestructura	55
Figura 76. Terminando de armar la sección derecha de la subestructura	55
Figura 77. Posicionando puentes superiores de la subestructura.....	56
Figura 78. Posicionamiento de la rotaria.....	56
Figura 79. Posicionando secciones del mástil sobre caballetes	58
Figura 80. Anclaje de secciones del mástil	58
Figura 81. Instalación de líneas del mástil	59
Figura 82. Levantamiento del mástil	59
Figura 83. Mástil en posición final y pernado en la parte inferior con la subestructura	59
Figura 84. Señales estándar para el manejo de la grúa	64

Figura 85. Radio de extensión del brazo de la grúa.....	66
Figura 86. Montacargas	68
Figura 87. Carromacho	68
Figura 88. Tractomula cama baja (superior) y cama alta (inferior).....	69
Figura 89. Gancho y bola de la grúa.....	70
Figura 90. Eslingas de 2 ramales con grilletes	71
Figura 91. Tensor tipo ratchet.....	72
Figura 92. Grillete de perno roscado.....	72
Figura 93. Diagrama de flujo para el Análisis de Seguridad en el Trabajo	84
Figura 94. Manejo ambiental del equipo de perforación	109
Figura 95. Formato 1 (dirigirse al Anexo A para verlo completo).....	120
Figura 96. Diagrama de red para el proceso de traslado de las cargas.....	130

GLOSARIO

CARGA: está conformada por cualquier combinación de componentes que unidas entre sí por un medio físico, para el propósito del traslado, se pueden cargar simultáneamente. Ejemplo: todos los componentes combinados en un solo tractocamión son considerados una carga.

CATWALK: planchada para elevación de tubería desde el nivel del suelo hasta el nivel de la mesa de perforación.

COMPONENTE: son partes del equipo de perforación que se pueden cargar como una unidad única, en forma combinada o por separado, en un tractocamión, un montacargas o una grúa. Ejemplos: tanque de lodo, múltiple de distribución, patín con 3 zarandas (a pesar de que las zarandas conforman 3 partes individuales, están unidas por un patín lo que permite que puedan alzarse como una unidad).

COMPONENTE CRITICO: es aquel que debe ser trasladado en un periodo de tiempo específico debido a que es indispensable para poner en funcionamiento el taladro.

COMPONENTE NO ESENCIAL: es aquel que puede ser trasladado en cualquier momento durante la movilización. Son partes no esenciales que se pueden reordenar dentro del plan de traslado para lograr acelerar el proceso.

COMPONENTE PRE-TRASLADO: un componente de este tipo es aquel que puede y debería ser trasladado antes de cerrar el pozo actual, ya que se considera innecesario para completarlo o terminarlo.

DIAGRAMA DE RED PARA EL TRASLADO: es un diagrama donde se identifican las cargas del taladro a trasladarse entre las dos locaciones. Se dispone de una manera secuencial y lógica, basándose en los recursos disponibles, para lograr hacer las operaciones en el menor tiempo posible.

ENCUELLADERO: plataforma anclada al mástil por encima del piso de perforación, la cual sirve para que un operario manipule la tubería en las maniobras durante la perforación.

MAN RIDER: winche para elevación de personal, este se encuentra ubicado en la mesa de perforación.

MANLIFT: equipo que tiene una canasta para levantamiento de personas en trabajos en alturas.

NIVEL DE IMPORTANCIA: prioridad que tienen los componentes a ser trasladados.

PATÍN: estructura la cual sirve de soporte de los equipos.

RED FOX: planta de tratamiento de aguas residuales.

SKID: patín.

SKYMMER: equipo para limpieza de fluidos.

STAND PIPE: tubería para transporte de fluidos de perforación, esta se encuentra asegurada verticalmente al mástil.

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo optimizar el procedimiento operacional de desarme, traslado y arme de un equipo de perforación terrestre convencional, para lo cual se plantearon los procedimientos habituales y se detallaron de manera específica, seguidamente se realizó un análisis de seguridad en el trabajo, esto con el fin de tener en cuenta todos los riesgos asociados a cada una de las actividades y lograr que el desarrollo de éstas se hagan de manera exitosa dada la importancia de que las labores se culminen sin ningún tipo de accidente. Se estableció la normatividad legal y ambiental Colombiana relacionada al proceso, y finalmente se efectuó un análisis de todas las operaciones con el fin de determinar las actividades que se pueden realizar de manera simultánea; se plantearon directrices para optimizar el procedimiento y se establecieron los recursos necesarios, los costos y utilidades aproximadas de aplicar dichas directrices a un proyecto de traslado de un equipo de perforación terrestre convencional.

Palabras claves: optimizar, desarme, traslado, arme, equipo, perforación, seguridad industrial.

ABSTRACT

The aim of this project was to optimize the operational procedure of rig down, rig move and rig up of a conventional land drilling equipment, for which the usual procedures were established and were detailed specifically, then a job safety analysis was performed, this in order to take into account all the risks associated with each of the activities and ensure that they be developing successfully given the importance of the work will culminates without any accident. The Colombian legal and environmental regulations related to the process was established, and finally an analysis of all operations was implemented in order to identify activities that can be performed simultaneously; guidelines were proposed to optimize the process and also were established resources, approximate costs and profits by apply these guidelines to a rig move project of a conventional land drilling equipment.

Keywords: optimize, rig down, rig move, rig up, drilling equipment, industrial security, environment.

INTRODUCCIÓN

La movilización de un taladro es un proceso muy complejo que involucra numerosas operaciones y un amplio personal entre las empresas involucradas (operadora, contratista de perforación y empresa de transporte). Por este grado de actividad, y por el hecho de que existen diferentes tipos de peligros a los que se enfrentan durante la operación de perforación, la planificación previa y la coordinación de los esfuerzos de todo el personal involucrado es esencial para llevar a cabo una operación de traslado segura y de buen rendimiento. Debe existir un plan de movilización del taladro que permita considerar las actividades que se llevarán a cabo, para así mismo analizar los posibles riesgos y precauciones requeridas para realizar el proceso de manera exitosa.

En este sentido, dentro de todas las actividades llevadas a cabo durante el proceso de movilización, es importante que haya una evaluación del riesgo para determinar las medidas preventivas, por ello se ha implementado un Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST) para las operaciones críticas, que permite prevenir y/o mitigar los accidentes labores y por ende minimizar el tiempo no productivo.

Para maximizar el rendimiento del proceso de movilización de un taladro debe crearse un plan para tal fin, basándose en las instrucciones que son expuestas más adelante en este trabajo. Éstas le van a permitir a los Gerentes del Proyecto crear eficientemente un plan de movilización, el cual puede ser apropiadamente utilizado, para optimizar los periodos de tiempo y reducir los costos durante el desarme, movilización y arme de un equipo de perforación terrestre convencional.

1. PROCEDIMIENTO OPERACIONAL PARA EL TRASLADO DE UN EQUIPO DE PERFORACIÓN CONVENCIONAL

Con el fin de analizar y establecer mejoras en el procedimiento de desarme, traslado y arme de un equipo de perforación convencional, en el presente capítulo se detalla los lineamientos generales que comúnmente son utilizados actualmente en la industria para desarrollar dicho procedimiento.

1.1 PLANEACIÓN

Cuando un equipo se encuentra operando, con días de anticipación a finalizar el periodo contractual se debe establecer entre el jefe de equipo (tool pusher) y el representante de la operadora (company man) un plan para el proceso de traslado de torre a la nueva locación, la decisión de trasladar el equipo a una determinada locación se tomará teniendo en cuenta varios factores, tales como características del equipo, distancia del traslado, disponibilidad de otros equipos, número de pozos a perforar, entre otros.

En el plan de traslado de torre se pretende establecer de manera preliminar todas las variables a tener en cuenta, las diferentes dificultades que se puedan presentar con el fin de tomar medidas correctivas y tratar de mitigar cualquier tipo de inconveniente a que diere lugar al momento de iniciar la movilización, es por esto que se deberán establecer los siguientes ítems en la planeación del procedimiento.

1.1.1 Inspección de la ruta de traslado

Se debe hacer un recorrido de reconocimiento de la vía, en el cual se determina los tipos de vías (nacional, departamental, municipal, metropolitana, distrital), se deberá verificar el estado de las vías con el fin de determinar pasos restringidos (curvas, zonas angostas), vías críticas (en mantenimiento, mal estado), escuelas o áreas escolares, las zonas de salidas y entradas de vehículos pesados, sitios de inestabilidad geológica, rutas alternas, si hay puentes se deberá inspeccionar el estado de estos y conocer la máxima carga permisible, la altura y ancho del

puede; es muy importante identificar los posibles obstáculos de la ruta como árboles, ramas, líneas de producción, semovientes y líneas eléctricas y telefónicas. Estas últimas tienen una inspección especial, se deberán identificar los voltajes de estas líneas y la altura a la que se encuentran, teniendo en cuenta que en el momento de transportar las cargas se cumplan con los límites mínimos de aproximación seguro establecidos por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas del Ministerio de Minas y Energía que se presenta a continuación:

Tabla 1. Límites de aproximación seguro según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) del Ministerio de Minas y Energía¹

CLASIFICACIÓN	TENSIÓN NOMINAL	ALTURA MÍNIMA DE LA LÍNEA AL CRUCE DE LA VÍA	LÍMITE DE APROXIMACIÓN SEGURO
Baja tensión	Hasta 1000 voltios (1 kv)	5.0 m	1.1 m
Media tensión	Mayor a 1000 voltios hasta 15 kv	5.6 m	1.5 m
	Mayor a 15 kv hasta 57.5 kv	5.8 m	1.8 m
Alta tensión	Mayor a 57.5 kv hasta 66 kv.	5.8	2.5 m
	110/115 kv	6.1	3.0 m
	220/230 kv	8.5	5.0 m
Extra-alta tensión	Mayor a 230 kv hasta 500 kv.	11.5	5.8 m

Es importante mencionar que para permitir el paso de cargas altas se pueden levantar las líneas de baja tensión siguiendo un debido procedimiento utilizando una perdiga en fibra de vidrio, guantes dieléctricos, tapete dieléctrico debidamente certificados y aprobados para su uso, y la persona encargada de realizar esta labor deberá ser un técnico electricista con matrícula profesional CONTE T5 (Consejo Nacional de Técnicos Electricistas). Las anteriores características que se deben verificar en la inspección de la vía es necesario registrarlas en un formato particular de la empresa, además de realizarse un debido reporte fotográfico como el que se muestra a continuación, describiendo todas las novedades, realizando una debida identificación de peligros y medidas de control.

¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución No 90708 de 2013. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

Figura 1. Inspección de la vía para el traslado del equipo de perforación



Autores.

1.1.2 Inspección de partes del equipo de perforación

Es muy importante llevar un listado actualizado de todas las fechas de la última inspección a las partes del equipo de perforación, debido a que según la duración del proyecto de perforación se debe evitar hacer interrupciones en las operaciones por incumplimiento en las inspecciones según la norma API RP 4G², para ello se debe establecer para que equipos es factible realizar la inspección una vez se han desarmado.

1.1.3 Clasificación y dimensionamiento de cargas

Con el fin de establecer los equipos y herramientas necesarias para la movilización de las cargas, es necesario registrar las dimensiones de las cargas y

² Norma API RP 4G. Inspección de partes del equipo de perforación.

el peso, esta información deberá estar disponible desde el inicio del proyecto de perforación en el que se encuentre el equipo, sin embargo es necesario actualizarla y definir el total de cargas a ser trasladadas, además en caso de exceder los límites de dimensiones y pesos de vehículos para transporte de carga según lo establecido en la Resolución 4100 de 2005 del ministerio de transporte ³, estas se deberán clasificar como indivisibles, extra-dimensionadas y extrapesadas y para su movilización se deberá diligenciar el respectivo permiso ante la autoridad competente que esté designada según el tipo de carga y vía por el cual será transportada acorde con lo establecido en la resolución 4959 de 2006⁴.

1.1.4 Inspección de la locación

Previo al inicio del traslado, la empresa contratista de obras civiles debe hacer entrega de la locación, para ello se deberá inspeccionar que el lugar cumpla con todos los requerimientos técnicos y ambientales, esto se realiza con el fin de que cuando se trasladen equipos a la nueva locación no existan contratiempos y se garanticen buenas condiciones para el desarrollo de las actividades de perforación, a continuación se menciona un procedimiento adecuado de inspección.

1.1.4.1 Área de la locación

Es importante verificar que el área de la locación se encuentre nivelada, compactada y libre de obstáculos y deberá cumplir con las medidas estipuladas en el contrato de tal manera que se garantice un espacio suficiente para la ubicación de todos los equipos, además deberá permitir que haya un buen espacio para cualquier tipo de maniobras con los vehículos de carga.

³ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 4100 de 2004. Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional. Bogotá D.C.

⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 04959 de 2006. Por la cual se fijan los requisitos y procedimientos para conceder los permisos para el transporte de cargas indivisibles extrapesadas y extradimensionadas, y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte. Diario Oficial 46448. Bogotá D.C.

Figura 2. Locación lista para el traslado del equipo



Autores.

Se debe verificar todas las cunetas perimetrales de la locación las cuales deben ser construidas en cemento y deben contar una profundidad adecuada y estar libres de obstáculos, el diseño debe permitir canalizar las aguas lluvias y dirigirlas hacia un desarenador que garantice la sedimentación de partículas y retención de hidrocarburos en caso de derrames.

Figura 3. Desarenador de aguas lluvias de la cuneta perimetral



Autores.

1.1.4.2 Zona de captación de agua

En esta zona se ubicará una bomba de captación la cual debe estar ubicada sobre una placa de cemento, o algún tipo de material autorizado como soporte, que deberá tener las medidas requeridas para la bomba.

1.1.4.3 Zona de campamento

En esta zona se ubican los casetas correspondientes a dormitorios y oficinas; se debe destinar un área para la ubicación de los generadores de energía del campamento, se destina un espacio para la ubicación de los equipos para tratamiento de agua para uso doméstico, se debe contar con una placa de cemento para posicionar la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), y la planta para tratamiento de agua potable (PTAP), se debe garantizar que se encuentre construido en cemento una trampa de grasas (skimmer) para el tratamiento de aguas domésticas, el cual debe tener tres compartimientos para retención de sólidos y grasas y debe contar con una cubierta para protección de aguas lluvias.

Figura 4. Skimmer para tratamiento de aguas domésticas



Autores.

1.1.4.4 Zona industrial

La zona industrial es el espacio de la locación donde se desarrollaran todas las actividades relacionadas al proceso de perforación, se debe verificar que esta área cuente con:

- Cuneta para la canalización de las aguas aceitosas, con su respectivo skimmer, este deberá contar con una cubierta.
- Suelo protegido en las áreas más vulnerables a la contaminación tales como: los generadores, los tanques de combustible, el área de las bombas, el área de tratamiento de lodos.
- Sistema de contención de derrames en el área de los tanques de combustibles cuando estos no tienen su propio contenedor.
- La zona donde se posicionará el taladro deberá contar con una placa de concreto, esta área se deberá someter a cargas de gran peso como prueba de integridad, para garantizar que soportará todo el peso sobre la estructura de la torre sin subsidencias ni colapsos en la placa.
- El o los contrapozos deben tener una placa de concreto y su respectiva rejilla de protección.
- Si existen más de un contrapozo se debe verificar que estos se encuentren perfectamente alineados, debido que el taladro solo se armará una vez y para perforar los siguientes pozos se deslizará sobre los patines, al no estar los contrapozos alineados se pueden generar graves inconvenientes operacionales que originan pérdidas de tiempo.
- Es importante verificar los sistemas de puesta a tierra.

Figura 5. Cuneta de aguas aceitosas



Autores.

Figura 6. Skimmer perimetral



Autores.

Figura 7. Contrapozo con rejilla y plataforma de concreto



Autores.

1.1.4.5 Zona de tratamiento de recortes de perforación

Se debe verificar la piscina de cortes de perforación y piscina de lodos la cual debe estar recubierta con una geomembrana y tener las dimensiones estipuladas para el proyecto, estas deben estar separadas por una distancia mínima de entre 5 y 6 metros para poder operar el montacargas, es importante inspeccionar que el nivel freático no esté invadiendo las piscinas, estas deberán encontrarse alejadas al menos cuatro metros de la vegetación debido a los agentes químicos para el tratamiento de recortes.

Figura 8. Piscina para tratamiento de recortes de perforación



Autores.

1.1.4.6 Centro de acopio de residuos

Dependiendo si la prestadora de servicios del taladro proporciona un centro de acopio de residuos, se puede requerir que esté construido dicho centro de acopio y este cuente con paredes, pisos, divisiones y cubierta que permita la debida clasificación de sólidos y control de lixiviados.

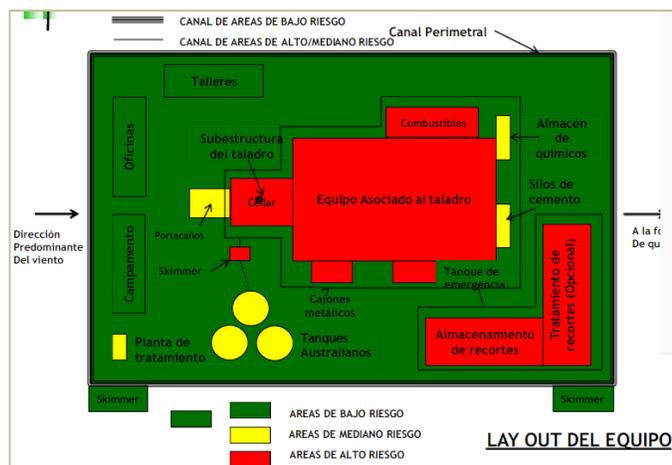
Figura 9. Centro de acopio de residuos sólidos



Autores.

Finalmente se presenta un plano (layout) de la ubicación de los equipos de un taladro de perforación petrolera. (nota: dependiendo de cada locación este plano presenta cambios).

Figura 10. Distribución de equipos en la locación (layout)⁵



⁵ Márquez M. Waldo R. Locaciones de pozos de exploración petrolera directrices para su diseño y construcción. [Diapositivas]. Universidad de Aquino Bolivia. Noviembre de 2009.

1.2 DESARME DEL EQUIPO

Una vez se ha terminado de perforar y completar el último pozo de la locación, en cuanto se cuente con personal disponible de la cuadrilla de perforación, se pueden iniciar labores de limpieza del equipo, todos los tanques de lodo se deben drenar y limpiar muy bien antes de transportarlos.

Para dar inicio al desarme es muy importante trabajar en un ambiente libre de obstáculos en la mesa de perforación, debido que la cuadrilla de perforación estará en constante movimiento y es necesario disponer de espacio para realizar las maniobras de manera segura.

1.2.1 Bajada de la tubería

El encuellador debidamente asegurado con el arnés en el “encuelladero” (monkey boards) y de manera coordinada con el perforador, engancha la tubería y a la vez cierra el elevador para que los operarios de piso (cuñeros), los cuales se encuentran en mesa, puedan engrasar y poner los protectores de rosca para evitar corrosión y daños que se puedan ocasionar al momento de bajar la tubería, la cual debe ser puesta en la planchada (catwalk) que mediante control remoto es operado para ubicar cada tubular a nivel del suelo. La tubería se deberá organizar en las cestas de tubería para luego poder ser cargada y trasladada, esta operación se repite por cada tubular hasta que la mesa se encuentre totalmente libre de tubería.

1.2.2 Bajada de herramientas y elementos innecesarios de la mesa

Herramientas como sustitutos de levantamiento (lifting sub), crossovers sub, juntas para ajustar la longitud de la sarta (pup joint), cuñas de perforación mecánicas, cuñas de perforación neumáticas, elevadores, llaves de potencia, etc., se deben bajar y ubicar en una canasta de herramientas (tool basket). Para la manipulación de estas herramientas es necesario el uso de un winche, el cual mediante ayatolas o grilletes según sea el caso, permite manipular cada objeto para posicionarlo a nivel del suelo.

Para preparar la mesa para la bajada del top drive se requiere bajar la puerta en V y dejar el espacio libre para la maniobra con la grúa, desarmar el catwalk y correrlo a otra parte de la locación.

Figura 11. Bajando llaves de potencia de la mesa



Autores.

Figura 12. Canasta de herramientas (tool basket)



Autores.

1.2.3 Desarme de equipo innecesario alrededor de la mesa

Se debe desconectar las líneas pertenecientes al sistema de BOP (para realizar esta tarea es necesario tener la autorización y supervisión del mecánico del equipo), desconectar la línea de retorno de lodos (flow line), las líneas del múltiple de estrangulación (choque manifold), bajar los techos de los tanques de lodos, desconectar y correr la unidad de enfriamiento, desconectar y reubicar el acumulador, se desconecta y se reubica el catwalk. Todo esto se hace con el fin de liberar espacio para realizar todas las maniobras para el desarme de los otros equipos como las preventoras, el top drive, entre otros.

Figura 13. Unidad de Enfriamiento



Autores.

Figura 14. Sistema de acumuladores



Autores.

Figura 15. Desarme de línea de retorno (Flow line)



Autores.

Figura 16. Desarme y reubicación del Catwalk



Autores.

Figura 17. Múltiple de estrangulamiento (Choque manifold)



Autores.

Figura 18. Sistema para bajar techo de tanques

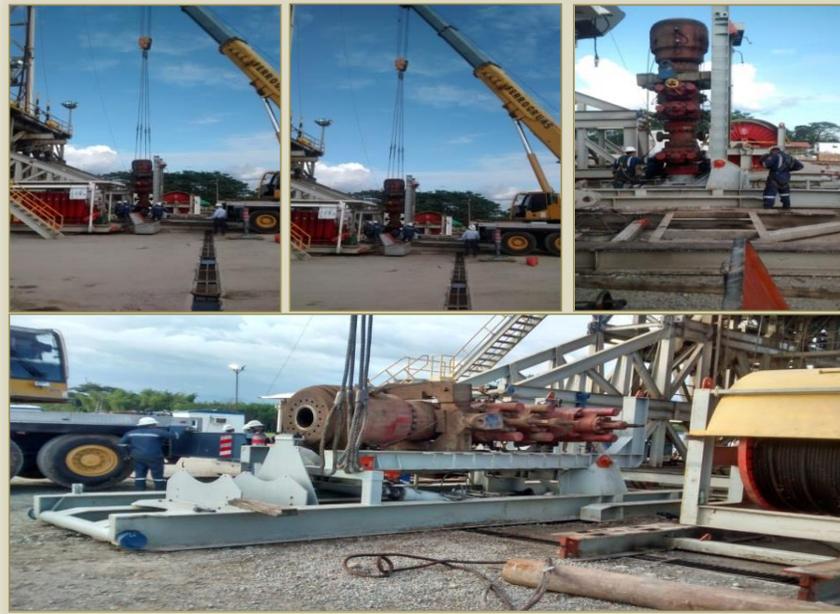


Autores.

1.2.4 Bajada del sistema de preventoras

- Remover todas las líneas de conexión al sistema de preventoras.
- Es importante que durante la operación solo se encuentre el personal necesario.
- El mecánico del equipo deberá inspeccionar previamente el funcionamiento del sistema de manejo de preventoras.
- Remover la campana (bell nipple).
- Se instala el soporte para levantamiento.
- Asegurar con el sistema de manejo de preventoras (troles, handling system preventoras).
- Mediante una grúa posicionarlas sobre el sistema para transporte de preventoras (skid) y asegurarlas mediante bridas.
- Activar el sistema hidráulico para posicionar las preventoras de manera horizontal.
- Cargar y mover preventoras.

Figura 19. Procedimiento de desarme de las preventoras



Autores.

1.2.5 Bajada del top drive

Antes de dar inicio a la bajada del top drive se requiere hacer una reunión pre-operacional donde los responsables de la operación (jefe de equipo, supervisor, y perforador) se aseguren de difundir el análisis de seguridad, y el procedimiento que se llevará a cabo con todo el personal involucrado con el fin de que la operación se culmine de manera exitosa.

Se debe verificar que todos los equipos necesarios para ejecutar la operación se encuentren disponibles y con las debidas certificaciones requeridas, es necesario realizar una inspección a todos los elementos que se vayan a utilizar para izar cargas. El procedimiento es el siguiente:

- Se deben correr 240 pies de cable de perforación dentro del carrete del malacate, con el fin de poder bajar el bloque viajero hasta el piso del taladro.
- Se debe realizar un bloqueo y etiquetado de las fuentes de energía para remover todas las conexiones eléctricas, neumáticas e hidráulicas del top drive.

- Elevar el top drive a 40 pies e instalar el rodillo vivo (live roller), el cual se debe pinar al riel, esta pieza busca permitir que al posicionar el riel del equipo sobre el vehículo de transporte (cama baja) este se pueda deslizar, además funciona como pieza de sacrificio que permite eliminar cualquier afectación al riel del equipo durante su manipulación
- Posicionar el top drive en la parte inferior del riel e instalar los pines inferiores y superiores a ambos lados del riel para asegurarlo durante el transporte.
- Remover los pernos entre el bloque viajero y el top drive de esta manera liberando el bloque, y posteriormente reinsertar los pernos en el bloque viajero.
- Asegurar la línea del winche al bloque viajero y en coordinación con el perforador, de manera cuidadosa sin ir a impactar el top drive, posicionar el bloque en el piso del taladro.
- Una vez posicionado el bloque viajero sobre el piso del taladro se debe asegurar mediante pines el ensamblaje de levantamiento.
- Una vez el ensamblaje de levantamiento se encuentra unido al bloque, nuevamente el perforador en coordinación con otro integrante de la cuadrilla encargado de manipular el winche deberán elevar el bloque evitando colisionar con el top drive el cual esta sujetado al riel mediante pines. Se debe posicionar el bloque en la parte superior del riel.
- Se posiciona el bloque viajero el cual mediante el ensamblaje de levantamiento se asegura al riel.
- Se puede liberar los cables de seguridad que sujetan el riel con la corona.
- Se debe liberar todos los pines que aseguran el riel a la estructura del taladro.
- En estos momentos el top drive se debe encontrar perfectamente asegurado sobre el riel del equipo, el cual está suspendido mediante el ensamblaje de levantamiento al bloque viajero debido a que se han liberado todos los pines que lo sujetan a la estructura. Para dar inicio a la bajada del top drive se deben asegurar las líneas de izaje de la grúa sobre el rodillo.
- De manera coordinada entre el perforador y el operario de la grúa, cuidadosamente se debe dar inicio a la bajada del riel, el operario de la grúa debe ser capaz de dirigir la sección uno del riel para poder posicionarla sobre la cama-baja.
- Una vez posicionada la sección uno del riel a la cual se encuentra asegurado el top drive, se procede a posicionar sobre la cama baja las otras secciones.

Figura 20. Rodillo del riel del top drive



Autores.

Figura 21. Instalando rodillo a la base del riel



Autores.

Figura 22. Perno inferior para asegurar el top drive



Autores.

Figura 23. Perno superior para asegurar el top drive



Autores.

Figura 24. Retirando pernos entre el Bloque Viajero y el Top Drive



Autores.

Figura 25. Ensamblaje de levantamiento del riel



Autores.

Figura 26. Sistema de levantamiento asegurado al bloque



Autores.

Figura 27. Posicionamiento del bloque en la parte superior del riel



Autores.

Figura 28. Posicionamiento del sistema de levantamiento del riel



Autores.

Figura 29. Moviendo top drive



Autores.

1.2.6 Desarme del sistema de lodos

- Es necesario verificar que los tanques hayan sido drenados y limpiados.
- Antes de realizar cualquier levantamiento de cargas se debe verificar que esta se encuentre liberada de conexiones.
- Se desconectan las bombas del sistema eléctrico, como del múltiple de distribución, las líneas de succión se deben desconectar.
- Desconectar y cargar el separador de gas (poor boy).
- Desconectar y cargar en el patín los scalpers.
- Desconectar y cargar en el patín las zarandas (shale shakers)
- Desconectar y cargar en el patín el limpiador de lodo (mud cleaner).
- Desconectar y cargar los tanques de lodos. (tanque de succión, tanque de reserva, tanque de las shakers)
- Desconectar y cargar las bombas de lodo y cargarlas con su respectivo patín. (tres bombas).
- Desconectar y cargar el tanque de agua.

Figura 30. Desconexión de las líneas de succión de las bombas



Autores.

Figura 31. Desconexión de líneas de las tolvas para adición química



Autores.

Figura 32. Levantando con la grúa tanque de las zarandas



Autores.

Figura 33. Levantamiento del tanque de succión



Autores.

Figura 34. Desconexión y ubicación de cableado eléctrico de las bombas



Autores.

Figura 35. Levantamiento de bombas de lodos en su respectivo patín (skid)



Autores.

Figura 36. Tanques de lodos



Autores.

Figura 37. Cargando Tanque de lodos



Autores.

Figura 38. Sistema de lodos



Autores

Figura 39. Scalpers



Autores.

Figura 40. Desarme del desgasificador (poor boy)



Autores.

Figura 41. Estructura de soporte del scalpers



Autores.

Figura 42. Cargando desgasificador de lodos



Autores.

Figura 43. Cargas misceláneas del sistema de lodos (conexiones, barandas, mangueras)



Autores.

1.2.7 Bajada del mástil

Antes de iniciar la bajada del mástil, el jefe de equipo (tool pusher) debe realizar una inspección donde visualizará las condiciones técnicas de los equipos involucrados en la operación. A continuación se muestra una lista de chequeo que sirve de guía para realizar dicha inspección:

- Observar que el mástil no tenga piezas sueltas, y si existen objetos que puedan caer, deben estar debidamente asegurados a la estructura.
- Se debe asegurar que todos los cables y mangueras estén enrollados y atados al mástil.
- Verificar que todos los tornillos estén bien apretados.
- Corroborar que el indicador de peso esté funcionando apropiadamente.
- Corroborar que el freno eléctrico esté funcionando apropiadamente.
- Asegurarse que las líneas para la bajada del mástil se encuentren correctamente posicionadas sobre las poleas, esta línea debe estar asegurada mediante pernos a la estructura y se une al bloque viajero a través de un ensamblaje de poleas ecualizadoras en el piso de la mesa. Elevar el bloque viajero con el malacate.
- Liberar del ancla que sujeta la línea de escape del encuellador.
- Inspeccionar y ubicar los soportes donde se posicionará el mástil una vez se encuentre en posición horizontal.

Una vez realizada la inspección se deben registrar todas las condiciones que pueden representar un riesgo para la operación, en conjunto con el supervisor HSE, se realiza un análisis de seguridad en el trabajo (AST), éste se debe divulgar en la reunión pre-operacional con el fin de que todo el personal involucrado sea consciente de los diferentes peligros a los que se pueden exponer y de esta manera establecer un procedimiento de eliminación o control del riesgo. Los responsables de la operación son el jefe de equipo, el supervisor y el perforador, quienes se aseguran que se cuente con el personal calificado y los equipos debidamente certificados e inspeccionados para ejecutar la operación.

Ahora bien, el procedimiento de bajada del mástil se realiza de la siguiente manera:

- Dos integrantes de la cuadrilla de perforación se deben posicionar a cada lado de la base del mástil, para liberar los pernos que lo sujetan a la subestructura.
- Con una grúa se inclina el mástil para dar inicio al descenso, el cual se realiza a través del malacate, se evidencia que se puede iniciar a bajar cuando el indicador de peso aumenta, de esta manera, el perforador a través de los controles del malacate baja el bloque viajero cuidadosamente para que el mástil se incline hasta posición horizontal.
- Bajar el mástil hasta posicionarlo sobre los caballetes de soporte.

- Desinstalar los peines de tubería (monkey board, encuelladero). Se debe asegurar que el montacargas este posicionado para soportarlo antes de liberar los pernos que lo sujetan al mástil.
- Posicionar el bloque viajero sobre un patín para transporte.
- Se debe retirar todo el cable de perforación que está instalado en el mástil (desenhebrar), el cual se encuentra desde el malacate, bloque corona hasta el bloque viajero. Todo este cable que se liberará se debe enrollar en el carrete de almacenamiento y clasificar como cable usado.
- Todas las líneas que se encuentran posicionadas en el mástil, tales como la líneas de los winches, el man rider, llaves de potencia, y borracho deberán ser organizadas.
- Asegurar el mástil a la grúa y levantarlo de tal manera que con el montacargas se pueda mover las dos estructuras de soporte debajo de la sección dos.
- Asegurar la primera sección (donde se encuentra el bloque corona) a la grúa, para que miembros de la cuadrilla retiren los pernos que la sujetan a la sección dos, de esta manera quedando liberada para poder posicionarla a nivel del suelo. Siguiendo el mismo procedimiento se desarman las demás secciones intermedias.

Figura 44. Sistema de poleas para bajar el mástil



Autores.

Figura 45. Descenso del mástil



Autores.

Figura 46. Posicionando caballetes de soporte del mástil



Autores.

Figura 47. Finalización de la bajada del mástil



Autores.

Figura 48. Polea ecualizadora del bloque viajero



Autores.

Figura 49. Retirando manguera rotaria



Autores.

Figura 50. Retirando pernos para bajar encuelladero



Autores.

Figura 51. Removiendo manguera rotaria



Autores.

Figura 52. Desarmando sección uno del mástil.



Autores.

Figura 53. Reubicando sección uno del mástil.



Autores.

1.2.8 Bajada del piso de perforación

Cuando ya se ha bajado y desarmado el mástil, el electricista deberá suspender todas las fuentes de energía y apagar todos los generadores que alimentan el taladro, en ese momento solo el campamento contará con energía, y ahora se puede iniciar a desarmar el piso de perforación, para ello es necesario que todo el personal de la cuadrilla haga uso adecuado de todos los elementos para trabajos en alturas.

- El electricista deberá desconectar todos los cables de potencia que alimentan los diferentes equipos en la mesa y apilarlos de manera ordenada en la bandeja de cableado de potencia que se encuentra en la subestructura.
- Asegurar la casa del perro a la grúa usando los grilletes apropiados y posicionándolos en la manija para levantamiento de carga, el operario de la grúa la levanta de su estructura de soporte lentamente, hasta posicionarla a nivel del suelo.
- Desarmar las escaleras de acceso a la mesa.
- Con la grúa, levantar los paneles del piso de perforación y posicionarlos a nivel del suelo.
- Retirar los pernos de la mesa rotaria, haciendo uso de eslingas apropiadas y grilletes, se sujeta la mesa rotaria a la manija de levantamiento para que el operador de la grúa la levante y la posicione a nivel del suelo.
- Retirar los pernos del malacate y asegurarlo a la grúa para ser levantado y posicionado a nivel del suelo.

Figura 54. Asegurando casa del perro a la grúa



Autores.

Figura 55. Descenso de casa del perro



Autores.

Figura 56. Bajada de la estructura de soporte de la casa del perro



Autores.

Figura 57. Desarme de estructura del piso de perforación



Autores.

Figura 58. Bajada del malacate



Autores.

Figura 59. Motores del malacate



Autores.

Figura 60. Bajando soportes del piso de perforación



Autores.

Figura 61. Moviendo malacate



Autores.

Figura 62. Mesa rotaria



Autores.

Figura 63. Bandeja de cableado (Grasshopper)



Autores.

1.2.9 Desarme de la subestructura

Se deben retirar los pernos de todas las secciones que se encuentran dando soporte a la subestructura, pero para ello es necesario seguir el procedimiento adecuado. Se debe asegurar primero a las líneas de la grúa para posteriormente poder retirar los pernos de cada sección de soporte, de esta manera quedando suspendida la carga para poder posicionarla a nivel del suelo.

Una vez se han retirado todas las secciones intermedias de la subestructura, se procede a retirar la bandeja de cableado de potencia que permite la transmisión de energía eléctrica a los equipos que se encuentran en la mesa de perforación. Por último, se retiran los pernos de cada una de las secciones estructurales que se encuentran apiladas y se aseguran a la grúa para desmontarlas.

1.2.10 Desarme de la zona de generadores

Es necesario desconectar todos los cables del tablero de conexiones (plug board), y apilarlos de manera ordenada en las bandejas de cableado.

- Cargar y mover la caseta del SCR.
- Cargar y mover las barreras de sonido de los generadores.
- Cargar y mover los generadores.

1.2.11 Desarme de los tanques de combustible

Para transportar los tanques de combustible que abastecen el taladro es fundamental transferir el combustible remanente que contienen a un carro tanque, posteriormente se puede cargar y mover los tanques con sus respectivos diques de contención de derrames.

1.2.12 Desarme del campamento

El número de cargas del campamento es relativo al número de personas que laboran en el proyecto, sin embargo, un campamento comúnmente se compone de alrededor de 25 cargas. Para desarmar el campamento se debe:

- Suspender el generador del campamento y proceder a desconectar todas las líneas de energía y de comunicación.
- Los aires acondicionados se desinstalan y se aseguran para que en el transporte no sufran daños.
- Antes de iniciar a desinstalar la red sanitaria, se procede a inyectar agua a una determinada presión para limpiar las cañerías de residuos que puedan estar aún suspendidos.
- Se desconecta la red sanitaria de tubería de PVC y se drena la red fox.
- Levantar y mover cargas.

Figura 64. Satélite de conexiones eléctricas



Autores.

Figura 65. Planta de tratamiento de agua potable



Autores.

Figura 66. Planta de tratamiento de aguas residuales



Autores.

Figura 67. Desconexión de la red sanitaria



Autores.

Figura 68. Levantamiento de casetas



Autores.

1.2.13 Cargas misceláneas

Se consideran cargas misceláneas a aquellas que tienen varios elementos. El procedimiento se indica a continuación:

- Cargar y mover caseta del soldador, previamente se deben asegurar los equipos de soldadura.
- Cargas y mover tubería remanente.
- Cargar y mover cestas de herramientas.
- Cargar y mover contenedores de lubricantes.
- Cargar y mover manlift y el forklift.
- Cargar y mover las bodegas de materiales.
- Cargar y mover taller del mecánico y del eléctrico.
- Cargar y mover cestas de chatarra.

1.3 ARME DEL EQUIPO

Es importante aclarar que muchas cargas pueden haber sido trasladadas a la nueva locación de manera simultánea con el desarme del equipo, sin embargo, a continuación se hace una descripción del proceso de ubicación y arme del taladro de manera detallada.

Para ubicar los equipos es necesario tener en cuenta cuantos pozos serán perforados para así mismo realizar el posicionamiento del equipo de tal manera que se deba realizar el menor número de deslizamientos (Skidding). Las limitaciones que se deben tener en cuenta es la longitud disponible de cableado eléctrico y la longitud de la línea de retorno para acorde con esto posicionar el taladro.

1.3.1 Arme del sistema de lodos

Antes de iniciar el arme de los equipos es necesario tener un layout de la locación y tener establecido el contrapozo donde se ubicará el equipo, de esta manera se miden las distancias a las cuales deberán posicionarse cada uno de los tanques.

Con la grúa se levantan y posiciona cada uno de los siguientes equipos del sistema:

- Tanque de las zarandas, ubicar barandas y levantar techos.
- Tanque intermedio, ubicar barandas y levantar techos.
- Tanque de succión, ubicar barandas y levantar techos.
- Tanque de reserva, ubicar barandas y levantar techos.
- Armar el piso de los tanques y las barandas.
- Ubicar las tolvas para adición de química.
- Una vez se ha posicionado los tanques, se procede a armar la estructura de soporte de los scalpers y se levanta el patín que contiene los scalpers para posicionarlo.
- Posicionar el patín con las tres zarandas (shale shakers).
- Posicionar y asegurar el limpiador de lodo (mud cleaner).
- Se posiciona y ancla el separador gas/lodo (Poor boy).
- Posicionar con su respectivo patín (skid) las tres bombas de lodos.
- Posicionar el tanque de agua y armar la unidad de enfriamiento.

Figura 69. Arme de la estructura de los scalpers



Autores.

Figura 70. Posicionando zarandas de lodos



Autores.

Figura 71. Armando tolvas para adición de química



Autores.

Figura 72. Limpiador de lodo (mud cleaner)



Autores.

1.3.2 Arme de los generadores y caseta SCR

- Se deben posicionar los cuatro generadores y la caseta del SCR.
- El eléctrico y un integrante de la cuadrilla se encargan de hacer las conexiones pertinentes de los cables de potencia de los generadores con la caseta SCR (control rectificador de silicio).
- Se instala las barreras de sonido en cada uno de los generadores y de igual forma se ubican y aseguran los tubos de escape.
- Se conectan los cables de potencia de las bombas al tablero de las conexiones del SCR.

- Descargar y posicionar las bandejas de cableado hacia la torre y se conectan al SCR.
- Ubicar los tanques de almacenamiento de combustible con su respectivo sistema anti-derrames, se realiza la transferencia de diésel desde el carro cisterna hacia los tanques.
- Se conectan las líneas de aire y combustible a los generadores.

1.3.3 Arme de la subestructura

Este es un procedimiento muy importante y puede ser determinante para la perforación, teniendo en cuenta que los equipos convencionales pueden perforar más de un pozo solo si los contrapozos se encuentran alineados, de esta manera el posicionamiento de la subestructura se debe alinear perfectamente a la dirección de los pozos, debido a que una vez se termina de perforar un pozo no se desarmará el taladro sino que este se deslizará mediante un mecanismo de gatos hidráulicos posicionados a ambos lados de la subestructura, los cuales moverán en conjunto el equipo hasta posicionarlo en el siguiente contrapozo.

- Se debe verificar la alineación de los contrapozos, posteriormente se mide y se determina la posición exacta donde se deben ubicar los patines de soporte del taladro de tal manera que se encuentren perfectamente alineados con la dirección de los pozos.
- Ubicar los patines de la subestructura. La superficie de estos debe encontrarse libre de suciedad y perfectamente engrasada.
- Posicionar las secciones inferiores de la subestructura y unir las mediante las vigas las cuales se aseguran con pernos.
- La segunda sección de la subestructura, es decir, la que contiene la base del mástil, se posiciona y se alinea sobre la sección uno, y se debe asegurar mediante pernos.
- Finalmente se posiciona la tercera sección de la subestructura, y se debe asegurar mediante pernos a la sección dos.
- Este mismo procedimiento se repite para el otro lado de la subestructura.
- Armar y anclar la estructura en A.

Figura 73. Patines de deslizamiento del taladro



Autores.

Figura 74. Puentes inferiores de la subestructura



Autores.

Figura 75. Base de la subestructura



Autores.

Figura 76. Terminando de armar la sección derecha de la subestructura



Autores.

1.3.4 Arme del piso de perforación

- Se debe levantar la estructura del piso de perforación (setback floor) y posicionarla para poder pasar los pernos que la sujetan a la subestructura.
- Instalar los paneles del piso de perforación.
- Levantar y posicionar la mesa rotaria con su soporte.
- Levantar y posicionar la casa del perro.

- Posicionar y asegurar mediante pernos las escaleras de acceso a la mesa.
- Levantar el malacate con su respectivo patín y asegurarlo a la subestructura.
- Levantar y asegurar la transmisión del malacate.
- Levantar y asegurar la bandeja de cableados de potencia (grasshopper) de la subestructura.
- Posicionar las barandas de la mesa.

Figura 77. Posicionando puentes superiores de la subestructura



Autores.

Figura 78. Posicionamiento de la rotaria



Autores.

1.3.5 Procedimiento pre-operacional para el levantamiento del mástil

- Posicionar el bloque viajero con su respectivo patín de soporte enfrente de la sección del mástil
- El operario de la grúa posiciona la sección tres para ser asegurada a través de pernos, los cuales son instalados por miembros de la cuadrilla quienes deben hacer uso adecuado de los elementos para trabajo en alturas. Una vez la sección es anclada, el operador del cargador posiciona los caballetes de soporte debajo de dicha sección del mástil.
- Se repite el anterior procedimiento para instalar las demás secciones del mástil hasta terminar de asegurar debidamente la sección del bloque corona.
- El encuelladero debe ser posicionado con ayuda del cargador para poder ser asegurado al mástil, donde miembros de la cuadrilla lo aseguran con pernos.
- Se instalan las lámparas de la torre, cables y poleas (winches, man rider, llaves de potencia, salablock), se instalan los candelabros, se conecta la línea del stand pipe.

- Enhebrar el cable de perforación al bloque corona y bloque viajero acorde al número de líneas del equipo, y dejar en posición para envolver en el carrete del malacate.
- Enhebrar el cable de la brida de línea (cable del toro), este debe pasar por las poleas de la estructura en A y asegurarse al mástil mediante pernos, también debe pasar por el sistema de poleas de levantamiento que se encuentran en la base del mástil, finalmente se asegura a través del ensamblaje ecualizador el cual se encuentra anclado al bloque viajero.
- El electricista y el mecánico deberán conectar todo el cableado de potencia, líneas hidráulicas y líneas neumáticas necesarias para el funcionamiento del malacate.
- Antes de levantar el mástil, el jefe de equipo deberá realizar un procedimiento de inspección el cual deberá ser registrado, esto se realiza con el fin de verificar todos los factores críticos que puedan elevar el nivel de riesgo de la operación. A continuación se muestra un listado guía para la inspección:
 - i. ¿Los soportes estructurales del mástil se encuentran en óptimas condiciones, sin evidencia de doblamientos, ni averías que puedan generar una disminución de la capacidad de carga del mástil?
 - ii. ¿La escalera del mástil se encuentra segura, con todos los travesaños en buen estado?
 - iii. ¿Está en buenas condiciones las roldanas de la corona?
 - iv. ¿Está la polea del gancho bien asegurada?
 - v. ¿Se encuentra el cable de escape para el encuellador debidamente asegurado?
 - vi. ¿Están todas las tuercas y clavijas en su lugar y con aseguradores?
 - vii. ¿El soporte de tubería se encuentra debidamente asegurado al mástil?
 - viii. ¿El ancla de la línea muerta se encuentra en óptimas condiciones?
 - ix. ¿El cable de perforación se encuentra en condiciones operativas?
 - x. ¿La corona tiene dos luce rojas y el candelabro?
 - xi. ¿Todas las luces del mástil funcionan adecuadamente y se encuentran atadas con cable de seguridad?
 - xii. ¿Está el protector de la corona asegurado y cubierto por una malla?
 - xiii. ¿Todos los pasamanos se encuentran bien asegurados?
 - xiv. ¿Hay líneas o cables sueltos que se puedan enredar durante el izamiento?
 - xv. ¿Está el mástil descansando sobre el caballete de soporte pero no se encuentra asegurado a este?
 - xvi. ¿Funciona apropiadamente el indicador de peso?

Una vez sea ha realizado la inspección de las condiciones operativas del sistema, y se recibe aprobación por parte del jefe de equipo, se procede a realizar un análisis de trabajo seguro donde se pretende describir detalladamente el procedimiento, los riesgos de la actividad y medidas de control o consideraciones de seguridad a tener en cuenta. Este análisis se da a conocer en una reunión a todo el personal involucrado en la operación, y una vez finalizada la reunión se puede dar inicio al levantamiento del mástil.

1.3.6 Procedimiento para levantar el mástil

- El perforador levanta el bloque viajero de su patín y sigue tensionando la línea hasta levantar el mástil aproximadamente tres pies de la estructura de soporte que lo sostiene, por unos pocos minutos para verificar que el sistema de levantamiento se encuentra funcionando apropiadamente.
- Continuar levantando el mástil lentamente.
- Cuando el mástil se encuentre en la posición vertical y la base del mástil encaja con la sub-estructura, dos miembros de la cuadrilla, uno en cada lado, debe atravesar los pernos para asegurar el mástil, estos pernos deben tener chavetas de protección.
- Una vez el mástil se encuentra en posición y debidamente asegurado, se procede a retirar los pernos que sujetan el cable con la subestructura. Es importante tener sujetado el cable a la grúa antes de retirar los pines de seguridad para poder dejarlo a nivel de la mesa del taladro.
- Retirar la polea ecualizadora del bloque viajero.

Figura 79. Posicionando secciones del mástil sobre caballetes



Autores.

Figura 80. Anclaje de secciones del mástil



Autores.

Figura 81. Instalación de líneas del mástil



Autores.

Figura 82. Levantamiento del mástil



Autores.

Figura 83. Mástil en posición final y pernado en la parte inferior con la subestructura



Autores.

1.3.7 Arme del top drive

Antes de levantar el top drive se debe realizar un análisis de seguridad el cual se difunde con todo el personal involucrado, con el fin de determinar el procedimiento

general de la operación y establecer los mecanismos de control para las condiciones de riesgo.

- Cargar el top drive al camión de transporte y posicionarlo de tal forma que el voladizo del top drive se encuentre aproximadamente a 3 pies de distancia de la subestructura.
- El ensamblaje de levantamiento ya se debe encontrar debidamente asegurado a la última sección del riel del top drive, porque este mismo se utilizó durante la bajada, sin embargo se chequea que se encuentre bien ajustado.
- Asegurar la última sección del riel a la grúa y levantar hasta posicionarla a nivel del piso de perforación.
- En el piso de perforación se asegura el ensamblaje de levantamiento al bloque viajero mediante pernos.
- Se continúa levantando lentamente las demás secciones del riel con el bloque viajero.
- Antes de levantar la sección sobre la cual descansa el top drive, esta se sujeta a las líneas de izaje de la grúa a través del rodillo vivo (live roller).
- De manera coordinada entre el perforador y el operario de la grúa, se levanta la sección del top drive evitando que este colisione contra la subestructura.
- Se termina de posicionar el top drive y la sección superior se asegura a través del arpón el cual ingresa en la cavidad del riel y de esta manera quedando suspendido del mástil.
- Se termina de asegurar el riel a la estructura a través de pernos debidamente torquados con las placas de sujeción.
- Liberar el bloque viajero del ensamblaje de levantamiento, remover el ensamblaje de levantamiento, bajar el bloque y asegurarlo al top drive a través de los pernos.
- Liberar los pines inferior y superior de transporte del top drive.
- Retirar pernos y remover el rodillo vivo "live roller". Posicionarlo a nivel del suelo.
- Conectar todos los cables de potencia, de control, e hidráulicos del top drive. Previo a este procedimiento se debe realizar un bloqueo y etiquetado de todas las fuentes de energía, se debe tener especial cuidado e informar al personal del procedimiento que se va a realizar.
- Instalar la manguera rotaria, la válvula: lower well control valve, el sustituto de sacrificio (saber sub), los brazos del top drive, y los elevadores.

1.3.8 Arme del sistema de preventoras

- Montar el sistema para manejo de preventoras.
- Posicionar el patín de las preventoras debajo de la subestructura.
- Mediante el gato hidráulico del patín levantar las preventoras hasta posicionarlas verticalmente.
- Asegurarlas a la línea de la grúa para posicionarla debajo del sistema de manejo de preventoras para ser aseguradas y poder maniobrar.

1.3.9 Arme de otros equipos.

- Posicionar el catwalk.
- Posicionar y conectar las líneas del sistema de acumuladores.
- Posicionar los talleres del mecánico, eléctrico y soldador.
- Posicionar todos los contenedores de herramientas y consumibles del equipo.

2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA LA MOVILIZACIÓN DE UN TALADRO DE PERFORACIÓN CONVENCIONAL

Para el traslado del equipo de perforación de una locación a otra, normalmente la compañía operadora contrata a una empresa de transporte, o la contratista de perforación puede que ofrezca este servicio dentro de su portafolio.

En general, los equipos básicos necesarios para realizar la movilización de un equipo de perforación terrestre convencional son los siguientes:

- Grúas de alta capacidad (mayor a 50 toneladas)
- Montacargas
- Carromachos
- Tractomulas (cama baja y cama alta)
- Camionetas escoltas

Las grúas, carromachos y tractomulas poseen accesorios fundamentales para cumplir con sus funciones, como los siguientes:

- Gancho y bolas
- Eslingas
- Ratches
- Grilletes

Es requisito que todos los vehículos y accesorios mencionados se encuentren certificados, lo que implica que éstos hayan sido inspeccionados con el método de luz negra en busca de fisuras en su estructura. En caso de presentarse fisuras, deben ser reparados mediante soldadura o reemplazados. La certificación del vehículo incluye una revisión y mantenimiento en servitecas autorizadas por la compañía contratante.

También se debe realizar una inspección de los vehículos previo a cada movimiento, diligenciando las respectivas listas de chequeo para grúas, carromachos, montacargas y tractomulas.

2.1 GRÚA

Una grúa es una máquina para el levantamiento o descenso de carga, que realiza desplazamientos horizontales de la misma, y además posee el mecanismo de levantamiento como parte integral de su estructura.

La norma ASME/ANSI B30.2 (Overhead and Gantry Cranes), es la norma fundamental que rige la operación adecuada y los cuidados para el uso de grúas.

Los principales tipos de grúas que se manejan en la industria del petróleo son:

- Grúa aérea
- Grúas de pórtico y puentes: grúas que se desplazan a nivel del suelo.
- Grúa de semipórtico.
- Grúa de torre de martillo.
- Grúa mural
- Grúa torre
- Grúa de aguilón
- Grúa de columnas
- Grúa móvil: locomotrices, de oruga, de camión, sobre vehículos industriales.

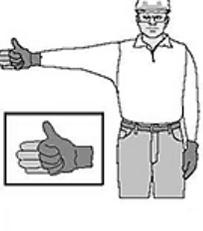
En general, para la movilización de equipos de perforación se utilizan grúas móviles de alta capacidad.

2.1.1 Señales de operación de grúas y montacargas

Los movimientos de las grúas, mientras se manipulan cargas o se hacen trabajos de reparación, deben dirigirse mediante un código de señales establecido, que son transmitidas al operador por el auxiliar, quien debe estar a una distancia de 8 pies de la grúa o montacargas y en un lugar donde sea visible por el operador de estos vehículos.

A continuación se presenta el código de señales para el manejo de la grúa:

Figura 84. Señales estándar para el manejo de la grúa⁶

				
USO DE IZADOR PRINCIPAL	USO DE LINEA DE MUELLE (IZADOR AUXILIAR)	IZADOR	INFERIOR	SUBA EL BRAZO
				
BRAZO INFERIOR	SUBA EL BRAZO Y DESCienda LA CARGA	DESCienda EL BRAZO Y SUBA LA CARGA	DETENGA	EXTIENDA EL BRAZO (UN BRAZO)
				
REPLIEGUE EL BRAZO	EXTIENDA EL BRAZO (UN BRAZO)	REPLIEGUE EL BRAZO (UN BRAZO)	MUEVALO LENTAMENTE	PAUSE
				
PARADA DE EMERGENCIA	Eche LA MARCHA (UN RIEL)	Eche LA MARCHA (DOS RIELES)	DESPLAZAMIENTO	VIGILE TODOS LOS MOVIMIENTOS

⁶ Mobil and Locomotive Cranes. Safety Standard for Cableways, Cranes, Derricks, Hoists, Hooks, Jacks, and Slings. Norma ASME B.30.5. 2004.

2.1.2 Reglas de Seguridad

2.1.2.1 Para operadores de grúas y ganchos⁷

- Verificar que el gancho de la grúa esté ubicado sobre el centro de la carga.
- Verificar que la carga este libre antes de levantarla.
- Retirar las manos de las cadenas y cables antes de que la grúa tome la carga, y usar guantes para su manipulación.
- Proporcionar señales correctas y estar seguro de haberlas entendido.
- Ensayar la carga antes de levantarla.
- Nunca se debe trabajar debajo de la carga de la grúa.
- Nunca montarse sobre la carga de la grúa.
- Asegurar que el material apilado tenga un camino de acceso para retirarlo.
- Verificar que se tenga una base firme para el material apilado y asegurar el retiro de las eslingas sin molestar la carga.
- Antes de desplazar el puente, asegurarse que el gancho está lo suficientemente alto para salvar los obstáculos.
- No sobrecargar ni las eslingas ni la grúa.
- Distribuir uniformemente la carga entre los ramales de la eslinga.
- Impedir el balanceo de la carga.
- Realizar un correcto mantenimiento de la grúa.
- Antes de realizar un levantamiento debe anclarse y nivelarse por medio de vigas y estabilizadores.

2.1.2.2 Tendidos Eléctricos

Ni el aguilón ni los cables de la grúa deben tocar las líneas de conducción eléctrica, cualquiera que sea su tensión. La OSHA⁸ requiere de lo siguiente para el trabajo de grúa cerca de un tendido eléctrico:

- Para líneas de hasta 50 Kv, el espacio libre entre ellas y cualquier parte de la grúa será mínimo de 3 metros.

⁷ Mobil and Locomotive Cranes. Safety Standard for Cableways, Cranes, Derricks, Hoists, Hooks, Jacks, and Slings. Norma ASME B.30.5. 2004.

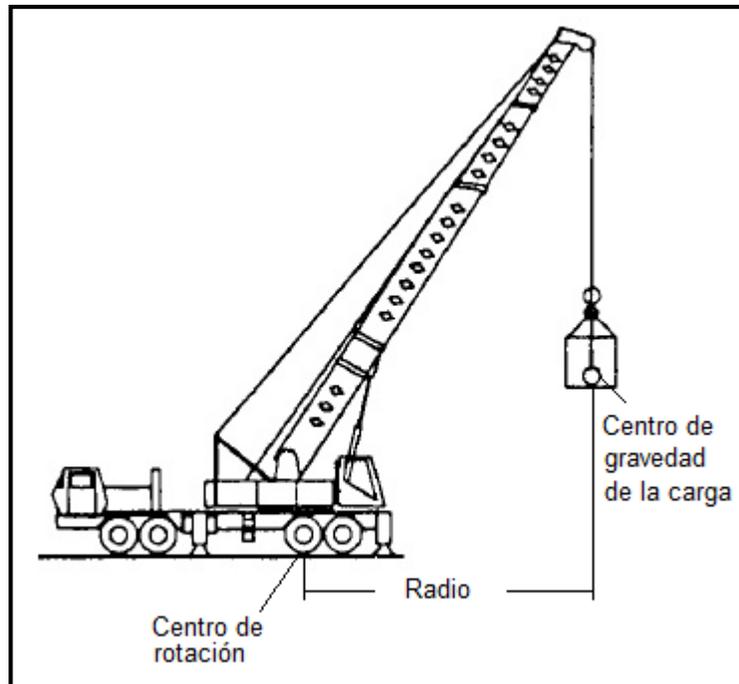
⁸ Código de Reglamentaciones Federales de OSHA 29 CFR 1926.1408. Seguridad de los tendidos eléctricos. 2010.

- Para líneas de más de 50 Kv, la distancia mínima entre ellas y la grúa será de 3 metros, más un centímetro por cada Kv extra.
- En un viaje de tránsito, sin carga y con el aguilón abajo, la distancia mínima será de 1.1 metros.

2.1.2.3 Manejo de la carga

Las siguientes graficas explican globalmente el levantamiento de una carga por medio de una grúa; teniendo en cuenta si es una grúa normal o telescópica:

Figura 85. Radio de extensión del brazo de la grúa⁹



Un concepto erróneo del radio de extensión del brazo de la grúa (boom), causaría daños en la estructura del mismo o desbalancearía la grúa y haría que esta se voltee.

⁹ Overhead and Gantry Cranes. Norma ASME/ANSI B30.2. 2004.

2.1.3 Grúas más utilizadas en la movilización

Existe una amplia variedad de grúas móviles que pueden ser utilizadas para la movilización de equipos de perforación. En la tabla 3 se muestran las más empleadas, siendo en su mayoría las grúas de capacidad de 100, 80, 70 y 50 toneladas.

Tabla 2. Características de grúas móviles¹⁰

Modelo	Capacidad (Ton.)	Altura estándar del brazo (metros)	Máxima altura de levante (metros)
TMS635B	30	32	47,6
TMS700B	45	33,5	52,7
TTS870	65	33,5	52,7
TT865B	70	38,1	57,9
TMS800B	75	38,1	57,9
TM890	80	34,7	62,8
AT9120	100	48,7	80,5

2.2 MONTACARGAS

Los montacargas son máquinas especializadas en levantar y transportar cargas pesadas a distancias cortas dentro de la misma locación, de acuerdo a su capacidad de peso y altura. Cargan material de bajo tonelaje comparado con las cargas de las grúas, por ejemplo, tubería, canastas y herramientas de menor volumen, entre otros.

¹⁰ (Gecolsa, 2014)

Figura 86. Montacargas



Autores.

2.3 CARROMACHOS

Los carromachos son vehículos para carga pesada, adaptados con sistemas de rodillos y poleas en su carrocería, con los cuales se levanta y transporta carga, sin embargo, con la reglamentación de seguridad actual, su uso se ha restringido a halar los equipos más pesado buscando su posicionamiento en lugares de fácil acceso para la grúa.

Figura 87. Carromacho



Autores.

2.4 TRACTOMULAS

Las tractomulas son los vehículos responsables del traslado del equipo de perforación en carretera. Se emplean remolques cama alta (high boy) o camabaja (low boy), estos últimos transportan equipos de mayor peso o volumen, ya que tienen mayor número de ejes y por lo tanto más estabilidad, además suministran mayor margen de altura para el equipo transportado.

Figura 88. Tractomula cama baja (superior) y cama alta (inferior)



Autores.

2.5 ACCESORIOS DE LOS EQUIPOS DE MOVILIZACIÓN

2.5.1 Gancho y Bola

El gancho y la bola son accesorios de la grúa y forman parte integral de la misma. El gancho por ser más rígido se utiliza para sujetar y levantar las cargas más pesadas, y la bola para cargas menores (por ejemplo: pines, poleas, etc.).

Existe otro tipo de ganchos de menor capacidad asociado a cadenas y eslingas, que se utilizan en los carromachos cuando se dispone a halar un equipo.

Figura 89. Gancho y bola de la grúa



2.5.2 Eslingas

Las eslingas son extensiones hechas de cable de acero o de cadena de diferentes diámetros, dependiendo de su capacidad de carga. Su función es sujetar la carga al elemento de levante (grúa, carromacho); así pues, se necesitaran varias eslingas (normalmente 4) de la misma longitud para sujetar la carga desde varios puntos de su estructura, al gancho de la grúa, de tal manera que el peso de la carga este bien distribuido y el elemento de levante no sufra desequilibrio.

Los cables metálicos se usan en toda la industria en winches, grúas y en eslingas de tubería. Las cargas del cable, los factores de seguridad y las condiciones

generales del trabajo determinan el largo, el tamaño y el tipo de cable que se debe usar.

En las terminaciones de los cables se implementan férulas las cuales impiden el desgaste innecesario de los hilos de metal; además, protege el cable de las deformaciones ocasionadas por los nudos y a medida que se va tensionando con el cable, la férula se va ajustando más evitando accidentes.

Figura 90. Eslingas de 2 ramales con grilletes



2.5.3 Ratches

Los ratches son accesorios que utilizan las tractomulas para amarrar y asegurar la carga al planchón o cama baja del semirremolque. Las cadenas abrazan la carga por la parte baja de su estructura (skid) y los ratches se encargan de tensionar las cadenas para que la carga quede inmóvil y segura en el semirremolque.

Los extremos con gancho de los ratches se colocan en eslabones de la cadena y luego se tensiona.

Figura 91. Tensor tipo ratchet



2.5.4 Grilletes

Es uno de los accesorios utilizado en los carromachos y sirve para unir eslingas o cadenas. En cuanto a su uso, es importante verificar que el pin y el arco estén en perfectas condiciones, y si es posible, que se encuentre certificado. El pin debe estar libre pero no flojo en el hueco de la rosca. Las roscas no deben tener daños, planos ni desgaste visibles, además se debe revisar el alineamiento de los huecos.

Figura 92. Grillete de perno roscado



2.6 INSPECCIONES

Los conductores y operarios de los vehículos deben realizar inspecciones diarias siguiendo las pautas establecidas por la IADC^{11 12} para la operación de tractomulas con semirremolque, carromachos y vehículos de levantamiento de cargas. Generalmente, se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Para iniciar la inspección del vehículo se debe utilizar el equipo de protección personal.
- La inspección se debe hacer teniendo en cuenta las listas de chequeo de los vehículos de transporte y levantamiento de cargas.
- Una vez realizada la inspección se deben tomar acciones correctivas para todas las condiciones de riesgo que se hayan identificado.
- Informar al supervisor el estado real del vehículo.
- No se deben operar vehículos sin estar seguro de que se encuentren en condiciones óptimas, pues se puede comprometer la integridad de las personas y los equipos.

Todos los accesorios de los carromachos y las tractomulas (winche, pluma, cadena, gancho, poleas, quinta rueda, etc.) deben ser inspeccionados con el método de luz negra. Si esta inspección da como resultado alguna falla, ésta debe ser corregida para poder obtener la certificación.

2.7 NORMATIVIDAD PARA EL TRANSPORTE DE CARGA

Es de gran importancia realizar el proceso de transporte de carga bajo las disposiciones legales vigentes a nivel nacional y los estándares internacionales ASME/ANSI correspondientes.

2.7.1 Competencias del personal

Todo el personal como aparejadores, conductores, operadores de los vehículos, deben ser certificados para el desempeño del trabajo por entidades acreditadas. Los trabajadores que requieran realizar trabajos en alturas, es decir por encima de

¹¹ IADC Rig Moving Committee. Tandem-Bed Truck Operator KSA Guidance. 2014

¹² IADC Rig Moving Committee. Pole Truck Operator KSA Guidance. 2014

los 1.5 metros, deben contar con certificado para trabajo en alturas según la resolución 3673 de 2008.

2.7.1.1 Competencias de los operadores de maquinaria pesada

La empresa transportadora debe contar con personal competente para la ejecución del trabajo y operación de los vehículos, estas personas deben contar con formación certificada emitida por el distribuidor del equipo o ente avalado según los estándares internacionales ANSI/ASME; para esto se debe verificar que el personal esté sometido a entrenamiento continuo, es decir, mediante talleres, seminarios y cursos vigentes.

2.7.1.2 Competencias de los acompañantes escoltas

Estas personas son las encargadas de conducir el vehículo de transporte guía con el fin de alertar y verificar las condiciones operativas de la vía por donde transitará el vehículo con carga pesada. Este personal debe contar con estudios técnicos en cursos específicos de tránsito y transporte, que den cumplimiento a mínimo 80 horas de formación según resolución 1724 de 2007.

2.7.2 Vehículos de transporte

Los vehículos para transportar las cargas del taladro deberán ser inspeccionados y verificar que cumplan con los requisitos legales según la ley 769 de 2002¹³, es conveniente tener una lista de chequeo para inspeccionar cada vehículo como se muestra a continuación:

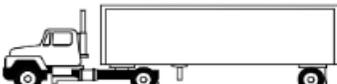
- Información del vehículo y conductor responsable (nombre e identificación del conductor, tipo de vehículo, marca modelo, placa).
- Inspección de seguridad tales como: extinguidor, equipo de primeros auxilios, pito de reversa, radio, letrero de carga ancha y larga, elementos de protección personal del conductor, certificado de luz negra del King pin y la quinta rueda, ratchet, estado de cadenas, guayas, grilletes, estado de winche, cinta reflectiva, linterna, espejos.

¹³ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Ley 769 de 2002. "Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones". Diario Oficial Bogotá D.C No. 44.893.

- Inspección ambiental: machete, pica, barra, tulas de lona, tela oleofílica, bolsas para la basura.
- Inspección de documentos: licencia de conducción, carnet o afiliación de EPS y ARP, certificado de manejo defensivo, seguros obligatorio y contractual, certificado vigente del estado mecánico, eléctrico y de frenos, registro de peso y certificado de gases.
- Inspección de condiciones del vehículo: batería, aceite de motor, indicadores de aire – temperatura, presión y amperaje, estado de la plancha (cama baja/cama alta), radiador, limpia brisas, frenos, luces, llanta de repuesto y equipo para cambio de llanta.

La carga a transportar debe estar en el límite de peso y dimensiones, según la resolución 4100 de 2004. A continuación se detallan algunos tipos de vehículos de transporte y los límites dimensionales.

Tabla 3. Nomenclatura o designación de vehículos¹⁴

DESIGNACIÓN	CONFIGURACIÓN	DESCRIPCIÓN
2		Camión de dos ejes Camión sencillo.
3		Camión de tres ejes Dobletroque
4		Camión de cuatro ejes
2S1		Tractocamión de dos ejes con semirremolque de un eje.
2S3		Tractocamión de dos ejes con semirremolque de tres ejes.
R2		Remolque de dos ejes

¹⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 4100 de 2004. Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional.

Tabla 3. (Continuación)

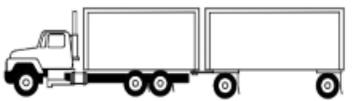
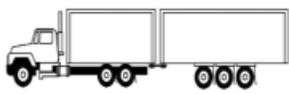
2R2		Camión de dos ejes con remolque de dos ejes.
2R3		Camión de dos ejes con remolque de tres ejes.
3R2		Camión de tres ejes dobletroque con remolque de dos ejes.
4R2		Camión de 4 ejes con remolque de dos ejes.
4R4		Camión de 4 ejes con remolque de 4 ejes.
2B1		Camión de dos ejes con remolque balancín de un eje.
2B2		Camión de dos ejes con remolque balancín de dos ejes.
2B3		Camión de dos ejes con remolque balancín de tres ejes.
3B1		Camión de tres ejes dobletroque con remolque balancín de un eje.
3B2		Camión de tres ejes dobletroque con remolque balancín de dos ejes.
3B3		Camión de tres ejes dobletroque con remolque balancín de tres ejes.
4B1		Camión de cuatro ejes con remolque balancín de un eje.

Tabla 3. (Continuación)

4B2		Camión de cuatro ejes con remolque balancín de dos ejes.
4B3		Camión de cuatro ejes con remolque balancín de tres ejes.

2.7.2.1 Dimensiones

Los vehículos de transporte de carga que circulan por el territorio nacional, deben cumplir con las dimensiones establecidas en la siguiente tabla:

Tabla 4. Límites dimensionales de vehículos para transporte de carga¹⁵

DESIGNACIÓN	DIMENSIONES		
	Ancho máximo(m)	Altura máxima(m)	Longitud Máxima(m)
2	2.60	4.40	10.80
3	2.60	4.40	12.20
4	2.60	4.40	12.20
2S1	2.60	4.40	18.50
2S2	2.60	4.40	18.50
2S3	2.60	4.40	18.50
3S1	2.60	4.40	18.50
3S2	2.60	4.40	18.50
3S3	2.60	4.40	18.50
2R2	2.60	4.40	18.50
3R2	2.60	4.40	18.50
4R2	2.60	4.40	18.50
2R3	2.60	4.40	18.50
3R3	2.60	4.40	18.50
4R4	2.60	4.40	18.50
2B1	2.60	4.40	18.50
2B3	2.60	4.40	18.50
3B1	2.60	4.40	18.50

¹⁵ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 4100 de 2004. Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional. Bogotá D.C.

Tabla 4. (Continuación)

3B2	2.60	4.40	18.50
3B3	2.60	4.40	18.50
4B1	2.60	4.40	18.50
4B2	2.60	4.40	18.50
4B3	2.60	4.40	18.50
Remolque(R) y Remolque balanceado(B)	2.60	4.40	10.0
Semirremolque(S)	2.60	4.40	13.0

2.7.2.2 Límites de peso

La clasificación del Peso Bruto del Vehículo (PBV) es el peso máximo legal para un vehículo. El PBV es lo más importante para los camiones que transportan carga. El peso total con carga máxima incluye el peso del camión vacío, el conductor y los pasajeros, el combustible y la carga. Cuando un camión pasa a través de las escalas en la carretera y su peso excede el PBV, el conductor será multado y obligado a quitar la carga.

Tabla 5. Límite máximo de peso y tolerancias¹⁶

Vehículos	Designación	Máximo PBV, kg	Tolerancia positiva de medición Kg.
CAMIONES	2	16000	+/- 400
	3	28000	+/- 700
	4	31000	+/- 775
	4	36000(2)	+/- 900
	4	32000(3)	+/- 800
TRACTO CAMIÓN CON SEMIRREMOLQUE	2S1	27000	+/- 675
	2S2	32000	+/- 800
	2S3	40500	+/- 1013
	3S1	29000	+/- 725
	3S2	48000	+/- 1200
	3S3	52000	+/- 1300

¹⁶ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 4100 de 2004. Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional.

2.7.3 Descripción del proceso administrativo para solicitud de permiso de transporte carga pesada y extra pesada

Al Instituto Nacional de Vías (INVIAS) se le dio la función de otorgar los permisos de tránsito por la red vial nacional a cargo del instituto mediante el art.12 numeral 12.11 del Decreto 2056 del 24 de julio de 2003, cuando los vehículos excedan las normas en cuanto a dimensiones o carga.

De esta manera la empresa solicitante lleva a cabo el trámite de solicitud presentando la documentación pertinente y cumpliendo con los requisitos establecidos en el Artículo 9 de la resolución 4959 del 2006 así:

- Certificado de Cámara y Comercio sobre la existencia y representación legal de la empresa solicitante del transporte, con fecha de expedición no mayor a 45 días hábiles respecto de su radicación.
- Copia de la Resolución del Ministerio de Transporte por medio de la cual otorga la habilitación como Empresa de Transporte.
- Plan de seguridad vial y manejo de tránsito (Antigüedad no mayor de tres meses.
- Relación de vehículos, equipos modulares, semirremolques o remolques del equipo de transporte destinado a la prestación del servicio, indicando sus características, placas, dimensiones, número de ejes, número de llantas, homologaciones y demás información pertinente.
- Copia de los siguientes documentos correspondientes a cada vehículo de carga que se registre para el transporte: Catálogo o copia del plano del vehículo, licencia de tránsito, seguro obligatorio de accidentes de tránsito (SOAT) vigente como mínimo hasta la fecha límite del permiso, tarjeta de Registro Nacional de Remolques, Semirremolques, Multimodulares y similares (en los casos en que aplique).
- Demostrar que posee un Departamento de Ingeniería y Seguridad Vial con capacidad técnica que permita evaluar, diagnosticar y garantizar el manejo seguro y ambiental de las cargas, con el fin de proteger la infraestructura vial y garantizar la movilidad segura por las vías por las cuales se va a transitar, para lo cual deberá anexar el organigrama de la empresa, la parte pertinente del manual de funciones y los cargos y nombres de los profesionales de dicho departamento habilitados para ejercer dichas funciones de conformidad con las leyes vigentes, lo cual podrá ser verificado en cualquier momento por la autoridad que otorgue el permiso.

- Demostrar que a cualquier título dispone, como mínimo, del siguiente equipo especializado, personal técnico y auxiliar. Equipos modulares (plataformas hidráulicas). Un (1) tracto camión. Vehículos acompañantes (escortas), equipo de luces, equipo de emergencia, prevención (con mínimo linternas, banderas y paletas cumpliendo especificaciones del manual de Señalización Vial), y sistemas de comunicación de dos vías, que garanticen la seguridad vial en la operación. Personal técnico y auxiliar acompañante (señaleros y orientadores del tránsito).
- Constitución de la Póliza de Garantía de Responsabilidad Civil Extracontractual, por el valor que determine la autoridad competente en salarios mínimos mensuales legales vigentes, (s.m.m.l.v), a favor del Instituto Nacional de Vías o el Instituto Nacional de Concesiones, del departamento, distrito, municipio y de terceros, para responder por el pago de daños o perjuicios que se ocasionen a la vía o a las estructuras de la misma o a terceros, por razón u ocasión del permiso concedido o por la interrupción del tránsito o por la inadecuada operación, expedida por una compañía aseguradora reconocida por la Superintendencia Bancaria.

De acuerdo a la entrega de la documentación relacionada anteriormente el Instituto Nacional de Vías cuenta con 10 días hábiles, a partir del recibo de dichos documentos para emitir respuesta de ello, por esta razón este procedimiento se debe realizar con anticipación al inicio de la movilización.

3. SEGURIDAD INDUSTRIAL EN LAS OPERACIONES DE MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN

Para analizar los riesgos que involucran las operaciones de desarme, movilización y arme del equipo de perforación, es fundamental familiarizarse con los conceptos básicos en seguridad industrial y conocer las situaciones críticas a las que se puede enfrentar.

3.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

3.1.1 Accidentes

Se puede definir como un evento no intencional fuera de control, imprevisto e indeseado, que resulta de un daño a la gente, la propiedad o al medio ambiente; que interrumpe el desarrollo normal de una actividad. Se produce por condiciones inseguras relacionadas con el orden físico, maquinas, herramientas, y por actos inseguros, inherentes a factores humanos. Las consecuencias pueden ser pérdidas económicas, tiempo, producción y calidad.

3.1.1.1 Naturaleza de los accidentes

Los accidentes deben ser analizados de la siguiente manera:

- *El evento:* se trata de analizar que procedimiento se realizó de manera incorrecta y conllevó a unas determinadas consecuencias, con el fin de prevenir su reincidencia.
- *Las consecuencias:* es importante aprender de las experiencias en accidentes y casi accidentes que hayan ocurrido. Esta experiencia permite crear prácticas laborales seguras y tomar acciones correctivas durante la ejecución de las operaciones.

3.1.1.2 Accidente de trabajo

Es el evento que resulta en una lesión o enfermedad del empleado debido a condiciones inseguras, lo que puede traer como consecuencia una incapacidad médica temporal o permanente de la persona, o cualquier otra fatalidad.

3.1.1.3 Casi accidente

Es un evento que pudo haber causado una lesión o una enfermedad a un empleado, daños al equipo, pérdidas de producto, como resultado de actos o condiciones inseguras.

3.1.1.4 Incidente

Cualquier evento no deseado y sin intención, que no ocasiona pérdidas reales, pero tiene el potencial para que esto pueda tornarse en un casi accidente o accidente.

3.1.1.5 Condición insegura

Es aquella situación peligrosa que posibilita la ocurrencia de un accidente. Está relacionada con las instalaciones, equipos, maquinaria y herramientas que no están en condiciones de ser usados para el fin que fueron diseñados ya que ponen en riesgo al personal de sufrir un accidente.

3.1.1.6 Acto inseguro

Son las fallas olvido, errores u omisiones que hacen los empleados al realizar alguna actividad sin seguir los procedimientos correctos, y que pudieran ponerlas en riesgo de sufrir un accidente.

3.1.2 Lesión

Es el daño físico producido por un accidente a las personas. Puede ocurrir por el descuido del empleado (acto inseguro) o por las existencia de riesgos físicos o mecánicos (condición insegura).

3.1.2.1 Clasificación de las lesiones de trabajo

La lesión puede traer consecuencias fatales, incapacidad parcial permanente, incapacidad total temporal, lesión de tratamiento médico, o perdidas de por vida. Se puede clasificar de la siguiente manera:

- Enfermedad ocupacional: es una alteración de la salud de una persona ocasionada por factores existentes en el ambiente de trabajo.
- Lesión menor: es aquella que no requiere de tratamiento de primeros auxilios atendidos por una persona capacitada en el área de la salud.

3.2 ANÁLISIS DE SEGURIDAD DEL TRABAJO (AST)

El análisis de riesgos que involucran las operaciones de movilización se puede realizar a través de Análisis de Seguridad del Trabajo (AST), evaluando las operaciones necesarias para llevar a cabo cada labor, identificando así los riesgos asociados a esta y la forma en que pueden ser mitigados.

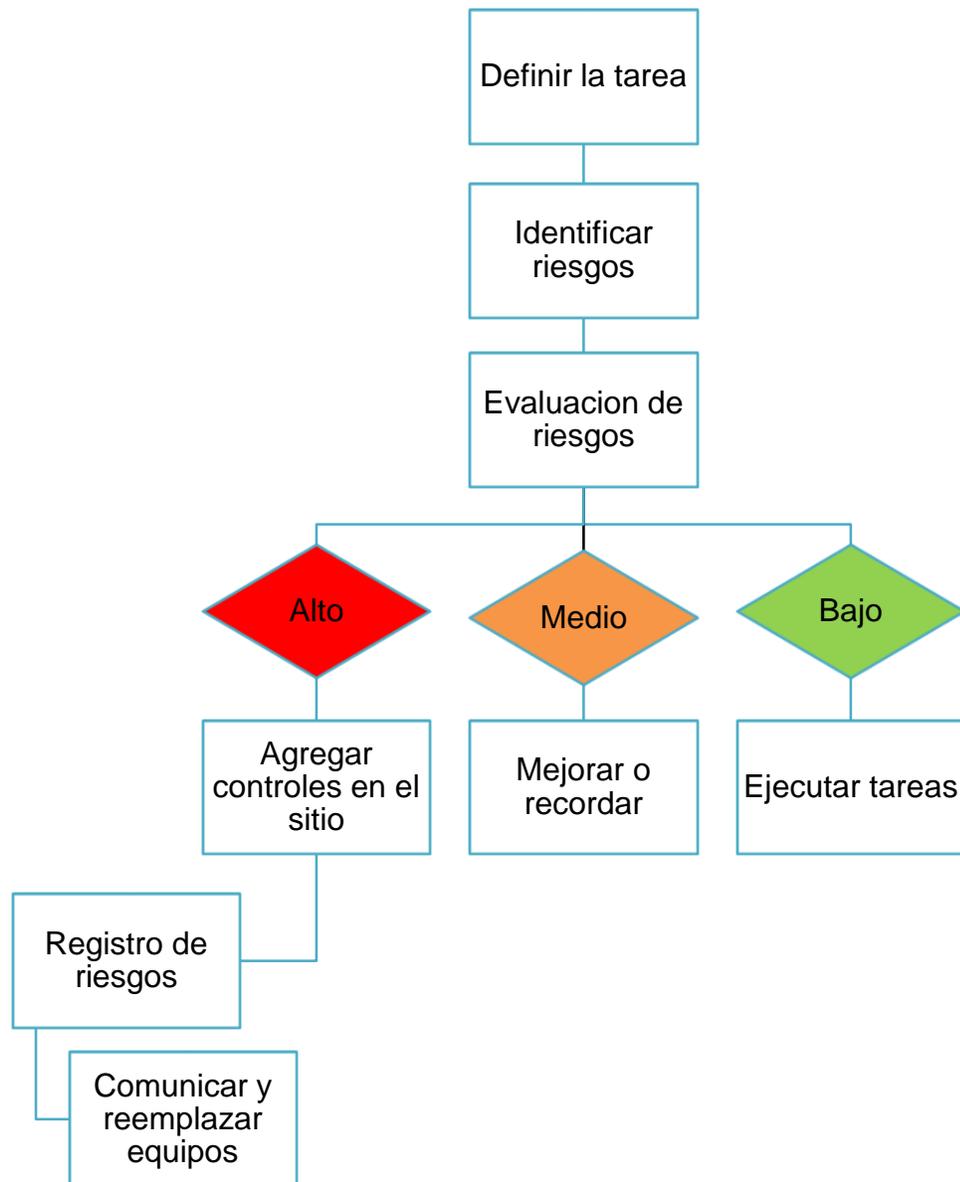
El AST permite entender de manera clara el procedimiento, expone a los operarios el riesgo latente, sirve de guía durante el entrenamiento del personal, sirve como repaso sobre los trabajos que se hacen con poca frecuencia (trabajo no rutinario), se informa de los peligros específicos de una labor y las medidas de prevención.

El procedimiento para realizar el AST se explica en la Figura 93, y seguidamente se presenta el desarrollo de los AST para la movilización de los equipos de perforación considerados como carga crítica, estos son:

- AST de la grúa.
- AST de los tanques de lodo.
- AST de las bombas de lodo.

- AST del top drive.
- AST del malacate.
- AST de las secciones de la torre.
- AST de red fox.
- AST de la tubería.

Figura 93. Diagrama de flujo para el Análisis de Seguridad en el Trabajo



3.2.1 Análisis de Seguridad en el Trabajo de la Grúa

LABOR: Trabajo con grúa						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
1	Reunión de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> No atender a la charla 			x	Prestar atención
2	Revisión del equipo de izaje y herramientas que se van a utilizar	<ul style="list-style-type: none"> Machucones, golpes y atrapamiento 		x		Verificar que el equipo esté en óptimas condiciones para la operación. Lo hace una persona con experiencia con sus debidos E.P.P.
3	Clasificar la carga que se va a levantar	<ul style="list-style-type: none"> Daños a la grúa 	x			Verificar que el peso de la carga es menor a la capacidad de la grúa.
4	Asignar solo una persona para hacer las señales	<ul style="list-style-type: none"> Daño al equipo Golpes, machucones, atrapamiento 	x		x	El señalador debe estar ubicado a 8 pies de la carga en un lugar visible para el operador, y debe proporcionarle señales claras.
5	Delimitar el área de trabajo de la grúa	<ul style="list-style-type: none"> Caída de objetos, atrapamiento Daños al boom de la grúa Daños ambientales 		x		La grúa debe trabajar en un área sin obstáculos, debe estar a una distancia mínima de 3 metros de líneas de hasta 50 Kv. Si la línea tiene una tensión mayor, se añade 1 cm de distancia por cada V extra.
			x		x	
6	Preparar la carga	<ul style="list-style-type: none"> Golpes, machucones, atrapamiento 			x	La carga debe estar libre antes de levantarla, y el gancho ubicado

LABOR: Trabajo con grúa						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
						sobre el centro de la carga. Retirar las manos de las cadenas y cables antes de que la grúa tome la carga. Colocar manila para guiar la carga.
7	Levantar la carga	<ul style="list-style-type: none"> • Golpes, machucones, atrapamientos • Daños a la carga 	x	x		Ensayar la carga antes de levantarla e impedir el balanceo de la misma. Las eslingas y estobos deben estar inspeccionados.

3.2.2 Análisis de Seguridad en el Trabajo de los Tanques de Lodo

LABOR: Movilización de los tanques de lodo						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
1	Reunión de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • No atender a la charla 			x	Prestar atención
2	Verificar la limpieza de los tanques con diésel y agua	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación 		x		Se deben proteger válvulas y tubos con barreras impermeables
3	Sacar los tanques de lodo con carromacho para despejar el área	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden reventar los cables del 	x			Revisar los cables del carromacho previo a la operación, y la carga

LABOR: Movilización de los tanques de lodo						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
	y dejar el espacio para la grúa	carromacho <ul style="list-style-type: none"> • Atrapamientos, machucones • Contaminación del área 		x		debe estar bien asegurada en el momento de ser movida. Los ayudantes deben usar guantes de lona y estar a 8 pies de la carga.
4	Levantar los tanques con la grúa	<ul style="list-style-type: none"> • Daño a las eslingas y estrobos de la grúa • Daños a los tanques de lodos • Volcamiento de la grúa • Golpes, atrapamiento 	x			Realizar el esquema de levantamiento indicando el radio de operación de la grúa. Revisar los cables, eslingas y estrobos. Utilizar férulas para evitar los nudos en los cables. Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los ramales de la eslinga, y evitar su balanceo.
5	Colocar la carga sobre la cama baja de la tractomula y soltarla.	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento, machucones 		x		Proporcionar señales correctas y usar manilas para guiar la carga.
6	Amarrar la carga	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a los 	x			Atar con cadenas

LABOR: Movilización de los tanques de lodo						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.					Responsable:	
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
		tanques • Golpes		x		tensionadas con ratches, y señalizar la carga ancha y larga.
7	Traslado en carretera	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al equipo en la vía • Daños a la propiedad privada o publica • Lesiones personales 	x			<p>Viajar a 40 Km/h. Reducir la velocidad en zonas escolares, militares, pasos angostos y curvas.</p> <p>Seguir la normatividad para el transporte de cargas en Colombia.</p>
8	Descarga de los tanques	<ul style="list-style-type: none"> • Volcamiento de la grúa • Atrapamiento, machucones, golpes 	x		x	Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los ramales de la eslinga, y evitar su balanceo.
9	Posicionar los tanques con el carromacho en el lugar asignado	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden reventar los cables del carromacho • Daño a los tanques • Atrapamiento y machucones 	x		x	<p>Revisar los cables del carromacho previo a la operación, y la carga debe estar bien asegurada en el momento de ser movida.</p> <p>Los ayudantes deben usar guantes de lona y estar a 8 pies de la carga.</p>

3.2.3 Análisis de Seguridad en el Trabajo de las Bombas de Lodo

LABOR: Movilización de las bombas de lodo						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
1	Reunión de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> No atender a la charla 			x	Prestar atención
2	Verificar la limpieza de las bombas con diésel y agua	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación 		x		Se deben proteger válvulas y tubos con barreras impermeables
3	Sacar las bombas de lodo con carromacho para despejar el área y dejar el espacio para la grúa	<ul style="list-style-type: none"> Se pueden reventar los cables del carromacho Atrapamientos, machucones Contaminación del área 	x			<p>Revisar los cables del carromacho previo a la operación, y la carga debe estar bien asegurada en el momento de ser movida.</p> <p>Los ayudantes deben usar guantes de lona y estar a 8 pies de la carga.</p>
4	Levantar las bombas con la grúa	<ul style="list-style-type: none"> Daño a las eslingas y estrobos de la grúa Daños a las bombas de lodos Volcamiento de la grúa Golpes, atrapamiento 	x			<p>Realizar el esquema de levantamiento indicando el radio de operación de la grúa.</p> <p>Revisar los cables, eslingas y estrobos. Utilizar férulas para evitar los nudos en los cables.</p> <p>Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga</p>

LABOR: Movilización de las bombas de lodo						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.					Responsable:	
Secuencia del proceso	Peligros	Riesgo			Medida preventiva	
		A	M	B		
					suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los ramales de la eslinga, y evitar su balanceo.	
5	Colocar la carga sobre la cama baja de la tractomula y soltarla.	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento, machucones 		x	Proporcionar señales correctas y usar manilas para guiar la carga.	
6	Amarrar la carga	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a las bombas de lodo • Golpes 	x	x	Atar con cadenas tensionadas con ratches, y señalizar la carga ancha y larga.	
7	Traslado en carretera	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al equipo en la vía • Daños a la propiedad privada o publica • Lesiones personales 	x	x	Viajar a 40 Km/h. Reducir la velocidad en zonas escolares, militares, pasos angostos y curvas. Seguir la normatividad para el transporte de cargas en Colombia.	
8	Descarga de las bombas	<ul style="list-style-type: none"> • Volcamiento de la grúa • Atrapamiento, machucones, golpes 	x	x	Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los	

LABOR: Movilización de las bombas de lodo						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
						ramales de la eslinga, y evitar su balanceo.
9	Posicionar las bombas con el carromacho en el lugar asignado	<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden reventar los cables del carromacho • Daño a las bombas • Atrapamiento y machucones 	x			<p>Revisar los cables del carromacho previo a la operación, y la carga debe estar bien asegurada en el momento de ser movida.</p> <p>Los ayudantes deben usar guantes de lona y estar a 8 pies de la carga.</p>

3.2.4 Análisis de Seguridad en el Trabajo del Top Drive

LABOR: Movilización del top drive						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
1	Reunión de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • No atender a la charla 			x	Prestar atención
2	Alistar herramientas, eslingas largas, grilletes grandes	<ul style="list-style-type: none"> • Machucones • Falla de los grilletes 	x	x		Inspeccionar las herramientas a utilizar
3	Sentar el top drive en	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a los 	x			Bajar suavemente el

LABOR: Movilización del top drive						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
	los topes de los rieles (zapatos)	<ul style="list-style-type: none"> rieles • Daños a los topes • Daños al top drive • Machucones, golpes 	x			bloque viajero.
4	Soltar el bloque del top drive	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a equipos y caídas 	x			Debe existir total coordinación durante la operación.
5	Subir las eslingas y colgar el top drive al bloque	<ul style="list-style-type: none"> • Machucones, caídas, atrapamiento 		x		Usar arnés conectado a la línea de vida. Usar winches.
6	Levantar el top drive, quitar los topes o zapatos donde este se sienta	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a equipos 	x			Inspeccionar las eslingas, y realizar el levantamiento lentamente
7	Subir estructura para colocar el top drive sobre ésta, utilizando la grúa	<ul style="list-style-type: none"> • Golpes, machucones, atrapamiento • Daños al equipo 	x		x	Persona capacitada dirigiendo la operación, y buena comunicación.
8	Volver a soltar eslingas y tumbarlas al piso	<ul style="list-style-type: none"> • Machucones, golpes, atrapamiento 		x		Usar arnés
9	Ubicar la grúa cerca de la mesa rotaria	<ul style="list-style-type: none"> • Machucones, golpes, atrapamiento 		x		Despejar el área. Ubicar la grúa lo más cercano posible a la carga para evitar que el boom se extienda inapropiadamente.

LABOR: Movilización del top drive						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso	Peligros	Riesgo			Medida preventiva	
		A	M	B		
					Proporcionar señales correctas, y no meter las manos en medio de cables y estabilizadores de la grúa.	
10	Amarrar Top Drive	<ul style="list-style-type: none"> • Machucones, golpes, atrapamientos • Daños a las eslingas 	x	x	Inspeccionar eslingas, estrobos y grilletes. Hacer ensayo de levantamiento de carga.	
11	Levantar el top drive con la grúa y llevarlo a la tractomula cama baja.	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a las eslingas y estrobos de la grúa • Daños al top drive • Volcamiento de la grúa • Caídas, golpes, atrapamiento 	x	x	<p>Realizar el esquema de levantamiento indicando el radio de operación de la grúa.</p> <p>Revisar los cables, eslingas y estrobos. Utilizar férulas para evitar los nudos en los cables.</p> <p>Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los ramales de la eslinga, y evitar su balanceo.</p>	
12	Amarrar la carga	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a las cadenas 	x		Atar con cadenas tensionadas con	

LABOR: Movilización del top drive						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
		<ul style="list-style-type: none"> • Daños a la cama baja de la tractomula • Machucones, atrapamiento 	x			ratches, y señalar la carga ancha y larga.
13	Traslado en carretera	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al equipo en la vía • Daños a propiedad privada o publica • Lesiones personales 	x			<p>Viajar a 40 Km/h. Reducir la velocidad en zonas escolares, militares, pasos angostos y curvas.</p> <p>Seguir la normatividad para el transporte de cargas en Colombia.</p>
14	Descargar el top drive	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al boom de la grúa • Daños a las eslingas y estrobos de la grúa • Daños al top drive • Caídas, golpes, atrapamiento 				<p>Revisar los cables, eslingas y estrobos. Utilizar férulas para evitar los nudos en los cables.</p> <p>Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los ramales de la eslinga, y evitar su balanceo.</p> <p>Los ayudantes deben usar guantes de lona y estar a 8 pies de la carga.</p>

3.2.5 Análisis de Seguridad en el Trabajo del Malacate

LABOR: Movilización del malacate						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
1	Reunión de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> No atender a la charla 			x	Prestar atención
2	Inspeccionar herramientas, cables winches y demás equipo a utilizar	<ul style="list-style-type: none"> Machucones, pinchazos 		x		Inspeccionar las herramientas a utilizar
3	Quitar pines y tornillos en la base del malacate antes de levantarlo	<ul style="list-style-type: none"> Caídas, golpes, machucones y pinchazos 		x		Utilizar botas antideslizantes, guantes de lona, y casco.
4	Ubicar la grúa para levantar el malacate	<ul style="list-style-type: none"> Machucones, caídas y resbalones 		x		Despejar el área, usar guantes de lona, y no meter las manos en medio de los cables y estabilizadores de la grúa
5	Colocar las eslingas para levantar el malacate	<ul style="list-style-type: none"> Machucones, caídas, atrapamiento 		x		No tirar los cables juntos. Trabajar con precaución ya que puede existir residuos de aceites
6	Recoger herramientas y limpiar el área	<ul style="list-style-type: none"> Caídas de herramientas y resbalones 		x		Organizar las herramientas
7	Levantar los motores eléctricos del malacate con la grúa	<ul style="list-style-type: none"> Daños a las eslingas y estrobos de la grúa Daños al malacate 	x			Realizar el esquema de levantamiento indicando el radio de operación de la grúa. Revisar los cables,

LABOR: Movilización del malacate						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
		<ul style="list-style-type: none"> • Volcamiento de la grúa • Golpes, atrapamiento, caídas 	x		x	<p>eslingas y estrobos. Utilizar férulas para evitar los nudos en los cables.</p> <p>Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los ramales de la eslinga, y evitar su balanceo.</p>
8	Levantar la transmisión del malacate	Los mismos riesgos del paso 7.				Los mismos procedimientos del paso 7.
9	Levantar el malacate	Los mismos riesgos del paso 7.				Los mismos procedimientos del paso 7.
10	Cargar a una tractomula cama baja	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al malacate • Caídas, atrapamientos 	x		x	Usar manila para guiar la carga. No mover la tractomula hasta que el malacate este asegurado.
11	Amarrar la carga	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a las cadenas • Daños a la cama baja de la tractomula • Atrapamientos de manos y 	x	x		Atar con cadenas tensionadas con ratches, y señalar la carga ancha y larga.

LABOR: Movilización del malacate						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
		<ul style="list-style-type: none"> pies • Machucones entre los bordes del skid que lleva el malacate 		x		
12	Traslado en carretera	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al equipo en la vía • Daños a propiedad privada o publica • Lesiones personales 	x		x	<p>Viajar a 40 Km/h. Reducir la velocidad en zonas escolares, militares, pasos angostos y curvas.</p> <p>Seguir la normatividad para el transporte de cargas en Colombia.</p>
13	Descargar el malacate	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al boom de la grúa • Daños a las eslingas y estrobos de la grúa • Daños al malacate • Caídas, golpes, atrapamiento 	x		x	<p>Revisar los cables, eslingas y estrobos. Utilizar férulas para evitar los nudos en los cables.</p> <p>Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los ramales de la eslinga, y evitar su balanceo.</p> <p>Los ayudantes deben</p>

LABOR: Movilización del malacate						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.					Responsable:	
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
						usar guantes de lona y estar a 8 pies de la carga.
14	Colocar el malacate en un sitio donde no incomode hasta el momento de su instalación	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al equipo • Machucones y golpes 	x		x	Despejar el área. Acomodar halando con carromacho.

3.2.6 Análisis de Seguridad en el Trabajo de las Secciones de la Torre

LABOR: Movilización de las secciones de la torre						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.					Responsable:	
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
1	Reunión de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • No atender a la charla 			x	Prestar atención
2	Pasar un cable muerto desde la corona hasta el último puente de la torre	<ul style="list-style-type: none"> • Golpes, caídas 		x		Despejar el área de trabajo. Utilizar arnés
3	Quitar los rieles del top drive con una grúa de canasta	<ul style="list-style-type: none"> • Caídas, golpes, machucones • Daños a equipos • Se pueden reventar las 		x		Hacer un buen amarre al riel, utilizar cadenas en perfectas condiciones y proporcionar señales correctas

LABOR: Movilización de las secciones de la torre						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso	Peligros	Riesgo			Medida preventiva	
		A	M	B		
		cadena				
4	Quitar la corona y amarrarla de sus cuatro orejas.	<ul style="list-style-type: none"> • Caídas • Daños a la corona 	x	x		Utilizar arnés, grilletes y eslingas, y manila para guiar la carga.
5	Acomodar los ganchos de las eslingas a las 4 orejas de la corona	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a los ganchos de las eslingas de la grúa • Daños a la corona • Caídas, golpes, machucones 	x			Inspeccionar los ganchos.
6	Levantar la corona con la grúa	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a las eslingas y estrobos de la grúa • Daños a la corona • Volcamiento de la grúa • Golpes, atrapamiento, caídas 	x			<p>Realizar el esquema de levantamiento indicando el radio de operación de la grúa.</p> <p>Revisar los cables, eslingas y estrobos. Utilizar férulas para evitar los nudos en los cables.</p> <p>Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los ramales de la eslinga, y evitar su</p>

LABOR: Movilización de las secciones de la torre						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso	Peligros	Riesgo			Medida preventiva	
		A	M	B		
					balanceo.	
7	Cargar a una tractomula cama baja	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a la corona • Caídas, atrapamientos 	x			Usar manila para guiar la carga. No mover la tractomula hasta que la corona esté asegurada.
8	Amarrar la carga	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a las cadenas • Daños a la cama baja de la tractomula • Atrapamientos de manos y pies • Machucones en las orejas de la corona 	x			Atar con cadenas tensionadas con ratches, y señalizar la carga ancha y larga.
9	Traslado en carretera	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al equipo en la vía • Daños a propiedad privada o pública • Lesiones personales 	x			<p>Viajar a 40 Km/h. Reducir la velocidad en zonas escolares, militares, pasos angostos y curvas.</p> <p>Seguir la normatividad para el transporte de cargas en Colombia.</p>

3.2.7 Análisis de Seguridad en el Trabajo del Red Fox

LABOR: Movilización del red fox						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
1	Reunión de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> No atender a la charla 			x	Prestar atención
2	Desconectar tubería	<ul style="list-style-type: none"> Golpes, machucones Lesiones personales (infecciones) Contaminación 		x		<p>Usar guantes de caucho y máscaras tapa bocas.</p> <p>La entrada y salida de la red fox deben ser selladas con tapones metálicos.</p>
3	Desocupar el tanque	<ul style="list-style-type: none"> Contaminación Lesiones personales (infecciones) 		x	x	<p>Operación efectuada por personal especializado.</p> <p>Utilizar camión chupa manchas para desocupar el tanque.</p>
4	Ubicación de la grúa para levantar la carga	<ul style="list-style-type: none"> Golpes, machucones, atrapamientos 		x		Despejar el área, y ubicar la grúa lo más cercano posible a la carga para evitar que el boom se extienda inapropiadamente.
5	Levantamiento de la planta con la grúa	<ul style="list-style-type: none"> Daños a las eslingas y estrobos de la grúa Daños a la corona Volcamiento 	x			<p>Realizar el esquema de levantamiento indicando el radio de operación de la grúa.</p> <p>Revisar los cables, eslingas y estrobos.</p>

LABOR: Movilización del red fox						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
		de la grúa • Golpes, atrapamiento, caídas		x		Utilizar férulas para evitar los nudos en los cables. Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los ramales de la eslinga, y evitar su balanceo.
6	Cargar a una tractomula cama baja	• Daños a la planta • Caídas, atrapamientos	x		x	Usar manila para guiar la carga. No mover la tractomula hasta que la planta esté asegurada.
7	Amarrar la carga	• Daños a las cadenas • Daños a la cama baja de la tractomula • Atrapamientos de manos y pies • Machucones entre los bordes del skid que lleva la planta	x x		x x	Atar con cadenas tensionadas con ratches, y señalar la carga ancha y larga.
8	Traslado en carretera	• Daños al	x			Viajar a 40 Km/h.

LABOR: Movilización del red fox						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
		equipo en la vía • Daños a propiedad privada o publica • Lesiones personales	x			Reducir la velocidad en zonas escolares, militares, pasos angostos y curvas. Seguir la normatividad para el transporte de cargas en Colombia.
9	Descargar la planta	• Daños al boom de la grúa • Daños a las eslingas y estrobos de la grúa • Daños a la planta • Caídas, golpes, atrapamiento	x			Revisar los cables, eslingas y estrobos. Utilizar férulas para evitar los nudos en los cables. Proporcionar señales correctas. No trabajar debajo de una carga suspendida, ni subirse a ésta. Distribuir la carga uniformemente entre los ramales de la eslinga, y evitar su balanceo. Los ayudantes deben usar guantes de lona y estar a 8 pies de la carga.
10	Acomodar la planta en la nueva locación	• Golpes, machucones y atrapamientos		x		Proporcionar señales correctas y ubicar la planta directamente en el sitio establecido para ello.

3.2.8 Análisis de Seguridad en el Trabajo de la Tubería

LABOR: Movilización de tubería						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
1	Reunión de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> No atender a la charla 			x	Prestar atención
2	Inspeccionar el cargador	<ul style="list-style-type: none"> Fugas de aceite, liquido hidráulico o frenos 		x		El operador del cargador es el encargado de revisar y hacer el mantenimiento de este
3	Ubicación de la tractomula cerca de la tubería a cargar	<ul style="list-style-type: none"> Atrapamiento de manos y cuerpo 		x		Proporcionar señales correctas.
4	Tomar la tubería con el cargador y descargar en el planchón hasta llenar el ancho de este	<ul style="list-style-type: none"> Caídas de tubería desde el cargador 	x			Despejar el área. No forzar el cargador
5	Colocar los parales por el lado de la carga para asegurarla	<ul style="list-style-type: none"> Caídas, atrapamientos Deformación de los parales 		x	x	Descargar suavemente sobre el planchón de la tractomula
6	Colocar los separadores que pueden ser tablonces o secciones de cable de perforación para facilitar la entrada de las cuchillas del cargador y evitar roces entre tuberías	<ul style="list-style-type: none"> Caídas, machucones 		x		Alinear la tubería en la parte trasera de la mula, y colocar los separadores de los extremos y parte media de la tubería
7	Repetir desde el paso 4 hasta el 6, hasta	Los mismos riesgos de los				Los mismos procedimientos de los

LABOR: Movilización de tubería						
E.P.P.: Casco, botas de seguridad, guantes, gafas, protección auditiva, cinturón ergonómico.				Responsable:		
Secuencia del proceso		Peligros	Riesgo			Medida preventiva
			A	M	B	
	obtener 4 sets de tubería sobre la tractomula	pasos 4 al 6				pasos 4 al 6
8	Colocar el ultimo paral en el centro de la mula					
9	Amarrar la carga con banda o cadena					
10	Traslado en carretera	<ul style="list-style-type: none"> • Daños al equipo en la vía • Daños a propiedad privada o publica • Lesiones personales 	x			Viajar a 40 Km/h. Reducir la velocidad en zonas escolares, militares, pasos angostos y curvas. Seguir la normatividad para el transporte de cargas en Colombia.
11	Descarga de la tubería	Los mismos riesgos de los pasos 4 al 6				Procedimientos invertidos de los pasos 4 al 6. Apilar la tubería donde no obstaculice el paso a otros vehículo o elementos

4. MANEJO AMBIENTAL EN EL PROCESO DE MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN

4.1 MOVILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PERFORACIÓN¹⁷

4.1.1 Objetivos

Establecer las condiciones necesarias en la movilización de maquinaria y equipos de perforación para prevenir y disminuir la afectación de los recursos.

4.1.2 Impactos ambientales a prevenir / mitigar

- Riesgos de seguridad vial derivados del incremento en el tráfico vehicular o de las variaciones en las especificaciones de los vehículos y de la carga movilizada.
- Deterioro de la calidad del agua y del aire como consecuencia de la circulación de vehículos en condiciones mecánicas deficientes y la emisión de partículas al transitar por vías destapadas.
- Afectación a la infraestructura (vías, puentes, otros) causados por el tráfico de maquinaria pesada.
- Generación de expectativa y conflictos con la comunidad del área de influencia.

4.1.3 Criterios de manejo ambiental

4.1.3.1 Condiciones mecánicas

- El equipo debe encontrarse en todo momento en condiciones óptimas de funcionamiento para lo cual, se debe cumplir con un programa de mantenimiento preventivo, garantizando la buena sincronización y carburación de los motores, de tal manera que se mejore la calidad de las emisiones exhosto tanto de las máquinas utilizadas como de los vehículos de transporte de carga.

¹⁷ Guía de manejo ambiental para proyectos de perforación de pozos de petróleo y gas. Ministerios del Medio Ambiente. Bogotá. 2000.

Los vehículos de transporte de carga deben satisfacer las exigencias del Decreto 948/95 y la Resolución 005/96 del Ministerio del Medio Ambiente en relación con la calidad de las emisiones en condición de marcha mínima o ralentí.

- La utilización de silenciadores en los exhostos de los vehículos, maquinaria y equipo es obligatoria. Adicionalmente, estos implementos deben estar en perfectas condiciones para que cumplan su función.

4.1.3.2 Labores de limpieza y mantenimiento de equipos

- Si la limpieza y el mantenimiento de los equipos se realiza en talleres o sitios que formen parte del proyecto, deberán acondicionarse incluyendo la dotación de sistemas para el tratamiento de las aguas de lavado y de procedimientos para la recolección de aceites lubricantes usados, filtros, baterías, partes y piezas contaminadas entre otros.
- El lavado de maquinaria y equipos sobre los cuerpos de agua está prohibido debido a la contaminación generada por aceites, grasas y combustible.

4.1.3.3 Control de la contaminación atmosférica

- Evitar el uso de cornetas o bocinas que emitan altos niveles de ruido. Se dará instrucción a conductores y operadores para evitar el uso innecesario de estos elementos.
- Para reducir la emisión de material particulado, se tomarán medidas tales como el rociado de la vía y reducción de la velocidad de circulación, especialmente en aquellos sectores donde se transite por áreas habitadas.

4.1.4 Señalización

- Señalizar las vías nuevas de acuerdo con el Código Nacional de Tránsito.
- Cuando se detecte la existencia de sitios o áreas de riesgo (en vías nuevas o existentes), se establecerá señalización especial.

4.1.5 Vías de acceso de uso privado

- Contar con la autorización previa del propietario.
- Garantizar, mediante la evaluación previa, que las obras (p.e. puentes, alcantarillas, bateas, etc.) no sufrirán deterioro o no serán destruidas como resultado de la utilización por el proyecto. Esta disposición se aplicará incluso para las vías de uso público.

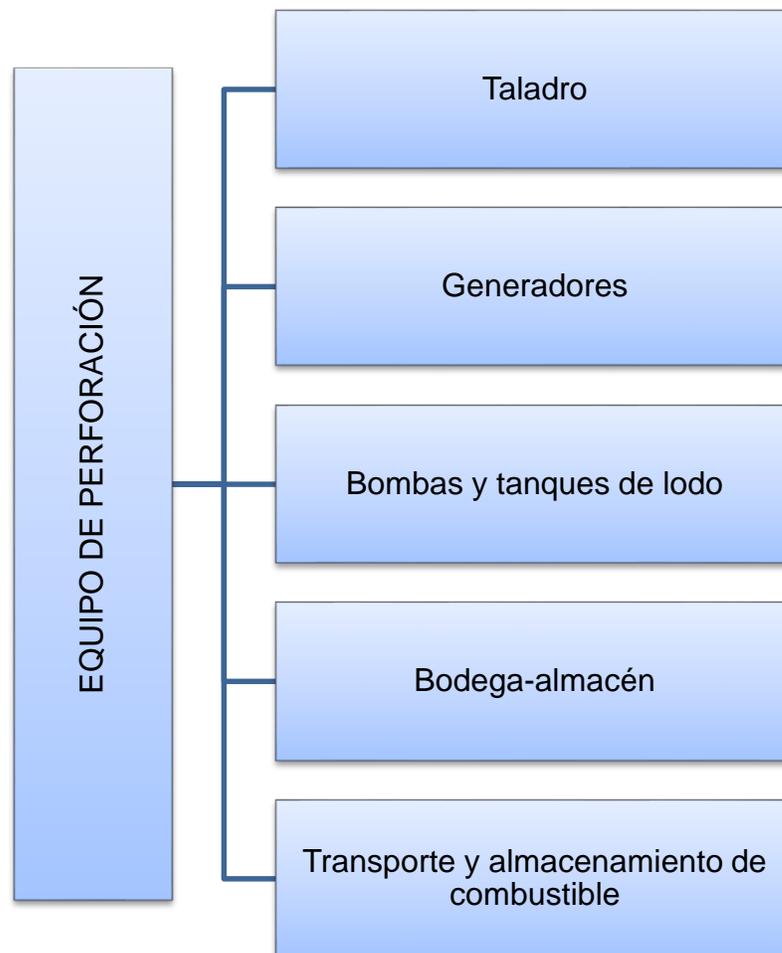
4.1.6 Otras recomendaciones

- Durante la movilización de equipos de perforación se debe tener en cuenta las especificaciones de los vehículos de transporte de carga y de las vías a utilizar. Se requiere, en consecuencia:
 - a. Determinar el estado de la vía, su categoría según tránsito vehicular y la proximidad a poblaciones o viviendas.
 - b. La operadora y la contratista serán responsables por el deterioro ocasionado sobre la vía utilizada o sus estructuras, debiendo proceder a su reparación inmediata. También serán responsables por el mantenimiento de las vías que construya para acceder al sitio de la perforación, durante el tiempo que las utilice.
 - c. Se debe evitar la sobrecarga o el sobreaño en los camiones. Cuando por razones de la forma o tamaño de la carga no se pueda satisfacer esta exigencia, se debe disponer de la señalización adecuada y contar, además, con el servicio de vehículos escoltas.
- La movilización de los equipos evitará el daño de la cobertura vegetal (arbórea o arbustiva) existente a lo largo de las vías de acceso. Para el efecto deberán tenerse en cuenta las normas sobre ancho de la carga.
- Adicionalmente, se requerirá emplear medidas de seguridad vial cuando se realicen operaciones de cargue y descargue sobre las vías, lo cual exigirá el uso de señales reflectivas y de personal para el control de tráfico.

4.2 ÁREA DEL TALADRO E INSTALACIONES CONEXAS¹⁸

A continuación se establece los requerimientos de manejo y control ambiental para el área del taladro y las principales instalaciones conexas (Ver Figura 94), tales como: los generadores, bodega – almacén, taladro, bombas y tanques de lodo, y transporte y almacenamiento de combustible.

Figura 94. Manejo ambiental del equipo de perforación



¹⁸ Guía de manejo ambiental para proyectos de perforación de pozos de petróleo y gas. Ministerios del Medio Ambiente. Bogotá. 2000.

4.2.1 Taladro

4.2.1.1 Objetivos

Establecer criterios para localizar y administrar las áreas correspondientes al taladro de perforación.

4.2.1.2 Impactos a prevenir / mitigar

- Contaminación de las aguas superficiales y de la escorrentía en el área del pozo.
- Emisión de material particulado.
- Contaminación del suelo.
- Ruido

4.2.1.3 Criterios de manejo ambiental

- La selección del sitio para el taladro debe contemplar la disponibilidad de espacio y los requerimientos para las maniobras de instalación y desmantelamiento de la torre de perforación.
- El taladro debe instalarse sobre piso duro. La superficie acondicionada debe proveer espacio suficiente para acomodar la torre de perforación.
- Se construirá zanja perimetral con desagüe a trampa de grasas, procurando que la cantidad de agua residual generada sea mínima. Esto se logra aislando o reduciendo las áreas aportantes vecinas y optimizando la cantidad de agua utilizada para el lavado de equipos y limpieza de pisos. Como estas aguas tienen alto riesgo de contaminación con lodos y aceite, deberán orientarse obligatoriamente hacia la primera piscina.
- Se colocarán templete de izado y anclajes con señales de advertencia visibles a 2 m del suelo.

4.2.2 Generadores

4.2.2.1 Objetivos

Establecer criterios de manejo de la planta de energía, conducentes a prevenir impactos ambientales asociados a su operación.

4.2.2.2 Impactos a prevenir / mitigar

- Contaminación del suelo y del agua causada por derrames de hidrocarburos (combustible; lubricantes) durante la operación o el mantenimiento de las unidades.
- Contaminación atmosférica, debida a la emisión de gases de combustión y ruido.
- Contaminación térmica originada en la disposición inadecuada del agua de enfriamiento, cuando se utiliza este sistema.

4.2.2.3 Criterios para el manejo ambiental

a. Localización de la planta

Para la selección del sitio se deben considerar los siguientes aspectos:

- La generación de ruido y su incidencia sobre el campamento o sobre áreas habitadas.
- La dirección del viento de tal manera que se disminuya el ruido sobre áreas sensibles y se facilite la dispersión de los gases.
- En un área donde se minimice el riesgo de accidentes.

b. Adecuación del sitio

Se tendrán en cuenta las siguientes normas generales:

- La planta se ubicará sobre piso duro, de suelo - cemento o de otro material impermeable.

- Debe ir bajo cubierta, con el fin de reducir el volumen de agua lluvia contaminada.
- Se construirá una cuneta perimetral que abarque el área, la cual drenará a un sistema conectado a la trampa de grasas o al separador (skimmer) instalado en la locación.
- Se colocará señalización adecuada sobre riesgos de electrocución.
- Se colocará protección a tierra en el perímetro de la zona

4.2.2.4 Operación y mantenimiento

- Debe evitarse que haya derrames de lubricante o de combustibles en el área de la planta, originados durante el mantenimiento o la operación. Si esta situación se presenta, se ordenará la limpieza del área afectada, restringiendo al máximo el uso de agua para el arrastre de la mancha.
- Se diseñará un programa de mantenimiento adecuado a las características de la unidad, realizando verificación periódica del ajuste de la relación aire/combustible, para mantenerla en óptimas condiciones de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Se utilizará, preferiblemente, plantas de energía refrigeradas por aire, o por agua operando en circuito cerrado.

4.2.3 Bombas y tanques de lodo

4.2.3.1 Objetivos

Establecer criterios para la gestión ambiental de las bombas y tanques de lodo, de tal manera que se reduzcan los riesgos de contaminación asociados a la naturaleza y al manejo del lodo.

4.2.3.2 Impactos a prevenir / mitigar

Contaminación del suelo y del agua.

4.2.3.3 Criterios de manejo ambiental

- Las bombas y tanques de lodo se instalarán sobre superficie endurecida o impermeabilizada, que facilite el lavado y proteja las aguas freáticas.
- La zona donde se instalen estará rodeada de un canal perimetral que recoja los residuos del área y que la aisle de las áreas aledañas con el fin de evitar el incremento de los desechos a manejar, o su complejidad. Este canal descargará a una trampa de grasas.
- El efluente de la trampa descargará obligatoriamente sobre la primera piscina.
- De ser posible, las bombas se instalarán bajo cubierta. La cubierta deberá extenderse preferiblemente más allá del canal perimetral, de tal manera que se evite la contaminación de las aguas lluvias recogidas sobre la misma.

4.2.4 Bodega-almacén

4.2.4.1 Objetivos

Establecer lineamientos ambientales para la construcción y el manejo de la bodega - almacén, de tal forma que se disminuyan los efectos producidos por la pérdida o deterioro de los materiales utilizados en la perforación.

4.2.4.2 Impactos a prevenir / mitigar

- Afectación de la calidad del suelo y del agua producida por los materiales durante el almacenamiento y la manipulación.
- Incremento en la generación de residuos, como consecuencia de las pérdidas de materiales

4.2.4.3 Criterios de manejo ambiental

- Se construirá sobre superficie plana y endurecida.
- Utilizar materiales prefabricados (cemento, láminas de zinc, maderas procesadas, otros) para evitar la utilización de maderas nativas y la tala de bosques en los alrededores.

- Instalar techo y paredes para evitar el deterioro de los materiales, el daño de sus empaques y la consecuente pérdida de productos.
- Ubicar la bodega en una zona de fácil acceso.
- Construir cunetas perimetrales para el desalojo de aguas lluvias

4.2.4.4 Operación

Los materiales deben colocarse sobre estibas. Al dismantelar la bodega se deben recoger todos los residuos para evitar su dispersión o arrastre por el agua o el viento.

4.2.5 Transporte y almacenamiento de combustibles

4.2.5.1 Objetivos

Prevenir la ocurrencia de accidentes de contaminación por derrames de combustibles durante el transporte y el almacenamiento.

4.2.5.2 Impactos a prevenir / mitigar

Contaminación del suelo y del agua, y daño a los recursos naturales producidos por incendios originados en derrames de combustibles durante el transporte.

4.2.5.3 Criterios de manejo ambiental

a. Para el transporte

El transporte de combustibles solo podrá hacerse por carrotanques, y éstos deben satisfacer requisitos de seguridad. Para minimizar la ocurrencia de eventos no deseados durante el transporte de combustibles, el responsable del proyecto verificará que los vehículos cumplan los requisitos establecidos en la Tabla x. 6.093.1.

Tabla 6. Requisitos para el transporte de combustibles¹⁹

REQUISITOS	CRITERIO DE CALIDAD
Posición del exhosto	Según normas establecidas por el Ministerio del Transporte.
Extintor	Mínimo uno, con carga vigente.
Instalaciones eléctricas	Protegidas para evitar la generación de chispas.
Baterías	Cubiertas
Avisos de prevención.	Según normas Icontec.
Equipo de control de derrames.	De acuerdo con especificaciones del plan de contingencia para carrotanques.
Estado del tanque	No presentar filtraciones ni fugas.
Conexión estática.	Un perno de bronce a cada lado del vehículo.
Estado de tapas y empaques.	Cierre hermético de cúpulas.
Válvulas de descargue.	Una por compartimiento y una general. Sin fugas.
Estado de mangueras y codos de descargue.	Sin fugas ni empalmes.
Defensa trasera.	Debe proteger las válvulas de descarga.
Capacitación del personal.	Talleres de información y capacitación.

b. Almacenamiento de combustibles

El almacenamiento de combustibles debe satisfacer los siguientes criterios:

- Se ubicará en áreas alejadas de aquellas donde se realicen operaciones en caliente (soldadura, otros).
- El tanque se colocará sobre superficie de suelo - cemento, o impermeabilizada (con geomembrana o arcilla).

¹⁹ Guía de manejo ambiental para proyectos de perforación de pozos de petróleo y gas. Ministerios del Medio Ambiente. Bogotá. 2000.

- El almacenamiento estará confinado mediante un dique cuya capacidad de contención debe ser por lo menos el 110% del volumen del tanque de mayor capacidad.
- El dique estará provisto de una válvula de control para evacuación de aguas lluvias, la cual permanecerá cerrada, excepto durante las purgas.
- Proveer equipo contra incendios en las proximidades del tanque.
- El área deberá señalizarse convenientemente para prevenir accidentes ocasionados por vehículos, por el desplazamiento de la maquinaria o por las personas que laboran en la obra o la visitan ocasionalmente.
- Se debe instalar conexión a tierra para el tanque y los vehículos de transporte, en prevención de accidentes durante las operaciones de carga y descarga.

4.2.5.4 Manejo de combustibles

El manejo de los combustibles deberá hacerse mediante tubería desde el tanque de almacenamiento hasta los puntos de consumo.

Lo anterior significa que se evitará el transporte de combustibles en canecas, baldes u otros recipientes con características similares. El operador establecerá un programa permanente de inspección de líneas de conducción de combustibles para verificar la presencia de fugas y proceder a su inmediata corrección.

5. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESARME, MOVILIZACIÓN Y ARME DE UN TALADRO

Es fundamental tener un plan para el traslado del taladro, es por esto que a continuación se darán las directrices necesarias para establecer un método sistemático que permita el desarrollo de procedimientos óptimos para el desarme, movilización y arme de un equipo de perforación terrestre convencional. Estas instrucciones le van a permitir a los Gerentes de Proyecto crear eficientemente un plan de movilización, el cual puede ser apropiadamente utilizado, para mejorar los periodos de tiempo y reducir los costos durante el traslado.

Con el fin de aplicar las directrices que se plantearán y a su vez contrastar los resultados, se toma como línea base las siguientes condiciones de un traslado realizado por una empresa:

Tabla 7. Condiciones del traslado línea base

CONDICIONES DE TRASLADO			
Distancia entre locaciones	Días de movilización	Total de componentes	Total de cargas
35 Kilómetros	10 Días	170	130

Tabla 8. Vehículos necesarios para el traslado línea base

VEHÍCULOS DE CARGA	
Vehículo	Cantidad
Tractomula cama alta (40 Ton.)	10
Tractomula cama baja (45 Ton.)	6
Grúas de 110 Ton. (1 en cada locación)	2
Grúas de 75 Ton. (1 en cada locación)	2
Carro macho	1
Equipo de levantamiento (man lift)	2
Montacargas (16 Ton. cada una)	2
Camionetas escoltas	10

Tabla 9. Recurso humano necesario para el traslado línea base

RECURSO HUMANO	
Empleado	No. de empleados por día
Cuñeros	6
Encuellador	2
Supervisor	2
Obreros de patio	4
Aceiteros	2
Jefe del taladro	1
Electricista	1
Mecánico	1
Soldador	1
Técnico Ambiental	1
HSEQ	1

5.1 DETERMINACIÓN DE LOS COMPONENTES Y CARGAS DEL TALADRO

En primera medida, se deben determinar los componentes y las cargas del taladro como se indica a continuación.

5.1.1 Determinación de los Componentes

- i. Se debe establecer una lista completa de los componentes y cargas del taladro, para esto se utiliza el Formato 1 (Análisis de Cargas del Equipo de Perforación – Ver Anexo A).
- ii. El Formato 1 debe incluir todos los componentes especificando los pesos estimados y las dimensiones de cada uno. Esta información es necesaria para determinar su transporte, la cual debe contener lo siguiente:
 - a. Número de componente.
 - b. Descripción del componente.
 - c. Peso estimado.
 - d. Largo, Ancho y Alto.

5.1.1.1 Determinación del nivel de importancia de los componentes

- i. Después de establecer la lista de componentes, se evalúa el nivel de importancia de éstos. Se clasifica según las siguientes categorías:
 - a. Componente crítico (C).
 - b. Componente pre-traslado (P).
 - c. Componente no esencial (N).
- ii. Cada componente se identifica según la clasificación dada (C, P, N), la cual será determinada por la lógica y experiencia del personal.
- iii. En el Formato 1 se ordenan los componentes por nivel de importancia para determinar el cronograma de envío de las cargas, esto es, se inicia con las cargas pre-traslado, luego las cargas críticas y posteriormente las cargas no esenciales (estas últimas pueden ser trasladadas en cualquier momento según conveniencia).

5.1.2 Determinación de las Cargas

- i. Una vez se ha establecido y clasificado el nivel de importancia de los componentes, se deben determinar las cargas según la combinación de los componentes. Para esto, se tienen en cuenta los medios de transporte que se dispongan para la movilización. En este caso, se cuenta con tracto mulas cama alta y cama baja de 40 y 45 toneladas (máximo peso permitido) y 40 pies de longitud (dimensiones máximas del vehículo), entonces se combinarán los componentes de tal manera que se cumplan los requerimientos de longitud y peso de estos vehículos de carga.
- ii. Para incrementar la eficiencia, se debe combinar la mayor cantidad posible de componentes y conformar una carga. La información debe ser relacionada en el Formato 1, para lo cual se identificará cada componente con el número de la carga a la que fue asignada. Por ejemplo: el componente No. 28 'Desgasificador de Lodo / Gas' (nivel C) y el componente No. 29 'Desgasificador de Lodo' (nivel C) se combinarán en una carga, por tanto ambos componentes se marcarán con el mismo número de la carga (carga No. 25), como se puede ver en la Figura 95.

- iii. Hasta este punto se ha determinado la cantidad de cargas y la combinación de componentes dentro de cada una de ellas. Además, se ha establecido cuales cargas pueden trasladarse antes de la movilización del taladro (pre-traslado), cuales son críticas y deben trasladarse junto al taladro (críticas), y cuales pueden trasladarse cuando sea necesario durante la movilización (no esenciales).

Figura 95. Formato 1 (dirigirse al Anexo A para verlo completo)

FORMATO 1. ANÁLISIS DE CARGAS DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN

TALADRO: _____

FECHA: _____

No. DE COMPONENTE	No. DE CARGA	NIVEL DE IMPORTANCIA (C, P, N)	DESCRIPCIÓN DE CARGA	PESO ESTIMADO (Ton.)	TAMAÑO (metros)		
					LARGO	ANCHO	ALTO
27	24	C	TANQUE DE AGUA INDUSTRIAL (3)	15 c/u	13	2,9	3,5
28	25	C	DESGASIFICADOR LODO-GAS (POOR BOY)	4,5	5,5	2,5	2,39
29	25	C	DESGASIFICADOR LODO	5	5	3	3
30	26	C	TOLVA MEZCLADORA DE QUIMICA	2	2,5	2,6	2,8

5.2 OPERACIONES SIMULTÁNEAS PARA EL PROCESO DE DESARME, MOVILIZACIÓN Y ARME DEL TALADRO

Luego de realizar un análisis de las operaciones que se llevan a cabo durante el proceso de desarme, movilización y arme de un taladro, se determinó el orden lógico y secuencial que permite el desarrollo de las actividades de manera simultánea y por tanto más eficiente. A continuación se presenta el cronograma diario de la movilización:

PRE-TRASLADO	
<p>El tiempo de duración del pre-traslado será determinado por el tiempo que dure la fase de completamiento. Durante dicho periodo de tiempo se podrán realizar labores de traslado de determinadas cargas y limpieza de los equipos del sistema de lodos.</p>	
LOCACIÓN ACTUAL	LOCACIÓN NUEVA
<p>Reunión de seguridad</p> <p>Movilización de las cargas Pre-traslado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Soportes de la Tubería. • Tubería de perforación, tubería de perforación extrapesada y collares de perforación. <p>A medida que se van desocupando los soportes de las tuberías, se van cargando y trasladando de manera simultánea con la tubería.</p>	<p>Sin actividad.</p>

DÍA 1		
LOCACIÓN ACTUAL		LOCACIÓN NUEVA
Reunión de seguridad		Sin actividad.
Desarmar y cargar la línea flujo de (flow line).		
Desarmar y cargar líneas de alta presión del sistema de lodos.	Bajar herramientas innecesarias de la mesa.	
Desarmar y mover scalper y patín.	Desarmar y reubicar el catwalk, para maniobrar grúa.	
Desarmar y mover separador de lodo-gas (poor boy).	Desarmar el nipple camapana e instalación de cabezales.	
Desarmar y mover zarandas en patín.	Remover brazos, elevador, sustituto de sacrificio (saver sub) del top drive.	
Desarmar y mover desgasificador de lodo.	Remover todas las fuentes de energía del top drive.	
Desarmar y mover estructura de Scalper.	Asegurar el top drive al riel mediante los pernos para transporte.	
Desarmar y mover el limpiador de lodo (mud cleaner).	Posicionar el ensamblaje para bajar el top drive entre el bloque viajero y el riel.	
Desarmar y mover tanque de las zarandas (shakers).	Desarmar y reubicar el sistema de preventoras.	

DÍA 2		
LOCACIÓN ACTUAL	LOCACIÓN NUEVA	
Reunión de seguridad.		
Bajar los techos de los tanques.	Desarmar y reubicar las escaleras innecesarias de acceso a la mesa	
Desconectar todas las líneas de los tanques de succión, intermedio y de reserva. Cargar y mover.	Inspección de condiciones operativas y de seguridad para divulgar en reunión pre-operacional de bajada del top drive.	
Cargar y mover los tanques de reserva.	Bajar, cargar y mover el top drive.	Recepción, descargue y ubicación de equipos para dar inicio al arme.
Cargar y mover tanques intermedios.	Cargar líneas del sistema de lodos.	Poner y armar el tanque de las zarandas.
Cargar y mover tanques de succión.	Cargar y mover múltiple de distribución (choque manifold).	Armar estructura de los scalpers.
Cargar y mover tanques de agua.	Inspección del mástil (piezas aseguradas).	Posicionar y armar scalpers
Cargar y mover en su respectivo patín la bomba de lodos No. 1.	Montar polea ecualizadora y pasar el cable del toro por el sistema de poleas para descenso.	Posicionar y armar desgasificador lodo-gas (poor boy).
Cargar y mover en su respectivo patín la bomba de lodos No. 2.		Posicionar y armar las zarandas y desgasificador de lodo.
Cargar y mover en su respectivo patín la bomba de lodos No. 3.		Posicionar y armar el limpiador de lodo (mud cleaner).

DÍA 3		
LOCACIÓN ACTUAL	LOCACIÓN NUEVA	
Reunión de seguridad.		
Bajar el mástil y montar sobre caballetes de soporte.		Posicionar y armar tanques de reserva.
Posicionar el bloque viajero sobre patín para transporte. Cargar y mover.	Suspender todas las fuentes de energía una vez se ha terminado de bajar el mástil.	Posicionar y armar tanques intermedios.
Desenhebrar todas las líneas del mástil.	Desmontar la mesa rotaria.	Posicionar y armar tanques de succión.
Desarmar y cargar trabajadero	Reubicar bandejas de cableado de potencia, para que la grúa pueda maniobrar alrededor de la mesa.	Posicionar y armar tanques de agua.
Desarmar, cargar y mover secciones del mástil.	Desmontar el malacate	Posicionar y armar bomba de lodos No. 1.
	Desmontar y cargar escaleras de acceso a la torre.	Posicionar y armar bomba de lodos No. 2.
		Posicionar y armar bomba de lodos No. 3.
		Interconectar todas las líneas de los tanques y las bombas con el múltiple de distribución de lodos.

DÍA 4		
LOCACIÓN ACTUAL	LOCACIÓN NUEVA	
Reunión de seguridad.		
Apagar generador del campamento y desconectar líneas de comunicaciones y eléctricas. Cargas y mover en conjunto con los tanques de diésel.	Drenar líneas sanitarias del campamento.	Recepción y ubicación de cargas del mástil.
Limpiar PTAR, y PTAP. Cargar y mover.	Desmontar y asegurar aires acondicionados de las casetas.	Terminar de asegurar líneas y techos del sistema de lodos.
Cargar y mover casetas del campamento.	Limpieza de caja negra o trampa de grasas. Cargar y mover.	Posicionar y armar cargas del generador del campamento y tanques de diésel.
Cargar y mover casetas de oficina.	Desmontaje de los pisos y soportes estructurales de la mesa de perforación. Cargar y mover.	Ubicar casetas del campamento. El técnico ambiental se encarga de armar red sanitaria.
Cargar y mover escaleras del campamento.		Armar las redes eléctricas y de comunicaciones, y poner en marcha el generador.

DÍA 5		
LOCACIÓN ACTUAL		LOCACIÓN NUEVA
Reunión de seguridad.		
Desarmar todos los puentes de soporte de la subestructura y cargarlos.	Cargar y mover generadores del taladro y barreras de sonido.	Terminar de armar el campamento, montar escaleras y extinguidores a cada caseta, y verificar el funcionamiento de todos los equipos.
Desarmar la bandeja de cableado vertical de la subestructura.	Cargar y mover unidad SCR.	Recibir y posicionar cargas de tal manera que se permita maniobrar con los equipos de izaje.
Desmontar todas las secciones de la subestructura.		Posicionar y armar generadores.
Trasladar tanques de diésel del taladro.		Montar barreras de sonido de los generadores.
Cargar y mover patines de la subestructura.		Posicionar y armar tanques de diésel, realizar transferencia de combustible del camión cisterna a los tanques.
Cargar cada sección de la subestructura y despachar de primero las secciones inferiores.		Medir cuidadosamente y posicionar los patines de deslizamiento del taladro.
Despachar unidad de acumuladores.		Montar bases de la subestructura y algunos puentes de soporte.
Despachar cargas no esenciales como cestas de herramientas de repuesto (backup).		

DÍA 6	
LOCACIÓN ACTUAL	LOCACIÓN NUEVA
Reunión de seguridad.	
Despachar carga miscelánea de chatarra.	Terminar de armar la subestructura.
Labores de limpieza y biorremediación de zonas contaminadas por aceites.	Posicionar y armar soportes del piso de perforación.
Limpieza de cunetas perimetrales.	Posicionar y armar mesa rotaria.
	Posicionar y armar malacate.
	Posicionar y armar bandeja de cableado de la subestructura (grasshopper).
	Instalar todas las bandejas de cableado y fuentes de energía del malacate y del sistema de potencia (generadores).

DÍA 7	
LOCACIÓN ACTUAL	LOCACIÓN NUEVA
Sin actividad.	Montar todas las secciones de la torre.
	Montar el trabajadero.
	Enhebrar todas las líneas eléctricas de la torre.
	Enhebrar la línea del carrete de perforación.
	Posicionar el bloque viajero debajo del mástil y armar el sistema de poleas ecualizadoras para levantamiento.
	Levantar el mástil en conjunto con el bloque viajero haciendo uso del malacate.
	Montar el sistema de trolleys y las preventoras.

DÍA 8	
LOCACIÓN ACTUAL	LOCACIÓN NUEVA
Sin actividad.	Posicionar el top drive a 2 ft de la subestructura, bajar el bloque viajero para asegurar al riel.
	Levantar el riel hasta engancharlo en el perno de soporte del mástil (dardo).
	Asegurar el riel del top drive a la estructura.
	Montar brazos, elevador, y herramientas de la mesa.
	Armar líneas de energía del top drive.
	Asegurar el top drive con el bloque viajero, y liberar pernos de transporte.
	Verificar la correcta alineación de la mesa con el pozo, y proceder a montar tubería de perforación, terminar de armar líneas del sistema de control de pozo y verificar condiciones operativas de equipos antes de dar inicio a la perforación.

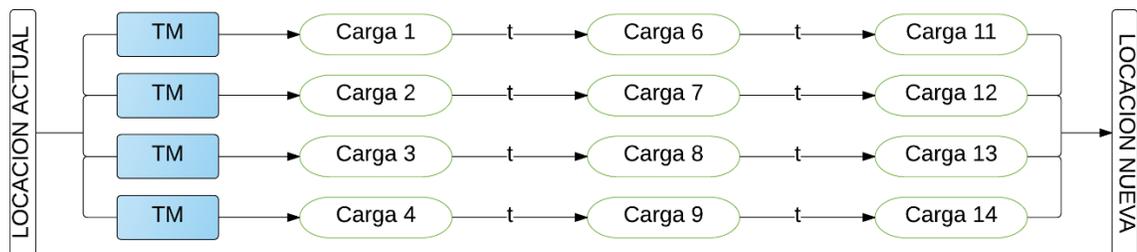
5.3 PROGRAMA DE TRASLADO DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN UTILIZANDO DIAGRAMA DE RED

5.3.1 Diagrama de red para el traslado de las cargas

El diagrama de red es un modelo gráfico del proyecto, constituido por un conjunto de actividades precedidas unas de otras, donde se visualiza las interrelaciones que existe entre ellas. En este sentido, se ha planteado una representación esquemática de las tareas del cronograma para realizar de manera simultánea el traslado de las cargas del taladro, lo que depende directamente de los recursos disponibles (vehículos de carga). Para este caso, se requiere de 18 tractocamiones (10 cama alta y 8 cama baja), 5 grúas (3 en la locación actual y 2 en la locación nueva), 2 montacargas (1 en cada locación), y 1 carromacho.

Para maximizar la eficiencia del proceso y minimizar el tiempo requerido, el traslado de las cargas se establece como se visualiza en la Figura 96, donde se indica que la carga No. 1, carga No. 2 y carga No. 3 se cargan, trasladan, y descargan al mismo tiempo. Los tractocamiones regresan a la locación anterior, para recoger las cargas No. 6, No. 7 y No. 8 simultáneamente, y así continua el proceso (dirigirse al Anexo B para ver el diagrama completo).

Figura 96. Diagrama de red para el proceso de traslado de las cargas



Leyenda: **TM:** Tractomula Cama Alta/Baja. **t:** Tiempo de carga + traslado (ida y regreso) + descarga.
Carga: Componentes a trasladar.

5.3.2 Determinación del tiempo requerido

El tiempo requerido para llevar a cabo el proceso de traslado se estima conociendo la distancia entre las dos locaciones y las condiciones de la vía, calculando así el tiempo de viaje (ida y regreso) por vehículo. Además, se debe considerar el tiempo para cargar y descargar cada carga.

En la siguiente tabla se muestra el plan de traslado para el caso en estudio.

Tabla 10. Plan de traslado de las cargas del equipo de perforación

Horas de trabajo por día	Distancia entre locaciones (km)	Tiempo de carga y descarga (hrs)	Tiempo de viaje (hrs)	Tiempo de cada traslado (hrs)	Viajes por día
12	35	1	2,5	3,5	3
Cargas por día					
Día 1 (Pre-traslado)	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6
15	18	18	18	18	12

Como son 99 cargas en total las que se deben trasladar, y este proceso se realiza durante las horas matutinas (12 horas), los vehículos pueden realizar máximo 3 viajes por día. En la Tabla 10 se especifica el número de cargas que se trasladan por día teniendo en cuenta el tiempo requerido para desarmar cada equipo.

5.4 ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos se centra en los vehículos de transporte y el recurso humano requerido para la movilización, teniendo en cuenta las condiciones línea base establecidas para el traslado, y las condiciones una vez aplicadas las directrices planteadas en este capítulo. Además, se realiza un análisis de las ganancias que se pueden obtener al poner a producir los pozos anticipadamente.

5.4.1 Equipos de movilización y recurso humano

Los costos aproximados del alquiler por día de los equipos de movilización se muestran en la siguiente tabla (valores a septiembre de 2015).

Tabla 11. Costo por día de los equipos de movilización

Vehículo	Costo por día
Tractomulas	\$500.000
Grúa de 100 toneladas	\$6.500.000
Grúa de 75 toneladas	\$4.200.000
Grúa de 50 toneladas	\$3.000.000
Carromacho	\$1.500.000
Montacargas	\$1.200.000
Camioneta escolta	\$450.000

El costo total del alquiler de los equipos durante los 10 días que duró la movilización línea base, se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Costo total de los equipos de movilización para los 10 días

Vehículo	Costo por día	No. de días	Costo total	Cantidad vehículos	Total
Grúa de 100 toneladas	\$6.500.000	10	\$65.000.000	2	\$130.000.000
Grúa de 75 ton	\$4.200.000	10	\$42.000.000	2	\$ 84.000.000
Carromacho	\$1.500.000	10	\$15.000.000	1	\$ 15.000.000
Montacargas	\$1.200.000	10	\$12.000.000	2	\$ 24.000.000
Camionetas escoltas	\$ 450.000	10	\$ 4.500.000	10	\$ 45.000.000
Tractomulas	\$ 500.000	10	\$ 5.000.000	16	\$ 80.000.000
Total					\$378.000.000

El costo total de los equipos para el tiempo estimado de 8 días (proceso optimizado) se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Costo total de los equipos de movilización para los 8 días

Vehículo	Costo por día	No. de días	Costo total	Cantidad de vehículos	Total
Grúa de 100 toneladas	\$6.500.000	8	\$52.000.000	2	\$104.000.000
Grúa de 75 toneladas	\$4.200.000	8	\$33.600.000	2	\$67.200.000
Grúa de 50 toneladas	\$3.000.000	8	\$24.000.000	1	\$24.000.000
Carromacho	\$1.500.000	8	\$12.000.000	1	\$12.000.000
Montacargas	\$1.200.000	8	\$9.600.000	2	\$19.200.000
Camioneta escolta	\$450.000	8	\$ 3.600.000	10	\$36.000.000
Tractomulas	\$ 500.000	8	\$ 4.000.000	18	\$ 72.000.000
Total					\$334.400.000

Haciendo un contraste, la movilización línea base se realizó en un periodo de 10 días, pero luego de efectuar un análisis de operaciones simultáneas se logra establecer un programa que permite reducir el tiempo a 8 días, lo que significaría una reducción de costos de \$43.600.000.

Se debe tener en cuenta que para lograr la reducción de tiempo del proceso, se debe aumentar los vehículos de movilización (1 grúa de 50 toneladas y 2 tractomulas adicionales) y el recurso humano, pero finalmente la relación costo-beneficio es positiva, como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 14. Costos del recurso humano (septiembre, 2015)

RECURSO HUMANO					
		Movilización línea base (10 días)		Movilización optimizada (8 días)	
Empleado	Pago por día (12hrs)	No. de empleados	Pago total	No. de empleados	Pago total
Cuñeros	\$97.600	5	\$4.880.000	9	\$7.027.200
Encuellador	\$169.000	2	\$3.380.000	3	\$4.056.000
Supervisor	\$600.000	2	\$12.000.000	2	\$9.600.000
Perforador	\$400.000	2	\$8.000.000	2	\$6.400.000
Obreros de patio	\$97.600	4	\$3.904.000	4	\$3.123.200
Aceiteros	\$97.600	2	\$1.952.000	2	\$1.561.600
Jefe del taladro	\$1.000.000	1	\$10.000.000	1	\$8.000.000
Electricista	\$600.000	1	\$6.000.000	1	\$4.800.000
Mecánico	\$600.000	1	\$6.000.000	1	\$4.800.000
Soldador	\$169.000	1	\$1.690.000	1	\$1.352.000
Técnico Ambiental	\$150.000	1	\$1.500.000	1	\$1.200.000
HSEQ	\$180.000	1	\$1.800.000	1	\$1.440.000
Total			\$61.606.000		\$53.359.800

5.4.2 Producción de los pozos

Si se tiene en cuenta que se realizan 3 pozos por clouster, y que la duración promedio de perforación y puesta en marcha de un pozo es de 25 días, se hace el análisis para establecer la producción (50 bbl/día para el caso en estudio) de los pozos que se alcancen a perforar con un taladro durante 1 año, como se muestra a continuación:

Tabla 15. Ganancias perforando 3 pozos por clouster (precio del barril a octubre de 2015)

Pozos	Movilización línea base (10 días)		Movilización optimizada (8 días)	
	Días de producción	Producción por pozo (bbl)	Días de producción	Producción por pozo (bbl)
1	330	16500	332	16600
2	305	15250	307	15350
3	280	14000	282	14100
4	245	12250	249	12450
5	220	11000	224	11200
6	195	9750	199	9950
7	160	8000	166	8300
8	135	6750	141	7050
9	110	5500	116	5800
10	75	3750	83	4150
11	50	2500	58	2900
12	25	1250	33	1650
13	-	-	0	0
Total producción (bbl)		106500		109500
Total ingresos		US \$4.792.500		US \$4.927.500
Ganancias (proceso optimizado)				US \$135.000

Ahora bien, si se moviliza cada vez que se perfora un pozo (un pozo por locación), y se hace el mismo análisis anterior, la producción de los pozos que se alcancen a perforar con un taladro durante un año es como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Ganancias perforando un pozo por locación (precio del barril a octubre de 2015)

Pozos	Movilización línea base (10 días)		Movilización optimizada (8 días)	
	Días de producción	Producción por pozo (bbl)	Días de producción	Producción por pozo (bbl)
1	330	16500	332	16600
2	295	14750	299	14950
3	260	13000	266	13300
4	225	11250	233	11650
5	190	9500	200	10000
6	155	7750	167	8350
7	120	6000	134	6700
8	85	4250	101	5050
9	50	2500	68	3400
10	15	750	35	1750
11	-	-	2	100
Total Producción (bbl)		86250		91850
Total Ingresos		US \$3.881.250		US \$4.133.250
Ganancias (proceso optimizado)		US \$252.000		

6. CONCLUSIONES

- Se recopilaron y establecieron los procedimientos operacionales específicos para el desarme, traslado y arme de un equipo de perforación convencional.
- Se realizó el análisis de seguridad en el trabajo (AST), para las operaciones más importantes, estableciendo lineamientos de seguridad para desarrollar las actividades y estrategias de mitigación o eliminación del riesgo.
- Se establecieron los lineamientos ambientales para que el desarrollo de las actividades generen el mínimo impacto ambiental, acorde con la normatividad Colombiana.
- Se establecieron los procedimientos y la normatividad legal en Colombia para la manipulación y transporte de cargas.
- Se realizó un análisis de los procedimientos operacionales y se determinó que actividades se pueden realizar de manera simultánea con el fin de reducir el tiempo total del proceso.
- Se estableció acorde con las dimensiones de las cargas, una metodología para hacer el uso más adecuado de los vehículos de transporte y mediante diagramas de red, se estableció un orden de envío de cargas conforme con los recursos disponibles de tal manera que el traslado se logre hacer de manera más eficiente.
- Se evaluaron los costos aproximados de los equipos para el transporte y la relación costo-beneficio de aplicar las directrices planteados para incrementar la eficiencia del procedimiento de desarme, traslado y arme de un equipo de perforación terrestre convencional.

7. RECOMENDACIONES

- Los lineamientos planteados para optimizar el proceso de movilización son aplicables para equipos de perforación terrestre convencionales, por lo tanto no se deben dirigir a aquellos taladros donde se han implementado sistemas de autoelevación en sus componentes.
- Se recomienda indagar sobre los equipos de perforación con sistemas de autoelevación, esto con el fin de implementar esta tecnología en los taladros convencionales y poder mejorar los tiempos de traslado aún más.
- Es importante cumplir a cabalidad todas las normas de seguridad para realizar los procedimientos de desarme, movilización y arme de los equipos, pues esto permitirá prevenir y/o mitigar la ocurrencia de accidentes, lo que a su vez permitirá minimizar el tiempo no productivo.
- El proceso de movilización incluye un sin fin de operaciones, por lo que es fundamental que exista una adecuada coordinación entre el personal involucrado (operadora, contratista de perforación y empresa de transporte), pues esto conllevará a que las operaciones se realicen de manera simultánea, logrando reducir el tiempo de la movilización.

BIBLIOGRAFÍA

Buchanan, R. A Cost Effective Rig Move. SPE/IADC. Paper No. 16092. Transportation Time Study Co. 1987

Buehler, A; Charwinsky, J (2011, December) Who Moved My Rig?. Retrieved March 1st, 2013. [En línea]: <<http://www.ogfj.com/articles/print/volume-8/issue-12/features/who-moved-my-rig.html>>

CAMPOS SARAZUA, Erick. Normas principales de operación y mantenimiento de equipos de perforación y workover. Guatemala, 2006. Trabajo de grado (Ingeniero Mecánico). Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. [En línea]: <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0481_M.pdf>

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Decreto 1609 de 2002. "Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera". Diario Oficial NO. 44.892 Bogotá D.C.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución No 90708 de 2013. Reglamento técnico de Instalaciones eléctricas.

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Ley 769 de 2002. "Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones". Diario Oficial Bogotá D.C No. 44.893

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 004100 de 2004. "Por la cual se adoptan los límites de pesos y dimensiones en los vehículos de transporte terrestre automotor de carga por carretera, para su operación normal en la red vial a nivel nacional". Diario Oficial 45777 Bogotá D.C.2004

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE. Resolución 04959 de 2006. Por la cual se fijan los requisitos y procedimientos para conceder los permisos para el transporte de cargas indivisibles extrapesadas y extradimensionadas, y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte. Diario Oficial 46448. Bogotá D.C

CRISTANCHO ARDILA, Sergio. Ejecución de un pozo petrolero [correo electrónico]. Mensaje enviado a: Juan David GUTIÉRREZ. 18 de Julio de 2014.

Dunham, T; Shah M. Measuring and Improving Land Rig Moves Using Hard Data. SPE/IADC. Paper No. 167986. Drilling Conference and Exhibition. 2014. Texas.

ECOPETROL, Instructivo para movilización de equipos en las operaciones.

Isinger, R. Considerations Given to Land Rig Design for Versatility of Operations. SPE/IADC. Paper No. 74453. Precision Drilling Corporation. 2002

Guía técnica Colombiana. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. 2010

Ortiz, Darwin Guillermo. Equipos y Herramientas de Perforación, Procesos Operativos en Armada, Desarmada y Traslado de Equipos. Trabajo de grado para la obtención de tecnólogo en petróleos. Quito, Ecuador. Universidad Tecnológica Equinoccial. 2008

Nabors Drilling International Limited. Rig Managment System. [CD-ROM].

Saavedra, Melkyn Ricardo. Desarrollo de un modelo para el diseño y gestión de operaciones logísticas en pozos exploratorios basada en la aplicación de la dinámica de sistemas. Tesis de Maestría. Universidad de la Sabana. Facultad de Ingeniería. Bogotá DC, 2010. 61 pag.

Taladro de perforación eléctrico AC VFD En: ZPEC Corporación de Petróleo y Gas Natural de china. [En línea]. <<http://www.zpec.com/sp/business-show.asp?id=252>> [Citado en 5 de Enero de 2015]

Pinto, Jhon Harold. Establecer Procedimientos para Cargar, Trasladar, Asegurar, Movilizar y Descargar Equipos con el Uso del Tracto Camión, Carro Macho, Safety Move, Remolque y Camión Grúa, Realizados de Forma Segura en Varisur y Compañía Ltd. Tesis de pregrado. Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Neiva, Colombia. 2014.

Taladro de perforación Eléctrico DC SCR. En: ZPEC Corporación de Petróleo y Gas Natural de China. [En línea].<<http://www.zpec.com/sp/business-show.asp?id=253>> [Citado en 5 de Enero de 2015]

Villafuerte, Fernando. Metodología para la certificación de la estructura metálica soldada de torres para perforación en pozos de petróleo. Quito, Ecuador. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Mecánica. Agosto de 2012.199 pág.

Alin, S; Mohamed A. Systematic Approach To Optimize The Rig Move Within ADCO Onshore Field. SPE/IADC. Paper No. 166781. Drilling Conference and Exhibition. 2013. Texas.

ANEXO A. Formato 1

FORMATO 1. ANÁLISIS DE CARGAS DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN

TALADRO: _____

FECHA: _____

No. DE COMPONENTE	No. DE CARGA	NIVEL DE IMPORTANCIA (C, P, N)	DESCRIPCIÓN DE CARGA	PESO ESTIMADO (Ton.)	TAMAÑO (metros)		
					LARGO	ANCHO	ALTO
1	1,2,3,4,5	P	Tubería de perforación (5 viajes)	105	9,8	2,5	2,1
2	3,5	P	Soportes para tubería de perforación	2	10	2,6	1,7
3	6	P	Tubería de perforación extrapesada (HWDP) 5" NC 50 PBX connect	30	10	2,6	1,7
4	7	P	Tuberías de perforación extrapesada (HWDP), 3 1/2 " OD NC 38 PBX connect	30	13	2,6	3
5	7	P	Soportes para tubería de perforación extrapesada	1	10	2,6	1,7
6	8	P	Collares de perforación espiralados (drill collar), 4 3/4 NC 38 PBX connect	30	13	2,6	3
7	9	P	Collares de perforación espiralados (drill collar), 6 1/2", NC 50 PBX connect	34	10	2,6	1,7
8	10	P	Collares de perforación espiralados (drill collar), 8", 6 5/8" Reg.	21,2	10	2,6	1,7
9	10	P	Soportes para collares de perforación	1	10	2,6	1,7
10	11	P	Caseta de lodos	22	13	2,9	3,5
11	12	P	Bodega de materiales a	35	13	3	3
12	13	P	Bodega de materiales b	35	12,5	2,8	3
13	14	P	Bodega de materiales de la operadora	35	13	2,8	3
14	15	P	Bodega de materiales de la empresa de servicios	35	12,2	2,6	3
15	16	P	Misceláneos	12	12,5	2,8	2

No. DE COMPONENTE	No. DE CARGA	NIVEL DE IMPORTANCIA (C, P, N)	DESCRIPCIÓN DE CARGA	PESO ESTIMADO (Ton.)	TAMAÑO (metros)		
					LARGO	ANCHO	ALTO
16	16	P	Caballote con material laminas, ángulos y tubos	5	5	2,9	3,2
17	17	C	Tanque de las zarandas	35	19,6	3,5	3,6
18	18	C	Tanque intermedio de lodos, 1 centrifuga, 1 motor eléctrico, 1 unidad de mezclado de lodo, manguera de lodo de 6"	22,5	14,6	3,4	3,4
19	19	C	Tanque de succión, agitadores de lodo, motor eléctrico.	35	17	3,8	4,5
20	20	C	Tanque de reserva	35	18,6	3,8	4,5
21	21	C	Estructura de los scalpers con barandas y mangueras	12	10	2	1
22	22	C	Tanque inteligente	22	15,5	3,5	4
23	22	C	Scalpers con patín (2)	2	15	3,5	3
24	22	C	3 en 1 desarenador, desarcillador y limpiador de lodo (desander, desilter, mud cleaner).	2	15	3,1	3,5
25	23	C	3 zarandas con su skid	15	12	3	4
26	23	C	Techos del soporte del limpiador de lodo (3 en 1)	3	12,5	2,8	2
27	24	C	Tanque de agua industrial (3)	15 c/u	13	2,9	3,5
28	25	C	Desgasificador lodo-gas (poor boy)	4,5	5,5	2,5	2,39
29	25	C	Desgasificador lodo	5	5	3	3
30	26	C	Tolva mezcladora de química	2	2,5	2,6	2,8
31	26	C	Tanque de viaje, tanque de agua, bomba centrifuga, motor eléctrico, cables eléctricos	35	13	3,5	4,5
32	27	C	Bomba de lodo no. 1	40	10	3,5	3,3
33	28	C	Bomba de lodo no. 2	42	10	3,5	3,3
34	29	C	Bomba de lodo no. 3	40	10	3,5	3,3
35	30	C	Escalera mesa a zarandas	2	15	2,8	2
36	30	C	Escalera de las zarandas	2	13	2,8	2

No. DE COMPONENTE	No. DE CARGA	NIVEL DE IMPORTANCIA (C, P, N)	DESCRIPCIÓN DE CARGA	PESO ESTIMADO (Ton.)	TAMAÑO (metros)		
					LARGO	ANCHO	ALTO
37	30	C	Escalera de las bombas a tanque de succión	2	13	2,8	2
38	31	C	Generador del taladro con compresor, estructura de techo, motor 3512	30	13	3	3,4
39	32	C	Generador del taladro con compresor, estructura de techo, motor 3512	30	13	3	3,4
40	33	C	Generador del taladro con compresor, estructura de techo, motor 3512	30	13	3	3,4
41	34	C	Generador del taladro con compresor, estructura de techo, motor 3512	30	13	3	3,4
42	35	C	Barreras supresoras de sonido	2,5	13	3	4
43	35	C	Tanque refrigerante hidromatico	15	12,6	2,6	3,1
44	36	C	Unidad SCR	22	13	3	3
45	37	C	Top drive (SCR)	11	6	3	3
46	38	C	Patines subestructura	8	12,7	2,8	2
47	39, 40	C	2 bases de subestructura	30c/u	18	3	3,8
48	41,42	C	2 bases de la subestructura (tijera de la torre)	22	12,8	2,8	2,8
49	43,44	C	2 bases de subestructura (brazos en a)	20	13	3	4
50	45	C	Soporte de la subestructura rotaria	4	12,7	2,8	2
51	45	C	Soporte para anclar malacate a la subestructura	4	12,7	2,8	2
52	45	C	Soporte de la subestructura del malacate	10	18	3	3,8
53	45	C	Pisos de la mesa	20	13	3,8	3
54	46	C	Vigas subestructura	30	15	2,8	2,2
55	47	C	Escaleras principales de acceso a la mesa	10	13	2,6	3
56	47	C	Escaleras auxiliares de acceso a la mesa.	14	15	2,7	2,5
57	48	C	Casa del perro (dog house)	20	13	4	3

No. DE COMPONENTE	No. DE CARGA	NIVEL DE IMPORTANCIA (C, P, N)	DESCRIPCIÓN DE CARGA	PESO ESTIMADO (Ton.)	TAMAÑO (metros)		
					LARGO	ANCHO	ALTO
58	49	C	Malacate	45	12	3	3
59	50	C	Bloque viajero	25	13	2,7	3
60	51	C	Mesa rotaria	40	13,5	4	2
61	51	C	Consola martin deker	1	12,6	2,6	3
62	52	C	Bandejas de cableado	10	15	2,7	2,5
63	52	C	Soporte con cableado de la subestructura (grasshopper)	5	0,5	10	0,3
64	53	C	Tanque principal de diésel.	12	9	2,8	2
65	53	C	Barrera de contención de tanque de diésel	2	13,5	3	3,5
66	54	C	Tanque auxiliar de diésel, barrera de contención	8	13,5	3	3,5
67	55	N	Taller de soldadura, equipos de soldadura.	10	13,5	4	2
68	56	N	Taller mecánico y eléctrico con cable eléctrico	20	13	2,8	2,8
69	57	C	Caballote de mástil 1	1	15	3,1	3,5
70	57	C	Caballote de mástil 2	1	15	3,1	3,5
71	57	C	Caballote principal	1	15	3,1	3,5
72	58	C	Sección torre principal	12	12,7	2,8	2
73	59	C	Sección torre con la línea stand pipe y cuello gancho	12	13	2,8	2
74	59	C	manguera rotatoria	1	2	3	0,7
75	60	C	Sección torre (anclaje trabajador)	12	12,6	2,8	2
76	61	C	Sección torre con pesas	15	13,5	2,8	0,5
77	62	C	Sección torre (incluye corona)	20	12,6	4,2	3
78	63	C	Encuelladero	4	5	4	4,3
79	63	C	Trabajadero preventoras	4	12,7	3,4	2
80	63	C	Trabajadero revestimiento	4	15	2,8	2,2
81	64	C	Top drive	22	13,5	2,7	3,5

No. DE COMPONENTE	No. DE CARGA	NIVEL DE IMPORTANCIA (C, P, N)	DESCRIPCIÓN DE CARGA	PESO ESTIMADO (Ton.)	TAMAÑO (metros)		
					LARGO	ANCHO	ALTO
82	65	C	Unidad hidráulica del top drive	5	13,5	2,7	3,5
83	65	C	Unidad de potencia hidráulica (HPU-sling shot)	2	4	2,6	2
84	65	C	Unidad de potencia hidráulica para el sistema de manejo de las preventoras (trolley)	2	4	2,6	2
85	65	C	Unidad hidráulica de la llave ST 80	2	15,6	3	3,4
86	66	C	Caseta de acumuladores con 24 botellas de cilindro de nitrógeno ensambladas	12	15,6	3	3,4
87	67	C	Sistema de la BOP trolley	5	13	2,9	3,2
88	67	C	Soporte de los trolles de la preventora	10	12,7	2,8	2
89	68	C	BOP con su skid	20	13	3	3
90	68	C	Unidad de sistema de control CAD	1	13	2,9	3,2
91	69	C	Múltiple de estrangulamiento (choke manifold)	10	5,1	4,6	2,8
92	69	C	Líneas múltiple de estrangulamiento	4	15	2,8	2,2
93	70	C	Línea de alta presión de 2"	2	13	2,6	3
94	70	C	Manguera de agua de baja de presión 8", 6", 4" OD	2	13	2,6	3
95	70	C	Línea de 6" stand pipe	5	12,6	2,6	3
96	70	C	Soporte de la línea de flujo	1	13	2,6	3
97	70	C	Línea de flujo de 6"	2	13	2,6	3
98	71	C	Rampa para levantar tubería (cat walk)	30	13	2,6	3
99	72	C	Manifold línea de stand pipe	5	12,6	2,6	3
100	72	C	Línea de retorno	10	15	2,8	2
101	72	C	Tubo conductor	1	12,6	2,8	2
102	73	C	Winches neumáticos (2)	3	12,5	2,8	2
103	73	C	Man rider	1	12,5	2,8	2
104	73	C	Llave ST 80	3	13	3	3

No. DE COMPONENTE	No. DE CARGA	NIVEL DE IMPORTANCIA (C, P, N)	DESCRIPCIÓN DE CARGA	PESO ESTIMADO (Ton.)	TAMAÑO (metros)		
					LARGO	ANCHO	ALTO
105	74	N	Cesta de herramientas de perforación	10	13	2,9	3,2
106	75	N	Unidades de deslizamiento del taladro	12	13,6	2,6	2,2
107	75	N	Baños portables	2	12,6	2,8	3
108	76	N	Soportes del campamento	25	12,6	2,8	3
109	77	N	Escaleras del campamento	15	12,6	2,8	3
110	78	N	Comedor	35	14	3	3
111	79	N	Caseta de oficina	18	13	2,5	3
112	80	N	Caseta de dormitorio 1	18	12,5	2,8	3
113	81	N	Caseta de dormitorio 2	18	12,5	2,8	3
114	82	N	Caseta de dormitorio 3	18	12,5	2,8	3
115	83	N	Caseta de dormitorio 4	18	12,5	2,8	3
116	84	N	Caseta de oficina del jefe del equipo (rig manager)	20	13	3	3
117	85	N	Caseta de oficina del jefe del pozo (company man)	20	14	3,3	3
118	86	N	Caseta de oficina del asistente del jefe del pozo (company man)	20	12,4	2,6	3
119	87	N	Caseta de oficina QHSE y mecánico	20	13	3	2,8
120	88	N	Caseta de la clínica	22	13	3	3
121	89	N	Caseta de oficina de terceras compañías	22	13	3	2,8
122	90	N	Caseta de sala de televisión	25	12,8	2,8	3
123	91	N	Caseta de lavandería.	24	12,8	2,6	3
124	92	N	Planta de tratamiento de aguas residuales	10	14	2,6	1,5
125	92	N	Caja negra de aguas residuales	2	12,6	2,6	3
126	93	N	Planta de tratamiento de agua potable	20	14	2,6	2
127	94	N	Tanques plásticos de almacenamiento de agua potable (2)	8	12,6	2,6	2
128	95	N	Generador del campamento	25	14,5	3	3

No. DE COMPONENTE	No. DE CARGA	NIVEL DE IMPORTANCIA (C, P, N)	DESCRIPCIÓN DE CARGA	PESO ESTIMADO (Ton.)	TAMAÑO (metros)		
					LARGO	ANCHO	ALTO
129	96	N	Caseta de potencia del campamento	15	14,5	3	3
130	97	N	Gabinete de trajes contra incendio	1	13	3	3
131	97	N	Vaporela	2	12,8	2,8	2,8
132	97	N	Set pop joint	1	15	2,8	2
133	97	N	Set bit sub	1	15	2,8	2
134	97	N	Set crossovers	10	15	2,8	2
135	97	N	Set lifting sub	10	15	2,8	2
136	97	N	Tambor cable de 1 3/8"	5	13,5	2,8	3
137	97	N	Caja de madera de extinguidores	1	12,5	2,8	2
138	98	N	Campana preventora	1	13	3	2,5
139	98	N	Preventora RAM (backup)	7	13	3	3
140	98	N	BOP ciegas (backup)	7	13	3	3
141	98	N	Preventor anular (backup)	7	13	3	3
142	99	N	Cesta para almacenamiento de aceites	4	15	3,1	3,5

Fuente: Nabors y autores