



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE PLATAFORMAS Y EVALUACIÓN DE FOSAS PARA LA  
DISPOSICIÓN DE RECORTES PROVENIENTES DE LA PERFORACIÓN  
DE POZOS PETROLEROS**

**Marvin Rubén Prizantzin Suquen**

Asesorado por el Ing. Manuel de Jesús Guillen

Guatemala, octubre de 2007



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PLATAFORMAS Y EVALUACIÓN DE FOSAS PARA LA  
DISPOSICIÓN DE RECORTES PROVENIENTES DE LA PERFORACIÓN  
DE POZOS PETROLEROS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**MARVIN RUBEN PRIZANTZIN SUQUEN**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL DE JESUS GUILLEN  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Christa Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Julio Luna Aroche
SECRETARIA	Ing. Marcia Ivonne Véliz Vargas



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **DISEÑO DE PLATAFORMAS Y EVALUACIÓN DE FOSAS PARA LA DISPOSICIÓN DE RECORTES PROVENIENTES DE LA PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS,**

tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, el 21 de julio de 2006.

Marvin Rubén Prizantzin Suquen



## ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Padre creador y Dios de amor, gracias por darme la oportunidad de existir y bendecir mi camino con tu gran misericordia y bondad infinita.
- Jesucristo** Gracias por estar conmigo en los momentos mas difíciles de mi vida y no abandonarme jamás. La honra y la gloria sean para ti por los siglos de los siglos.
- Mis padres** **Mario Rubén Prizantzin y Blanca Lesbia de Prizantzin.** Porque siempre a pesar de todos las dificultades de la vida se preocuparon por formarme como un hombre de bien, teniendo como principal objetivo el temor a Jehová.
- Mi hermana** **Diana:** que este triunfo te sirva como motivación para alcanzar tus sueños.
- Mi sobrino** **Rubén Andrés:** mi precioso que Dios bendiga tú vida y este esfuerzo te sirva como ejemplo de perseverancia para alcanzar tus propias metas. Gracias por devolverme la ilusión de triunfar profesionalmente.

**Mi abuela**      **Florencia:** gracias por sus consejos y paciencia hacia mí persona.

**Mi familia**      A todos ellos como parte importante de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

**Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Hidrocarburos, Departamento de Desarrollo Petrolero.** Gracias por su apoyo y orientación en la investigación del presente trabajo de graduación.

**Ing. Civil Elvis Sergio Cifuentes Alvarado, Asesor Ing. Manuel de Jesús Guillén Fernández y Supervisora de EPS Inga. Christa Classon de Pinto.** Agradeciendo su preciado tiempo dedicado y sus conocimientos profesionales para la elaboración del presente trabajo de graduación.

**Universidad de San Carlos de Guatemala.** Fuente inagotable de conocimiento.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	XI
<b>GLOSARIO</b>	XIII
<b>RESUMEN</b>	XV
<b>OBJETIVOS</b>	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIX
<b>1. RESEÑA HISTÓRICA DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS</b>	<b>1</b>
1.1. Origen del Ministerio	1
1.2. Misión y Visión	1
1.3. Política ambiental	2
1.4. Dirección General de Hidrocarburos	3
<b>2. ORIGEN DEL PETROLEO Y SUS BENEFICIOS</b>	<b>5</b>
2.1. Cuencas sedimentarias existentes en el país	6
2.2. Descripción, localización de cada cuenca	6
2.3. Campos petroleros existentes en Guatemala	8
2.4. Historia de exploración y explotación petrolera en Guatemala	8
2.5. La importancia del medio ambiente	9
2.6. Beneficios de la industria petrolera en Guatemala	9
<b>3. ASPECTOS GENERALES DE UNA PERFORACIÓN</b>	<b>11</b>
3.1. Perforación de pozos petroleros	11
3.1.1. Análisis, estudio y geología para establecer el área a perforar	11
3.2. Métodos de perforación	12
3.3. Componentes del taladro de perforación rotatoria	12

3.3.1. La planta de fuerza motriz	13
3.3.2. El sistema de izaje	13
3.3.3. El malacate	13
3.3.4. El cable de perforación	14
3.4. El sistema rotatorio	14
3.4.1. La mesa rotatoria	15
3.4.2. La junta giratoria	15
3.4.3. La junta Kelly	15
3.4.4. La sarta de perforación	16
3.5. El sistema de fluido de perforación	17
3.5.1. Las bombas de circulación	18
3.5.2. La bomba a la junta giratoria	18
3.5.3. El fluido de perforación	18
3.5.4. Funciones del fluido de perforación	19
3.5.5. Tipos de fluidos de perforación	19
3.6. Prospecto de perforación	21
3.6.1. Planificación	21
3.7. Etapa de aprobación	23
3.7.1. Niveles de aprobación	23
3.8. Diseño de programa de perforación	24
3.8.1. Programa integral de perforación	24
3.8.2. Sub-programa integral de presiones	24
3.8.3. Sub-programa integral de lodo	24
3.8.4. Sub-programa integral de revestimientos	25
3.8.5. Sub-programa integral de barrenas	25
3.8.6. Sub-programa integral de cementaciones	26
3.8.7. Hidráulica de la perforación rotatoria	26
3.9. Parámetros a considerarse en el proceso de perforación	28
3.10. Pruebas de producción y presión	30

<b>4. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL</b>	<b>31</b>
4.1. Descripción del proyecto	31
4.1.1. Diseño de plataformas de perforación	31
4.1.2. Vías de acceso	32
4.1.3. Clasificación de caminos para instalaciones petroleras	33
4.1.4. Clasificación de camino hacia el pozo Xan 43	35
4.1.5. Especificaciones para el diseño	36
4.1.6. Carga para diseño	42
4.1.7. Parámetros para el diseño de una plataforma de perforación	49
4.1.8. Situación ambiental	52
4.1.8.1. Estudio de impacto ambiental	52
4.2. Evaluación de campo	53
4.2.1. Aspectos importantes de una evaluación de campo	53
4.2.2. Caracterización del área	53
4.3. Caracterización del medio abiótico	56
4.4. Análisis de resultados	56
4.4.1. Ruta de acceso al pozo proyectado	56
4.4.2. Emplear prácticas ambientales adecuadas	57
4.4.3. Vida silvestre	57
4.4.4. Vegetación	57
4.4.5. Control de desechos sólidos y cuerpos de agua	58
4.4.6. Inspecciones de monitoreo y seguimiento	58
4.4.7. Actividades finales de protección	58
4.4.8. Restauración de zonas degradadas	59
4.4.9. Procedimiento de manejo de desechos sólidos	64
4.5. Medidas ambientales aplicables a la industria petrolera	65
4.5.1. Medidas ambientales	65
4.6. Topografía del lugar	66
4.7. Tipo de suelo donde se establecerá la plataforma	66

4.8. Profundidad a perforar	67
4.8.1. Tamaño del equipo de perforación	70
4.8.2. Clima	71
4.9. Cargas a soportar en la plataforma	71
<b>5. EVALUACIÓN DE FOSAS</b>	<b>73</b>
5.1. Evaluación de fosas para recortes provenientes de la perforación	74
5.1.1. Uso del lodo de perforación	75
5.2. Diseño de la geometría del pozo	76
5.2.1. Pasos a seguir en el diseño de la geometría del pozo	76
5.2.2. Geometría del pozo perforado	77
5.3. Parámetros para el diseño de fosas	78
5.3.1. Guía recomendada	80
5.4. Tamaño de la fosa	81
<b>6. COMPARACIÓN DE FOSAS EN DOS CASOS DISTINTOS</b>	<b>83</b>
6.1. Método tradicional	83
6.1.1. Evaluación de la fosa	83
6.1.2. Concesión de permisos	83
6.1.3. Diseño de la fosa	84
6.1.4. Parámetros a tomar en cuenta en el diseño	85
6.1.4.1. Programa de fluidos de perforación	86
6.1.5. Eficiencia de una fosa tradicional	88
6.1.6. Ventajas de este sistema de fosas	90
6.1.7. Desventajas del sistema	90
6.1.8. Tiempo estimado en la elaboración de las fosas	91
6.2. Locacion seca (circuito cerrado)	92
6.2.1. Evaluación de tanques para circuito cerrado	92
6.2.2. Diseño de un circuito cerrado	95

6.2.2.1. Construcción de una Locacion Seca	96
6.2.2.2. Organización de puntos importantes	97
6.2.3. Parámetros a tomar en el diseño de un circuito cerrado	100
6.2.3.1. Planificación de un circuito cerrado	100
6.2.3.2. Programa hidráulico	100
6.2.3.3. Zarandas	102
6.2.3.4. Deshidratación	104
6.2.4. Eficiencia de un circuito cerrado	104
6.2.4.1. Ventajas del sistema propuesto	105
6.2.4.2. Desventajas del sistema propuesto	106
6.2.5. Implementación de un circuito cerrado	106
6.2.5.1. Tiempo de implementación del sistema	108
<b>7. EVALUACIÓN FINAL DE LOS DOS SISTEMAS PROPUESTOS</b>	<b>109</b>
7.1. Recopilación de resultados de la perforación de Xan 43	109
7.1.1. Fase I	109
7.1.2. Fase II	110
7.1.3. Fase III	111
7.1.4. Reporte de perforación	112
7.1.5. Parámetros mecánicos	112
7.1.6. Geometría del pozo	112
7.1.7. Parámetro de volumen de lodo circulado	113
7.2. Fases a perforar	114
7.2.1. Fase I	115
7.2.2. Distribución de tiempo de las operaciones de la Fase I	116
7.2.3. Fase II	117
7.2.4. Distribución de tiempo de las operaciones de la Fase II	119
7.2.5. Fase III	119
7.2.6. Distribución de tiempo de las operaciones de la Fase III	121

7.3. Reología e hidráulica del tipo de lodo a utilizar	122
7.3.1. Reología e hidráulica del lodo de perforación Xan 43	122
7.4. Equipo de control de sólidos a ser utilizado	125
7.4.1. Equipo utilizado durante la perforación del pozo Xan 43	127
7.5. Comparación de resultados	128
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>135</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>137</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>139</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Diseño de plataforma de perforación Xan – 43	143
2.	Diseño de fosas de lodos de perforación	144
3.	Reconocimiento de las vías de acceso	145
4.	Camino de segunda clase	146
5.	Cargas de diseño	147
6.	Reconocimiento Ambiental	148
7.	Topografía del lugar de construcción	149
8.	Cargas a soportar en la plataforma	151
9.	Preparación del área de construcción de las fosas	152
10.	Construcción de las fosas	153
11.	Fosas de perforación trabajando	154
12.	Lodo no densificado	155
13.	Locación seca diagrama de referencia	156
14.	Locación seca, Fluido densificado	157

## TABLAS

I.	Magnitud del ancho de la corona	36
II.	Magnitud de velocidad de diseño	37
III.	Valor máximo de la pendiente	37
IV.	Magnitud de ancho rodamiento	38
V.	Valores máximos de sobreelevación	38
VI.	Valor mínimo admisible de radio	39
VII.	Valores de ampliación	40
VIII.	Valores de distancia de visibilidad de parada	41
IX.	Valores y frecuencia mínima para las oportunidades de paso	42
X.	Tipo de estructuras para cada clase de camino	43
XI.	Velocidades máximas admisibles	44
XII.	Gastos para cunetas de 1m x 0.30m	44
XIII.	Anchos mínimos	45
XIV.	Grados de compactación	46
XV.	Grados de compactación y espesores de revestimiento	46
XVI.	Altura del mástil Vrs. Área de instalación de la plataforma	50
XVII.	Barrenas de la Fase I	68
XVIII.	Barrenas de la Fase II	68
XIX.	Barrenas de la Fase III	68
XX.	Perforación en 17 1/2"	69
XXI.	Perforación en 12 1/4"	69
XXII.	Perforación en 8 1/2"	69
XXIII.	Programa de revestimiento	70
XXIV.	Programa de cementación	70

XXV.	Equipo de perforación	71
XXVI.	Límites permisibles de descarga de líquidos (Aguas Negras)	73
XXVII.	Límites permisibles de descarga de fluidos	74
XXVIII.	Broca Vrs. Casing utilizado en el pozo Xan 43	77
XXIX.	Límites máximos para fluidos de desecho	80
XXX.	Límites máximos lixiviados para suelos de desecho	81
XXXI.	Consumo de aditivos	87
XXXII.	Disponibilidad de aditivos	88
XXXIII.	Equipo de concepto de locacion seca	99
XXXIV.	Punto de corte, malla de zarandas	103
XXXV.	Parámetros de perforación de 17 1/2"	109
XXXVI.	Parámetros de perforación de 12 1/4"	111
XXXVII.	Parámetros de perforación de 8 1/2"	112
XXXVIII.	Tuberías de revestimiento Casing de 13 3/8"	115
XXXIX.	Medidas de Desviación de la Fase I	115
XL.	Tiempos de operaciones	116
XLI.	Tuberías de revestimiento Casing de 9 5/8"	117
XLII.	Medidas de desviación de la Fase II	117
XLIII.	Tiempo de operación fase II	119
XLIV.	Tuberías de revestimiento Casing de 7"	119
XLV.	Medidas de Desviación de la Fase III	120
XLVI.	Tiempos de operaciones, fase III	121
XLVII.	Peso y viscosidad del lodo Xan 43	122
XLVIII.	Comienzo de la fase día 7	123
XLIX.	Reología e Hidráulica día 8	123
L.	Reología e Hidráulica día 14	123
LI.	Comienzo de la fase III día 21	124
LII.	Reología e Hidráulica día 23	124
LIII.	Reología e Hidráulica día 25	124

LIV.	Reología e Hidráulica día 30	125
LV.	Equipo de control de sólidos	127
LVI.	Datos obtenidos en la perforación del pozo Xan 43	128
LVII.	Comparación de resultados Locación seca Vrs Fosas	129
LVIII.	Tejido mallas cuadradas	130
LIX.	Malla Swaco	131
LX.	Mallas Derrick para circuito cerrado	131
LXI.	Mallas PMD DX para circuito cerrado	131
LXII.	Ángulo de malla	131
LXIII.	Tipos de falla en zarandas utilizadas en circuito cerrado	132
LXIV.	Topes y espesores de la formación Xan 43	133

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
°C	Grados centígrados
°F	Grados fahrenheit
cm	Centímetro
m	Metros
Km	Kilómetros
mm	Milímetros
Lbs/pie	Libras por cada pie
rpm	Revoluciones por minuto
Kg	Kilogramos
pH	Potencial de hidrogeno
ppm	Partes por millón
gpm	Galones por minuto
%	Porcentaje
GLP	Gas licuado de petróleo
hrs	Horas
lpg	Libras por galón
cdf	Caballos de fuerza o HP
Zn	Zinc
V	Vanadio
Ni	Níquel
psig	Libras por pulgada cuadrada manométrica



## GLOSARIO

<b>Agitadores</b>	Paletas que mezclan el lodo dentro de los tanques de lodo, para mantener una mezcla uniforme de los líquidos y sólidos contenidos.
<b>Análisis del lodo</b>	Examen del fluido para revelar la presencia de petróleo, agua o gas.
<b>Ángulo de desviación</b>	El ángulo indicado en grados hacia el cual se desvía el pozo desde la vertical por medio de herramientas de control.
<b>Armadura de control</b>	Ensamble de válvulas, tubos y otros aparatos a presión que controlan el flujo de petróleo o gas desde el pozo.
<b>Barrena</b>	Elemento de perforación que penetra la formación.
<b>Bomba de lodo</b>	Bomba alternante movida por transmisión y eje, que, a su vez, son activados por un motor independiente, sea eléctrico o mecánico.



## RESUMEN

El balance entre los sistemas que componen el medio ambiente donde vivimos debe ser lo más armónico posible, lo cual se conoce como Desarrollo Sustentable y debemos mantener esta armonía en cualquier sistema de explotación petrolera. El petróleo constituye la principal fuente energética a nivel mundial y su impacto como agente contaminante es considerable y afecta a una gran diversidad de ecosistemas. El objetivo del presente trabajo es evaluar dos sistemas de remediación de desechos generados por la actividad petrolera, los cuales son las fosas que tradicionalmente son usadas y la implementación de una Locación Seca (circuito cerrado). Así como también se menciona los parámetros que se deben de tomar en consideración en la construcción de las plataformas de perforación.

En el caso de las fosas es de mucha importancia tomar en cuenta los tipos y las cantidades de sólidos presentes en los sistemas de lodo, ya que por medio de esta información se puede determinar la densidad del fluido, la viscosidad, los esfuerzos de gel, la calidad del revoque y el control de filtración, los cuales si no se tiene un control adecuado pueden en un futuro afectar en el volumen de lodo destinado hacia las fosas.

El control de las fosas en el aspecto de la remoción de sólidos es uno de los aspectos más importantes, ya que este tiene un impacto directo sobre la eficacia de la perforación.

En el caso de una Locación Seca (circuito cerrado) trabaja como un sistema que en su fase final permite recuperar de un fluido los sólidos y líquidos deseables, al mismo tiempo que descarta los indeseables. Mediante la aplicación de un circuito cerrado se recuperan fase líquidas costosas, y se evita el impacto ambiental causado por los desechos producidos por la perforación.

# OBJETIVOS

## General

Detallar los parámetros necesarios para el diseño de plataformas en tierra, así como evaluar los volúmenes de recortes que se depositarán en las fosas y a la vez hacer una comparación utilizando una Locacion Seca, que en otros países con operaciones petroleras es practica común.

## Específicos

1. Analizar los requisitos constructivos mínimos para la elaboración de una plataforma de perforación.
2. Determinar los volúmenes de fluidos de perforación, para establecer las especificaciones mínimas para la construcción de fosas.
3. Evaluación de fosas tradicionales y comparación con la implementación de una Locacion Seca (circuito cerrado) para disposición de recortes.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente, el petróleo sigue siendo el punto de discordia y dominio energético en el ámbito mundial, los grandes volúmenes de producción que se alcanzan en los países Árabes son apetecidos por el alto consumo de los países industrializados, pero esta área es de conflictos políticos constantes, lo que provoca que países como EEUU busqué otras regiones donde existan entrapamientos de hidrocarburos, y que representen una fuente inmediata de abastecimiento.

Guatemala tiene un buen potencial de encontrar yacimientos (especialmente en la parte oeste del Peten, norte de Quiche, Huehuetenango, y parte Este del país), aunque el énfasis normalmente es la búsqueda de petróleo, las posibilidades de encontrar Gas Natural son muy halagadoras especialmente por el tipo de inversiones que requerirá su aprovechamiento y explotación.

Por tales motivos, se debe de tener un especial cuidado en la depositación de los desechos que se generan con estas actividades, ya que estas podrían causar un daño irreparable al medio ambiente. A raíz de este problema, la industria petrolera ha modificado sus operaciones para incluir tecnología que reduzca o disminuye el potencial de daño al ambiente y de esta forma eliminar o minimizar el riesgo futuro asociado con este daño. Esto ha dado un mayor énfasis al concepto de Locacion Seca, el cual puede reducir el impacto ambiental y costo final de la operación de perforación.

En el caso de nuestro país se utiliza en la actualidad el sistema de fosas recubiertas de disposición de recortes, el cual es una técnica que reduce el impacto ambiental en un 85%.

# 1. RESEÑA HISTORICA DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

## 1.1. Origen del Ministerio

El Ministerio de Energía y Minas fue elevado a categoría de Ministerio el 1 de julio de 1983 a través del Decreto Ley 106-83, publicado en el Diario Oficial, el desarrolló para la creación del Ministerio es el siguiente: por iniciativa del Organismo Ejecutivo, en 1978 se emitió el Decreto 57-78 del Congreso de la República, mediante el cual se creó la Secretaría de Minería, Hidrocarburos y Energía Nuclear, llamada por esa ley a conocer las actividades que dejaron de ser competencia del Ministerio de Economía. Posteriormente, en 1983 se emite el Decreto 86-83, mediante el cual se nombra Secretaría de Energía y Minas y se amplían al mismo tiempo sus funciones y atribuciones.

## 1.2. Misión y Visión

### o Visión

Promover el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables y no renovables, mineros, estableciendo una política orientada a tener mejores resultados en la exploración y explotación de dichos recursos, con el objeto de lograr la independencia energética del país, **el autoabastecimiento de los hidrocarburos**, y el desarrollo sostenido de las actividades mineras, coadyuvando al fortalecimiento económico y social del país.

- **Misión**

Orientar y facilitar el desarrollo del sector energía (sub. sector eléctrico e **hidrocarburos**) y del sector minería hacia la satisfacción del mercado actual y futuro, promoviendo la óptima utilización de los recursos naturales, salvaguardando el medio ambiente y mejorando el nivel de vida de los habitantes.

### **1.3. Política Ambiental**

El Ministerio siguiendo con el plan del gobierno, se planteó la necesidad de un desarrollo equilibrado y cumplir con el mandato constitucional de fomentar la exploración y explotación de los hidrocarburos, decidiendo incorporar la variable ambiental como una política institucional, se inició con varias estrategias que a continuación se describen:

- **Monitoreo Ambiental:** Se contrató personal especializado en materia ambiental, iniciando una nueva modalidad de supervisión técnico-ambiental de las operaciones en el campo, como resultado se comenzó a discutir y proponer los sitios de perforación de pozos incluyendo el factor ambiental, análisis de los estudios de impacto ambiental, se solicitó a las empresas que usaran geomenbrana para el recubrimiento de las fosas de lodos de perforación y se redujo el tamaño de los emplazamientos.
- **Elaboración de Reglamentos:** El Ministerio, propuso elaborar un reglamento para la exploración y explotación de los hidrocarburos de manera conjunta con CONAP y CONAMA. Como norma ambiental se establece la ISO 14001 para poder operar en las actividades petroleras.

## **1.4. Dirección General de Hidrocarburos**

### **○ Metas**

La Dirección tiene establecidas metas para el presente año, en lo referente a realizar un mejor control del pago del impuesto de distribución de los combustibles. Por otro lado se encuentra el de elevar la producción de hidrocarburos.

### **○ Funciones**

Las principales funciones de la Dirección General de Hidrocarburos, es proponer al Ministerio de Energía y Minas, la política petrolera del país. Sin embargo, para llevar a cabo tiene necesariamente que supervisar, controlar y fiscalizar a todas las empresas que se desenvuelven en el subsector de hidrocarburos, además debe vigilar que se cumplan los contratos de operaciones de exploración, explotación y transporte de petróleo crudo, condensados y gas natural que suscriba el Ministerio.



## 2. ORIGEN DEL PETRÓLEO Y SUS BENEFICIOS

El petróleo se deriva de dos palabras latinas Petra y Oleum que significan roca y aceite respectivamente. Este nombre se originó debido a que el petróleo usualmente se encuentra en el subsuelo entre formaciones rocosas. Este es un compuesto de hidrocarburos principalmente de carbono e hidrógeno.

Existen dos teorías fundamentales que tratan de explicar el origen de los hidrocarburos y son las siguientes: La teoría orgánica y la teoría inorgánica, la primera es la mas aceptada por la comunidad científica.

Esta hipótesis sostiene que en la tierra surgió la vida hace millones de años y que nuestro planeta estuvo habitado por infinidad de plantas y animales, era la época en que predominaban la vegetación densa, los dinosaurios y otros seres vivos los cuales sucumbieron en los periodos de los cataclismos y a la vez estos se alojaron en las profundidades de la tierra que con el tiempo se convirtieron en materia orgánica, dando origen al petróleo.

En el caso de Guatemala estas cuencas se formaron hace millones de años (Cretácico inferior), inicialmente se dio un aumento en el nivel del mar, en los márgenes del continente, lo que dio como resultado el desarrollo de una diversidad biológica (formación de arrecifes, algas, etc.) así como acumulación de sedimentos provenientes de rocas continentales, producto de la erosión de las nuevas costas, formándose así las cuencas sedimentarias.

## **2.1. Cuencas Sedimentarias existentes en el País**

Guatemala tiene cuatro cuencas sedimentarias en las mismas existe la posibilidad de encontrar yacimientos de petróleo y gas natural, estas son:

- Peten norte o paso caballos
- Peten sur o chapayal
- Amatique
- Del pacifico

## **2.2. Descripción, localización de cada cuenca Sedimentaria**

### **a) Cuenca Peten Norte o Paso Caballos**

Geológicamente esta cuenca se encuentra cubierta por un alto porcentaje de sedimentos yesíferos que fueron depositados en un medio del margen de la plataforma continental. Tectónicamente es una cuenca estable, comprobada por la leve deformación de las capas que la conforman en el subsuelo, los yacimientos de hidrocarburos son de tipo estratigráfico, es decir parten de un estrato rocoso.

Los trabajos de exploración sísmica, han permitido la detección de estructuras de gran magnitud, algunas han sido perforadas, y existe la posibilidad de encontrar grandes acumulaciones de hidrocarburos en esta cuenca. Actualmente, en esta cuenca existen dos campos petroleros: Xan y Chocop, en estos yacimientos el petróleo está acumulado en una estructura tipo arrecifal formada hace millones de años, definida geológicamente como la unidad Cobán B-8. Estos horizontes productores se encuentran a profundidades entre 1,500 a 2,400 metros.

### **b) Cuenca Peten Sur o Chapayal**

Esta cuenca ha sufrido eventos de compresión y tensión, a través del tiempo geológico, lo que ha dado como resultado la formación de trampas de tipo estructural, como por ejemplo bloque fallados, plegamientos y domos salinos. A través de la exploración indirecta, se ha comprobado su complejidad estructural. Así mismo, en ella se han descubierto los campos petroleros: Tortugas, Rubelsanto, Chinajá, Caribe, Tierra Blanca, Yalpemech y Fray Bartolomé de las casas. Los horizontes productores se encuentran en el miembro Coba C, a las profundidades que oscilan entre 1,500 a 2,700 metros.

### **c) Cuenca Amatique**

Esta cuenca contiene en general los ambientes depositados de tipo fluvial, fluviodeltaico y lacustre. Esto implica una deposición de material sedimentario grueso cerca de la costa y de material fino aguas adentro. Superficialmente se tiene evidencia de hidrocarburos, como es el caso de los manaderos de río frío, en el municipio del Estor, departamento de Izabal, lo que constituye un buen parámetro de la existencia de acumulaciones de petróleo en el subsuelo. Por consiguiente, es una cuenca con buen potencial de petróleo, donde se han localizado varias estructuras, que han sido escasamente exploradas por cuatro pozos: El Manglar-1, Livingston, Manabique 1C y Colorado 1X.

### **d) Cuenca del Pacífico**

La cuenca esta formada por la zona de costa y su prolongación a la fosa mesoamericana y probablemente contiene mas de 10,000 metros de sedimentos desde las edades Jurásica a Terciaria.

Se han perforado tres pozos: El Madre Vieja, San José y Petrel, estos pozos exploratorios han perforado una serie sedimentaria constituida por areniscas, conglomerados y lutitas.

### **2.3. Campos Petroleros existentes en Guatemala**

Los campos petroleros existentes en la actualidad en nuestro país son los siguientes: Xan, Rubelsanto, Chinajá Oeste, Caribe, Tierra blanca, Yalpemech, Chocop y Tortugas (inactivo).

### **2.4. Historia de la exploración y explotación petrolera en Guatemala**

La primera legislación específica sobre la exploración y explotación de hidrocarburos entra en vigencia en 1922.

El primer pozo exploratorio en Guatemala, el Castillo Armas-1 fue perforado en 1958 por el grupo de Stonry J. En Morales, departamento de Izabal.

En 1,974 se publica la ley del régimen petrolífero de la nación (Decreto Ley 62-74), la compañía Recursos del Norte y sus asociados iniciaron trabajos para la prospección mineral, como resultado, en 1,974, el grupo Shenandohad, hizo su primer descubrimiento comercial en Guatemala, con el pozo Rubelsanto-1, perforado a una profundidad de 1,624 metros.

La prueba de producción que abarcó cuatro zonas de la formación Cobán C, produjo 3,000 barriles/día de petróleo de 30° API.

En octubre de 1,976, se declara el campo petrolero Rubelsanto como comercial.

En el año de 1978, el consorcio Shenandoah, Saga Petroleum y Basic, inician la construcción del oleoducto Rubelsanto-Santo Tomas, con una longitud de 235 kilómetros y diseñada para transportar un promedio de 35,000 barriles diarios, desde el campo Rubelsanto hacia la terminal de almacenamiento Piedras Negras en el Puerto Santo Tomas de Castilla, iniciando sus operaciones de transporte en Enero de 1,980. Actualmente existen 4 empresas que operan contratos de exploración y explotación de hidrocarburos: Perenco Guatemala Limited, Oil Technology Services, Compañía Petrolera del Atlántico y Petrolatina.

## **2.5. La importancia del medio Ambiente en las operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos**

La política de la actual administración, es cumplir con la responsabilidad de exploración y explotación de hidrocarburos, sin menoscabo del medio ambiente dentro de su marco legal vigente.

En el Ministerio, sabemos que la exploración de petróleo, además de cumplir con sus propios objetivos, debe prever la incorporación de aquellos relacionados con la elevación de la calidad de vida de la población y propiciar el uso integral, racional y sostenido de los recursos naturales del país.

## **2.6. Beneficios de la Industria Petrolera en Guatemala**

En este sentido, la actividad petrolera tiene una importancia fundamental para el desarrollo de la economía en general, además provee insumos y combustibles necesarios para la producción de energía, genera divisas, transferencia de tecnología, conocimientos y constituye una importante fuente de empleos. Los beneficios directos toman en cuenta beneficios tangibles como los siguientes:

#### **a) Generación de divisas**

En la actualidad el petróleo representa el 4to. Producto tradicional de exportación de Guatemala, generando importantes flujos de divisas al país, en concepto de exportación.

#### **b) Carreteras Asfaltadas**

Siendo las carreteras un medio para que la población guatemalteca se desarrolle económicamente, el gobierno a dado hasta la fecha, concesiones para la construcción y reparación de 5,000 kilómetros, de las cuales el 90% se han trabajado con asfalto proveniente de la producción nacional de petróleo.

#### **c) Generación de Empleo**

La industria petrolera contrata aproximadamente 3,000 guatemaltecos desde profesionales en diferentes disciplinas y hasta técnicos y obreros que viven en las comunidades cercanas. Además genera mano de obra indirecta a más de 10,000 empleados.

#### **d) Obra Social en las Comunidades**

Los contratos celebrados entre el Estado de Guatemala, a través del Ministerio de Energía y Minas, y las compañías contratistas establecen que las mismas deben de realizar la construcción de infraestructura necesaria en las comunidades que se encuentran en el área de trabajo. Estas compañías han realizado proyectos de perforación de pozos, introducción y red de distribución de agua potable, así como la construcción de escuelas rurales.

### **3. ASPECTOS GENERALES DE UNA PERFORACIÓN**

#### **3.1. Perforación de pozos Petroleros**

En la fase de perforación se consideran dos tipos de pozos: exploratorio y desarrollo. Exploratorio, es aquel que se perfora inicialmente en una estructura de interés, el pozo de desarrollo es perforado en un campo de petróleo o gas, ya conocido.

El sitio de ubicación de un pozo es autorizado por la Dirección General de Hidrocarburos, quien analiza y aprueba los aspectos técnicos y ambientales. Así como, el trazo de los caminos de acceso el cual no debe exceder de 5 metros de ancho.

### **3.2. Métodos de Perforación**

- **El sistema a percusión**

La industria petrolera comenzó en 1859 utilizando el método de perforación a percusión, llamado también “a cable”. Se identificó con estos dos nombres porque para desmenuzar las formaciones se utilizó una barra de configuración, diámetro y peso adecuado, sobre la cual se enrosca una sección adicional metálica fuerte para darle más peso, rigidez y estabilidad. Por encima de esta pieza se enrosca un percutor eslabonado para hacer efectivo el momento de impacto (altura x peso) de la barra contra la roca.

- **Perforación Rotatoria**

La perforación rotatoria se utilizó por primera vez en 1901, en el campo de Spindletop, cerca de Beau Montt, Texas, descubierto por el capitán Anthony F. Lucas, pionero de la industria como explorador y sobresaliente ingeniero de minas y de petróleos. Este nuevo método de perforar trajo innovaciones que difieren radicalmente del sistema de perforación a percusión, que por tantos años había servido a la industria. Las innovaciones más marcadas fueron: el sistema de izaje, el sistema de circulación del fluido de perforación y los elementos componentes de la sarta de perforación.

### **3.3. Componentes del taladro de perforación rotatoria**

Los componentes del taladro son:

- La planta de fuerza motriz.
- El sistema de izaje o levantamiento.
- El sistema rotatorio.

- La sarta de perforación.
- El sistema de circulación de fluidos de perforación.

La función principal del taladro es hacer el pozo, lo más económicamente posible.

### **3.3.1. La planta de fuerza motriz**

La potencia de la planta debe ser suficiente para satisfacer las exigencias del sistema de izaje, del sistema rotatorio y del sistema de circulación del fluido de perforación. La potencia máxima teórica requerida está en función de la mayor profundidad que pueda hacerse con el taladro y de la carga más pesada que represente la sarta de tubos requerida para revestir el hoyo a la mayor profundidad.

### **3.3.2. El sistema de levantamiento (izaje)**

Durante cada etapa de la perforación, y para las subsecuentes tareas complementarias de esas etapas para introducir en el pozo la sarta de tubos, la función del sistema izaje es esencial. Los componentes principales del sistema de izaje son:

### **3.3.3. El malacate**

Ubicado entre las dos patas traseras de la cabria, sirve de centro de distribución de potencia para el sistema de izaje y el sistema rotatorio. Su funcionamiento está a cargo del perforador, quien es el jefe inmediato de la cuadrilla de perforación.

### **3.3.4. El cable de perforación**

El cable de perforación, que se devana y desenrolla del carrete del malacate, enlaza los otros componentes del sistema de izaje como son el cuadernal de poleas fijas ubicado en la cornisa de la cabria y el cuadernal del bloque viajero. El cable de perforación consta generalmente de seis ramales torcidos. Normalmente, el diámetro de los cables de perforación oscilan entre 22 mm a 44 mm; con valores intermedios que se incrementan en 3.2 mm, aproximadamente.

#### **➤ La cabria de perforación**

Se fabrican varios tipos de cabrias:

Portátil y autopropulsada, montadas en un vehículo adecuado; telescópicas o trípodes que sirven para la perforación, para el reacondicionamiento o limpieza de pozos.

#### **➤ El aparejo o polipasto (bloque corona)**

Para obtener mayor ventaja mecánica en subir o bajar los enormes pesos que representan las tuberías, se utiliza el aparejo o polipasto.

### **3.4. El sistema rotatorio**

El sistema rotatorio es parte esencial del taladro o equipo de perforación. Por medio de sus componentes se hace el hoyo hasta la profundidad donde se encuentra el yacimiento petrolífero.

En sí, el sistema se compone de la mesa rotatoria o colisa; de la junta o unión giratoria; de la junta kelly o el kelly; de la sarta o tubería de perforación que lleva la sarta lastra barrena, y finalmente la barrena.

#### **3.4.1. La mesa rotatoria**

La mesa rotatoria va instalada en el centro del piso de la cabria. Descansa sobre una base muy fuerte, constituida por vigas de acero que conforman el armazón del piso, reforzado con puntales adicionales. La colisa tiene dos funciones principales: impartir el movimiento rotatorio a la sarta de perforación o sostener todo el peso de esta sarta mientras se le enrosca otro tubo para seguir ahondando el hoyo, o sostener el peso de la sarta cuando sea necesario para desenroscar toda la sarta en parejas o triples para sacarla toda del hoyo.

#### **3.4.2. La junta giratoria o Unión giratoria (Swivel)**

La junta giratoria tiene tres puntos importantes de contacto con tres de los sistemas componentes del taladro. Por medio de su asa, cuelga del gancho del bloque viajero. Por medio del tubo conector encorvado, que lleva en su parte superior, se une a la manguera del fluido de perforación, y por medio del tubo conector que se proyecta de su base se enrosca a la junta kelly.

#### **3.4.3. La junta kelly o cuadrante**

Generalmente tiene configuración cuadrada, hexagonal, o redonda y acanalada, y su longitud puede ser de 12, 14 ó 16.5 metros. Su diámetro nominal tiene rangos que van de 6 cm. hasta 15 cm., y diámetro interno de 4 cm. a 9 cm. El peso de esta junta varía de 395 Kg. a 1.6 toneladas.

#### **3.4.4. La sarta de perforación**

La sarta de perforación es una columna de tubos de acero, de fabricación y especificaciones especiales, en cuyo extremo inferior va enroscada la sarta de lastra barrena y en el otro extremo está enroscada la barrena, pieza también de fabricación y especificaciones especiales, que corta los estratos geológicos para hacer el hoyo que llegará al yacimiento petrolífero.

##### **➤ La barrena de perforación**

Cada barrena tiene un diámetro específico que determina la apertura del hoyo que se intente hacer. Y como en las tareas de perforación se requieren barrenas de diferentes diámetros, hay un grupo de gran diámetro que va desde 610 hasta 1,068 milímetros, 24 a 42 pulgadas, y seis rangos intermedios, para comenzar la parte superior del hoyo y meter una o dos tuberías de superficie de gran diámetro. El peso de esta clase de barrenas es de 1,080 a 1,575 kilogramos, lo cual da idea de la robustez de la pieza. El otro grupo de barrenas, de 36 rangos intermedios de diámetro, incluye las de 73 hasta 660 milímetros de diámetro, 3 a 26 pulgadas, cuyos pesos acusan 1.8 a 552 kilogramos.

##### **➤ La tubería lastra barrena**

La lastra barrena, como todo el equipo petrolero, se fabrican de acuerdo a normas y especificaciones del Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute, API) utilizando aleaciones de aceros especiales con cromo y molibdeno que tengan óptima resistencia y ductibilidad. Generalmente, la longitud de cada tubo puede ser de 9, 9.5, 9.75, 12.8 y 13.25 metros.

La gama de diámetros externos va de 189 a 279 milímetros, 7 a 11 pulgadas, y los diámetros internos de 38 a 76 milímetros y peso de 364 a 4,077 kilos, respectivamente.

➤ **La tubería de perforación**

La tubería de perforación va conectada al lastra barrena superior y su último tubo se enrosca a la junta kelly, la cual le imparte a la barrena y a toda la sarta el movimiento rotatorio producido por la colisa.

La tubería de perforación se fabrica en una variada selección de diámetros externos nominales desde 25.4 hasta 317.5 milímetros. Los diámetros por debajo de 76 milímetros y los mayores de 139.7 milímetros se emplean para casos especiales. Generalmente, los diámetros de uso corriente son de 88.9, 101.6, 114.3, 127 y 139.7 milímetros que, respectivamente, corresponden a 3 1/2, 4, 4 1/2, 5, 5 1/2 pulgadas. La longitud de cada tubo varía según el rango API. El rango 1 posee una longitud de 5.5 a 6.7 metros; el rango 2, de 8.2 a 9.1 metros y el rango 3, de 11.6 a 13.7 metros.

### **3.5. El sistema de circulación del fluido de perforación**

El sistema de circulación del fluido de perforación es parte esencial del taladro. Sus dos componentes principales son: el equipo que forma el circuito de circulación y el fluido propiamente.

### **3.5.1. Las bombas de circulación**

La función principal de las bomba de circulación es mandar determinado volumen del fluido a determinada presión, hasta el fondo del hoyo, vía el circuito descendente formado por la tubería de descarga de la bomba, el tubo de paral, la manguera, la junta rotatoria, la junta kelly, la sarta de perforación (compuesta por la tubería de perforación y la sarta lastra barrena) y la barrena para ascender a la superficie por el espacio anular creado por la pared del hoyo y el perímetro exterior de la sarta de perforación. La selección de las bombas depende de la profundidad máxima de perforación del taladro.

### **3.5.2. La bomba a la junta giratoria**

En este tramo del circuito de circulación del fluido, la conexión tipo brida de la descarga de la bomba se une, por medio de una tubería de diámetro apropiado, al tubo subiente o paral ubicado en la cabria. Por tanto, la longitud de la manguera puede ser desde 11 hasta 28 metros y longitudes intermedias.

### **3.5.3. El fluido de perforación**

Al correr de los años, la experiencia y la investigación básica y aplicada han contribuido a que las funciones y la calidad del fluido de perforación puedan ser ajustadas a las características de las rocas que desmenuza la barrena. La mejor manera disponible entonces para limpiar el fondo del hoyo de tanto ripio era extraer la barra y se le echaba agua al hoyo para hacer una mezcla aguada fácil de extraer utilizando el achicador.

#### **3.5.4. Funciones del fluido de perforación**

Las funciones del fluido son varias y todas muy importantes. Cada una de ellas por sí y en combinación son necesarias para lograr el avance eficiente de la barrena y la buena condición del hoyo.

Estas funciones son:

- Enfriar y lubricar la barrena, acciones cuyos efectos tienden a prolongar la durabilidad de todos los elementos de la barrena.
- Arrastrar hacia la superficie la roca desmenuzada (ripio) por la barrena.
- Depositar sobre la pared del hoyo un revoque delgado y flexible y lo más impermeable posible que impida la filtración excesiva de la parte líquida del fluido hacia las formaciones.
- Controlar por medio del peso del fluido la presión de las formaciones que corta la barrena.

#### **3.5.5 Tipos de fluidos de perforación**

Básicamente los fluidos de perforación se preparan a base de agua, de aceite (derivados del petróleo) o emulsiones. En su composición interactúan tres partes principales: la parte líquida; la parte sólida, compuesta por material soluble que le imprime las características tixotrópicas y la parte del material insoluble de alta densidad que le imparte peso; y materias químicas adicionales, que se añaden directamente o en soluciones, para controlar las características deseadas.

➤ **Fluido de perforación a base de agua**

El agua es uno de los mejores líquidos básicos para perforar, por su abundancia y bajo costo. Sin embargo, el agua debe ser de buena calidad ya que las sales disueltas que pueda tener, como calcio, magnesio, cloruros, tienden a disminuir las buenas propiedades requeridas. Por esto es aconsejable disponer de análisis químicos de las aguas que se escojan para preparar el fluido de perforación.

➤ **Fluido de perforación a base de petróleo**

Para ciertos casos de perforación, terminación o reacondicionamiento de pozos se emplean fluidos a base de petróleo o de derivados del petróleo. En ocasiones se ha usado crudo liviano, pero la gran mayoría de las veces se emplea diesel u otro tipo de destilado pesado al cual hay que agregarle negro humo o asfalto para impartirle consistencia y poder mantener en suspensión el material pesante y controlar otras características.

Generalmente, este tipo de fluido contiene un pequeño porcentaje de agua que forma parte de la emulsión, que se mantiene con la adición de soda cáustica, cal cáustica u otro ácido orgánico.

➤ **Control del fluido de perforación**

La importancia del buen mantenimiento y funcionamiento del fluido depende del control diario de sus características.

Cada perforador al redactar en el “Informe Diario de Perforación” la relación de las actividades realizadas en su correspondiente guardia, llena un espacio referente a las características, a los ingredientes añadidos y al comportamiento del fluido.

### **3.6. Prospecto de perforación**

#### **3.6.1. Planificación**

La ejecución de la perforación y terminación de un pozo, como fase final del proceso de búsqueda de hidrocarburos por parte de las empresas petroleras, esta precedida por numerosos procesos técnicos y administrativos, que tienen como origen las metas y lineamientos generados por la casa matriz.

Estos a su vez dependen directamente de estudios de comportamiento de mercado a corto, mediano y largo plazo y de la disponibilidad de recursos económicos destinados para tales fines.

Por lo tanto, antes de comenzar la ejecución física de la perforación de un pozo, debe haberse cumplido con todo un proceso de planificación, donde están envueltos todos los elementos que conforman una empresa petrolera.

➤ **Modelo de planificación utilizado**

En este modelo se describen las diferentes etapas a seguir, así como las organizaciones técnicas y administrativas encargadas de su ejecución. Se hará énfasis en la planificación y la elaboración del programa integral de perforación, columna vertebral de una perforación exitosa.

➤ **Planificación**

Aquí se muestran las cinco etapas del proceso de planificación y las organizaciones que la ejecutan. Primero, la fase generativa, encargándose de su ejecución la Gerencia de exploración. Segundo, la etapa aprobatoria, donde están involucrados la junta directiva de la filial y el Ministerio de Energía y Minas. Tercero, la etapa técnico-administrativa, ejecutada por las organizaciones de perforación, finanzas y materiales.

Cuarto, la fase de permisología, a cargo de las organizaciones legales y relaciones técnicas. Quinto, la etapa ejecutoría, encargándose de su ejecución el departamento de ingeniería general, perforación, materiales y transporte.

➤ **Propuesta de perforación**

Como punto de partida del proceso encontramos la etapa de generación de propuestas, las cuales podemos agrupar en exploratorias y de desarrollo.

### **3.7. Etapa de aprobación**

#### **3.7.1. Niveles de aprobación**

Una vez cumplidos todos los requisitos técnicos y después de haber obtenido un estimado de costos de la organización de perforación, las propuestas pasan a la gerencia general respectiva donde se efectúa un análisis exhaustivo de factibilidad para poder pasar al siguiente nivel de aprobación. En este nivel existen dos tipos de aprobación: el técnico-presupuestario, dado por la junta directiva de la filial antes de pasar por la empresa petrolera para la apropiación de los recursos financieros necesarios y el técnico-legal, cuya responsabilidad es del Ministerio de Energía y Minas.

##### **➤ Estructura Organizacional de perforación**

Existen dos esquemas que representan las organizaciones de perforación, uno donde la superintendencia de ingeniería y operaciones reportan a la gerencia de perforación, la cual reporta a una gerencia distrital. El otro donde las superintendencias de ingeniería y operaciones reportan a gerencias diferentes, y estas al gerente distrital.

##### **➤ Ingeniería de perforación**

La siguiente etapa es la técnico-administrativa, en donde la superintendencia de ingeniería de perforación recibe la propuesta y procede a elaborar el programa integral de perforación, selecciona el equipo de perforación apropiado y determina los requerimientos de materiales.

### **3.8. Diseño de Programas de Perforación**

#### **3.8.1. Programa integral de perforación**

El programa integral de perforación es el soporte fundamental del proceso, por ende debe ser lo mas documentado y completo posible. El programa integral esta conformado por una serie de sub-programas individuales relacionados entre si, siendo los más importantes los mostrados a continuación: Presiones, lodo, revestimientos, barrenas, hidráulica, cementaciones, registros eléctricos, toma de núcleos o muestras y registros de desviaciones.

#### **3.8.2. Sub-programa integral de presiones**

Con el fin de obtener un mejor control, es necesario tener la información más confiable sobre el perfil de presiones que se encontraran durante la perforación. Por lo tanto, el programa de perforación debe llevar obligatoriamente un programa de presiones. La obtención de este perfil depende de la categoría del pozo, si es un pozo exploratorio se desarrolla una sísmica de alta resolución, y en el caso de un pozo de desarrollo se deben tomar en cuenta los perfiles de registros además la información de pozos vecinos.

#### **3.8.3. Sub-programa integral de lodo**

El sub-programa de fluidos de perforación es uno de los más exigentes, y su selección se efectúa de acuerdo al perfil de presiones, temperatura, tipo de formación y medio ambiente donde estará ubicado el pozo.

Por otro lado, el lodo a utilizar es sometido a pruebas de laboratorios para determinar los valores óptimos de sus propiedades.

#### **3.8.4. Sub-programa integral de revestimientos**

Los puntos mas importantes del sub-programa de revestimientos son las profundidades de asentamiento de los revestidores, las cuales dependen del perfil de presiones, densidad de lodo, tipos de formaciones y de la presencia de gas superficial. Realizado lo anterior el revestidor se diseña utilizando los siguientes factores de seguridad: Tensión 1.6-2.00, Colapso 1.0-1.25, Estallido 1.0-1.125.

#### **3.8.5. Sub-programa integral de barrenas**

La cantidad de pozos perforados por la industria, le ha dado experiencia suficiente para uniformar los tipos de mechas utilizadas. Sin embargo, esto no ha impedido a la industria implantar el uso de los nuevos diseños de mechas de diamante policristalino o las nuevas técnicas de selección.

##### **➤ Sub-programa integral de hidráulica**

Como complemento del sub-programa de barrenas, se incluye un sub-programa de hidráulica, para el cual se utilizan los métodos de impacto hidráulico y máxima potencia hidráulica.

### **3.8.6. Sub-programa integral de cementaciones**

En el sub-programa de cementaciones se especifican el tipo de cemento, la densidad y los aditivos, así como los espaciadores y los regímenes de flujo durante el bombeo y desplazamiento. Todas las especificaciones se basan en los resultados de pruebas de laboratorio.

### **3.8.7. Hidráulica de la perforación rotatoria**

El uso apropiado de la potencia de las bombas de lodo es de considerable importancia para las operaciones de perforación rotatoria. Para un completo estudio de los cálculos involucrados en el diseño de la hidráulica de un pozo, empezaremos por analizar cuatro puntos fundamentales: (A) El sistema de circulación, (B) Las bombas y su instalación, (C) Métodos para determinar los modelos de flujo y (D) Los métodos más comúnmente usados para el cálculo de las pérdidas por presión de acuerdo al modelo de flujo que se presenta.

#### **a) Sistema de circulación**

A lo largo del camino seguido por el fluido de perforación desde que sale de las descargas de las bombas hasta que regresa a la superficie a través del espacio anular entre el hueco del pozo y la sarta de perforación, la pérdida total de presión incluye la pérdida en cada parte del sistema.

#### **b) Bombas y su instalación**

Hay dos tipos de bombas de uso común en las operaciones de perforación rotatoria:

➤ **La Duplex, tipo de pistón de doble acción.**

Puede ser operada sola, en paralelo con otra bomba o conectada en serie con otra bomba.

➤ **La bomba de Embolo**

Al contrario de las bombas de pistón que han sido diseñadas especialmente para altos volúmenes a baja presión de operación, estas bombas de embolo se han diseñado para bajos volúmenes a altas presiones de operación, de tal manera que si se desea, el operador puede utilizarlas para bombear cemento, fracturas y en general cualquier tipo de operación donde requieran altas presiones de bombeo.

**c) Métodos para determinar los modelos de flujo**

El tipo de flujo puede determinarse usando el numero de Reynold, el cual es un numero adimensional derivado por medio de análisis dimensional en problemas de flujo de fluidos.

➤ **Fluidos Newtonianos, (fluido tipo el agua)**

Son aquellos que no muestran tendencias a cambiar sus propiedades cuando se dejan en reposo y el esfuerzo de corte es directamente proporcional a la rata de corte.

### ➤ **Fluidos no newtonianos**

Llamados también plásticos, son aquellos cuyas propiedades muestran tendencia a sufrir alteraciones cuando permanecen en reposo, aquí también la viscosidad no es constante, sino que varía en función de la tasa de corte o sea la tasa de flujo.

### **d) Pérdidas de presión**

Es importante controlar las pérdidas de presión en el sistema de circulación de los fluidos de perforación debido a las siguientes razones:

- 1) Esas pérdidas afectan directamente la potencia requerida para la circulación del fluido.
- 2) Las pérdidas de presión en el espacio anular pueden originar pérdidas de circulación o invasión de formaciones.

## **3.9. Parámetros a considerarse en el proceso de perforación**

- **Evaluación y Terminación**

Una vez lograda la perforación del pozo, comienza la etapa de evaluación y terminación en la cual se determinan las zonas prospectivas y se define el equipo de terminación a ser utilizado.

- **Evaluación petrofísica**

La evaluación Petrofísica constituye la principal herramienta para detectar y ubicar las zonas de interés. Dicha evaluación es efectuada mediante análisis de una serie de registros, de este análisis se determinan las características físicas de yacimientos, tales como: Saturación de fluidos, porosidades.

- **Registros para saturación de fluidos**

Para la determinación de saturación de fluidos se utilizan los siguientes registros eléctricos: en formaciones de calizas, el registro lateral de doble espaciamento (DLL) para pozos perforados con lodo a base agua. Por otra parte en las formaciones de areniscas se utiliza el registro lateral de doble espaciamento (DLL), o el de inducción enfocado esféricamente (ISF).

- **Registros para detección de fracturas**

Para determinar presencia de fracturas, se utiliza el registro de densidad variable en hoyo desnudo, el registro de identificación de fracturas, y el registro de temperatura.

- **Criterios de terminación**

Una vez efectuada la evaluación total de los registros, se seleccionan los intervalos de interés en base a los siguientes criterios: para el caso de formaciones de calizas, se consideran resistividades verdaderas de formación (RT), mayores o iguales a 30 ohmios y porosidades mayores o iguales al 3%, o que sean fracturadas.

- **Tipos de terminaciones**

En base a los resultados obtenidos en la evaluación Petrofísica, se procede a diseñar el tipo de terminación. Se mencionan tres tipos principales de terminaciones: A hoyo desnudo, forro ranurado, y por último tenemos forro/revestidor cementado.

- **Fluidos de terminación**

Los fluidos de terminación comúnmente usados en nuestros pozos son: el gas-oil, por sus propiedades anticorrosivas, fácil manejo y disponibilidad.

### **3.10. Pruebas de producción y presión**

Esta evaluación consiste en medir y analizar una serie de parámetros obtenidos de la producción del pozo, tales como: tasa de producción, relación gas / petróleo, corte de agua, presiones fluyentes, estáticas de superficie y el tipo de fluido producido.

- **Objetivos de pruebas de producción y presión**

El conjunto de parámetros medidos, permite obtener una serie de datos que serán de importancia vital para la posterior evaluación del pozo y del yacimiento. Entre los datos que pueden obtenerse tenemos: la tasa de declinación, determinación de la capa de gas o zonas de agua, existencia de daño, área de drenaje y las propiedades físicas del yacimiento como permeabilidad, presión inicial, índice de productividad, etc.

## **4. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **4.1. Descripción del proyecto**

En este capítulo se tomará en cuenta la planificación de una locacion en tierra que será utilizada para la perforación de Xan 43, además nos enfocaremos en aspectos técnicos, prácticos y en el diseño de una plataforma de perforación incluyendo las fosas de recolección de recortes las cuales se muestran en los (Figura 1) y (Figura 2).

Presentaremos un informe ambiental inicial del área donde se perforará el pozo, haremos referencia al diseño respectivo de las vías de acceso al lugar.

#### **4.1.1. Diseño de plataformas de perforación**

Previo al diseño de una plataforma se debe pasar por un proceso de permisos para aprobar dicho proyecto, aquí también la organización legal se encarga de obtener los permisos del propietario del terreno y del Ministerio de Ambiente. Simultáneamente, la gerencia de Perforación envía los recaudos necesarios al Ministerio de Energía y Minas, para la obtención del permiso de ejecución de la propuesta. Al final del proceso de planificación se encuentra la etapa ejecutoria, se comienza la construcción de la locación, la cual esta a cargo de la organización de ingeniería general. Un modelo optimizado para las plataformas de perforación en tierra puede considerarse aproximadamente de 10,000 metros cuadrados en donde el terreno se acondiciona con un terraplén, conformado de una sub-base y una base granular debidamente compactadas.

Se observarán procedimiento de trabajo apropiado y seguro para el acceso a las plataformas de perforación y para proteger equipos, tuberías, líneas eléctricas, etc.

#### **4.1.2. Vías de acceso**

En la elaboración de las vías de acceso los operadores petroleros deberán utilizar materiales alternativos que reduzcan el impacto en los recursos naturales de la zona. La construcción de nuevos caminos de acceso requerirán la aprobación de la Dirección de Hidrocarburos y su apertura no se permitirá en áreas críticas como lugares de asentamientos humanos, refugios de especies de flora y fauna amenazada o en peligro de extinción o área de alta diversidad biológica, además se debe realizar un reconocimiento previo del área donde se construirá el camino de acceso al pozo proyectado, el cual se muestra en el (Figura 3). En casos de excepción que a criterio de la Dirección de Hidrocarburos, considere necesario la construcción de nuevos caminos de acceso, dicha Dirección tiene la autoridad de determinar los parámetros para su construcción y manejo, incluyendo las rutas, aspectos físicos y cualquier otra restricción. En igual forma tiene competencia en el manejo y uso de los caminos de acceso a la terminación del contrato, el desarrollo de la traza del camino, en especial atención en las regiones de frecuentes precipitaciones pluviales, no se debe alterar ni infringir en los drenajes naturales de las aguas. En el caso obligatorio de tener que concentrar la descarga de agua en esos drenajes, proceder al refuerzo del lecho y sus bordes para evitar la erosión y canalización del mismo. Tanto en los desmontes como en el relleno de las laderas que se produzcan por la aplicación de las técnicas mas adecuadas para la construcción de las vías de acceso, se deberán aplicar relaciones de pendientes acordes con las características de los terrenos encontrados en su vinculación con los riesgos de la zona, lluvias o vientos.

El ancho total del desbroce y desbosque no será mayor de 7 metros; si amerita un desbroce mayor de 7 metros, se justificará técnicamente ante las instancias ambientales. También en la construcción de caminos de acceso hacia la locación de perforación se debe evitar la erosión del suelo, tratando la manera de utilizar tractores solo cuando las circunstancias lo requieran. Si se usan tractores, mantenerlos alejados del agua y de pendientes fuertes, además mantener siempre la cuchilla por lo menos 10 cms arriba del suelo para minimizar las alteraciones a la capa superior del suelo. Durante la construcción de los caminos de acceso, marcar cuidadosamente el área que se impactará y restringir la actividad de los tractores en esa área, se debe dejar vivos y sanos todos los árboles que rodean las áreas despejadas, así como los árboles grandes que proporcionan sombra para el campamento. Cuando se corten árboles, dejarlos caer en áreas planas para reducir la erosión. Evitar, o por lo menos reducir al mínimo, la construcción de nuevos caminos hasta donde sea posible, aprovechando los caminos existentes.

#### **4.1.3. Clasificación de caminos para instalaciones petroleras**

La clasificación de los caminos se ha hecho en función de los mismos, haciendo caso omiso del volumen de tránsito que en estos caminos no es decisivo. De acuerdo con esta función se han escogido las velocidades de diseño, de las que se derivan las especificaciones geométricas.

Los caminos de acceso hacia los diferentes tipos de instalaciones petroleras se han clasificado en la siguiente forma: de clase especial, de primera clase, de segunda clase, de tercera clase, y brechas.

### **A. Caminos de clase especial**

Son aquellos que, por las circunstancias que en ellos ocurren, pueden requerir un diseño particular y, por lo tanto, no están sujetos a lo dispuesto en esta norma. Caben dentro de esta denominación todos los caminos no mencionados en los incisos siguientes, y los caminos proyectados como de primera clase pero que lleguen a adquirir tal importancia que ameriten el mejoramiento de sus características geométricas.

### **B. Caminos de primera clase**

Son los troncales dentro de campos de explotación, los que dan acceso permanente a los mismos y los que dan acceso a instalaciones definitivas del tipo de baterías de separación y de tanques, estaciones de compresión y de recolección de gas, estaciones de bombeo y de inyección, zonas de tanques, bodegas,

### **C. Caminos de segunda clase**

Son los ramales en campos de explotación y los troncales y accesos permanentes a campos de exploración, así como los accesos al mismo tipo de instalaciones mencionadas en los caminos de primera clase cuando estas son provisionales, plataformas de perforación, en el caso del campamento Xan específicamente al pozo proyectado Xan 43 el camino es de este tipo y se muestra con mas detalles en el (Figura 4).

### **Caminos de tercera clase**

Son los que dan acceso a instalaciones del tipo de trampas de diablos, válvulas de seccionamiento, casetas de medición y regulación.

### **D. Brechas**

Son los accesos transitorios en localizaciones, estudios, bancos de materiales ocasionales y accesos de emergencia, los cuales no están sujetos a lo dispuesto en estas especificaciones.

#### **4.1.4. Clasificación del camino a la plataforma de perforación Xan 43**

En el caso del pozo Xan 43 la construcción del camino de acceso hacia la locacion era necesario, para iniciar con las operaciones de perforación en donde previamente se hizo una evaluación de los drenajes del área, la estabilidad de los declives y los patrones de migración y apareamiento; para asegurar que el camino no impacte negativamente con los drenajes de la cuenca o la vida silvestre existente en el área.

De acuerdo con la clasificación de caminos antes mencionada, el ingreso al pozo Xan 43 esta entre los caminos de segunda clase, los cuales tienen las especificaciones siguientes:

#### 4.1.5. Especificaciones para diseño

##### a. Ancho de corona

Es la longitud, medida normalmente al eje del camino, entre las aristas de un terraplén o las cunetas de un corte.

Aumenta con la mayor importancia del camino y en ocasiones disminuye al hacerse el terreno más accidentado, a fin de no incrementar los costos.

Tabla I. Magnitud del ancho de corona, expresado en metros

Clase de camino	Plano y ondulado (m)	Montañoso (m)	Muy accidentado (m)
Primera	8	7	6
<b>Segunda</b>	<b>7</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
Tercera	4	4	4

##### b. Velocidad de diseño

Es la fijada para normar las características geométricas del camino, o un tramo del mismo, y que se considera que pueda mantenerse dentro de la seguridad y en pequeño volumen de tránsito. Se selecciona de acuerdo con el tipo de terreno y la clase del camino.

Tabla II. Magnitud de velocidad de diseño, expresado en Km

Clase de camino	Plano y ondulado (Km/h)	Montañoso (Km/h)	Muy accidentado (Km/h)
Primera	80	60	60
<b>Segunda</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>30</b>
Tercera	40	30	25

### c. Pendiente

Es la pendiente longitudinal del camino. Su valor máximo es función de la velocidad de diseño. En ocasiones se limita para dar seguridad a vehículos pesados o para evitar la erosión causada por el agua.

Con el objeto de evitar que se estanque el agua en las cunetas, el corte del camino deberá tener una pendiente mínima de 0.5% en todo tipo de terreno.

Tabla III. Valor máximo de la pendiente, expresado en porcentaje

Clase de camino	Velocidad de diseño (Km/h)	Pendiente Máxima (%)
Primera	80	6
	60	7
	40	8
<b>Segunda</b>	<b>60</b>	<b>8</b>
	<b>40</b>	<b>9</b>
	<b>30</b>	<b>10</b>
Tercera	40	8
	30	9
	25	10

#### **d. Ancho de superficie de rodamiento**

Es el ancho de la corona en los caminos revestidos; y el ancho de la carpeta en los caminos de primera clase que se asfalten.

Tabla IV. **Magnitud de ancho de rodamiento, en metros**

<b>Tipo de terreno</b>	<b>Ancho de la carpeta (m)</b>
<b>Plano y ondulado</b>	<b>6</b>
Montañoso	5
Muy accidentado	4.50

#### **e. Sobreelevación**

Es la pendiente transversal que se da de la corona del camino, con objeto de contrarrestar la fuerza centrífuga que actúa sobre un vehículo al recorrer una curva a la velocidad de diseño.

Su valor nunca debe ser menor de 2%, valor que se da, generalmente, al bombeo.

Tabla V. **Valores máximos de sobreelevación, expresados en porcentajes**

<b>Clase de camino</b>	<b>Sobreelevación máxima (%)</b>
Primera	12
<b>Segunda</b>	<b>10</b>
Tercera	8

#### f. Grado

Es el ángulo en el centro de una curva circular, que corresponde a un arco de 20 m, esta relacionado con la velocidad de diseño, la sobreelevación máxima admisible y el coeficiente de fricción transversal correspondiente, que le fijan un valor máximo admisible que se especifica en la Tabla VI, expresada en grados y minutos.

#### g. Radio

Es inversamente proporcional al grado, lo que le fija un valor mínimo admisible.

Tabla VI. Valor mínimo admisible del radio, expresado en metros

Clase de camino	Velocidad de diseño (Km/h)	Grado máximo	Radio mínimo (m)
Primera	80	6°00'	191
	60	11°00'	114
	40	24°30'	47
Segunda	<b>60</b>	<b>11°00'</b>	<b>114</b>
	<b>40</b>	<b>24°30'</b>	<b>47</b>
	<b>30</b>	<b>44°00'</b>	<b>26</b>
Tercera	40	23°00'	50
	30	41°00'	28
	25	57°30'	20

## **h. Ampliación**

Es la sobreancho que se da al camino en las curvas de grado mayor de 4. Es constante en toda la longitud de las curvas y siempre se da por el lado interior de ellas.

Tabla VII. **Valores de ampliación, en metros**

<b>Grado</b>	<b>Ampliación (m)</b>
De 4° a 9°	0.60
De 10° a 12°	0.75
<b>De 13° a 16°</b>	<b>1.00</b>
Mas de 16°	1.20

## **i. Tangente de transición**

Es la longitud necesaria en una tangente antes o después del P.C. y el P.T., respectivamente, para alcanzar gradualmente la sobreelevación necesaria en una curva; y que se aprovecha para ir dando, también gradualmente, la ampliación fijada.

## **j. Distancia de visibilidad de parada**

Es la longitud requerida para que un vehículo que transite en el camino pueda detenerse para no chocar con un obstáculo que se halle en su trayectoria. La distancia de visibilidad de parada deberá calcularse en cada caso u obtener su valor aproximado, en metros, interpolando en la tabla VIII, según el valor de la pendiente.

Tabla VIII. Valores de la distancia de visibilidad de parada, en metros

Clase de camino	Velocidad diseño (Km/h)	Pendiente máxima ascendente	En pendiente nula	Pendiente máxima descendente
Primera	80	103	126	177
	60	68	80	102
	40	40	44	51
<b>Segunda</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>97</b>
	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>51</b>
	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>34</b>
Tercera	40	41	44	48
	30	30	31	33
	25	26	27	28

❖ **Distancia de visibilidad para evitar colisión entre dos vehículos**

En los caminos de segunda clase debe considerarse la distancia de visibilidad necesaria para evitar la colisión con otro vehículo que se aproxime en sentido contrario. Esta condición de visibilidad debe cumplirse en cualquier parte del camino.

❖ **Distancia de visibilidad de rebase**

Es la longitud necesaria para que un vehículo pueda rebasar a otro sin peligro de colisión con un tercero que se aproxime en sentido contrario.

Tabla IX. Valores y frecuencia mínima para las oportunidades de paso

Velocidad de diseño (Km/h)	Distancia de visibilidad de rebase	Frecuencia mínima para las oportunidades de paso
80	390	Cada 1.5 Km.
60	285	Cada 2 Km.
40	180	Cada 3.5 Km.
30	130	Cada 5 Km.

#### 4.1.6. Carga para diseño

Con objeto de asegurar el paso de vehículos pesados en los caminos de primera y segunda clases, las estructuras de las obras de drenaje se diseñarán para carga HS-20 (A.A.S.H.T.O.). En los caminos de tercera clase se diseñarán para carga H-10. En el caso en particular del pozo Xan 43 el cual se encuentra entre los caminos de segunda clase, se tomó en cuenta las especificaciones de la A.A.S.H.T.O., los detalles del camino se muestran en el (Figura 5).

- **Obras de drenaje**

Pueden ser superficiales o subterráneas. Entre las primeras quedan comprendidas las estructuras que, por el tiempo de servicio que deben prestar, se dividen en definitivas y provisionales.

El tipo de estructura para cada clase de camino, aparece en la Tabla X.

Tabla X. Tipo de estructuras especificada para cada clase de camino

Clase de camino	Estructuras para drenajes
Primera	Definitivas y provisionales
<b>Segunda</b>	<b>Provisionales</b>
Tercera	Provisionales, donde sean indispensables

#### a) Drenaje

El objeto del drenaje es la eliminación del agua que en cualquier forma pueda perjudicar al camino. Esto se logra evitando que el agua llegue a él o bien dando salida a la que inevitablemente le llega.

Las obras de drenajes como dijimos anteriormente pueden ser superficiales o subterráneas de acuerdo con la forma de escurrimiento.

#### b) Drenaje superficial

Es el que elimina el agua que escurre encima del terreno o del camino, cualquiera que sea su procedencia, mediante:

- **Bombeo.** Pendiente transversal que se da a la corona del camino, hacia ambos lados del eje, para evitar que el agua de lluvia se estanque o que corra longitudinalmente sobre él. Para todas las clases de caminos se especifica que el bombeo debe ser de 2%.

- **Cunetas.** Obras destinadas a recoger el agua de lluvia que escurre sobre el camino debido al bombeo. Se consideran cunetas de sección triangular, de 1.00 m de ancho por 0.30 m de profundidad. Sin embargo, si el resultado del cálculo así lo indica, deberán hacerse cunetas mayores, la pendiente de la cuneta es la del camino.

Tabla XI. **Velocidades máximas admisibles, según el material**

Material	Velocidad máxima admisible de escurrimientos de cunetas, en m/seg.
Arena	0.50
Arcilla arenosa	0.60
Sedimento aluvial	0.60
Arcilla firme	0.90
Grava gruesa	1.20
Barro y grava	1.50
Pizarra	1.50

Tabla XII. **Gastos para cunetas de 1 m x 0.30 m en función de la pendiente**

Pendiente, en %	Velocidad en m/seg.	Gastos en m <sup>3</sup> /seg.
1	0.630	0.109
2	0.891	0.154
3	1.091	0.188
4	1.260	0.217
5	1.409	0.243
6	1.543	0.266

- **Contra cunetas.** Zanjas que se construyen para interceptar el agua que escurre por las laderas en las que se alojan cortes del camino, se proyectan de forma trapecial de 0.30 m a 0.50 m de plantilla y taludes de acuerdo al camino.

### c) Drenajes subterráneos

Es el que elimina el agua que se presenta bajo la superficie, ya sea en corrientes o estancada. Las obras principales para el drenaje subterráneo son zanjas rellenas con material permeable y los tubos perforados. El proyecto de las zanjas y el diámetro de los tubos dependen de la naturaleza del terreno y del volumen de agua por drenar.

- **Derecho de vía**

Es la faja de terreno que se requiere para alojar el camino y contar con una zona adicional de servicio. En la Tabla XIII se especifican sus anchos mínimos, en metros, anchos que podrán aumentarse, si es necesario, para dar cabidas a terraplenes o cortes, obras de drenaje y otra clase de servicios de dimensiones excepcionales.

Tabla XIII. **Anchos mínimos, en metros**

Clase de camino	Ancho de derecho de vía mínimo
Primera	20
<b>Segunda</b>	<b>20</b>
Tercera	15

- **Compactación de terracerías**

Los grados de compactación de terracerías, para las distintas clases de caminos, se especifican en la Tabla XIV.

Tabla XIV. **Grados de compactación**

<b>Clase de camino</b>	<b>Grado de compactación (prueba proctor Standard)</b>
Primera	90% en el cuerpo del terraplén 95% en la capa subrasante
<b>Segunda</b>	<b>85%</b>
Tercera	80% en los tramos que vayan a revestirse

- **Revestimiento de caminos de acceso**

El material de revestimiento debe tener la suficiente cohesión sin llegar a ser plástico, para evitar que el tráfico forme rodadas o desplace el material a los lados del camino.

Los espesores, en centímetros, y los grados de compactación, en por ciento, aparecen en la tabla XV.

Tabla XV. **Grados de compactación y espesores de revestimiento**

<b>Clase de camino</b>	<b>Espesor (%)</b>	<b>Grado de compactación (%)</b>
Primera	20	95
<b>Segunda</b>	<b>20</b>	<b>90</b>
Tercera	10	-

- **Recomendaciones generales**

Independientemente de la aplicación adecuada de las normas básicas para el diseño, tanto geométrico como estructural, es necesario tomar en cuenta una serie de recomendaciones de carácter práctico, que tienen por objeto contribuir al logro del diseño, tales como las siguientes:

1. El alineamiento horizontal debe ser el resultado de una localización previa, tan amplia como requerida, debiendo conjugarse los factores de economía, seguridad y comodidad. Como criterio general, deben evitarse grandes movimientos de tierra, número excesivo de curvas y tangentes muy largas.

2. El grado de curvatura máxima debe utilizarse únicamente en los lugares indispensables cuando la topografía así lo requiera.

3. Deben evitarse cambios bruscos en el alineamiento horizontal. Por lo tanto no se colocaran curvas de radio pequeño en el extremo de las tangentes largas, ni se pasará de un tramo de curvas suaves a uno de curvas cerradas sin que exista entre ellos una zona de transición.

4. No debe haber gran diferencia de curvatura entre dos curvas contiguas, principalmente en las de sentido contrario.

5. Debe procurarse un perfil con curvas verticales suaves y evitar tangentes verticales cortas y numerosos cambios de pendiente, salvo en los caminos de tercera clase.

6. Los entronques y cruzamientos con otros caminos deben ser preferentemente en tangentes, a nivel y normales, y nunca en cortes.

7. En terrenos planos donde las corrientes no tienen cauce definido, debe estudiarse cuidadosamente el drenaje.

8. Es conveniente colocar alcantarillas siguiendo el alineamiento y pendiente natural de las corrientes. Sin embargo, habrá casos en los que por la naturaleza del terreno o de la corriente, o por consideraciones de orden económico, sea aconsejable modificar su colocación.

9. Para alcanzar compactaciones menores de 90% en las terracerías, se procurará utilizar el equipo de construcción adecuado, que no haga necesario el empleo de equipo especial de compactación.

10. Los badenes y puentes vado requieren de marcas en reglas colocadas verticalmente, a ambos lados, que indiquen el tirante de agua máximo en la sección crítica.

#### **4.1.7. Parámetros para el diseño de una plataforma de perforación**

Las plataformas de perforación en su diseño deben de reunir ciertas condiciones las cuales mencionamos a continuación:

- a)** Se construirán de tal manera que no constituyan un riesgo significativo para los ríos o cuerpos de agua adyacente.
- b)** No tendrán una superficie mayor de una hectárea y sus dimensiones variarán de acuerdo a las características del área. En el caso que se utilice perforación múltiple se desbrozará un área de hasta 0.5 hectárea por cada pozo adicional, procurando optimizar el uso del área previamente desbrozada.
- c)** Las plataformas (locaciones) de perforación y los derechos de vía, en el área efectiva de operaciones serán niveladas, compactadas y apropiadamente drenadas.
- d)** Para disminuir los niveles de ruido de los equipos a los límites permisibles, se utilizarán dispositivos de absorción de sonidos.
- e)** La plataforma debe tener lugares exclusivos para la depositación de la basura o desperdicios.
- f)** Uno de los parámetros de suma importancia para la construcción de plataformas de perforación es la altura del mástil, la cual se muestra en la siguiente Tabla XVI.

Tabla XVI. **Altura del mástil de la torre Vrs Área de Instalación de la Plataforma**

<b>Altura del Mástil</b>	<b>Área de Instalación</b>
142 pies y 500 toneladas	60 x 90 m
149 pies y 500 toneladas	60 x 60 m
127 a 147 pies y 400 toneladas	40 x 60 m
101 pies y 200 toneladas	40 x 60 m
95 a 10 pies y 200 toneladas	40 x 60 m
142 a 149 pies y 300 a 500 toneladas	60 x 60 m
146 pies y 500 toneladas	60 x 60 m
133 pies y 500 toneladas	40 x 40 m
95 a 104 pies y 300 toneladas	40 x 60 m
127 pies y 400 toneladas	40 x 60 m

**Ejemplo; diseño de plataforma de perforación pozo Xan 43**

Ubicación del pozo

Coordenadas;

UTM zona 15 N 1, 938,650 m Geográficas Lat. N 17° 31' 21.0"  
E 738,450 m Long. O 90° 45' 14.5"

Elevaciones;

Terreno 61.50 m  
Punto de partida (KB) 67.07 m



Estructuras a utilizar para drenajes (ver tabla X); provisionales

Ancho derecho de vía mínimo (ver tabla XIII); 20 m

Grado de compactación terracería (ver tabla XIV); 85%

Grado de compactación y espesores de revestimiento (ver tabla XV); 20% espesor, 90% de compactación.

### **Evaluación ambiental**

Tipo de suelo; calcario y suelos jóvenes arcillosos

Zona de vida; bosque muy húmedo sub tropical calido

Topografía del área; plana donde podemos encontrar, pantanos, ríos, etc.

#### **4.1.8. Situación ambiental**

##### **4.1.8.1. Estudio de Impacto ambiental**

Previo al comienzo de la elaboración de la plataforma de perforación se debe elaborar una caracterización ambiental inicial del área donde se perforara el pozo, en nuestro caso el pozo analizado es el Xan 43, este tipo de caracterización se realiza atendiendo las normas establecidas por la Dirección General de Hidrocarburos, y el objetivo de este tipo de resolución es determinar el estado actual de la zona donde se pretende perforar dicho pozo, así como también el camino de acceso, previo al desarrollo e implementación del proyecto de exploración / explotación. En este tipo de evaluación se pretende ver los aspectos del área que serán afectadas por la construcción de la carretera y la plataforma del pozo. Se utilizaran metodologías de evaluación rápida, debido a las características propias y finalidades del estudio.

La metodología de este tipo de análisis se diseña tomando en cuenta el apoyo que dará al estudio de impacto ambiental previamente desarrollado. A continuación se presentan algunos pasos a seguir en este tipo de evaluación:

- a. Revisión de la información de la zona (cartografía, aspectos abióticos, bióticos y sociales).
- b. Reconocimiento de campo de las principales vías de acceso, hacia el área del pozo.

#### **4.2. Evaluación de campo**

Se llevó un reconocimiento terrestre en el área de trabajo, iniciándose el mismo desde el campamento Xan hasta la comunidad denominada las Lagunitas, incluyendo el sitio donde se tiene prevista la perforación del pozo Xan 43.

El objetivo de este recorrido fue el de tener una idea clara y concisa de las características del área y de las condiciones de trabajo, pudiendo así realizar una planificación de actividades en una forma ambientalmente compatible, esta actividad se muestra con mas detalles en el (Figura 6).

##### **4.2.1. Aspectos importantes de una Evaluación de Impacto Ambiental**

##### **4.2.2. Caracterización del área**

A continuación se presentan en forma suscita la caracterización de los lugares aledaños al sitio propuesto para la perforación del pozo Xan 43.

## **1. Medio Abiótico**

El estudio tuvo como objetivo principal, la caracterización del área de localización del sitio de perforación seleccionado y su camino de acceso; en cuanto a geología, suelos hidrológica y calidad del agua superficial, desde el punto de vista de su vulnerabilidad frente a la puesta en marcha del proyecto de perforación. Este tipo de actividad se realizó por medio de travesías a través de la zona, especialmente a lo largo de la ruta de acceso propuesta hacia el sitio del pozo y en los alrededores de dicho lugar.

## **2. Geología y suelos**

En este caso lo que se pretende evaluar es principalmente el tipo de rocas que existen en el área de interés, así como también saber el tipo de suelo predominante en la zona ya que pueden ser depósitos calcarios generados por los cambios que ha sufrido la tierra durante su historia o pueden ser suelos jóvenes arcillosos.

Además con este estudio se puede saber el espesor que pueda tener este tipo de suelos así como su clasificación. Los suelos de la zona son generalmente del tipo calcarios.

## **3. Fisiografía**

El área de interés se encuentra ubicada en la Plataforma de Yucatán, la cual presenta una topografía plana, y se caracteriza por ser un bosque tropical.

#### **4. Estratigrafía**

Aquí se hizo una referencia al tipo de formaciones existentes en el lugar de interés, como una evaluación del tipo de estratos en donde se elaboraran la ruta de acceso y el sitio de emplazamiento.

#### **5. Hidrología de la zona**

La zona del proyecto se ubica en la vertiente del Golfo de México, aquí se analizó todo lo relacionado con el al ámbito hidrológico, así como los caudales medios y máximos anuales que se precipitan en el área de perforación del pozo. El caudal medio anual es de 314.7 metros cúbicos sobre segundo, con un caudal máximo registrado de 2,525 metros cúbicos sobre segundos.

#### **6. Calidad del aire**

La zona donde se desarrolla el proyecto corresponde a un ambiente netamente rural, sin áreas industriales o de proceso en las cercanías a excepción de la planta de producción del campamento Xan, por lo que el aire presenta condiciones más que aceptables para la salud humana.

El único factor que perturba estas condiciones es el tráfico ocasional de carros que transportan a los inmigrantes hacia la frontera con México así como el transporte pesado utilizados por la compañía petrolera.

### **4.3. Caracterización del Medio Biótico**

#### **➤ Zona de Vida**

De acuerdo con el sistema de clasificación propuesto por Holdrige (1979), la región corresponde a la zona de vida de bosque muy húmedo subtropical cálido. Esta zona de vida tiene en Guatemala, el primer lugar en extensión.

#### **➤ Bioma**

La zona de estudio pertenece al bioma de selva tropical, cuyo hábitat contienen gran cantidad de fauna y presentan niveles altos de lluvia y humedad ambiental.

### **4.4. Análisis de resultados**

#### **4.4.1. Ruta de acceso al pozo proyectado**

La ruta de acceso al pozo proyectado comprende el tramo desde el campamento Xan pasando por los pozos 4, 14, 18 y 19, camino donde se encuentra el cuartel del ejército con una longitud aproximada de 4 kilómetros. El pozo productor Xan 43 se localiza a 0.54 Km al SO del pozo Xan 28, a 0.56 Km al E del Xan 14 y a 0.655 Km al NE del pozo Xan 20. En su totalidad, la carretera es de terracería con una topografía suave, es decir, con zonas planas con un bajo valor soporte y C.B.R menor que 1, con una longitud aproximada de 0.100 Km con un rumbo O.

El camino hacia el pozo proyectado tendrá un ancho de 5.5 metros, mas una zanja de drenaje a cada lado del camino de 0.5 metros de ancho.

#### **4.4.2. Emplear prácticas ambientales adecuadas durante todo el tiempo que dure la construcción de la plataforma:**

El personal involucrado en la construcción del camino de acceso hacia la plataforma, debe ser capacitado para que, en todo momento, hagan uso de prácticas ambientales sanas. Se sugiere hacer énfasis en el cuidado de los siguientes puntos:

#### **4.4.3. Vida Silvestre**

- Respetar toda forma de vida presente en el área (mamíferos, aves, reptiles y anfibios).
- Prohibir la cacería de cualquier animal, por cualquier medio.
- No permitir colecta de animales para ser mantenidos como mascotas (énfasis en loros, pericas, mapaches y pisotes).

#### **4.4.4. Vegetación**

- No permitir colecta de plantas de ningún tipo y por ningún motivo.
- Supervisar el uso de fogatas (prohibido).
- Si se necesita derribar árboles para la construcción de la carretera o la plataforma de perforación, propiciar al máximo el uso de este material vegetal.

#### **4.4.5. Control de desechos sólidos y cuerpos de agua**

- No se debe dejar basura de ninguna clase, dentro del área de trabajo. Para esto se sugiere se cree una planilla de limpieza dentro del personal que trabajara.
- Ubicar las letrinas del campamento que se utilicen durante la perforación del pozo Xan 43, alejadas de los cuerpos de agua.

#### **4.4.6. Inspecciones de monitoreo y seguimiento**

Se recomienda realizar inspecciones periódicas en las diferentes etapas, durante el tiempo que dure la construcción de la plataforma de perforación y las fosas. En estas supervisiones podrán detectarse prácticas ambientalmente inadecuadas y errores cometidos en la implementación de las medidas sugeridas. Como resultado, se pondrán medidas correctivas de aplicación inmediata. Asimismo, deberá llevarse una inspección final, al concluir la construcción de la plataforma. En ella podrá evaluarse la efectividad de las medidas implementadas durante el transcurso de la construcción.

#### **4.4.7. Actividades finales de protección**

Finalizada la construcción de las fosas y la plataforma de perforación del pozo Xan 43, deberán implementarse medidas de restauración, tendientes a aliviar los impactos negativos que puedan causarse en el ambiente del área de trabajo.

Se sugiere las siguientes medidas:

### **Protección del sistema edáfico y lítico**

Se pueden utilizar árboles de crecimiento relativamente rápido para la reforestación del tramo donde se desarrollara la obra.

Se recomienda utilizar barreras vivas de protección contra el viento alrededor de la zona donde se ubicara la plataforma de perforación.

#### **4.4.8. Restauración de zonas degradadas**

Como consecuencia de las actividades de construcción, algunas áreas cercanas al camino o el sitio de exploración, pueden resultar degradadas. En estas áreas se recomienda:

- Permitir un proceso de regeneramiento natural, sin intervención humana alguna, reforestando únicamente las áreas las cuales la situación del terreno lo justifique.
- Si la empresa lo considere imprescindible, para mitigar el impacto visual que tenga el proyecto, pueden reforestarse las áreas afectadas.

➤ **Programas posteriores de monitoreo ambiental**

Se recomienda implementar los programas de investigación y monitoreo que se mencionan a continuación:

- Calidad del agua: mediciones de parámetros físicos, químicos y biológicos.
- Calidad de hábitat: investigación sistemática de flora y fauna del lugar.
- Investigación de los recursos naturales por parte de las comunidades ubicadas dentro del área de influencia del proyecto.

➤ **Medidas de remediación y recuperación del pozo Xan 43**

A continuación se describen las actividades que se llevarán a cabo para la remediación de las fosas que se utilicen durante la perforación del pozo Xan 43 y la recuperación de las áreas circundantes que se hayan visto afectadas por esta actividad.

- Cuando se finalice cada una de las operaciones, se retirarán todos los equipos e instalaciones que no requieran su utilización posterior, tales como equipos y herramientas de perforación, barriles y baldes metálicos o plásticos, maquinaria para construcción de caminos, tuberías de flujo y sus accesorios, todos los campers del campamento, los materiales de plástico, columnas de concreto y estructuras metálicas o de madera.
- Se le dará tratamiento a todos los desechos remanentes en la zona, incluyendo los desechos en las fosas de lodos, y transportarlos hacia los sitios preparados y aprobados para tal efecto.

- Se rellenará y sellará todas las fosas de lodos y de desecho, bermas, canales de drenaje pluvial. (Para el caso específico de las fosas se seguirá el procedimiento indicado posteriormente).
- Se inspeccionará el área de trabajo en un radio de 100 metros, para verificar que no exista contaminación ni materiales que pudieran afectar la zona. Si existiera contaminación, esta deberá ser mitigada apropiadamente.
- Re-vegetar las zonas que hayan sido utilizadas, mediante el esparcimiento de suelo y plantación de la vegetación nativa.

Para la clausura final de las fosas de reserva y de lodos, es decir su recuperación, puede utilizarse el método de solidificación y de enterramiento. Para utilizar este método se deben cumplir con los siguientes criterios y estándares:

- La cima del material enterrado debe estar por lo menos a 1.5 metros por encima del nivel freático superior, incluyendo sus variables estacionales.
- El contenido de humedad de la mezcla deberá ser inferior al 50% en peso.
- El contenido de aceites y grasas deberá ser inferior al 3% en peso.

### ➤ **Suelos Contaminados y Desechos de Perforación**

Los suelos contaminados y los desechos de perforación, en el caso que no puedan ser tratados "in situ", deberán ser tratados mediante el proceso de bio-remediación. Este es un proceso en el cual se introducen microorganismos en el suelo o los desechos de perforación y éstos rompen las moléculas de hidrocarburos en compuestos simples de carbono y oxígeno. Una ventaja que tiene este procedimiento es que los suelos resultantes son suelos mucho más ricos. Previo al abandono del sitio, y al menos durante seis meses posteriores al abandono, se deberán tomar muestras de agua y suelo en la zona de la perforación de Xan 43, para detectar cualquier remanente de contaminación. Uno de los procesos de bio-remediación utilizados en la industria del petróleo es el denominado "Landfarming".

### ➤ **Landfarming**

El landfarming, conocido también como tratamiento de tierra o aplicación en tierra, es una tecnología de remediación de suelos que se lleva a cabo en superficie y que reduce las concentraciones de petróleo a través de la bio-remediación. Esta tecnología usualmente consiste en el esparcimiento de los suelos contaminados o de los desechos de perforación formando una capa delgada sobre el suelo, y se estimula la acción microbiana aeróbica a través de la aeración o la adición de minerales, nutrientes y humedad.

El proceso de landfarming ha sido probado y dado muestra de su efectividad en la reducción de todos los productos que conforman el petróleo. Los productos más ligeros (volátiles) como las gasolinas, tienden a ser removidas en su mayoría mediante la evaporación durante el proceso de aeración del landfarming, y la fracción restante, es degradada por la respiración microbiana.

### ➤ **Diseño del sistema de Landfarming**

La construcción de un sistema de Landfarming incluye las siguientes actividades:

1. Preparación del sitio (corte de maleza, limpieza de terreno, gradación)
2. Impermeabilización mediante la utilización de liners o geomembranas
3. Construcción del sistema de recolección de lixiviados
4. Diseño del sistema de pretratamiento de suelos (desmenuzado el suelo, mezclado, agregados, control de pH)

Para hacer sustentable el crecimiento bacterial, el pH del suelo debe oscilar entre un rango de 6 a 8, siendo el óptimo un valor de 7 (valor de pH neutral). En casos de que los valores iniciales de pH del suelo sean ácidos, se puede corregir mediante el agregado de cal dolomítica, y si el suelo es muy alcalino, mediante el agregado de azufre nativa. El rango ideal de humedad del suelo es de 40 al 85% de capacidad de retención de agua, o bien del 12 - 30 en peso. En zonas con drenaje muy pobre o una alta precipitación puede provocar una acumulación excesiva de humedad, y estas condiciones deben tomarse en cuenta previo diseño del sistema de landfarming. Para un sistema de landfarming, se necesita diseñar un sistema de manejo de aguas, tanto de ingreso como de salida para evitar la saturación del área de tratamiento, o bien lavado de los suelos de landfarming. En sitios con una precipitación pluvial superior a las 30 pulgadas, se debe planificar la construcción de cubiertas contra la lluvia sobre las parcelas del landfarming así como los diseños de bermas para manejo de agua de lluvias mencionados con anterioridad.

También es imperante el diseño de un sistema de manejo y tratamiento de lixiviados con la finalidad de prevenir la contaminación del agua subterránea.

#### ➤ **Manejo de desechos sólidos; Pozo Xan 43**

Podemos decir que por definición, desechos sólidos son todos aquellos que no son líquidos ni gaseosos, y que de acuerdo a su productor o propietario, carece de valor y por lo tanto puede ser descartado.

En una actividad de perforación de pozos petroleros, la cual se considera como una actividad industrial, normalmente se generan 1.3 lbs/trabajador al día. En el caso de Guatemala, el 65% esta compuesto por desechos orgánicos, los cuales se consideran biodegradables y el 35% restante esta compuesto por desechos considerados no biodegradables.

A continuación se detalla el procedimiento que se utilizará para el tratamiento de desechos, tanto en el sitio de perforación del pozo Xan 43, como en el campamento base. Es de hacer notar que ninguno de los residuos sólidos producidos será objeto de incineración.

#### **4.4.9. Procedimiento de Manejo de desechos sólidos**

- Los desechos no biodegradables deberán ser clasificados en el campamento y transportados a centros de procesamiento y reciclaje autorizados.
- Los desechos no biodegradables deberán ser debidamente clasificados para tener un control sobre el manejo y deposición final de los mismos.

#### **a. Proceso de Compost**

El compostaje es la biodegradación de los constituyentes orgánicos en los desechos, (ya sea sólidos o bien líquidos) a través de la actividad microbiana.

#### **b. Relleno Sanitario Convencional**

El proceso de "relleno sanitario" se define como un "método de la ingeniería para el tratamiento de los desechos sólidos en tierra, de una manera que proteja el ambiente, a través de esparcir los desechos en capas delgadas, y compactándolas al volumen práctico más pequeño y cubriéndolos con suelos y compactándolos al final de cada día de trabajo o a intervalos de tiempo mas frecuentes de ser necesario".

### **4.5. Medidas Ambientales Aplicables a Operaciones en la Industria Petrolera**

A través de la experiencia del personal que supervisa operaciones petroleras en el área de perforación, se han definido algunos lineamientos mínimos requeridos técnicamente para el desarrollo de este tipo de actividades.

#### **4.5.1. Medidas Ambientales**

A continuación se describirán las medidas generales a implementar:

- a) De Mitigación:** Son aquellas que se implementan para atenuar y reducir los efectos ambientales negativos de las operaciones hidrocarburíferas.
- b) De Prevención:** Son aquellas que anticipadamente se implementan para evitar el deterioro del ambiente.

#### **4.6. Topografía del lugar**

La topografía del área estudiada es relativamente plana aunque en algunos lugares del campamento Xan podemos encontrar pantanos, ríos, una selva espesa, así como lugares deforestados por las poblaciones que en este sitio convergen. El área de interés esta incluida en la división denominada tierras bajas del Peten-Caribe, la superficie como se mencionó con anterioridad en su mayoría consiste de un plano ligeramente inclinado hacia el norte, con una elevación que varia entre cerca de 300 metros en el extremo sur a unos 50 metros sobre el nivel del mar en el extremo norte, estos detalles se muestran en el (Figura 7). El drenaje del territorio en mención es, sin embargo, defectuoso en grandes extensiones en donde el relieve de un Kart, posiblemente rellenado y luego denudado, presenta grandes planicies no seccionadas que drenan lentamente, que al obstruirse, forman lagunetas y pantanos. En el caso de Xan 43, se encontró una topografía relativamente plana con vestigios de bosque los cuales no eran de consideración, con una pendiente baja lo cual evitó un gran movimiento de tierra.

#### **4.7. Tipo de suelo donde se establecerá la plataforma**

Los suelos de esta zona fueron generados en las épocas geológicas Cretácea y la ultima parte de la Cenozoica los cuales se han desarrollado bajo vestigios de arrecifes sedimentados por el tiempo con un alto porcentaje de sedimentos yesíferos que fueron depositados en un medio de la plataforma continental, estas rocas son calizas en casi todos los lugares, pero en algunos sitios, hay inclusiones de pizarras y areniscas, existen tres tipos de suelos que predominan en la región los cuales son suelos profundos mal drenados, suelos profundos con drenaje malo o deficiente y suelos poco profundos bien drenados.

Podemos decir que el suelo donde se construirá la plataforma de Xan 43 está compuesto de suelos profundos con drenaje malo o deficiente compuesto de carbonatos y suelos arcillosos. Los cuales están conformados de rocas calizas o residuos de ellas de color café oscuro a café rojizo con una textura plástica, aproximadamente con un espesor del suelo superficial de 30 a 40 centímetros, y un espesor del subsuelo de 40 a 60 centímetros, predomina un relieve plano. Además este tipo de suelo tiene un declive dominante de 0 - 5 por ciento, con un drenaje a través del suelo lento por consiguiente una humedad alta, con un peligro de erosión bajo y por ultimo una fertilidad natural moderada. Teniendo esta clase de suelo en el área de interés no es necesaria una compactación rigurosa, ya que este tipo de suelos son altamente compactos y resistentes.

#### **4.8. Profundidad a perforar**

La profundidad de perforación se establece a los objetivos geológicos de la región en caso del pozo Xan 43 que esta ubicado en el campamento Xan, estos yacimientos de petróleo están acumulado en una estructura tipo arrecifal, definida geológicamente como la unidad Cobán B-8.

Donde los horizontes productores esperados están a una profundidad entre 1500 metros a 2400 metros.

A continuación se muestran los programas de cementación, barrenas y sartas de perforación que se utilizarán en la perforación del pozo Xan 43.

- **Programa de Barrenas**

**Fase I**

Tabla XVII. **Barrenas de la fase I**

Diámetro (plgs)	Profundidad (pies)	Tipo de Broca	Boquillas	Presión de Bomba (psi)	Caudal (gpm)	RPM/WOB
17 1/2"	0-500	IADC 435	3x20+C16	250-800	250-490	70-110/5-30

**Fase II**

Tabla XVIII. **Barrenas a ser utilizadas en la fase II**

Diámetro (plgs)	Profundidad (pies)	Tipo de Broca	Boquillas	Presión de Bomba (psi)	Caudal (gpm)	RPM/WOB
12 1/4"	750-760	GF30BODV	2x24, 1x28	400-550	500-550	70-80/10-25
12 1/4"	760-5800	RSX716M	3x13, 4x14	800-2300	500-570	80+70/10-60

**Fase III**

Tabla XIX. **Barrenas de la fase III**

Diámetro (plgs)	Profundidad (pies)	Tipo de Broca	Boquillas	Presión de Bomba (psi)	Caudal (gpm)	RPM/WOB
8 1/2"	5800-7830	M40PX	7 x 10	2000-2250	510-520	100-130/15-20

- **Programa de la sarta de perforación**

**Fase I**

Tabla XX. **Perforación en 17 1/2" de superficie a aproximadamente 152.44m (500 pies)**

Ítem No.	Descripción	Conexión
1	17 1/2" IADC 435	7 5/8" RP
2	9 1/2" Bit Sub	7 5/8" RB
3	9 1/2" Shock Sub	7 5/8" RB,RP
4	2 x 9 1/2" Spiral DC	7 5/8" RB;RP
5	1 x 9" Spiral DC	7 5/8" RB,RP
6	Crossover	7 5/8" RP, 6 5/8" RB
7	6 x 8 1/2" Spiral DC	6 5/8" RP, 6 5/8" RB
8	3 x 8" Spiral DC	6 5/8" RP, 6 5/8" RB
9	5" HWDP	4 1/2" IF P, 4 1/2" IF B

**Fase II**

Tabla XXI. **Perforación en 12 1/4" de 152.44m a 1768.29m. (500-5800 pies)**

Ítem No.	Descripción
1	12 1/4" PDC bit, IADC M422
2	8 1/4" Motor
3	1 x 8 1/2" DC
4	12 1/8" Estabilizador
5	4 x 8 1/2" DC
6	12 x 5" HWDP
7	6 1/2" Hydraulic Jar

**Fase III**

Tabla XXII. **Perforación en 8 1/2" aproximadamente de 1768.29m a 2387.19m (5810-7830)**

6 1/2" Drilling Jar
8 1/2" PDC Bit M40PX
Bit sub
6 1/2" DC
8 1/8" Estabilizador
11 x 6 1/2" Collar de perforación

- **Programa de Revestimiento**

Tabla XXIII. Programa de revestimiento I II

Diámetro (plgs)	13-3/8"	7"
Tipo	K-55	L-80
Peso (lbs/pie)	68	26
Profundidad, m (pies)	Sup. A 228.7 (0-750)	Sup. A 2393.3 (0-7850)
Peso del lodo (lbs/gal)	8.4-8.6	9.0-10.0
F:S Colapso	1950	5410
F.S Tensión	1069	604
F.S Estallido	3450	7340

- **Programa de Cementación**

Tabla XXIV. Programa de cementacion I II

	13-3/8"	7"
Clase de cemento	A	H
Densidad de Lechada (bbls)		
Inicial	13.4	15.8
De cola	15.4	
<b>Cantidad de cemento (bbls)</b>		
Inicial	72	35
De cola	79	

#### 4.8.1. Tamaño del equipo de perforación

El tamaño de los equipos de perforación tienen una relación entre la potencia del equipo en HP y la capacidad de operación del mismo en metros, en la siguiente tabla XXV estableceremos algunas relaciones de los equipos de perforación mas comunes en nuestro medio.

Tabla XXV. Equipos de perforación

Potencia HP	Capacidad de operación en mts.
1700	3500
1000	3500
1500	6000
2000	6000
1200	3000
3000	5000

#### 4.8.2. Clima

La región en donde se desarrollará el proyecto de perforación, tiene un clima cálido-húmedo en la zona tropical seca, ya que en esta área solamente existe un periodo con características secas, y otro largo de lluvias copiosas. Los vientos huracanados son raros, aunque ocurren, porque en muchas partes se observan secciones de bosques altos, donde el viento derribó cantidades de árboles grandes. Los días en que llueve, son más o menos 150, con un promedio de menos de 13mm, por cada día que registra lluvia.

#### 4.9. Cargas a soportar en la plataforma

Las plataformas de perforación se diseñan adecuadamente a las cargas tanto muertas como vivas que en ella recaen. En el caso de la plataforma de Xan 43 se diseñaron de acuerdo al tipo de equipo de perforación que se utilizará así como el personal que en ella trabajará, también se tomaron en consideración todos los campers, camiones, cabezales, tubería que en un momento dado podrían estar presente en la plataforma, como se muestran en el (Figura 8).

El peso muerto de cada parte del equipo de perforación lo detallamos a continuación:

**Malacate;** con un peso muerto de línea de tracción simple de 75,000 libras

**Mástil portátil;** capacidad del gancho 715,000 libras

**Subestructura;** capacidad de 73,500 libras, con la mesa rotatoria y 400,000 libras con una capacidad de 454,000 libras.

**Polea móvil/gancho;** capacidad de 360,000 libras

**Unión giratoria;** capacidad 300,000 libras

**Elevadores de tubería de perforación;** capacidad de 350,000 libras

**Elevadores de lastra barrenas;** capacidad de 100,000 libras

**Generadores y controles;** capacidad de 75,000 libras

**Acumulador;** 40,000 libras de capacidad

**Bombas de lodo;** peso 30,000 libras

**Tanques de lodos;** 100,000 libras de peso

**Otros;** 700,000 libras de peso

**Total de carga muerta en la plataforma;** 2,972,500 libras

**Total de carga Viva en la plataforma;** 3,700 libras

**Carga total a soportar; 2.976.200 libras**

## **5. EVALUACIÓN DE FOSAS**

Las aguas negras y grises generadas en la plataforma de perforación Xan 43 deberán ser tratadas antes de su descarga definitiva. Ley de aguas y disposición de lodos.

Además se debe construir un sistema de drenaje alrededor de la plataforma para recoger las aguas de lluvia y de escorrentía, la cual deberá disponer de trampas de aceite y grasas ubicados estratégicamente.

Dichos afluentes, antes de ser descargados, deben cumplir con lo dispuesto en la siguiente tabla XXVII.

Tabla XXVII. Límites Permisibles de Descargas de fluidos (Lodos base agua) y Aguas de formación, Exploración, Explotación, Transporte y Almacenamiento

Parámetro	Expresado en	Unidad	Máximo valor permitido
PH	PH	-	5 – 9
Temperatura	°C	°C	-
Material Flotante	-	-	Ausencia
Hidrocarburos y Grasas	-	mg/L	Menor que 15
Disueltos	STS	mg/L	Menor que 2500
Cloruros	CL	mg/L	Menor que 2500
Sulfatos	Sulfatos	mg/L	Menor que 1200
Sólidos en suspensión	SS	mg/L	Remoción x 80%
Sólidos sedimentales	-	mg/L	Menor que 40
D Q O	DQO	mg/L	Menor que 80
Cadmio	Cd	mg/L	Menor que 0.1
Zinc	Zn	mg/L	Menor que 0.5
Cobre	Cu	mg/L	Menor que 3
Cromo	Cr	mg/L	Menor que 0.5

Datos chequeados por el reglamento del Ministerio de ambiente.

### 5.1. Evaluación de fosas para recortes provenientes de la perforación de pozos petroleros

Solo pueden colocarse en las fosas ripios de lodos a base agua, las fosas no se utilizan para basura, los materiales sólidos que no se pueden eliminar deben ser recogidos y almacenados para sacarlos del lugar.

Estos materiales incluyen:

- o Restos de hierro y acero.

- Latas y barriles de aceite.
- Envases y sacos de productos para lodo.
- Cartuchos de grasa.
- Protectores de sartas revestidoras.
- Partes de bombas.
- Cables y dados de tenazas gastados.
- Filtros (aceite, procesador, etc.).

Las fosas son generalmente construidas de tierra, en áreas donde el medio ambiente es sensible estas fosas pueden ser forradas con materiales sintéticos (geomembrana). Los desperdicios pueden ser almacenados en tanques de acero para evitar que los contaminantes se filtren y arruinen los ambientes de agua subterránea. La administración apropiada de la basura requiere la construcción correcta de la fosa.

### **5.1.1. Uso del Lodo**

Hay una variedad de fluidos que circulan en las sartas de perforación, y que luego vuelven a la superficie durante la perforación. La primera función del fluido es acarrear los ripios de perforación a la superficie, los lodos de perforación también desempeñan otras funciones: enfriar y lubricar la broca, controlar la presión, reducir la fricción y mantener el petróleo intacto.

Cuando el lodo vuelve a la superficie, los ripios son extraídos con sacudidora de arcilla, atrapadoras de arena, desarenadoras, desedimentadores, centrífugas y el lodo reacondicionado vuelve a circular por el agujero.

Una vez que el pozo esta terminado, el inventario de lodo y los desperdicios acumulados en el las fosas deben ser eliminados. La mayoría de estos desperdicios de lodo son primordialmente agua, bentonita (arcilla) y ripios de perforación, sin embargo durante la perforación, se usan varias sustancias químicas adicionales para controlar las propiedades de los fluidos. Los fluidos de perforación y los aditivos químicos también reaccionan con los constituyentes de las formaciones a través de las cuales se está perforando, ya que es imposible predecir todos los elementos que se van ha encontrar en los ripios de perforación, es imposible saber cuales van a ser las reacciones químicas. Se requiere información analítica adicional para evaluar los constituyentes de los fluidos y los sólidos de las fosas para determinar su toxicidad antes de ser eliminados.

Por lo tanto, las pruebas de toxicidad son un requisito, una vez que esta información haya sido recopilada y evaluada, se pueden escoger los métodos apropiados para tratar y neutralizar los fluidos para así poder seleccionar los métodos apropiados para su eliminación. La mayoría de los programas de lodos son simplemente sistemas beneficiados de bentonitas o químicos (lignosulfonato, carbonato de sodio calcinado, cáustica, etc.), estos sistemas no contienen sustancias químicas muy toxicas.

## **5.2. Diseño de la geometría del pozo**

### **5.2.1. Paso a seguir para el diseño de la geometría del pozo**

1. Determinar la geometría del hoyo perforado, el peso del lodo, el tipo de lodo, la altura de la columna de cemento y los tipos de formaciones expuestas.
2. Determinar la presión de fractura en el fondo.

3. Determinar la temperatura estática y circulante de fondo.
4. Determinar si existen condiciones especiales que requieran del control de la pérdida del fluido, prevención de la migración de gas.

### 5.2.2. Geometría del pozo perforado

El pozo perforado debe reunir ciertos requisitos para que sea seguro y se logren los objetivos deseados. Esta porción de la planificación del trabajo de perforación comienza mucho antes de que el pozo sea perforado.

De mayor importancia en todas las decisiones con respecto a la planificación y perforación, es el objetivo de obtener un aislamiento zonal completo dentro del hoyo perforado. El hoyo perforado debe diseñarse y perforarse con las condiciones siguientes:

1. Tres pulgadas mas grande que el diámetro exterior, el mínimo absoluto es de 1-1/2 pulgadas mas grande.
2. Cerca al diámetro como sea posible.
3. Recto como sea posible.
4. Estabilizado y acondicionado apropiadamente.

Los perforadores deben mantener estos requisitos como parte principal en todos los planes.

Tabla XXVIII. **Relación broca Vrs Casing que se utilizo en la perforación del Pozo Xan 43**

Tamaño de Broca (plgs)	Tamaño de Casing (plgs)
Fase I, 8 1/2	9 5/8, 9 7/8
Fase II, 12 1/4	9 5/8, 9 7/8, 13 1/8, 14
Fase III, 17 1/2	13 1/8, 14

### **5.3. Parámetros para el diseño de fosas**

Para la elaboración de una fosa se toman en cuenta las guías ambientales correspondientes, estas reflejan una revisión de la práctica actual y una evaluación de la manera que la misma puede ser regularizada o estandarizada para dar lugar a soluciones individuales en ubicaciones específicas. También es necesario establecer normas de rigor consistentes.

Este estudio que se ha elaborado examina la construcción de las fosas de perforación desde un punto de vista de protección ambiental, este tema está enfocado específicamente a la construcción y diseño de la geometría del pozo. Desde el principio, los elementos claves en la protección del medio ambiente han sido considerados para que se relacionen a la integridad de la estructura de la fosa y a la retención adecuada de los líquidos. Otras consideraciones periféricas han sido la función de procesamiento de la fosa dentro del programa de lodo y la facilidad con que se pueda limpiar a la hora de abandono.

A continuación mencionaremos algunos de los métodos que se utilizan para el cálculo de volúmenes:

- **Método (a)**

La fosa debe tener 8 pies (2.4 m) de profundidad y el área de superficie debe ser de 5,000 pies cuadrados (465 metros cuadrados) para los hoyos de 7,000 pies (2,130 m) más allá de 7,000 pies, añadir 1,000 pies cuadrados más al área de superficie por cada 1,000 pies (305 m) del agujero o proveer 350 barriles (60 metros cúbicos) de capacidad de la fosa por cada día del programa de perforación. Este método fue el utilizado en la construcción de las fosas, que sirvieron para la recuperación de los recortes provenientes de la perforación del pozo Xan 43.

- **Método (b)**

Para pozos menores de 5,000 pies (1,525 m) la fosa debe tener 4 pies (1.2 m) de profundidad y tener un área de profundidad de 10,000 pies cúbicos (930 metros cúbicos) mas dos pies (0.6 m) de espacio vacío. Para pozos mayores de 5,000 pies (1,525 m) la fosa debe tener un volumen de 2.5 barriles por pie de pozo (1.3 metros cúbicos) mas 3 pies (1 m) de espacio vacío.

- **Método (c)**

La fosa debe de tener un volumen de capacidad de 10,000 pies cúbicos por 1,000 pies de pozo hasta 8,000 pies (2,400 m) mas allá de 8,000 pies de volumen debe ser aumentado a 20,000 pies cúbicos por cada 1,000 pies adicionales. La profundidad de una fosa es generalmente de 8 pies (2.4 m) pero en las planicies se prefieren mas llanos. En las colinas al pie de los montes, se requieren fosas mas profundas debido a la restricción del terreno de las concesiones. Las dimensiones de superficie de la fosa dependen del diseño de la concesión pero generalmente son aproximadamente 100 pies cuadrados (30 metros cuadrados).

Para protegerse de las condiciones de perforaciones inesperadas y elementos imprevistos, el diseño de la fosa debe incluir capacidad extra, es decir, espacios vacíos. La mayoría de operarios prefieren de 2 a 4 pies (aproximadamente un metro), generalmente es el factor de seguridad en la selección del tamaño de la fosa y un espacio vacío mayor refleja una mayor incertidumbre y otras consideraciones de tamaño.

El operario debe responsabilizarse por el planeamiento y el diseño, si el acepta esta responsabilidad, el debe tener la libertad de escoger sus propios procedimientos de diseño.

### 5.3.1. Guía recomendada

El tamaño de la fosa de perforación debe ser adecuado para proveer la capacidad segura para el fluido de perforación y debe incluir dos - cuatro pies de espacio vacío, dependiendo de las variedades del programa de exploración. Los fluidos de desecho de las fosas de lodos y de reserva pueden tratarse en el mismo sitio mediante la mezcla con suelo y posterior enterramiento de la misma. Este método de tratamiento se utilizará en el caso de que la mezcla resultante de fluido-desechos cumpla con los límites máximos permitidos en la siguiente tabla XXIX, (Estos límites son establecidos por la EPA).

Tabla XXIX. Límites Máximos Permitidos para los fluidos de desecho

Parámetro	Límite Máximo Permitido
pH	6-9
As	10 mg/L
Ba	2000 mg/L
Cd	10
Cr	500
Pb	500
Ag	200
Zn	500

Luego del proceso de solidificación y enterramiento se deberán llevar a cabo un análisis de lixiviado de la mezcla suelo-desechos, y deberán cumplir con los límites máximos permisibles indicados en la siguiente tabla XXX.

Tabla XXX. Límites máximos para lixiviados de mezclas de suelos de desecho, EPA.

Parámetro	Límite Máximo Permisible
Aceites y grasas	10.0 mg/L
As	0.5 mg/L
Ba	10.0 mg/L
Cd	0.1 mg/L
Cr	0.5 mg/L
Pb	0.5 mg/L
Zn	5.0 mg/L

#### 5.4 Tamaño de la fosa

El tamaño de la fosa de perforación debe ser adecuado para proveer la capacidad impenetrable de los fluidos de perforación y deben incluir de 2 a 4 pies de espacio libre dependiendo de las variables que se esperan debido al programa de la perforación y a la región.

- **Tipo de fosa**

La fosa de perforación debe ser excavada de un subsuelo impermeable, imperturbable y su forma debe ser adecuada para permitir el uso repetido de agua limpia para formar el lodo.

- **Ubicación de la fosa**

La fosa debe estar ubicada en la porción alta de la concesión, lejos de cuerpos de agua y el material excavado debe ser amontonado en una ubicación que facilite el relleno.

- **Usos indeseables de las fosas**

Las fosas no deben usarse para el despojo de basura o de otros fluidos, tales como petróleo. En conclusión podemos decir que el propósito de las fosas es contener los sólidos perforados y los sedimentos de los componentes del lodo, y retener el fluido total durante la exploración y durante el reacondicionamiento del terreno.

Aquí nos referimos exclusivamente a lodos de base agua; los lodos a base petróleo pueden usar fosas similares pero el reacondicionamiento es bastante diferente.

- **Volumen de recortes a considerar**

Se utilizan varios parámetros para determinar el tamaño de la fosa. Las fosas deben de tener capacidad entre 0.26 y 0.78 metros cúbicos por metro perforado (0.5 y 1.5 Bls, por pie de pozo perforado). El método más común para determinar el tamaño de la fosa que se va precisar para un pozo específico es relacionar el tamaño de la fosa con la profundidad planeada de la perforación. Esto se expresa en la proporción del volumen de la fosa a la profundidad final del agujero el volumen se determina en barriles, un barril equivale a 5.6 pies cúbicos (0.78 metros cúbicos por metro de agujero) a 2.5 bbls/pie.

En agujeros profundos donde la velocidad de perforación es menor se requiere una fosa de mayor volumen. Algunos operarios han desarrollado formulas que incluyen la consideración de tiempo dentro del agujero. Otras consideraciones son: el diámetro del agujero, el tamaño y diseño de la concesión, y el tiempo que transcurra después del abandono para volver a cubrirlo. Dependiendo de la temporada del año o la ubicación, quizás sea necesario también proveer para los escapes de agua de lluvia.

## **6. COMPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE FOSAS EN DOS CASOS DISTINTOS**

### **6.1. Método Tradicional**

#### **6.1.1. Evaluación de la fosa**

Previamente al diseño de las fosas de perforación del pozo Xan 43 se debe desarrollar una evaluación técnica completa de las mismas, tomando en cuenta los parámetros más relevantes, que a continuación mencionaremos:

#### **6.1.2. Concesión de permisos**

Todas las fosas deben de contar con un proceso de concesión de permiso o examinación. Las fosas pueden ser autorizadas por regla, permiso general, permiso individual, o como una parte de un permiso o programa de operación.

Las fosas pueden ser permitidas por regla en base a los requisitos específicos en áreas donde las condiciones geológicas, topográficas, hidrológicas u otras son similares.

La autorización para una fosa puede incluirse en permisos de operación, instalación, u otros permisos ambientales (por ejemplo, perforación, reacondicionamiento, planta de gas, etc.). El proceso de aplicación de permisos posiblemente tenga que expandirse para incluir cierta información adicional concerniente a la fosa (por ejemplo, volumen de admisión, tipo de suelo, composición del fluido, topografía, geología, hidrología del lugar y climatología.)

### **6.1.3. Diseño de la fosa**

Todo sitio de perforación que se realice en el territorio guatemalteco, en el caso particular del campamento Xan (pozo Xan 43) dispondrá de fosas destinadas al almacenamiento de los ripios y fluidos de perforación y este tipo de fosas tendrá un diseño adecuado a las circunstancias requeridas, las cuales deberán de cumplir con algunas especificaciones para su diseño que a continuación mencionaremos:

- Las fosas de almacenamientos de fluidos de perforación tendrán unas dimensiones regulares, no construidas como una simple excavación en una depresión del terreno, tendrán fondo horizontal y área superficial rectangular y preferentemente se ubicará contigua a las descargas de los fluidos y ripios del taladro.
- Las dimensiones de las fosas se diseñaran en función del nivel freático, de la precipitación pluvial media de la zona de perforación y de una altura libre de un metro sobre la superficie del terreno.
- Las paredes y el fondo de las fosas serán compactadas e impermeabilizadas con geomenbrana adecuadamente.
- Para evitar el ingreso de aguas provenientes del escurrimiento superficial pluvial, se diseñaran bordes y terraplenes perimetrales compactados.
- Las fosas no tendrán dispositivos permanentes para la evacuación de su contenido hacia el entorno (cuello de ganso, sifones).
- Las fosas construidas bajo el nivel del terreno dispondrán de barandales a su alrededor.

- Durante las pruebas de producción de pozos exploratorios, se construirá una fosa impermeabilizada para alojar los fluidos, los que serán evacuados hacia las estaciones de producción o combustionados en el sitio.

#### **6.1.4. Parámetros a tomar en cuenta en el diseño**

Entre los parámetros a considerarse en el diseño de las fosas del Pozo Xan 43 se tomaron las siguientes consideraciones:

- La profundidad de las fosas deben ser tal que en el fondo no penetre el agua subterránea o debe ser tal que el contenido de las fosas no tengan un impacto adverso en el agua subterránea o agua superficial. Además debe hacerse una evaluación de la información disponible o un estudio del área donde la fosa se va a localizar para determinar si hay rocas acuíferas poco profundas y si las hubiera deberán ser protegidas.
- La altura de la berma, el declive y el material deben ser tales que la fosa sea de estructura resistente y que su integridad no se ponga en peligro por el terreno o sea violada por fuertes lluvias, vientos, infiltración, u otras fuerzas naturales.
- Los estándares de construcción para las fosas pueden diferir dependiendo de los desechos que reciban, el periodo de tiempo que se usen y las condiciones específicas del sitio.
- Deben de incluir un metro de espacio libre vertical de capacidad, dependiendo de las variables que se esperan en el programa de perforación y a la región.

- Deben estar ubicados, de preferencia, en una porción alta de terreno con pendientes menores de 5%. Lejos de los cuerpos de agua y el material excavado debe ser amontonado en un lugar que facilite el relleno.
- Pueden estar divididos en secciones para facilitar la decantación y aprovechamiento del agua en la recomposición del lodo.

#### **6.1.4.1. Programa de fluidos de perforación**

##### **Fase I, perforación en 17 1/2" de superficie aproximadamente 152.44m**

Como fluido de perforación se utilizara agua fresca / baches viscosos de barrido; el peso de lodo estará entre 8.4 y 8.6 libras por galón (LPG), viscosidad de embudo menor de 20 o tan baja como se pueda, sin control de pérdida de fluidos, en esta fase de la perforación no se utilizará soda cáustica, únicamente gel prehidratada para ajustar las propiedades reologicas del lodo.

##### **Fase II, perforación en 12 1/4" de 152.44m a 1768.29m. (500 pies-5800 pies)**

En esta fase se utilizará como fluido de perforación lodo con baja concentración de cal (Low Line System) con una densidad de 8.6-10.8 libras por galón.

No se saturará el lodo de sal en este pozo, la salinidad se dejará incrementar naturalmente. Se estima un rango de cloruros de 40-50,000 ppm, existe la posibilidad de que el B-0 se encuentre presurizado a 10.6 ppg.

El lodo previo a perforar el B-0 debe de ser de 10.8 ppg en caso se encuentre presurizado el B-0.

**Fase III, perforación en 8 1/2" aproximadamente de 1768.3m. 2387.19m.**

En esta última fase se utilizara como fluido de perforación lodo con baja concentración de cal (*Low Lime System*) con una densidad de 9.0-10.0 libras por galón. La salinidad se dejará incrementar naturalmente, se estima un rango de cloruros de 40,000-60,000 ppm. Mientras se perfora las zonas depletadas del Cobán B-8 existe el riesgo de pegas diferenciales por lo que se debe mantener condiciones optimas en el lodo con la menor densidad requerida, agregando bentonita pre-hidratada y carbonato de calcio continuamente así como incrementar el contenido de aceite mineral de 10-12% en caso sea necesario.

- **Consumo de aditivos por intervalos (sacos)**

Tabla XXXI. Consumo	I	II	III	Total
Bentonita	318	665	604	1587
Soda cáustica	32	538	275	845
Lo-Wate	90	Como se necesite	-	90
Lime	35	78	95	208
Poly pac UL	0	384	185	569
Poly sal	60	289	365	714
Soda Ash	12	116	5	133
Caustilig	30	-	250	280
Biobase 560	-	18	55	73
Greencide G	-	-	14	14
DrillKleen	-	2	-	2

- **Disponibilidad de aditivos (sacos)**

Tabla XXXII. Disponibilidad

<b>Aditivo</b>	<b>Cantidad en sacos</b>
Barita	2220
Bentonita	1040
Soda cáustica	330
Cal	500
Poly pac UL	100
Poly sal	1200
Kwik Seal F	186
Mica C	70
Soda Ash	60
Sal Gel	400
Caustilig	220
XCD Polymer	300
Mix II	70
Asphasol	500
Biobase 560	100
Black Magic	100
Carbonato de calcio	1000

### **6.1.5. Eficiencia de una fosa tradicional**

Podríamos decir que la eficiencia de una fosa tradicional depende principalmente de la instalación adecuada del equipo de remoción de sólidos, lo cual nos dará una máxima separación y a la vez una mejor eficiencia de trabajo. Los equipos mecánicos se disponen generalmente en orden decreciente, según el tamaño de la partícula que eliminarán.

Una de las partes mas importantes de un equipo de control de sólidos son la zarandas las cuales tienen una alta influencia en la eficiencia del equipo, por tal motivo su manejo inadecuado pueden causar una mala eficiencia de la fosas.

A continuación mencionamos algunas pautas para la operación correcta de las zarandas:

1. Montar y operar las zarandas de manera que estén niveladas, las capacidades de sólidos y el volumen serán menores si la zaranda no esta nivelada.
2. Proporcionar el voltaje y la frecuencia apropiados, un voltaje bajo reduce la vida útil del motor, una frecuencia baja reduce el movimiento vibrante y la capacidad.
3. Asegurarse que el vibrador esté girando en la dirección apropiada, para la descarga correcta de sólidos. La parte superior del eje debería girar hacia el extremo de descarga de sólidos.
4. Instalar los amortiguadores apropiados de apoyo de la malla, de conformidad con las instrucciones del fabricante.
5. La dureza del caucho es crítica para que las mallas estén correctamente asentadas.
6. Asegurarse de tensionar las mallas correctamente, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Si las mallas no están tensionadas correctamente, su vida útil se reducirá.
7. El tamaño de las mallas debería ser seleccionado de manera que el lodo cubra de 75 a 80% del área. Esto permite usar la capacidad de la zaranda, dejando un área de reserva para manejar las sobrecargas.
8. Con las zarandas de múltiples cubiertas, se debe usar la combinación correcta de tamaños de malla. En las zarandas divididas de múltiples mallas, el mismo tamaño de malla debería ser usado en todos los paneles.

9. Una manguera de agua debería ser proporcionada para lavar las mallas. Todas las mallas se ciegan y se obturan hasta cierto grado.
10. Ocasionalmente se usa un spray de agua en las zarandas para facilitar la remoción de las partículas húmedas y pegajosas de la malla. Este spray nunca se debe usar continuamente, el spray de agua diluye el lodo y elimina las pequeñas partículas a través de la malla.
11. Lavar y monitorear las conexiones de las mallas de la zaranda. Las mallas que tienen agujeros o rasgaduras deberían ser reemplazadas inmediatamente después de detectarse dichos defectos.

#### **6.1.6. Ventajas de este sistema de fosas**

Una de las ventajas de este sistema es la facilidad de manejo de los desechos de perforación, los cuales al llegar a las fosas quedan suspendidos en las mismas.

#### **6.1.7. Desventaja del sistema**

Una desventaja puede ser, la filtración de fluido de perforación al terreno natural debido a la rotura de la geomembrana causada por agentes naturales como raíces de árboles, animales subterráneos, etc.

### **6.1.8. Tiempo estimado en la elaboración de la fosa**

El tiempo estimado de elaboración de las fosas de perforación, consta de varias fases las cuales se desarrollan aproximadamente en un mes, que a continuación enumeraremos:

1. Se comienza con el recorrido ambiental y circulación del área donde se construirá la plataforma de perforación, esta etapa dura aproximadamente 4 días.
2. Nivelación del terreno que se va utilizar para la construcción, además remoción de la capa vegetal existente (corte de árboles, quema de grama, etc.), esta etapa dura aproximadamente 5 días.
3. Trabajos de nivelación de la sub-base la cual tendrá un espesor de 10cms, además compactación de toda el área de construcción, esta etapa tendrá una duración de 4 días.
4. Después de haberse trabajado la sub-base, se aplica material grueso traído de una cantera ubicada en la libertad, Peten la cual servirá para la conformación de la base y tendrá 15 cms de espesor compactada, esta etapa tendrá una duración de 4 días.
5. Se inician los trabajos de marcación y estaqueo de la geometría de las fosas, esta etapa dura aproximadamente 2 días, los detalles de estos trabajos se muestran en el (Figura 9).
6. La maquinaria comienza a trabajar la geometría de las fosas y al mismo tiempo se ejecuta la compactación de las mismas, el material extraído de las fosas es utilizado para la elaboración de la plataforma, esta etapa dura aproximadamente 5 días, en el (Figura 10) se muestran los diferentes trabajos realizados en dicha sección.

7. Terminada la excavación de las fosas, se procede a colocarle la geomenbrana la cual servirá para impermeabilizarla y no dejar pasar el fluido de perforación que se desechará en el transcurso de la perforación del pozo Xan 43, esto evitará la contaminación que dicho fluido pueda provocar al suelo del lugar, estos trabajos tendrán una duración de 4 días, las actividades de esta etapa se muestran en el (Figura 11).

## **6.2. Locacion Seca (circuito cerrado)**

### **6.2.1. Evaluación de tanques para circuito cerrado**

Un circuito cerrado es un sistema que en su fase final permite recuperar de un fluido los sólidos y líquidos deseables, al mismo tiempo que descarta los indeseables. Mediante la aplicación de un circuito cerrado es posible recuperar fases líquidas costosas, material de peso y evitar el impacto ambiental causado por los desechos de perforación, sobre todo en áreas muy sensitivas a la contaminación, este tipo de sistema se muestra en el (Figura 12).

En la implementación de los circuitos cerrados, al igual que en los sistemas de control de sólidos, se utilizan centrífugas de decantación, por tal razón ambas funciones están íntimamente relacionadas. El control de sólidos es sin lugar a dudas la función mas importante en el tratamiento del lodo, es una tarea un tanto difícil pero muy necesaria para lograr en parte el éxito de la perforación. En los fluidos de perforación densificados, se suele usar una centrífuga para la recuperación de la barita.

La centrífuga esta configurada para separar principalmente la barita, devolviéndola al sistema, mientras desecha la fase líquida que contiene los sólidos finos y coloidales perjudiciales. El volumen del líquido desechado es reemplazado por una dilución líquida o un nuevo volumen, debido a la baja capacidad de la mayoría de las centrífugas, solo se procesa una pequeña porción del volumen en circulación; por lo tanto, la dilución y los tratamientos pueden ser ajustados para mantener las concentraciones químicas y propiedades adecuadas. En los fluidos de perforación no densificados, la centrífuga es usada normalmente para la recuperación del líquido.

La centrífuga esta configurada para separar y desechar los sólidos de tamaño de limo y devolver la fase líquida al sistema. Los sólidos descargados por la centrífuga se componen prácticamente de sólidos secos con una pequeña cantidad de agua libre, a diferencia de la descarga húmeda de los hidrociclones. Otra aplicación de una centrífuga es el procesamiento del flujo que sale por debajo de las unidades de los hidrociclones como los deslimadores o los eyectores de arcilla, los hidrociclones están diseñados para procesar todo el flujo de un sistema de lodo, mientras que una centrífuga solo puede manejar un flujo parcial.

Se incorporan centrífugas dobles en un sistema de circuito cerrado. La primera centrífuga se opera como una unidad de recuperación de barita; la segunda, opera a una fuerza G (RPM) más alta, procesa el afluente de la centrífuga de recuperación de barita, devolviendo el líquido al sistema de lodo y desechando los sólidos. Las centrífugas dobles se usan comúnmente con los sistemas de lodo base aceite.

Cuando se usan con lodos base agua, a veces se añade un floculante al efluente de la primera centrífuga para mejorar la separación de sólidos en la segunda centrífuga.

Las centrífugas también son usadas para la deshidratación de los lodos, según la cual se realiza el tratamiento del lodo entero para formar sólidos secos que serán desechados y agua clara que será reciclada.

Para esta aplicación, se reduce el contenido de sólidos del lodo a un nivel muy bajo. Luego, productos químicos son añadidos para fomentar la coagulación y floculación de las partículas.

La reducción de los costos del lodo, sin sacrificar el control de las propiedades esenciales del lodo, constituye el propósito principal y la justificación del uso de una centrífuga decantadora.

Aunque ayude a controlar los sólidos finos indeseables, la función principal de la centrífuga es minimizar la dilución y mantener propiedades aceptables en el sistema del lodo.

Los sólidos arcillosos comerciales, como la bentonita, y los no reactivos, como la barita, son considerados deseables: sin embargo, estos pasan a ser indeseables cuando alcanzan el tamaño coloidal, es decir cuando llegan a adquirir un tamaño por debajo de los 2 micrones y esto ocurre en los siguientes casos: cuando los sólidos arcillosos de alto rendimiento se hidratan totalmente, cuando la barita se fracciona continuamente a través del todo el sistema de circulación, y finalmente cuando la barita se agrega fuera de las especificaciones API en cuando a finura se refiere.

Los sólidos coloidales poseen movimiento Browniano y la energía de este movimiento es suficiente para prevenir el asentamiento por la gravedad, por lo tanto estos sólidos pueden mantenerse en suspensión por largo periodo de tiempo y esta puede llegar a ser estable o inestable.

Por tal razón, los sólidos coloidales resultan ser los mas difíciles de remover del sistema de circulación, y son los principales causantes de las altas viscosidades que con frecuencia se observan en los lodos pesados.

- **Centrífugas 518 de alta velocidad**

Durante intervalos de fluido no densificado la centrífuga 518 es utilizada para procesar el sistema activo y remover los sólidos de perforación ultra finos. Durante períodos de volumen excesivo de descarga en el microclomo 202, la centrífuga 518 es convertida para procesar este volumen adicional.

- **Combinación doble centrífuga 414/518**

La centrífuga 518 procesa el efluente de la 414 para remover los sólidos ultra finos. Los sólidos son descargados y el efluente es regresado al sistema activo.

Durante la operación doble centrífugas 414/518, el sistema activo del fluido debe ser observado para cambios de viscosidad.

### **6.2.2. Diseño de un circuito cerrado**

El aumento en la importancia del impacto ambiental, relacionado con la operación de perforación, ha causado que la industria modifique sus operaciones para incluir tecnología que reduzca o disminuya el potencial de daño al ambiente y de esta forma eliminar o minimizar el riesgo futuro asociado con este daño.

Esto ha dado un mayor énfasis al concepto de "Sistema Cerrado" de control de sólidos. Un sistema cerrado, aplicado correctamente, puede reducir el impacto ambiental y costo final de la operación de la perforación.

El sistema cerrado de procesamiento de fluido es un equipo integral para el control/remoción de sólidos, el cual utiliza el concepto de "locacion seca", se muestra con mayor detalle en el (Figura 13). El concepto de locacion seca se aplica en zonas donde las regulaciones prohíben las descargas de desechos líquidos o sólidos en la localidad. Este concepto puede ser aplicado en fluidos densificados y no-densificados y particularmente en operaciones donde se justifica económicamente la recuperación de la fase líquida. Este sistema integral puede ser diseñado para remover del 80 al 90 por ciento de los sólidos generados en un rango de 2-6 micrones.

El concepto de locación seca puede mantener el volumen de sólidos de bajo peso específico bajo el 5 por ciento, y de esta manera minimizar los problemas del pozo y los requisitos de dilución del sistema de fluido, por tales motivos se hace necesario evaluar la construcción de una Locacion Seca en nuestro medio.

#### **6.2.2.1. Construcción de una Locacion Seca**

La fase de planificación y construcción de la locacion seca debe incluir espacio adecuado para el equipo de control de sólidos, tanques de desecho y tanques de almacenamiento de fluido de líquido. Se debe tomar en cuenta la recuperación y reuso del agua usada para el lavado del taladro, bombas, etc. Un sistema de canal debe ser diseñado y construido para contener el taladro y el equipo de procesamiento de fluido. Este sistema de canal usualmente provee una fuente de agua adecuada y permite el reuso del agua proveniente de las operaciones del taladro.

Las bombas deben ser utilizadas para mover el agua del sistema de canal al sistema activo, el tratamiento de esta agua puede ser necesario para remover contaminantes que puedan afectar el fluido de perforación. Inspecciones del taladro deben ser hechas diariamente para localizar y reducir fuentes excesivas de líquidos, un medidor de uso de agua es esencial para determinar la cantidad de dilución usada diariamente y de esta forma poder determinar con más exactitud la eficiencia de remoción de sólidos y costos de fluido.

Una fosa de seguridad pequeña debe ser construida dentro del sistema de canal, para recolectar fluido contaminado con cemento o flujo de agua salada. Este fluido contaminado debe ser transportado y desechado correctamente fuera de la localidad o un sistema de tratamiento de desecho apropiado puede ser diseñado para manejar este fluido en la locacion.

El personal de operación de control de sólidos debe ser calificado con experiencia en la operación de estos equipos. Este personal debe tener conocimiento de la teoría de control de sólidos y la operación, mantenimiento y reparación del equipo, sin este personal técnicamente calificado, el concepto de "locacion seca" no es posible.

#### **6.2.2.2. Organización de puntos importantes de una Locacion Seca**

Una reunión de orientación, antes del comienzo de la perforación, es importante para establecer relaciones de trabajo y líneas de comunicación entre todo el personal relacionado con la perforación. Es importante que una relación de trabajo sea establecida entre el ingeniero de lodos y el personal de servicio responsable por el mantenimiento y operación del equipo de control de sólidos. Adicionalmente, todo el personal del operador, contratista y otras compañías de servicio deben cooperar y comprender el objetivo principal y operación del sistema de locación seca.

“El uso de tanques de almacenamiento es crítico para el éxito de una Locacion Seca ". Inspecciones diarias de la locacion deben ser realizadas para localizar orígenes y prevenir acumulación excesiva de líquidos, tener medidas preventivas aseguraran que fugas liquidas provenientes de bombas de fluido, sistema de fluido, tanques y bombas centrífugas sean minimizadas.

Otros aspectos importantes en el diseño y ejecución de una Locacion Seca se mencionan a continuación:

1. Durante la fase de planificación, se debe decidir que tipo de fosa se usará para contener los ripsos y el exceso de fluido producido en la locacion.
2. Después del tratamiento del fluido con el equipo de remoción de sólidos, evaluar los problemas y costos requeridos para remover y tratar los desechos.
3. Instalar válvulas automáticas en todas las líneas de agua y mangueras para minimizar el consumo de agua.
4. Tratar el fluido de perforación por contaminación de cemento, antes de perforar la zapata.
5. No permitir el lavado de camiones de cemento y desecho en la locacion. Si es necesario, una zona de lavado debe ser asignada con un sistema para contener y reclamar el líquido.
6. Implementar el mantenimiento recomendado por el fabricante del equipo de remoción de sólidos.
7. Instalar el equipo de remoción de sólidos de acuerdo a las especificaciones recomendadas por el fabricante, en la siguiente tabla XXXIII se muestra el equipo utilizado en una Locación Seca.

Tabla XXXIII. Equipo de concepto de Locación Seca

<b>Zarandas principales</b>	Dos (2) Zarandas lineales (ALS)
<b>Limpia fluido Alto Volumen</b>	Un (1) limpia fluido de alto volumen, consistiendo de una zaranda lineal y un desarenador de 12" (305mm, 1000 - 1500 gpm (63 - 95 lps)
<b>Limpia fluido</b>	Un (1) limpia fluido, consistiendo de una zaranda lineal y un desarcillador de 4" (102 mm), 900 - 1200 gpm (57 - 76 lps)
<b>Microclomo</b>	Un (1) microclomo 202 con hidrociclones de 2" (50mm), 500 gpm
<b>Centrífuga principal</b>	Una (1) centrífuga 414 para recuperación de barita
<b>Centrífuga secundaria</b>	Una (1) centrífuga 518 de alta velocidad
<b>Volumen de tanques de procesamiento</b>	265 barriles
<b>Bombas centrífugas</b>	Cuatro (4) bombas centrífugas para limpiadores de fluido, microclomo y desgasificado
<b>Dimensiones (transito)</b>	45 pies de largo x 10 pies de ancho x 8 pies de alto; 13.7m x 3.1m x 2.4m
<b>Dimensiones (operacional)</b>	58 pies largo x 18 pies ancho x 10 pies alto; 17.7m x 5.5m x 3.1m
<b>Peso (transito)</b>	65,000 libras (29,484 Kg)
<b>Desarenador</b>	40 Micrones
<b>Desarcillador</b>	25 Micrones
<b>Microclomo 202</b>	10 - 14 Micrones
<b>Centrífuga 414</b>	6 - 10 Micrones
<b>Centrífuga 518</b>	2 - 6 Micrones

### **6.2.3. Parámetros a considerarse en el diseño de un circuito cerrado**

#### **6.2.3.1. Planificación de un Circuito Cerrado**

Durante la fase de planificación del pozo, se efectuara una evaluación del equipo de control de sólidos del taladro y el diseño del sistema de fluido para determinar el diseño de la locacion seca mas optima. Después de esta evaluación se dará una recomendación por la compañía contratada para diseñar la locación seca para una óptima utilización y modificación del sistema de control de sólidos. Estas recomendaciones y modificaciones serán las requeridas para obtener las eficiencias de remoción de sólidos y ventajas económicas asociadas con el concepto de Locacion Seca. Un proyecto de locacion seca exitoso requiere un plan para organizar y coordinar la comunicación entre la gerencia y el personal del taladro, todo el personal tiene que estar familiarizado con el equipo de control de sólidos y el diseño del sistema de fluido, a continuación mencionamos algunos de los parámetros más relevantes en la ejecución de una Locacion Seca.

#### **6.2.3.2. Programa Hidráulico**

El fluido de perforación debe ser diseñado para intensificar la integridad de los sólidos y prevenir viscosidades excesivas. El programa hidráulico debe ser diseñado para prevenir derrumbe excesivo y no exceder la capacidad de remoción del equipo de control de sólidos.

A medida que la concentración de aditivos aumenta y su solubilidad disminuye, estos serán contenidos en el sistema de sólidos finos y requerirán dilución excesiva.

El equipo de control de sólidos puede ser usado como un indicador para controlar este problema, debido a que la descarga del equipo contendrá una gran cantidad de estos aditivos. Dependiendo de la profundidad total, los tanques de almacenamiento son recomendados cerca del equipo de control de sólidos para controlar el volumen de desplazamiento, normalmente es recomendable tres a cuatro tanques de 500 barriles cada uno para controlar este volumen.

- **Operación no densificada**

Durante intervalos del fluido no densificado, el equipo de control de sólidos debe ser operado continuamente para remover la máxima cantidad de sólidos.

- **Operación densificada**

Cuando el material densificante es introducido al sistema de fluido, la operación del equipo de control de sólidos debe ser modificada y optimizada para retener el material densificante, reclamar la fase líquida y remover sólidos de perforación, este procedimiento se muestra en el (Figura 14).

- **Desecho líquido y sólido**

En la fase de diseño de un circuito cerrado el objetivo principal es de prevenir la creación y descarga de volúmenes excesivos de líquidos. La limitación del volumen líquido en el taladro reducirá significativamente el volumen de desecho.

Los sólidos removidos por el equipo de control de sólidos pueden ser desechados en la zona o pueden ser transportados a una localidad privada para ser desechados, cualquier exceso de dilución causado por arcillas de alta reactividad debe ser bombeado a los tanques de almacenamiento. Este fluido puede ser regresado al sistema activo si es necesario debido a pérdidas de circulación o requisitos de volumen. El éxito del sistema depende del reuso del volumen almacenado, si un volumen adicional es requerido, el fluido en los tanques de almacenamiento debe ser usado para no crear nuevos volúmenes de fluido. Este tipo de manejo de líquido reducirá costos de lodo y transportación de desecho.

- **Manejo de agua**

La cantidad y calidad de agua fresca usada en la locación seca debe ser controlada. Toda el agua que no sea usada para la mezcla de fluido debe ser removida de la locacion después de la completación del pozo.

### **6.2.3.3. Zarandas**

Los dispositivos de control de sólidos más importantes son las zarandas las cuales son mallas vibratorias separadas usadas para eliminar los recortes de lodos.

Como primera etapa de la cadena de limpieza de la remoción de sólidos, las zarandas constituyen la primera línea de defensa contra la acumulación de sólidos. Las zarandas se diferencian de los otros equipos de eliminación de sólidos en que producen un corte de prácticamente 100% al tamaño de la abertura de la malla.

A continuación damos a conocer los tipos de zarandas utilizados en la remoción de sólidos en una Locación Seca, así como se mencionan otros parámetros importantes en la siguiente Tabla XXXIV:

Tabla XXXIV. **Punto de corte, mallas de zaranda**

Tamaño de malla	Tipo de malla	Designación API	Abertura Micrón	% Área Abierta	Punto corte D-50
10 x 10	MKT GRAD SQ MESH	1905 x 1905 56.3	1905	56.3	1905
20 x 20	MKT GRAD SQ MESH	838 x 838 43.6	838	43.6	838
60 x 60	MKT GRAD SQ MESH	234 x 234 30.5	234	30.5	234
70 XL	TRIPLE LAYERD 2" BONDED	TOP MESH 70 MID MESH 58 BOT MESH 20	270 370 865	54.9 52.6 46.8	200
200 x 200	MKT GRAD DBL LAY 2" BONDED	74 x 74 33.6	74	33.6	74
250 x 250	MKT GRAD DBL LAY 2" BONDED	63 x 63 36.0	63	36.0	63

#### **6.2.3.4. Deshidratación**

El proceso de deshidratación es un factor importante para poder cerrar el circuito con el concepto de locación seca, fluidos y desechos base agua como es el caso de nuestro país son usualmente dispersados y diluidos a un nivel químico seguro y desechados en la locacion. El sistema de deshidratación utiliza una tecnología avanzada con coagulación y floculación para lograr una separación eficiente de líquidos y sólidos.

#### **6.2.4. Eficiencia de un circuito cerrado**

La eficiencia de un circuito cerrado dependerá de varios factores los cuales mencionamos a continuación:

1. No debemos de usar la misma bomba de alimentación para diferentes tipos de equipos de control de sólidos, porque esto puede hacer que parte del fluido se desvie del equipo o que algunas partes específicas del equipo estén sometidas a cargas excesivas.
2. Para una mejor eficiencia del circuito cerrado, no debemos descargar los fluidos dentro del mismo tanque de alimentación.
3. Además debemos saber seleccionar el tamaño de los desarenadores y deslimadores de manera que se cree un contra flujo desde el comportamiento del tanque corriente abajo hacia el compartimiento de alimentación. Esto nos asegurará que el 100% del flujo total sea procesado.
4. No se debe tomar la alimentación de un equipo de Locación Seca a partir del tanque de mezcla, ya que esto podría eliminar los productos químicos que son agregados al lodo.

5. Si se cumplen todos estos factores, tendremos una eficiencia del circuito cerrado del 98%.

#### **6.2.4.1. Ventajas del sistema propuesto**

1. Una ventaja importantísima de este tipo de sistemas es la mitigación del impacto ambiental causada por los lodos y recortes de perforación que puedan afectar al ecosistema del lugar.
2. Este tipo de sistemas en su fase final permite recuperar todos los líquidos deseables, y al mismo tiempo tiene la capacidad de descartar aquellos fluidos indeseables.
3. Con la aplicación correcta de un circuito cerrado, se puede llevar un control de volumen total de fluido, el cual tendrá que ser controlado y anotado diariamente. Lo que nos dará una perspectiva más amplia del volumen total de líquidos y sólidos removidos en la locación durante el proceso de perforación.
4. El tiempo de instalación del equipo de una locación seca es mucho menor, a la construcción de las fosas tradicionales utilizadas en nuestro país.
5. El concepto de Locación seca puede ser aplicado a fluidos densificados y no-densificados.
6. Este sistema puede ser diseñado para remover del 80 al 90 por ciento de los sólidos generados en un rango de 2-6 micrones.
7. Se puede mantener el volumen de los sólidos de bajo peso específico en un 5%, y de esta manera se minimizan los problemas del pozo.

8. Con la aplicación de un circuito cerrado es posible recuperar sólidos arcillosos comerciales, como la bentonita y la barita, los cuales tienen un valor económico importante.

#### **6.2.4.2. Desventajas del sistema propuesto**

1. Una desventaja del sistema podría ser el control estricto que deben tener todos los componentes del equipo de Locación Seca.
2. El personal que trabaje en un sistema de Locación Seca debe ser altamente capacitado y con experiencia en este tipo de aplicaciones, para que toda la operación se realice con éxito.

#### **6.2.5. Procedimiento a seguir en la implementación de un sistema de control de sólidos en circuito cerrado**

- Acelerar el proceso de sedimentación de los ripios de la fosa principal mediante la utilización de un polímero floculante diluido al 1%, para tratar de mantener la separación entre las dos fases.
- El agua residual de la fosa principal pasa por rebose o cascada a la fosa secundaria, donde se le determina la concentración de calcio y el PH antes de ser succionada por una bomba centrífuga y pasada a través de un serpentín o manifold de mas o menos un metro y medio de longitud.

- En este paso se utiliza un dosificador de polímero que trabaja con una presión máxima de agua de 100 psi. Este aparato está constituido por dos cámaras, una de mezclado de 0.8 galones de capacidad y otra de envejecimiento de 15 galones, la función del dosificador es mezclar una pequeña cantidad de un polímero floculante concentrado con un determinado volumen de agua, lograr por agitación la total dispersión del polímero y evitar el rompimiento de las cadenas durante el proceso de mezcla.
  
- El serpentín por donde debe pasar el agua proveniente de la fosa secundaria, tiene tres entradas; una para agua industrial, otra para ácido y una tercera para polímero. El agua industrial es para facilitar por dilución la dispersión de los sólidos del agua de la fosa, el ácido es para disminuir el pH en caso necesario y el polímero es para realizar un proceso de floculación.
  
- La concentración de polímero utilizado en el proceso de clarificación, se calcula en base a la relación entre los galones por hora de polímero procesada por el dosificador y los galones por hora de agua suministrada al sistema, aquí se incluye el agua succionada de la fosa y el agua industrial suministrada tanto por el Manifold como la cámara de la mezcla. La parte sólida es descargada a una fosa recolectora de sólidos y el agua clarificada pasa a un tanque de almacenamiento de poca capacidad y luego es transferida a una de mayor capacidad.

#### **6.2.5.1. Tiempo estimado en la implementación de un circuito cerrado**

La instalación correcta del equipo es esencial para lograr la capacidad máxima de separación de los equipos de remoción de sólidos, el tiempo estipulado en la instalación de una Locación Seca la desglosamos a continuación:

- Ya construida la plataforma de perforación se dispone a la instalación de la zarandas principales, luego se instala el limpia fluido juntamente con el microclomo, lo cual nos lleva un día de trabajo.
- El siguiente paso es la instalación de la centrífuga principal y secundaria juntamente con el desgasificador, esta etapa se desarrollará en un día. Por último se instalan las bombas centrífugas y los tanques de procesamiento, este paso se desarrollará en un día.

#### **➤ Vías de acceso al lugar de la implementación del sistema**

Las vías que se utilizarán para el transporte del equipo de la Locación Seca dependerán del lugar donde se desarrollará el proceso de perforación, en el caso de nuestro país los campos de exploración se encuentran principalmente en la región norte, específicamente Cobán y Petén, las vías a utilizar pueden ser aérea o terrestre.

## 7. EVALUACIÓN FINAL DE LOS DOS SISTEMAS PROPUESTOS

### 7.1. Recopilación de resultados de la perforación de Xan 43

A continuación describiremos los resultados obtenidos en la perforación del pozo Xan 43.

#### 7.1.1. Fase I

Se comienza con los trabajos de perforación del pozo Xan 43, los cuales se iniciaron el 24 de julio del 2006 a las 01:00 hrs.

Con una broca de 17 1/2" se comienza a perforar los primeros 85 pies de superficie, además se utilizaron dos píldoras viscosas de control de pérdidas (LCM), en este intervalo se tuvo pérdidas totales de circulación.

Perforando el intervalo de 191 pies a 197 pies se obtuvieron nuevamente pérdidas totales, se colocaron dos píldoras de alta viscosidad de 50 Bbls con 75#LCM (MIX-II + MI Seal + Carbonato M&C) pero aun así no se obtuvo circulación.

Tabla XXXV. **Parámetros perforación 17 1/2". Fase I se perforó de 0 pies a 470 pies.**

Avance promedio	12.2 pies / hora
Peso (rangos)	15,000 - 30,000 Lbs.
Revoluciones por minuto	80/110 rpm (revoluciones por minuto)
Caudal promedio	311 Galones por minuto (gpm)
Peso de lodo promedio	8.6 libras por galón (lpg)
Viscosidad promedio	96

### 7.1.2. Fase II

Luego se perforó con un motor agujero de 12 1/4" con una broca PDC en el intervalo de 535 pies a 751 pies, con un caudal de 595 galones por minuto y una presión que oscila entre 1,300 psi, en esta etapa se dio servicio a la torre y se perforó hasta la profundidad de 975 pies, encontrándose en este intervalo con una presión de 1,300 a 1,500 psi y un caudal de 595 a 620 galones por minuto.

Después se siguió perforando con un motor de agujero de 12 1/4" con similar broca en el intervalo de 1,468 pies a 1,627 pies, encontrándose una presión de 1,400 - 1,500 psi y un caudal de 614 - 625 gpm, se localizó una desviación de 1/2° a la profundidad de 1,548 pies, además se bombeó una píldora de alta viscosidad de 25 Bbls cada tres juntas perforadas para mantener el agujero limpio, el lodo de perforación en este intervalo tiene unas propiedades de 9.3 ppg y 53 de viscosidad, esta situación se mantenía a las 24:00 horas del 31 de julio del 2006.

Se reparo la fuga del Stand pipe con soldadura cerca de las bombas de lodos.

Se continuó perforando con un motor agujero de 12 1/4" con broca PDC hasta la profundidad de 3,323 pies, con un caudal de 630 gpm y una presión de 1,750 psi, en este intervalo se activaron las alarmas de H<sub>2</sub>S y se llevó a cabo la evacuación de todo el personal. Se verificó la presencia de H<sub>2</sub>S con equipo de protección alrededor de áreas de la torre, zarandas, contra-pozo pero no hubo detección de gas.

A la profundidad de 4,299 pies se siguió perforando con un agujero de 12 1/4" con broca PDC obteniéndose un caudal de 620 gpm y una presión de 1,900 psi, en esta etapa se trabajo en el cambio de la terminal de fluidos con fuga #1 en la bomba de lodos #2.

En la profundidad de 4,643 pies a 4,674 pies se cambió la perforación, además se incrementó el peso del lodo en los tanques de 10.7 a 11.4 ppg. En el intervalo de 5,657 pies a 5,735 pies e obtuvo un caudal de 586 gpm y una presión de 2,100 pies, se colocó una píldora de alta viscosidad de 50 Bbls.

Tabla XXXVI. **Parámetros perforación 12 1/4". Fase se perforó de 470 pies a 5,735 pies**

Avance promedio	16.82 pies / hora
Peso (rangos)	5,000 - 28,00 Lbs.
Revoluciones por minuto	70/110 rpm (revoluciones por minuto)
Caudal promedio	606 Galones por minuto (gpm)
Peso de lodo promedio	9.85 libras por galón (lpg)
Viscosidad promedio	54

### 7.1.3. Fase III

Se instalaron tapones de cemento suave a la profundidad de 5,690 pies a 5,715 pies, además se perforó un zapato flotador y un agujero de bolsillo a la profundidad de 5,735 pies.

Se perforó con un motor de 8 1/2" en el intervalo de 6,088 pies a 6,302 pies, se obtuvo un caudal de 500 gpm y una presión de 1,700 psi.

Se continuo perforando a la profundidad de 7,240 pies - 7,566 pies, con un caudal de 500 gpm y una presión de 2,050 psi, además se bombeo una píldora de alta viscosidad y se circuló el agujero limpio por precaución.

A la profundidad de 7,818 pies se introdujo una sarta nueva al agujero sin problemas, las propiedades del lodo fueron 9.1 lpg, con una viscosidad de 51.

Las operaciones de perforación se terminaron a las 10:30 Hrs del 23 de Agosto, 2,006.

Tabla XXXVII. **Parámetros perforación 8 1/2". Fase se perforó de 5,735 pies a 7,818 pies**

Avance promedio	25.5 pies / hora
Peso (rangos)	14,000 - 26,000 Lbs.
Revoluciones por minuto	60/90 rpm (revoluciones por minuto)
Caudal promedio	493 Galones por minuto (gpm)
Peso del lodo promedio	8.94 libras por galón (lpg)
Viscosidad promedio	50

#### **7.1.4. Reporte de perforación**

En este documento se describen todos los datos técnicos obtenidos en la perforación, los cuales son tabulados diariamente. A continuación mencionaremos los parámetros que este reporte debe llevar:

#### **7.1.5. Parámetros mecánicos**

En este punto hacemos mención de la sarta de perforación, las cuales en el reporte deben llevar:

1. Diámetro de la barrena
2. Tipo
3. Toberas

#### **7.1.6. Geometría del pozo**

Aquí se menciona lo referente a tuberías de revestimiento las cuales tienen una etapa superficial, intermedia de producción y liner.

### **7.1.7. Parámetro de Volumen de lodo circulado (lb.)**

Se menciona en este parámetro todo lo concerniente al volumen de lodos, el cual nos da una perspectiva amplia de lo que esta sucediendo en la perforación, en los siguientes puntos:

1. Agujero
2. Presas donde se deposita el fluido
3. Total de volumen circulando
4. Almacenamiento del fluido
5. Peso

- **Parámetros hidráulicos**

Aquí se detalla todo lo relacionado a datos de circulación, mencionando las bombas existentes así como el gasto de las mismas, como otros parámetros que mencionamos a continuación:

1. Eficiencia de las bombas
2. Gasto total
3. Tiempo de atraso
4. Ciclo completo
5. Presión

➤ **Condiciones de perforación**

En este renglón se muestran los siguientes parámetros a considerarse:

1. Peso sobre la barrena
2. Rotación
3. Presión de la bomba
4. Peso de la sarta
5. Torque

➤ **Reología del lodo a utilizar**

Aquí se menciona y se lleva un control de las propiedades del fluido utilizado en la perforación, para evitar problemas futuros que puedan afectar el transcurso de las operaciones.

➤ **Materiales para la elaboración de Lodo consumidos**

Aquí se tabulan todos los productos químicos que se necesitan para la elaboración del lodo de perforación, el cual lleva un control diario de los productos consumidos.

## **7.2. Fases a perforar**

La perforación del pozo Xan 43 se desarrollo en tres fases, las cuales tienen parámetros técnicos distintos los que mencionaremos a continuación:

### 7.2.1. Fase I

Tabla XXXVIII. Tuberías de revestimiento Casing de 13 3/8"

Profundidad (pies, m)	Juntas	Peso (Lbs/pie)	Grado	Rosca	Rango	Condición
466.33 (142.17 m)	11	68	K - 55	BTC	3	Nueva

Zapato Stab in (Davis) 2.17 pies (0.66 m)

Total: 468.50 pies (142.84 m)

Profundidad del zapato: 468 pies (142.68 m)

En esta fase se instalaron 4 centralizadores flexibles y una canasta.

Tabla XXXIX. Medidas de Desviación de la Fase I

Profundidad (pies)	Inclinación Az. (grados)
450	1/4°

### Fase I

#### Cementaciones

#### Casing de 13 3/8"

Se bombearon 30 Bbls de agua a 3.5 barriles por minuto (bpm), además se mezcló y bombeo 93.3 Bbls de lechada inicial de 13.4 libras por galón (ppg) de cemento clase "A", utilizando 306 sacos de cemento.

Durante esta primera fase no se obtuvieron retornos durante el trabajo, se obtuvo una presión final de circulación de 100 psi.

Además se realizó el trabajo de cementación superior con una tubería macron a 85 pies. Se mezcló y bombeo 44 Bbls de lechada de 15.4 ppg (200 sacos de cemento clase "A" + 0.026 galones por saco (g/s) D047 + 0.035 g/s D075), con unos retornos de 7 Bbls de lechada de cemento en la superficie.

## Sartas de perforación

### Fase I; Agujero de 17 1/2", de 0 pies a 470 pies

Parámetros y componentes que se utilizaron en la Fase I:

1. BHA #1 : Broca tricónica 17 1/2"
2. Unión broca con flotador y anillo Totco
3. Amortiguador 9 1/2"
4. 5 lastra barrenas (DC) 9 1/2"
5. Crossover (XO)
6. 1 DC 8 1/2"
7. Longitud 225 pies

### 7.2.2. Distribución de tiempo de las operaciones de la Fase I

En la siguiente Tabla XL se muestran los tiempos de las operaciones que se realizaron en la primera fase de la perforación:

Tabla XL. **Tiempos de operaciones**

<b>Actividad</b>	<b>Fase de 17 1/2" Casing de 13 3/8" Hrs</b>
Perforación	38.50
Escariado	0.00
Acondicionamiento Lodo Circulación	8.50
Viajes	6.50
Medidas de desviación	0.50
Montaje/Bops	11.50
Correr y cortar cable	0.00
Reparación en torre	0.00
Lubricación de la torre	0.00
Registros	0.00
CCSGS/Cementación	28.50
Matado de pozo	0.00
Completación	0.00
Varios (incluye tiempo perdido)	1.00
<b>Total</b>	<b>95.00</b>

### 7.2.3. Fase II

Tabla XLI. Tuberías de revestimiento Casing de 9 5/8

Profundidad (pies, m)	Juntas	Peso (Lbs/pie)	Grado	Rosca	Rango	Condición
5,659.21 (1,725.37)	145	47	L - 80	BTC	3	Nueva
79.29 (24.15)	2	47	L - 80	BTC	3	Nueva

1.55 (0.47 m) Zapato Davis

1.78 (0.54 m) Zapato Davis Linch

Total: 5,741.76 pies (1,750.54 m)

Profundidad del collar: 5,650.45 pies (1,722.70 m)

Profundidad del Zapato: 5,731.22 pies (1,747.32 m)

En esta fase se instalaron 10 centralizadores Spirablíder y 17 flexibles

Tabla XLII. Medidas de desviación de la Fase II

Profundidad (pies)	Inclinación Az. (grados)
1,548	1/2°
2,740	3/4°
3,906	1/2°
4,944	1°
5,665	3/4°

### Fase II

#### Cementaciones

#### Casing de 9 5/8"

Se bombearon 15 Bbls de lavado CW7 a 8.32 ppg a bpm + 40 Bbls de espaciador MUD PUSH XL a 12.4 ppg - 3.5-4 bpm.

Se premezcló y bombeó 121.7 Bbls de lechada inicial (400 sacos de cemento clase "H") de 13.4 ppg, conteniendo los siguientes aditivos, 0.04 g/s D047 + 0.015 g/s D075 + 0.015 g/s D080 + 0.006 g/s D077 + 100% D0909 a 3 bpm; más 44.3 Bbls de lechada de cola conteniendo 204 sacos de cemento clase "H" de 15.4 ppg, conteniendo los siguientes aditivos, 100% D909 + 0.5% D167 + 0.03 g/s D047 + 0.02 g/s D075 + 0.03 g/s D162 + 0.04 g/s D080 a 3.5 - 4 bpm.

Se obtuvo una presión final de 850 psi, el tope teórico anular del cemento fue de a +/- 3,880 pies.

## **Sartas de perforación**

### **Fase II**

#### **Agujero de 12 1/4", de 470 pies a 5,735 pies (143.29 a 1,748.48 m)**

Parámetros y componentes que se utilizaron en la Fase II:

1. BHA #2: 12 1/4" broca tricónica usada
2. Unión broca con válvula flotadora y anillo Totco
3. 5 DC 8 1/2"
4. & DC8", XO; HWDP 5"
5. BHA #3: broca PDC 12 1/4", motor 8 1/4" con camisa 12 1/8" 0°BH
6. DC 8 1/2", estabilizador 8 1/8", 4 DC 8 1/2"
7. 1 martillo 6 1/2", 5 HWDP 5"
8. 6 DC 8"; XO; 12 HWDP, unión flexible
9. Longitud: 917.59 pies
10. BHA #4: broca PDC 12 1/4" (7 x 13)
11. Motor nuevo con camisa 12 1/8" 0°BH, DC 8 1/2"

- 12. Estabilizador 12 1/8", 4DC 8 1/2"
- 13. 6DC 8": XO; 12 HWDP, unión flexible
- 14. 1 martillo 6 1/2", unión flexible; 5 HWDP 5"
- 15. Longitud: 917.59 pies

#### 7.2.4. Distribución de tiempo de las operaciones de la Fase II

Tabla XLIII. Tiempo de operación fase II

Actividad	Fase de 8 1/2" Casing de 9 5/8" Hrs
Perforación	313.00
Escariado	0.00
Acondicionamiento Lodo de Circulación	7.00
Viajes	17.50
Med. Desviación	2.00
Montaje./Bop's	15.00
Correr y cortar cable	0.00
Reparación en torre	0.00
Lubricación de la torre	0.00
Registros	0.00
Casing/Cementación	42.50
Matado de pozo	15.00
Completación	0.00
Varios (incluye tiempo perdido)	20.00
<b>Total</b>	<b>432.00</b>

#### 7.2.5. Fase III

Tabla XLIV. Tuberías de revestimiento Casing de 7"

Profundidad (pies, m)	Juntas	Peso (Lbs/pie)	Grado	Rosca	Rango	Condición
7,743.1 (2,360.70)	203	26	L - 80	BTC	3	Nueva
76.62 (23.36)	2	26	L - 80	BTC	3	Nueva

Collar flotador Davis Linch a 1.45 (0.44m)

Zapato flotador Davis Linch 1.71 (0.52m)

Total: 7,816 pies (2,382.93 m)

Profundidad del collar: 7,736.22 pies (2,358.60 m)

Profundidad del Zapato: 7,814.29 pies (2,382.41 m)

En esta fase se instalaron 10 centralizadores Spiraglider y 20 flexibles.

Tabla XLV. **Medidas de Desviación de la Fase III**

<b>Profundidad (pies)</b>	<b>Inclinación Az. (grados)</b>
7,112	1/2°
7,743	1 1/4°

### **Fase III**

#### **Cementaciones**

##### **Casing 7"**

Se bombearon 15 Bbls de lavado CW7 a 8.4 ppg a 3bpm + 15 Bbls de espaciador MUD PUSH XL 12 ppg a 3.5 bpm.

Se premezclaron y bombearon 10 Bbls de lechada inicial, conteniendo 70 sacos de cemento clase "H" de 15.8 ppg, con un contenido de aditivos de, 0.35% D167 + 0.03 g/s D047 + 0.015 g/s D075 + 0.025 g/s D162 + 0.06 g/s D080 a 3 bpm, mas 38 Bbls de lechada de cola conteniendo 200 sacos de cemento clase "H" de 15.8 ppg, con aditivos: 0.35% D167 + 0.03 g/s D047 + 0.018 g/s D075 + 0.02 g/s D162 + 0.04 g/s D080.

Se obtuvo en esta fase una presión final de 1,000 psi, el tope teórico del cemento en el anular fue +/- 6,773 pies.

## Sartas de perforación

### Fase III

**Agujero de 8 1/2", de 5,735 pies a 7,818pies (1,748.48 a 2,383.54 m)**

Parámetros y componentes que se utilizaron en la Fase III:

1. BHA #15: broca PDC 8 1/2"; motor 6 3/4" con camisa 8 3/8"
2. Unión flotadora con válvula flotadora y anillo Totco; XO
3. Estabilizador 8 1/8", 10 DC 6 1/2", XH 4 1/2"
4. XO 4 1/2"XHx 4 1/2" IF
5. Longitud: 1,068.23 pies
6. BHA #16: broca usada 8 1/2", unión broca 4 1/2" regx 4 1/2" XH
7. 1 DC 6 1/2", estabilizador 8 1/8"; longitud: 1,039 pies

### 7.2.6. Distribución de tiempo de las operaciones de la Fase III

Tabla XLVI. **Tiempos de operaciones, fase III**

<b>Actividad</b>	<b>Fase de 8 1/2" Casing de 7" Hrs.</b>
Perforación	83
Escariado	0.00
Acondicionamiento Lodo de circulación	11
Viajes	43
Med. Desviación	0.5
Montaje/Bop's	18
Correr y cortar cable	1.5
Reparación en torre	0.00
Lubricación de la torre	0.00
Registros	6
Casing/Cementacion	35
Matado de pozo	0.00
Completación	0.00
Varios (incluye tiempo perdido)	4.5
<b>Total</b>	<b>202.50</b>

### 7.3. Reología e hidráulica del tipo de lodo a utilizar

La selección del lodo de perforación jugó un papel de primordial importancia en la perforación del pozo Xan 43.

Tabla XLVII. **Peso y viscosidad de lodo Xan 43**

<b>Profundidad (pies)</b>	<b>Peso (Lb. /gal.)</b>	<b>Viscosidad (Seg.)</b>	<b>Fluido</b>
Sup. – 470	8.6	97	Agua + píldoras viscosas
470 -4465	8.6 – 9.8	49 – 56	Lodo cálcico
4465 – 5735	10.7 – 11.4	56 – 60	Lodo cálcico
5735 - 7818	8.8 – 9.1	48 - 52	Lodo Flo-Vis Drill-In

A continuación mencionaremos por fases la reología e hidráulica utilizada en la ejecución de Xan 43.

#### 7.3.1. Reología e Hidráulica del Lodo de perforación

##### Fase I

En la primera fase no hubo movimiento en lo concerniente a la reología e hidráulica de lodos de perforación. Las dimensiones del tamaño del agujero, el diámetro de tubería están dadas en pulgadas, las velocidades críticas y anulares en pies/seg, la viscosidad esta dada en cp y la presión anular en psi.

Tabla XLVIII. **Comienzo de la Fase II día 7; Reología e hidráulica del lodo de perforación**

<b>Sección Anular</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Tamaño del agujero	12.415	12.415	12.415	12.25	
Diámetro de tubería	5	8	8.5	8.5	
Velocidad crítica	209	235	242	244	
Velocidad anular	106	152	167	176	
Viscosidad	90.5	52.1	45.4	42.8	
Presión del anular	1	1	1	1	

Tabla XLIX. **Reología e Hidráulica de lodos día 8**

<b>Sección Anular</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Tamaño del agujero	12.415	12.25	12.25	12.25	12.25
Diámetro de tubería	5	5	5	8	8.5
Velocidad crítica	219	221	221	259	269
Velocidad anular	120	123	123	179	198
Viscosidad	100.4	97.5	97.5	59.6	52.8
Presión del anular	2	7	2	2	2

Tabla L. **Reología e Hidráulica de lodos día 14**

<b>Sección Anular</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Tamaño del agujero	12.415	12.25	12.25	12.25	12.25
Diámetro de tubería	5	5	5	8	8.5
Velocidad crítica	232	234	234	264	272
Velocidad anular	122	126	126	184	203
Viscosidad	111.7	108	108	61.3	53.3
Presión del anular	2	15	3	2	2

Tabla LI. **Reología e Hidráulica de lodos día 21**

<b>Sección Anular</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Tamaño del agujero	12.415	12.25	12.25	12.25	12.25
Diámetro de tubería	5	5	5	8	8.5
Velocidad crítica	235	237	237	277	288
Velocidad anular	111	115	115	167	185
Viscosidad	139.2	135.1	135.1	82.7	73.2
Presión del anular	3	25	3	3	3

Tabla LII. **Comienzo de la Fase III día 23; Reología e hidráulica del lodo de perforación**

<b>Sección Anular</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Tamaño del agujero	8.681	8.681	8.5	8.5	
Diámetro de tubería	5	6	6	6.5	
Velocidad crítica	292	314	320	337	
Velocidad anular	242	310	337	407	
Viscosidad	47.2	33.2	30.5	23.4	
Presión del anular	85	18	2	14	

Tabla LIII. **Reología e Hidráulica de lodos día 25**

<b>Sección Anular</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Tamaño del agujero	8.681	8.681	8.5	8.5	
Diámetro de la tubería	5	6	6	6.5	
Velocidad crítica	313	339	346	366	
Velocidad anular	242	310	337	407	
Viscosidad	53.3	38.3	35	27.5	
Presión del anular	105	3	22	16	

Tabla LIV. **Reología e Hidráulica de lodos día 30**

<b>Sección Anular</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Tamaño del agujero	8.681	8.5	8.5	8.5	
Diámetro de la tubería	5	5	6	6.5	
Velocidad crítica	354	360	401	431	
Velocidad anular	242	258	337	407	
Viscosidad	68.7	64.7	47.5	38,5	
Presión del anular	136	29	34	23	

#### **7.4. Equipos de control de sólidos a ser utilizados**

En la perforación del pozo Xan 43 el equipo de control de sólidos que fue utilizado es el que a continuación se describe:

- **Bombas de Lodo**

Se utilizaron tres bombas de lodo marca Gardener Denver, Tipo PZJC9,9" x 7", 1000 HP, independientemente accionados por 2 motores caterpillar D-399, PC, 110 HP a 1200 RPM.

- **Desarenador**

Marca Rumba, de dos conos, con una presión de operación de 25 - 30 psi, y cada cono tiene la capacidad de trabajo de 500 galones por minuto (GPM), los conos tiene un diámetro de 10".

- **Desilter**

Marca Harrisburg, 640-8, de 10 conos y cada cono tiene la capacidad de trabajar con 80 galones por minuto (GPM), los conos tiene un diámetro de 5".

- **Desgasificador Poorboy**

Este tiene unas dimensiones de 16" x 129", con una entrada de 4" y una salida de 6" además cuenta con una salida de gas de 4".

- **Bombas de alimentación / transferencia**

Marca Dismission, centrífugas 6 x 8, con un motor de 75 HP.

- **Tanques de Lodo**

Se cuenta con un tanque de mezcla de 117 barriles de capacidad, dos tanques de 152 barriles de capacidad. Una trampa de arena de 15 barriles de capacidad. En resumen se tiene una capacidad total de 422 barriles, tanques de succión (con agitadores, mezcladores y bombas de transferencia). Dos secciones de 150 barriles cada una y una sección para píldora de 75 barriles de capacidad, la capacidad total de esta sección 375 barriles. Tanques de premezcla (con agitador, mezclador y bomba de transferencia), un tanque de 287 barriles, tanque de agua de perforación con bomba, tanque de 230 barriles, tanque de agua para frenos con bomba un tanque de 62 barriles y por último un tanque de viaje con bomba de 25 barriles.

**7.4.1. Equipo de control de sólidos Utilizado durante la perforación de  
Xan 43**

Tabla LV. Equipo de control de sólidos

<b>Día</b>	<b>Zaranda # 1 Tipo de malla</b>	<b>Zaranda # 2 Tipo de malla</b>	<b>Limpiador de lodo Tipo de malla</b>	<b>Centrífuga Trabajo en Hrs.</b>	<b>Desarenador Trabajo en Hrs.</b>
1	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-
2	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-
3	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-
4	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-
5	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-
6	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	24	-
7	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	24	-
8	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	24	-
9	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	24	-
10	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	20	-
11	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	15	-
12	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	24	-
13	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	24	-
14	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	24	-
15	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	24	-
16	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	6	-
17	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	3	-
18	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	6	-
19	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	10	-
20	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	4	-
21	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-
22	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-
23	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-
24	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	16	-
25	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	24	-
26	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	24	-
27	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	19	-
28	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-
29	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-
30	100-100-100	200-200-200	Bey-3 175-175-175	-	-

## 7.5 Comparación de resultado

Los datos mostrados en la siguiente tabla, nos dan una perspectiva amplia de los desechos generados en la perforación de Xan 43, los cuales se depositaron en las fosas destinadas para este uso, esto nos brinda una valiosa información para la comparación de los parámetros utilizados en este sistema con los utilizados en un circuito cerrado.

Tabla LVI. Datos obtenidos en las fosas de perforación Xan 43

Día	Agua añadida (bbl)	Lodo nuevo (bbl)	Lodo desechado (bbl)	Perforando (Hrs)	Circulación (Hrs)	Bentonita (%)	Costo de elaboración de lodo (\$)	Sólidos Perforados (%)
1	866	905	436	21	1.5	-	13,272.34	-
2	704	750	-	17	1.0	-	7,168.86	-
3	-	-	-	-	1.0	-	900.00	-
4	942	984	-	-	-	2.2	19,198.33	-
5	-	-	13	8.5	5	2.2	900.00	-
6	10	14	42	24	-	1.8	3,026.72	2.5
7	10	13	43	24	-	1.8	3,447.18	2.6
8	20	23	46	24	-	1.3	3,673.18	4.2
9	47	50	36	23	-	1.2	3,361.38	4.0
10	67	70	36	21	1.0	1.2	3,423.75	4.2
11	150	160	19	15.5	-	1.2	5,401.78	4.0
12	42	45	43	24	-	1.1	3,386.46	4.1
13	60	63	33	24	-	1.1	3,572.28	3.9
14	47	50	36	23	0.5	1.1	3,343.46	3.7
15	46	50	28	21	-	1.1	3,377.54	3.8
16	5	65	22	15.5	0.5	1.2	15,054.76	4.9
17	6	57	17	17.5	-	1.3	12,217.96	3.7
18	48	54	23	23	0.5	1.1	3,524.08	6.0
19	30	40	35	23	1.0	1.2	4,223.38	6.1
20	9	20	8	7.5	3.5	1.4	4,230.86	6.1
21	-	-	-	-	-	1.4	900.00	6.1
22	-	-	-	-	-	1.4	900.00	6.1
23	927	948	-	-	-	-	25,079.02	2.0
24	291	300	18	17.5	2.0	-	10,709.98	3.6
25	10	14	27	23	1.0	-	5,834.96	3.5
26	-	27	-	1.0	-	2.7	5,753.37	-
27	4	13	28	19	2.0	-	5,611.08	4.4
28	-	-	-	-	-	-	900.00	4.4
29	-	-	-	-	2.5	-	900.00	4.4
30	-	-	-	5.0	-	-	900.00	4.4
<b>Total</b>	<b>4,341</b>	<b>4,715</b>	<b>989</b>	<b>422</b>	<b>41</b>		<b>174,192.71</b>	

Tabla LVII. **Comparación de resultados Locacion seca Vrs Fosas tradicionales**

Día	Lodo nuevo (bbl)	Lodo desechado (bbl)	Material (sacos)	Costo unitario (\$)	Costo Fosas tradicionales (\$)	Costo Circuito Cerrado (\$)	comparación entre los dos sistemas (\$)
1	450	100	Soda cáustica	21.50	13,272.34	5,140.25	8,132.09
2	250	-	Flo Vis	325.67	7,168.86	2,100.28	5,068.58
3	-	-	Aceite mineral	450.00	900.00	350.00	550.00
4	397	-	Magic	199.63	19,198.33	8,523.75	10,674.58
5	-	4	Polypac	155.90	900.00	350.00	550.00
6	4	14	Caustilig	18.46	3,026.72	1,123.23	1,903.49
7	2	15	Lime-MI	6.33	3,447.18	1,222.14	2,225.04
8	7	17	MI seal	20.01	3,673.18	1,321.21	2,351.97
9	12	13	Defoam	605.00	3,361.38	1,211.12	2,150.26
10	15	12	Mi seal	20.01	3,423.75	1,220.45	2,203.30
11	40	8	Barita	13.38	5,401.78	1,994.43	3,407.35
12	11	15	Mi-Gel	15.92	3,386.46	1,121.11	2,265.35
13	15	10	Nut plug	81.00	3,572.28	1,298.57	2,273.71
14	12	13	Lo wate	11.70	3,343.46	1,114.21	2,229.25
15	12	9	Poly UL	155.90	3,377.54	1,277.77	2,099.77
16	13	7	Polysal	46.40	15,054.76	7,112.21	7,942.55
17	10	5	Mix II F	27.50	12,217.96	4,977.21	7,240.75
18	9	8	Sal	7.84	3,524.08	1,345.21	2,178.87
19	7	12	Soda Ash	21.72	4,223.38	1,798.43	2,424.95
20	4	2	Magma	28.25	4,230.86	1,790.23	
21	-	-	Congor	1064.65	900.00	350.00	550.00
22	-	-	XCD	188.30	900.00	350.00	550.00
23	377	-	zinc	55.00	25,079.02	10,227.98	14,851.04
24	110	4	Coarse	11.70	10,709.98	4,107.12	6,602.86
25	3	5	Spersene	44.60	5,834.96	2,007.77	3,827.19
26	5	-			5,753.37	2,000.87	3,752.50
27	2	3			5,611.08	1,992.98	3,618.10
28	-	-			900.00	350.00	550.00
29	-	-			900.00	350.00	550.00
30	-	-			900.00	350.00	550.00
<b>Total</b>	<b>1,767</b>	<b>276</b>			<b>174,192.71</b>	<b>68,478.53</b>	<b>105,714.18</b>

Se puede observar en la comparación de resultados que existe una diferencia económica entre los dos sistemas de recuperación de sólidos.

En el caso particular de un circuito cerrado (Locación seca), la comparación de resultados se estima en la eficiencia de la recuperación y separación de fluidos deseables e indeseables, lo que genera un ahorro económico en lo que concierne a la elaboración de lodos que se utilizarán en el proceso de perforación.

Con este tipo de sistema se recupera material de peso que comercialmente genera ingresos a la empresa, tal es el caso de la recuperación de la barita y la bentonita.

Para que este proceso de recuperación tenga éxito, el desempeño de las zarandas es de suma importancia para la eficiencia total del equipo de control de sólidos, porque un pobre desempeño aquí no puede ser remediado más tarde.

A continuación se enumeran los valores más importantes que se deben de tomar en cuenta, en la elección de las zarandas a ser utilizadas.

Tabla LVIII. Tejido de calida comercial de mallas cuadradas

Designación de la malla	Tamiz Standard	Punto de corte D <sub>100</sub>	Área abierta (%)
16 X 16	27	1.130	50.7
20 X 20	28	0.864	46.2
30 X 30	41	0.516	37.1
40 X 40	43	0.381	36.0
50 X 50	54	0.279	30.3
60 X 60	64	0.234	30.5
80 X 80	80	0.177	31.4
100 X 100	108	0.140	30.3
120 X 120	128	0.177	30.5
150 X 150	140	0.105	37.9
200 X 200	200	0.74	33.6
250 X 250	234	0.61	36.0
325 X 325	325	0.44	30.5
400 X 400	400	0.37	35.9

Tabla LVIX. Malla de Swaco para zarandas ALS

Designación de la malla	Tamiz equivalente (malla)	D <sub>50</sub>	D <sub>16</sub>	D <sub>84</sub>	Conductancia (KD/mm)
ALS 50	48	320	324	380	6.17
ALS 70	73	200	150	241	3.76
ALS 84	86	169	119	200	3.44
ALS 110	97	153	107	182	2.75
ALS 140	118	127	91	153	2.14
ALS 175	152	98	70	117	1.78
ALS 210	174	86	60	106	1.63
ALS 250	215	68	48	82	1.21

Tabla LX. Mallas Derrick PWP DX para Circuito Cerrado

Designación de la malla	Tamiz equivalente (malla)	D <sub>50</sub>	D <sub>16</sub>	D <sub>84</sub>	Conductancia (KD/mm)
PWP DX 50	48	318	231	389	6.10
PWD DX 70	58	220	158	269	4.18
PWD DX 84	78	181	127	218	3.53
PWD DX 110	100	149	105	184	2.93
PWD DX 140	125	120	86	143	2.29
PWD DX 175	156	96	70	118	1.77
PWD DX 210	174	86	60	104	1.59
PWD DX 250	213	69	49	84	1.39

Tabla LXI. Mallas Derrick PMD DX para Circuito cerrado

Designación de la malla	Tamiz equivalente (malla)	D <sub>50</sub>	D <sub>16</sub>	D <sub>84</sub>	Conductancia (KD/mm)
PMD DX 50	48	318	231	389	6.10
PMD DX 70	58	220	158	269	4.18
PMD DX 84	78	181	127	218	3.53
PMD DX 110	100	149	105	184	2.93
PMD DX 140	125	120	86	143	2.29
PMD DX 175	156	96	70	118	1.77
PMD DX 210	174	86	60	104	1.59
PMD DX 250	213	69	49	84	1.39

Tabla LXII. Ángulo de la malla

Variaciones	Angulo malla (#1/#2)	Angulo malla (#3/#4)
1	0	10
2	-2.5	7.5
3	-5.0	5.0
4	-7.5	2.5
5	-10	0

A continuación mencionaremos las fallas más frecuentes que pueden ocurrir en la utilización de la zarandas en el proceso de perforación, las cuales afectan la eficiencia de un circuito cerrado.

Tabla LXIII. Tipos de falla en zarandas utilizadas en un circuito cerrado

Falla / Avería	Posible causa	Solución
Desgaste o rajadura en la malla.	Tensión insuficiente. Caucho en mal estado.	Reemplazar la malla y tensionar apropiadamente.
Malla suelta, no ajustada.	Tornillos tensores en mal estado. Falta caucho en la bandeja o esta en mal estado.	Reemplace los tornillos malos. Reemplace la malla. Reemplace caucho.
Zaranda produce alto inusual ruido al operar.	Tornillos tensores sueltos. Rodamientos vibradores malos.	Chequear y ajustarlos. Reemplazar los rodamientos.
Válvula o manija del By-pass atascada.	Válvula o manija con sólidos y lodo.	Limpiar cuerpo de manija con agua o diesel.
Vibradores demasiado calientes.	Rodamiento sin grasa. Rodamiento en mal estado.	Agregar gras a rodamientos. Reemplazar los rodamientos.
Lodo acumulado sobre la malla o derrame de mucho lodo en la descarga sólida.	Malla con tamizado muy pequeño. Malla suelta.	Cambie a una malla de tamizado mas grande o ajuste el ángulo de la bandeja de la zaranda. Ajuste la malla con el torque apropiado (50 pie/lb).
Acumulación de lodo en los bordes traseros de las mallas.	Los vibradores no están rotando en direcciones opuestas. Mallas mal tensionadas.	Cambie la posición de un cable de alimentación eléctrica. Ajuste la tensión de las mallas.

En conclusión podemos decir que la eficiencia de una Locación seca depende principalmente del buen funcionamiento de las zarandas y el buen manejo del resto de equipo utilizado.

Se debe de tomar en cuenta que este tipo de sistema de eliminación de sólidos debe de contar con un personal altamente capacitado, para que la operación tenga éxito.

Con los datos antes mostrados de las fosas de perforación y el análisis de una Locación seca, podemos concluir que una Locación seca tiende a ser mas eficiente que las fosas de perforación tradicionales.

En la siguiente tabla hacemos referencia de los topes y espesores que se encontraron en la perforación del pozo Xan 43:

Tabla LXIV. **Topes y espesores de formación Xan 43**

Ciclo	Unidad	Profundidad (pies)			Espesor medido (pies)	
		Medida	Vertical	Nivel del Mar		
VIII		18	18	+205	1514	
VII		1532	1532	-1309	1076	
VI		2608	2608	-2385	748	
V		3356	3356	-3133	1006	
IV	Cobán B-0	4362	4362	-4139	525	1344
III		4885	4885	-4662	821	
II	Cobán B-1	5706	5706	-5483	1028	334
	Cobán B-2	6040	6040	-5817		416
	Cobán B-3	6456	6456	-6233		278
I	Cobán B-4	6734	6734	-6511	1084	118
	Cobán B-5	6852	6852	-6629		154
	Cobán B-6	7006	7006	-6783		327
	Cobán B-7	7333	7333	-7110		295
	Cobán B-8	7628	7628	-7405		14
	Dolomía Xan	7642	7642	-7419		156
	Cobán B-9	7798	7798	-7575		20
	<b>P.T</b>	7818	7818	-7595		



## CONCLUSIONES

1. Con los datos antes señalados sobre el tema de las fosas de perforación y el análisis de una locación seca, obtenemos que la eficiencia de los dos sistemas tienden a una variación que radica en la recuperación de material de peso, reutilización de los fluidos deseables, mitigación del impacto ambiental lo cual es de suma importancia, por tales motivos se puede decir que una locación seca tiende a ser más eficiente que las fosas de perforación tradicionales.
2. Un programa de control de sólidos bien diseñado debe de incluir más de una técnica de remediación, para evitar problema ambientales.
3. La correcta instalación del equipo de control de sólidos es de suma importancia para lograr la máxima capacidad de separación de recortes.
4. La utilización de una Locación Seca (circuito cerrado) permite recuperar de un fluido los sólidos y líquidos deseables. Además permite obtener fases líquidas costosas material de peso, a fin de evitar daño al ambiente.
5. Se debe alcanzar en la construcción de las vías de acceso compactaciones menores del 90%, para utilizar el equipo de trabajo adecuado y así nos evitaremos el uso de equipo especial de compactación.

6. En nuestro país la utilización del sistema de Locación Seca no es practicado actualmente por las compañías petroleras, ya que aducen que la producción de petróleo no justifica la implementación de este sistema.  
Aquí se trabaja con el sistema de fosas tradicionales excavadas en el sitio de perforación las cuales no tienen la misma eficiencia que la de un circuito cerrado.
7. Las fosas revestidas deben ser operadas de una manera que asegure la integridad del revestimiento.
8. Las fosas de agua producida deben usarse solo para el almacenamiento de agua antes de la inyección o transporte fuera del sitio.
9. Todos los lineamientos de seguridad deben estar orientados para proteger al público en general, el medio ambiente y la vida silvestre.
10. Los materiales líquidos y no líquidos que no satisfacen los criterios en el sitio para la dispersión en terrenos o entierro deben evacuarse.
11. La altura de la berma, el declive y el material deben ser tales que la fosa sea de estructura resistente y que su integridad no se ponga en peligro por el terreno o sea violada por fuertes lluvias, viento, infiltración u otras fuerzas naturales.

## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere que para la construcción de las localizaciones y los derechos de vía, el área efectiva de operaciones deberá ser nivelada, compactada y debidamente drenada.
2. Las plataformas de perforación deben estar libres de basura o desperdicios. Además se debe de tomar muy en cuenta la construcción de un sistema de drenaje alrededor de la plataforma para recoger las aguas de lluvia y de esorrentía la cual deberá de disponer de trampas de aceite y de grasas.
3. Las plataformas deberán estar ubicadas a una distancia no menor de 100 m de cualquier cuerpo de agua, para evitar el deterioro del medio ambiente.
4. Se deben construir bordes, terraplenes perimetrales compactos alrededor de las fosas para evitar el ingreso de aguas provenientes del escurrimiento superficial pluvial.
5. Las fosas de recolección de recortes provenientes de la perforación nunca deberán de ser utilizadas para pruebas de producción, para tirar basura en ellas, ni en ninguna otra fase de las operaciones hidrocarburíferas.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Cuarto congreso latinoamericano de perforación. (Colección Trabajos técnicos, tomo 2) Caracas: s.e. 1984. 600pp.
2. PEMEX equipos de perforación, Catálogo General de servicios, unidad de perforación y mantenimiento de pozos. México. S.e. 2000. 175pp.
3. Pozo Ilustrado. Fondo Editorial del Centro Internacional de Educación y desarrollo (FONCIED). 4ta.ed. Caracas. 1998. 671pp.
4. Sexto congreso latinoamericano de perforación, Instituto Mexicano de petróleo, Distrito Federal: s.e. 1998. 547pp.
5. Drilling Fluid Engineering Manual. MI. Houston TX. s.e. 1998. 756pp.
6. Ley de Hidrocarburos y su reglamento, Guatemala 1997. 345pp.
7. Perenco Guatemala Limited. Informe de inspección, mantenimiento y reparación del equipo de perforación CABOT 1200. s.e. Guatemala.2002.
8. Perenco Guatemala Limited. Informe final de perforación del pozo Xan 43. s.e. Guatemala 2006.
9. Curso de control de sólidos (Locación Seca) Bogota, Colombia s.e. 2002. 175pp.



# APÉNDICE





A XAN - 2  
A XAN - 15

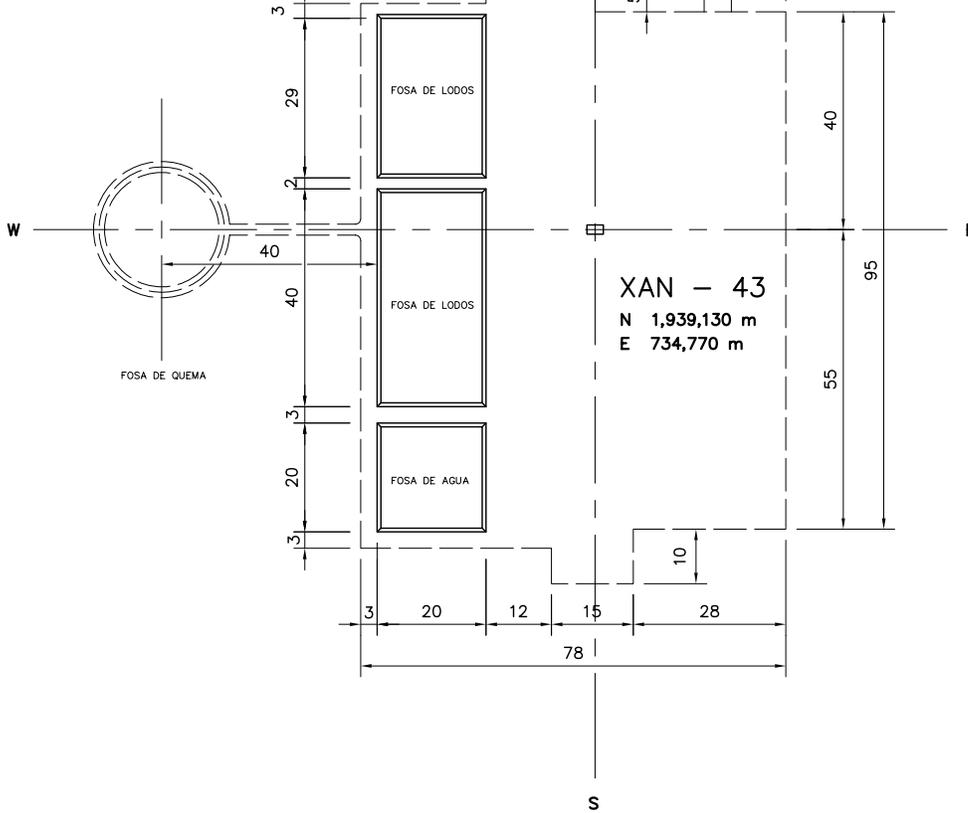
208 m APROX.

25

40

CAMPAMENTO

N



XAN - 43  
N 1,939,130 m  
E 734,770 m

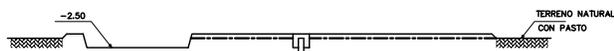
FOSA DE QUEMA

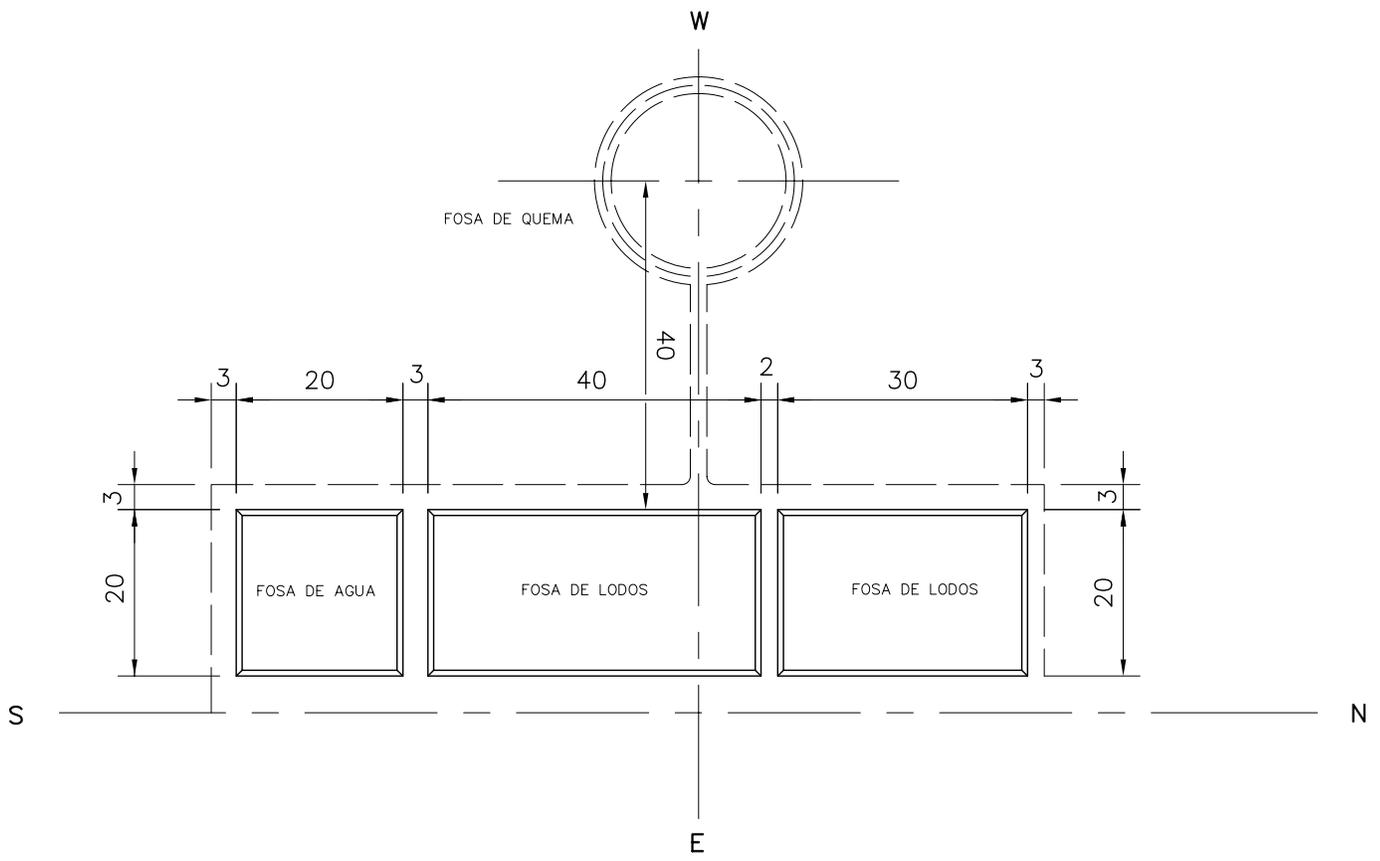
FOSA DE LODOS

FOSA DE LODOS

FOSA DE AGUA

S





**Figura 3. Reconocimiento de las vías de acceso al la plataforma de perforación Xan 43**



**Vista de la entrada hacia la plataforma de perforación**



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas. Guatemala

**Figura 4. Camino de segunda clase Xan 43**



**Curva de entrada a la plataforma del pozo Xan 43**



**Recta hacia el pozo Xan 43**



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas. Guatemala

**Figura 5. Las vías de acceso son diseñadas para que transiten cabezales y maquinaria de trabajo en la zona sin dificultad**



**Las vías de acceso deben de tener una buena compactación ya que son de terraceria en su totalidad**



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas. Guatemala

**Figura 6. Reconocimiento del área de interés**



**Vegetación de la zona**



**Área protegida**



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas. Guatemala

**Figura 7. Área donde se construirá la plataforma del pozo Xan 43**



**Remoción de capa vegetal del área de trabajo**



**Nivelación del área de construcción y se aplica la sub-base de 10 cm. de espesor**



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas. Guatemala

**Aplicando el material que servirá para base de la plataforma**



**Material de Base que tendrá un espesor de 15 cm compactado**



**Maquinaria que se utilizo en la construcción de la plataforma**



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas. Guatemala

**Figura 8. Motores, campers y Equipo de perforación**



**Torre y camiones que ingresan a la plataforma de perforación**



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas. Guatemala

**Figura 9. Preparación y estaqueo de área donde se construirán las fosas**



**Marcando las guías para la construcción de las fosas**



**Punto de partida de la ejecución de las fosas**



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas. Guatemala

**Figura 10. Maquinaria construyendo las fosas**



**Camiones recolectando el material extraído de las fosas y trabajos de nivelación**



**Trabajando en la segunda fosa**



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas. Guatemala

**Figura 11. Fosa totalmente excavada**



**Vista de las fosas completamente recubiertas con la geomembrana**



**Fosa de perforación trabajando**



Fuente: Dirección General de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas. Guatemala