

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA INGENIERÍA PETROLERA**



**PROYECTO DE GRADO**

**“ESTUDIO DE LAS CAUSAS DE ABANDONO Y ANALISIS DE  
REAPERTURA DE LOS POZOS PETROLIFEROS EN BOLIVIA  
CASO DE ESTUDIO RESERVA DE CHURUMAS TARIQUÍA –  
TARIJA”**

**POSTULANTE UNIVERSITARIO: EDILSON EDGAR CHAMBILLA ALARCON**

**TUTOR: ING. MARCO ANTONIO MONTESINOS MONTESINOS**

**LA PAZ –BOLIVIA**

**2020**



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE INGENIERIA**



**LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.**

**LICENCIA DE USO**

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

**TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.**

# Agradecimiento

Sin dejar pasar por alto la oportunidad de escribir estas palabras, lo hago para agradecer a todos aquellos que con su ayuda me permitieron lograr esta meta.

A mis padres que han sido el mayor apoyo y motivación, gracias por su ayuda cuando la necesité, por todos los consejos, por su tiempo.

A las personas que dedicaron parte de su tiempo en colaborarme y guiarme en la culminación del presente Proyecto de Grado.

Especialmente, al M.Sc. Ing. Marco Montesinos por haberme brindado su ayuda y a todos mis docentes que con sus enseñanzas en lo largo de mi formación profesional impartidas en las aulas de la universidad.

# Dedicatoria

A mi padre Edgar y madre Jhanett, porque siempre se preocuparon por formarme como un hombre de bien, con los mejores valores, me apoyaron y me guiaron durante todo este tiempo, hoy cumpla uno de mis sueños pero más importante hoy cumpla el sueño de ustedes dos. Los amo con todo el corazón, reciban este triunfo como muestra del amor que les tengo.

Mi hermana Daniela, quien me da una motivación especial para demostrarle que cualquier meta se puede cumplir con esfuerzo y dedicación.

A todos mis amigos que formaron parte del camino que recorrimos juntos, por las palabras de aliento y apoyo incondicional.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

En el Campo Petrolífero Churumas se ejecutó un plan de abandono para pozos entre los años 1998 y 2019. Debido al desarrollo del campo mediante una campaña de inyección de agua, se presentaron brotes en superficie de fluidos (crudo y agua) y flujos cruzados entre formaciones permeables, generando una problemática ambiental. En este proyecto se buscó diseñar una nueva metodología de abandono de pozos del campo en estudio con el fin de mitigar la problemática actual y cumplir con el objetivo principal de un abandono técnico de pozos. Para lo propuesto, se tuvieron en cuenta la normatividad que rige las actividades de abandono de pozos, las técnicas y operaciones necesarias para diseñar la nueva metodología de re-abandono. Esta metodología, se implementó en un pozo tipo, representativo, del Campo Petrolífero Churumas para validar el diseño.

Se realizará una evaluación de viabilidad financiera del proyecto mediante la metodología del Valor Presente Neto (VPN), comparando los costos de abandono de pozos, con la metodología actual y la nueva metodología propuesta en este trabajo.

**“ESTUDIO DE LAS CAUSAS DE ABANDONO Y  
ANÁLISIS DE REAPERTURA DE LOS POZOS  
PETROLIFEROS EN BOLIVIA  
CASO DE ESTUDIO RESERVA DE CHURUMAS  
TARIQUÍA – TARIJA”**

**INDICE GENERAL**

<b>Agradecimiento .....</b>	<b>i</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>ii</b>
<b>CAPÍTULO I GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
1.1. Introducción.....	1
1.2 Antecedentes. ....	5
1.3 Planteamiento del Problema. ....	7
1.3.1 Formulación del problema.....	7
1.4 OBJETIVOS Y ACCIONES. ....	8
1.4.1 Objetivo General. ....	8
1.4.2 Objetivos Específico y Acciones de la Investigación.....	8
1.5 Justificación.....	9
1.5.1 Justificación Técnica. ....	9
1.5.2 Justificación Económica. ....	10
1.5.3 Justificación Social. ....	10
1.5.4 Justificación Ambiental.....	10
1.6 ALCANCE. ....	11
1.6.1 Alcance Temático.....	11
1.6.2 Alcance Geográfico.....	12

1.6.3	Alcance Temporal.....	14
1.6.4	Alcance Legal.....	14
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....		16
2.1	Antecedentes Históricos.....	16
2.2	Objetivos .....	18
2.2.1	Objetivos Específicos.....	18
2.2.2	Justificación del Proyecto.....	18
<b>2.2.3</b>	<b>Ubicación del Proyecto.....</b>	<b>20</b>
2.2.4	Acceso al Área del Proyecto .....	22
2.2.5	Características Ambientales del Área .....	23
3.1	Habilitación de áreas para remediación.....	59
3.2	Alternativas de ubicación WGS84. 3.2.1 Alternativa 1: X: 375311; Y: 7538198 .....	59
3.2.2	Alternativa 2: X: 375532; Y: 7538224.....	60
3.2.3	Alternativa 3: X: 378199; Y: 7535433.....	61
3.2.4	Alternativa 4: X: 377923; Y: 7535240.....	61
3.2.5	Alternativa 5: X: 377531; Y: 7532751.....	62
3.2.6	Alternativa 6: X: 377954; Y: 7531448.....	62
3.3	Limpieza y recuperación de lodos y/o suelos contaminados.....	62
3.4	Fase de intervención del pozo CHU-X2.....	67
3.4.1	Movilización/desmovilización de personal y equipos.....	67
3.4.2	Instalación y operación de campamento .....	68
3.4.3	Intervención del pozo CHU-X2.....	69
3.4.4	Pruebas del pozo. ....	69
3.4.5	Ahogado del pozo. ....	70

3.4.6	Extracción de los tapones del pozo.....	70
3.5	Pruebas de producción de reservorio.....	72
3.6	Terminación y otras operaciones. ....	72
3.7	Programa de intervención .....	73
3.8	Fase de perforación del pozo CHU-X3.....	73
3.9	Perforación y terminación del pozo .....	78
3.9.1	Metodología de perforación.....	78
3.10	Asentamiento y cementación de cañerías.....	82
3.10.1	Cañería conductora o caño guía. ....	82
3.10.2	Cañería superficial. ....	83
3.10.3	Cañería intermedia.....	83
3.10.4	Cañería de producción. ....	83
3.10.5	Cementación de cañerías.....	84
3.10.6	Perforación en tramos de acuíferos .....	84
3.10.7	Durante la perforación.....	84
3.10.8	Una vez perforado cierto tramo del pozo.....	84
3.11	Programa de perforación del Pozo CHU-X3 .....	85
3.11.1	Objetivos Principal:.....	85
3.11.2	Objetivo Secundario: .....	85
3.11.3	Coordenadas y profundidad del pozo.....	86
3.11.4	Secuencia estratigráfica .....	86
3.12	Programa de lodos.....	89
3.13	Actividades de Side track.....	90
3.13.1	Problemas mecánicos. ....	90
3.13.2	Problemas geológicos .....	90

3.14	Terminación de pozo CHU-X3 .....	90
3.14.1	Secuencia de Operaciones .....	92
3.14.2	Fluidos de Terminación .....	92
3.15	Etapa de Operación .....	93
3.16	Etapa de Mantenimiento .....	94
3.17	Mantenimiento de planchada y camino de acceso.....	94
3.17.1	Mantenimiento de la planchada.....	94
3.17.2	Mantenimiento de camino de acceso .....	94
3.18	Etapa de Abandono.....	96
3.19	Equipos y maquinarias a utilizar con el proyecto .....	98
3.20	Recursos Humanos.....	102
3.21	Recursos Naturales.....	103
3.21.1	Abastecimiento de agua .....	103
CAPÍTULO IV.....		105
ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO .....		105
4.1	Detalle de la inversión.....	105
4.1.1	Obras Civiles:.....	105
4.1.2	Intervención Pozo CHU-X2: .....	105
4.1.3	Perforación Pozo CHU-X3: .....	105
4.2	Análisis Costo Beneficio.....	105
CAPÍTULO V IMPACTO AMBIENTAL .....		107
5.1	Tecnología para minimizar impactos, cumplimiento al DS 2366 .....	107
5.1.1	Fase de obras civiles.....	107
5.2	Intervención y perforación de pozos.....	110
5.3	Tecnología de Locación Seca para tratamiento de desechos del pozo. ....	113

5.4	Diagnóstico Ambiental del Área del Proyecto .....	119
CAPÍTULO VI DIAGNOSTICO LEGAL .....		125
6.1	Legislación Aplicable.....	125
6.2	Constitución Política del Estado (CPE) .....	127
6.3	Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).....	129
6.4	Ley del Medio Ambiente (Ley 1333).....	130
6.5	Ley de Hidrocarburos (Ley No. 3058) y su Reglamento.....	138
6.6	Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos (RASH).....	139
6.7	Decreto Supremo N°2400 (complementa y modifica al RASH).....	142
6.8	Otras leyes, Reglamentos y decretos relacionados .....	143
6.9	Ley del Servicio Nacional de Reforma Agraria La Ley No 1715 de octubre de 1996	143
6.10	Ley de Vida Silvestre, Parques Nacionales, Caza y Pesca La Ley N° 12301.	144
6.11	Reglamento General de Áreas Protegidas El Decreto Supremo N°24781 del 31 de julio de 1997 .....	146
6.12	Decreto Supremo N° 22277, de creación de la Reserva Nacional de Flora y Fauna “Tariquía” .....	147
6.13	Ley de creación de la Reserva Nacional de Flora y Fauna “Tariquía” (Ley N° 1328)	148
6.14	Resolución Administrativa N° 159/2014 de Aprobación del Plan de Manejo de la Reserva Nacional de Flora y Fauna TARIQUIA .....	149
6.15	Decreto Supremo N° 2366 – Exploración y explotación de hidrocarburos en áreas protegidas .....	149
6.16	Legislación Referente al Patrimonio Arqueológico .....	151
6.17	Resolución ministerial 020/2018 para Actividades Arqueológicas .....	154
6.18	Ley del Medio Ambiente.....	154
6.19	Normatividad Entes Internacionales.....	155

CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	159
7.1 Conclusiones.....	159
7.2 Recomendaciones.....	163
GLOSARIO DE TERMINOS .....	166
ANEXO A - DIAGRAMA DE PILETA DE ENSAYO .....	168
ANEXO B - DIMENSIONES DE PLANCHADA PROYECTO CHU-X2 y CHU-X3...	169
ANEXO C - MUESTREO Y MEDICIONES DE LABORATORIO.....	170

## INDICE DE FIGURAS

Imagen 1.1 Ubicación Geográfica Reserva Tariquia	Pág	12
Imagen 1.2 - Zonificación del Plan de Manejo	Pág	13
Imagen 1.3 - Reserva Nacional de Tariquia	Pág	14
Imagen 2.1 - Mapa Geográfico con la ubicación de la zona	Pág	21
Imagen 2.2 - Mapa Satelital con la ubicación de la zona	Pág	33
Imagen 2.3 Fosas de Lodo	Pág	38
Imagen 2.4 Fosas de Agua	Pág	38
Imagen 2.5 Reporte Fotografico Residuos Sólidos Peligrosos	Pág	38
Imagen 2.6 Método del Tapón Balanceado	Pág	41
Imagen 2.7 Método de Dump Bailer	Pág	43
Imagen 2.8 Método de los dos tapones	Pág	45
Imagen 2.9 Armado de equipos en locación	Pág	54
Imagen 2.10. Líneas de cementación	Pág	56
Imagen 2.11 Unidad de cementación	Pág	56
Imagen 2.12 Testigo de lechada, prueba de cementación	Pág	57
Imagen 2.13 Pozo abandonado y cercado	Pág	59
Imagen 3.1 Estado subsuperficial - Pozo CHU-X2	Pág	76
Imagen 3.2 Diagrama de Perforación	Pág	82
Imagen 3.3 Diagrama de Perforación - Pozo CHU-X3	Pág	92
Imagen 3.4 Equipo Superficial De Prueba De Pozo	Pág	93
Imagen 3.5 Flujograma de Circuito Normal De Lodo	Pág	95
Imagen 5.1 Condiciones ambientales Tariquia	Pág	130
Imagen 5.2 Condiciones ambientales Tariquia	Pág	132
Imagen 5.3 Condiciones ambientales Tariquia	Pág	133

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Coordenadas geográfica de ubicación de los pozos.	Pág	21
Tabla 2.2: Coordenadas y superficie del camino de acceso a ser habilitado.	Pág	23
Tabla 2.3: Ubicación de pasivos ambientales.	Pág	26
Tabla 3.1 Programa de intervención y estimación de desechos sólidos	Pág	78
Tabla 3.2 Coordenadas en superficie y profundidad final.	Pág	91
Tabla 3.3: Secuencia estratigráfica y litología.	Pág	91
Tabla 3.4 Volúmenes estimados de recortes, desechos sólidos (Pozo CHU-X3)	Pág	94
Tabla 3.5: Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.	Pág	98
Tabla 3.6 Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.	Pág	99
Tabla 3.7 Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.	Pág	99
Tabla 3.8 Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.	Pág	100
Tabla 3.9 Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.	Pág	101
Tabla 3.10 Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto	Pág	101
Tabla 3.11 Mano de obra estimada para cada AOP	Pág	102
Tabla 4.1 Beneficio/Costo	Pág	105 106

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES

### 1.1. Introducción

El presente Proyecto tiene como finalidad realizar un análisis de los casos de taponamiento de Pozos Petroleros en la reserva de Tariquía – Bermejo, caso de estudio - Campo Petrolífero Churumas.

El Campo Petrolífero Churumas, localizado al Sur Este de Bolivia en el departamento de Tarija, abarca los municipios de Padcaya, Entre Ríos, Carapari, Bermejo y Cercado, los mismos que llevan cerca de 20 años ininterrumpidos de producción de hidrocarburos. Churumas fue uno de los primeros campos petrolíferos en ser descubierto y es considerado en la actualidad un campo antiguo.

En la actualidad, existe un gran porcentaje de pozos que están siendo evaluados para su abandono por normativa ambiental. Desde el año 1998 los problemas ambientales y disputas sociales, desencadenaron una campaña masiva de abandono no convencional de pozos, con la idea de cerrar progresivamente el Campo.

Los abandonos se realizaron consensuados con el Gobierno Nacional. La empresa operadora YPFB Chaco, decidió reactivar el campo para incrementar y retomar la producción, considerando aumentar en 10 años la producción diaria de crudo. Debido al incremento de presión en el yacimiento, los pozos previamente

abandonados se encuentran presentando brotes de fluidos en superficie y comunicación entre distintas formaciones en fondo, desembocando en los ríos de la zona, por lo que se evidenció que los abandonos no cumplían con el aislamiento de los pozos y la protección del medio ambiente. Esto condujo a una problemática ambiental.

Para darle solución a este problema, se sugiere una nueva metodología de abandono técnico de pozos teniendo en cuenta los conceptos y procedimientos en campo para el abandono de pozos. Además, se recopila la información geológica, las pautas de la normativa y estándares bolivianos e internacional, las actividades que se deben realizar para evitar a futuro brotes de fluido (agua y crudo) en superficie y costos.

A partir de esta nueva metodología, se realiza el diseño de plan abandono para los pozos abandonados y se implementa en un pozo tipo representativo del Campo Petrolífero Churumas.

La vida útil de un pozo abarca diferentes etapas. Luego de la investigación geológica, se define la localización del pozo, se efectúan las planchadas y se determinan los caminos de acceso por los cuales ingresará el equipo de perforación, se determina la profundidad de la formación objetivo seleccionada, la perforación, la introducción de tubería de revestimiento, su cementación y, finalmente, la terminación del pozo para dejarlo produciendo por el método más conveniente. Pero existe una etapa que reviste la misma importancia que las anteriores, y cuya regulación es escasa e insuficiente para la protección ambiental: **el abandono del pozo.**

El abandono y taponamiento de pozos constituye una operación crítica para la protección ambiental del suelo y subsuelo. Un taponamiento exitoso evitará que fluidos derivados de la actividad extractiva fluyan hacia otras estructuras geológicas o contaminen napas acuíferas.

Se denomina «abandono de pozos» A las operaciones y trabajos para el abandono definitivo o temporal del pozo o formación para dejar cerrado y seguro un Pozo. «Abandono temporal del Pozo» Es el abandono no definitivo el cual no podrá durar más de dos (2) años en ese estado, desde el retiro del equipo de perforación o terminación, al cabo del cual deberá efectuar el abandono definitivo o en su defecto la intervención inmediata del pozo el cual no deberá sobrepasar de 6 meses, según el Decreto Supremo N° 28397 “Reglamento de Normas Técnicas y de Seguridad para las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos (RNTS)”

La frecuencia del abandono de pozos está aumentando a medida que el desarrollo de las áreas hidrocarburíferas maduras, como se denomina a aquellos yacimientos que van alcanzando sus límites productivos van llegando a su fin.

Los mecanismos de taponamiento de pozos empleados tanto en pozos productores de crudo como de gas han ido evolucionando a medida que las regulaciones (Decreto Supremo No. 2366, referente a la Exploración y Explotación) al respecto requirieron más controles, y las empresas productoras comenzaron a experimentar los beneficios sociales, ambientales y económicos de un abandono correctamente realizado.

El taponamiento evita que se mezclen fluidos entre las diferentes capas geológicas y que fluidos propios de la actividad fluyan a la superficie por efecto de la presión. Un pozo es taponado mediante la cementación y uso de tapones mecánicos de diferentes intervalos para evitar el fluido mencionado. Cuando comenzó a utilizarse la cementación de pozos, el cemento en ocasiones no endurecía correctamente y se contaminaba con fluidos propios del pozo, perdiendo impermeabilidad.

En la Actualidad la tecnología ha avanzado y los tapones suelen alcanzar un nivel total de impermeabilidad, utilizando las técnicas apropiadas para las diferentes clases de pozos y formaciones geológicas.

El proceso de taponamiento del pozo puede demandar de dos a siete días dependiendo de la cantidad de tapones de cemento deben hacerse.

Los Procedimientos para un correcto taponamiento y abandono de pozos son requeridos con mayor grado de estrictez a los operadores en el marco de una conciencia ambiental cada vez mayor de la sociedad.

A nivel nacional, desde el 2 de julio de 1997, existe un Reglamento de Normas Técnicas y de Seguridad de Exploración y Explotación de Hidrocarburos, donde en su Capítulo IV prevé los requisitos para el abandono de pozos efectuados por aquellos concesionarios o permisionarios que explotan un yacimiento.

El presente trabajo analizará las técnicas necesarias de abandono y su adecuación a los requerimientos ambientales, pasando por la competencia del órgano que debe normar los mecanismos a seguir y la proliferación de normas que se están dictando sobre este tema.

## 1.2 Antecedentes.

Bolivia cuenta con 66 de los 112 ecosistemas existentes en todo el mundo y con más de 60 áreas protegidas, dentro de estas se encuentra la reserva de Flora y Fauna de Tariquía, lugar que se constituye en el Pulmón de Tarija, que en la actualidad se encuentra con disputas internas.

La reserva de Tariquía, fue creada mediante Decreto Supremo 22277 del 2 de agosto de 1989 y elevada a Ley de la República N° 1328 el 23 de abril de 1992, frente al proceso de deforestación y extracción ilegal de maderas preciosas, así como para resguardar 246.870 hectáreas, del bosque tucumano boliviano, ecosistema principal de la región y único en el país; para mantener y proteger las funciones ecológicas centrales.

La transnacional brasileña Petrobras y la subsidiaria YPFB Chaco ingresaron a la Reserva Nacional de Flora y Fauna de Tariquía para realizar trabajos de exploración en las áreas petroleras de San Telmo Norte y Astillero.

En 1968, según datos del proyecto de “Gestión de Pasivos Ambientales en Áreas Protegidas y su Influencia en el Recurso Hídrico”, del Sernap, Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) perforó el pozo Cambarí y actualmente tiene una filtración de petróleo que emana con destino al río.

Siete años después perforaron el pozo Churumas X1 y en 1991 el pozo “Domo” que se encuentra a unos 5 kilómetros del campamento ecoturístico “El Cajón”, en la margen del río Grande de Tarija.

Según autoridades del sector, se perforó el pozo Churumas X2 hasta la formación geológica Los Monos y no se llegó a Huamampampa, pero es una reserva con un potencial de gas natural que puede ser explotado en caso de que el pozo Bermejo X44 tenga problemas de abastecimiento.

El proyecto petrolero que impulsa el gobierno nacional para captar recursos naturales con réditos económicos futuros abarca parte de esa área y está basado en la explotación de combustibles fósiles en el país y especialmente en Tarija por ser un departamento con grandes reservas hidrocarburíferas.

La tarea exploratoria afecta a poblaciones, comunidades campesinas y pueblos originarios por el impacto al medio ambiente y por ende a su habitad, situación que se evidencia en el Aguaragüe donde las fuentes de agua en su gran mayoría fueron contaminadas por la actividad petrolera; ahora» la historia parece repetirse esta vez en Tariquía» así lo advierten entendidos en materia ambiental.

Tariquía y sus recursos, han generado diversas opiniones y movilizaciones a favor y en contra. El asesor ambiental del Ministerio de Hidrocarburos, afirmó que quienes se movilizan contra la exploración petrolera en Tariquía lo hacen por intereses ajenos a los comunarios y sin un mínimo de conocimiento técnico, porque la afectación ni siquiera alcanzara el uno por ciento de la reserva.

El presidente de la petrolera estatal Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), Oscar Barriga, informo que la actividad petrolera en el área no se detendrá.

*«Hoy estamos en una etapa de construcción de camino y planchada para un pozo exploratorio y eso no se puede retrasar, porque retrasar eso significa postergar los beneficios, no solamente para nuestros comunarios de Chiquiaca Norte, los beneficios para el departamento de Tarija, los beneficios para el pueblo boliviano».*

Pese a estas dos posiciones antagónicas, la actividad petrolera en la reserva de flora y fauna de Tariquía será inminente.

### **1.3 Planteamiento del Problema.**

En 1968, según datos del proyecto de “Gestión de Pasivos Ambientales en Áreas Protegidas y su Influencia en el Recurso Hídrico”, y del Sernap, Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) perforó el pozo Cambarí y actualmente tiene una filtración de petróleo que emana con destino al río.

Estos pozos petroleros abandonados figuran como pasivos ambientales en el informe del Servicio Nacional de Áreas Protegidas (Sernap) debido a que contaminan algunos cursos de agua en el área protegida que contienen varias fuentes del líquido vital y es generadora de 3.000 milímetros (mm) de lluvias al año.

Estos pozos en Churumas fueron abandonados por problemas técnicos, según declaraciones de las autoridades del sector.

#### **1.3.1 Formulación del problema.**

¿De qué manera se reactivará los pozos petrolíferos en Churumas - Tariquia, para encontrar un reservorio de producción en la zona, con mecanismos y procedimientos adecuados para la reapertura de los pozos petrolíferos que se

encuentran cerrados desde 1998?

## **1.4 OBJETIVOS Y ACCIONES.**

### **1.4.1 Objetivo General.**

Realizar el diseño de un plan de abandono y reapertura de un pozo tipo en el Campo Churuma.

### **1.4.2 Objetivos Específico y Acciones de la Investigación.**

Describir las generalidades y geología del Churuma:

- Describir las causas y métodos de abandono de pozos petroleros.
- Explicar los problemas presentados por los influjos existentes en superficie en pozos abandonados desde 1998, debido al programa de recobro secundario por inyección de agua.
- Detallar el diseño del plan de abandono no convencional realizado a los pozos de estudio.
- Describir la normatividad legal y ambiental que rige en la actualidad el abandono de pozos en Colombia.
- Desarrollar una metodología para el abandono del pozo de estudio en el Campo Churuma.
- Realizar la implementación del diseño de abandono en el pozo tipo en el campo Churuma.
- Evaluar la viabilidad financiera del proyecto mediante la metodología del Análisis Costo Beneficio.

## 1.5 Justificación.

### 1.5.1 Justificación Técnica.

En fecha 20 de mayo de 2015 el gobierno aprobó el Decreto Supremo N°2366 que levanta la prohibición de actividades exploratorias en las Áreas Protegidas constituidas en el país. Así mismo el 18 de enero de 2017 el Ministro de Hidrocarburos, anuncia el interés de Petrobras en las áreas de San Telmo y Astillero, cuyas extensiones están comprendidas en la reserva. El 21 de noviembre de ese mismo año en el marco del foro de países exportadores de gas firma el convenio con Petrobras para la adjudicación de las áreas antes mencionadas y el 07 de abril del 2018 el presidente Evo Morales promulga en la ciudad de Bermejo, la Ley N° 1050 *“Aprueba el Contrato de Servicios Petroleros para la Exploración y Explotación en Áreas Reservadas a favor de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos – YPFB, correspondiente al Área Astillero, ubicada en el Departamento de Tarija, suscrito en fecha 15 de enero de 2018, entre YPFB y las empresas YPFB CHACO S.A. y PETROBRAS BOLIVIA S.A.”* que entrega las áreas en cuestión a la transnacional brasileña Petrobras.

El proyecto en el área de San Telmo Norte, con sus dos pozos, se asentará en algo más de 20 hectáreas, de las más de 247.000 que tiene la reserva de Tariquía. Además, cuenta con un plan con medidas de mitigación, remediación y restauración, cumpliendo los altos estándares que tiene la regulación del sector hidrocarburífero. El proyecto genera un impacto positivo con la generación de empleos para la población de los municipios de Padcaya, Entre Ríos, Carapari, Bermejo y Cercado, impulsando el desarrollo económico y demanda de sus mismos productos

y en caso de confirmarse la existencia de acumulaciones de hidrocarburos, sería aun mayor los beneficios para la comunidad, el municipio, el departamento y todo el país.

Todas las actividades realizadas tienen altos estándares de trabajo y técnica que adecuadamente gestionados y atendidos no generan impactos al medioambiente, puesto que cada aspecto ambiental tiene su procedimiento de trabajo que cumple y atiende con el más alto control.

### **1.5.2 Justificación Económica.**

Se generan fuentes laborales locales y se estima una renta petrolera de más de 5.000 millones de dólares, que se traduce en escuelas, carreteras, atención en salud, servicios básicos, mejorando así la calidad de vida de todos los bolivianos

### **1.5.3 Justificación Social.**

El Proyecto cuenta con el respaldo de la comunidad donde se realizarán los pozos exploratorios, fuera de los intereses personales ajenos a la comunidad, han asumido una posición del bien común, porque entienden que este proyecto beneficia no solo a su comunidad, sino también al país en general.

El proyecto brindará mejores condiciones de vida para los once millones de habitantes de nuestro país, no olvidando que todavía existe una gran parte de la población en situación de pobreza y Bolivia necesita mayores ingresos.

### **1.5.4 Justificación Ambiental.**

El Servicio Nacional de Áreas Protegidas o SERNAP por sus siglas, es una institución del Estado Plurinacional de Bolivia, encargada de salvaguardar las áreas protegidas del país. Estructura operativa desconcentrada del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, tiene una dependencia funcional (política y normativa) del Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente.

Actualmente 22 áreas se encuentran bajo la administración del SERNAP, y el resto de las de gobernaciones y gobiernos municipales.

La deforestación actual al interior de la reserva es de aproximadamente 14.000 hectáreas, que son producto de distintas actividades ajenas al sector de hidrocarburos, como la agricultura, la deforestación por explotación ilegal de madera, etc. Toda actividad humana genera cierto grado de impacto al medio ambiente, en este sentido la ejecución del proyecto exploratorio también tendrá cierto grado de afectación. Sin embargo, el sector de hidrocarburos cumple con toda la normativa nacional e internacional, para minimizar los impactos ambientales de las actividades del proyecto, además el seguimiento y control a estas actividades es el más riguroso y por ende las empresas están obligadas a cumplir con toda la normativa vigente. Los impactos se reducen gracias a programas de monitoreo y control implementados en estas áreas protegidas.

El proyecto cumple y tiene la viabilidad jurídica y legal, puesto que se han cumplido todos los requisitos, tanto técnicos como ambientales y sociales.

## **1.6 ALCANCE.**

### **1.6.1 Alcance Temático.**

El alcance del presente trabajo tiene relación con el diseño de un plan de reactivación de un pozo tipo en el Campo Churuma, el cual servirá como procedimientos para las empresas de hidrocarburíferas de Bolivia.

### **1.6.2 Alcance Geográfico.**

La Reserva Nacional de Flora y Fauna de Tariquía se encuentra en Bolivia, en la región sureste del Departamento de Tarija, en las provincias O'Connor, Arce, Gran Chaco y Cercado, en proximidad a la frontera con la República Argentina. Los municipios involucrados son Padcaya, Entre Ríos, Caraparí y Tarija.

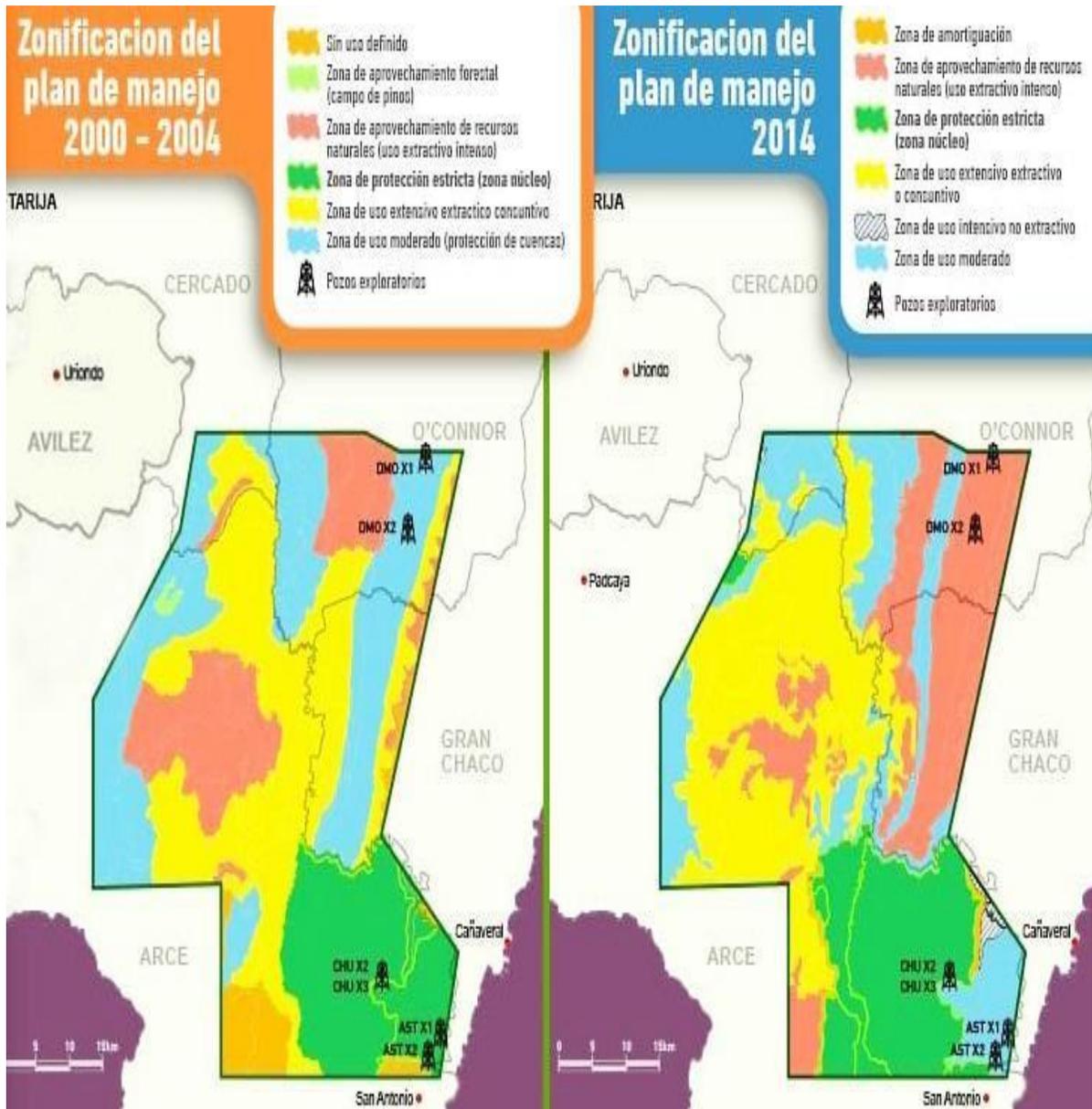
Para llegar a Tariquía se debe hacer el viaje por vía terrestre aproximadamente de 73 Km, desde el departamento de Tarija.

*Imagen 1.1 - Ubicación Geográfica Reserva Tariquía*



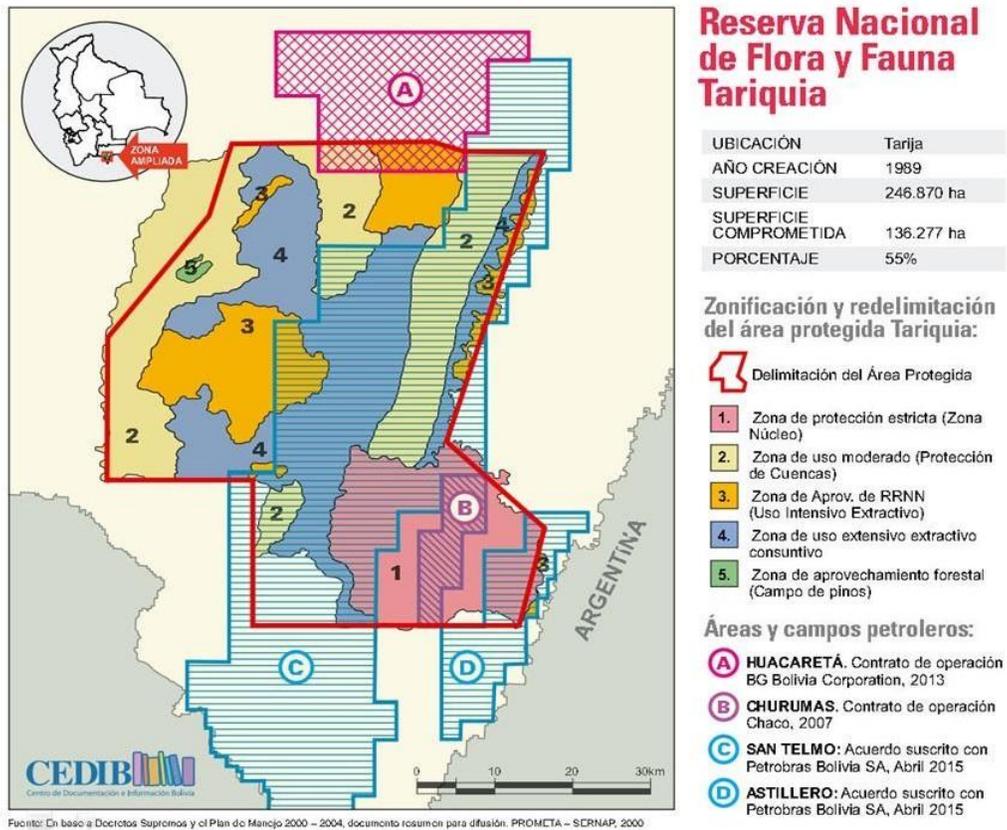
*Fuente: Elaboración Propia*

Imagen 1.2 - Zonificación del Plan de Manejo



Fuente: SERMAP

Imagen 1.3 - Reserva Nacional de Tariquia



Fuente: SERNAP

### 1.6.3 Alcance Temporal.

El presente Proyecto de Grado se estima sea realizado en el lapso de 6 meses, durante el primer semestre de la Gestión 2020.

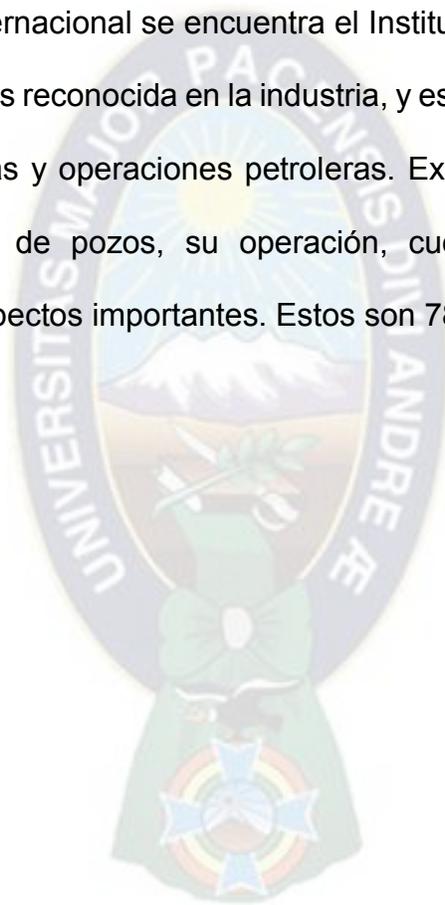
### 1.6.4 Alcance Legal.

En lo referente al aspecto legal y normativo del proyecto que rige a nivel nacional, se cuenta con:

- Marco Normativo y Competencial Marco Legal de creación, atribuciones y organización del SERNAP.

- Decreto Supremo 28397 de fecha 6 de octubre de 2005: Reglamento de Normas Técnicas y de Seguridad para las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos.
- Marco Normativo y Competencial Marco Legal de creación, atribuciones y organización del SERNAP.

Así mismo a nivel internacional se encuentra el Instituto Americano del Petróleo (API) es la asociación más reconocida en la industria, y es un referente a nivel global para las buenas prácticas y operaciones petroleras. Existen dos documentos, en referencia al abandono de pozos, su operación, cuestiones ambientales, de seguridad entre otros aspectos importantes. Estos son 78 el API E3 y el API 51R.



## **CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes Históricos**

YPFB Chaco S.A. cuenta con contratos para explorar y explotar el área del campo Churumas, ubicado en el municipio de Padcaya del departamento de Tarija, sector occidental de la Faja Sub-Andina meridional. El campo Churumas tiene una superficie de 8.750 ha<sup>1</sup> y hace parte de la serranía San Telmo, se encuentra dentro de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía.

Actualmente cuenta con dos pozos perforados, el pozo Churumas-X1 (CHU-X1) fue perforado por YPFB en el año 1973, alcanzó a la parte superior de la Formación Los Monos (Devónico) y resultó seco; el pozo Churumas-X2 (CHU-X2) también perforado por YPFB en el año 1994. Este pozo alcanzó la Formación Huamampampa y resultó en fase acuífera, pero fue descubridor de gas en areniscas de la Formación Los Monos. La reserva probada del campo Churumas es la Formación Los Monos, con 12.964 MMpc de gas seco. No existe ninguna instalación de producción de superficie en dicho campo. La planificación de la perforación de estos dos pozos en la estructura de Churumas fue en base a información geológica de superficie.. La perforación del pozo CHU-X2 fue programada para alcanzar los 4.000 m de profundidad, la misma que al final alcanzó los 4.058,10 metros.

La perforación del pozo inició el 20/11/92, atravesando sedimentitas del Sistema Carbonífero, para posteriormente penetrar en rocas del Sistema

Devónico, finalizando la perforación el 20/07/94.

Actualmente se encuentra cerrado en reserva y con arreglo final simple convencional para la Formación Los Monos. YPFB Chaco S.A. está realizando importantes inversiones en proyectos hidrocarburíferos en diferentes zonas áreas del país, incluso dentro de áreas protegidas. Bajo ese contexto, en el Campo Churumas se proyecta la intervención del Pozo Churuamas-X2 (CHU-X2) y la perforación del pozo Churumas-X3 (CHU-X3), desde la misma planchada del pozo CHU-X2, para lo cual se tiene conocimiento que se inició el trámite de licenciamiento ambiental para la intervención de los Pozos en Churumas.

El presente Proyecto tiene como objetivo el análisis para realizar los trabajos intervención del pozo CHU-X2, posteriormente en base a los resultados del pozo CHU-X2, se continuará con el análisis de actividades de perforación del pozo CHU-X3.

Con la intervención del Pozo CHU-X2 y la perforación del Pozo CHU-X3 se pretende investigar el potencial hidrocarburífero del Campo Churumas en la Areniscas 2 y Arenisca 1 de la formación Los Monos.

La intervención y perforación de los pozos se realizaría en el marco del Artículo 2 del DS N° 2366, para lo cual se va a considera todas las medidas ambientales aplicables del Artículo 3 y otras de orden administrativo tipificadas en dicho decreto, como ser lo establecido en el Artículo 4, respecto a la transferencia del 1% del monto total de la inversión del proyecto, monto que deberá ser destinado al fortalecimiento de la Reserva de Flora y Fauna de Tariquía.

## **2.2 Objetivos**

Los Objetivos del presente trabajo son investigar el potencial hidrocarburífero del Campo Churumas en la formación Los Monos, teniendo la Areniscas 2 como objetivo principal y la Arenisca 1 como secundario.

### **2.2.1 Objetivos Específicos**

Entre los objetivos específicos se contempla:

- El análisis de reactivación del pozo CHU-X2 para evaluar y confirmar las reservas del reservorio Los Monos – Arenisca.
- El análisis de perforación del pozo CHU-X3 hasta una profundidad aproximada de 3.200 m, para obtener información del reservorio Los Monos al norte de la estructura Anticlinal de Churumas.

### **2.2.2 Justificación del Proyecto**

El área de exploración Campo Churumas tiene un interesante potencial para encontrar acumulaciones comerciales de hidrocarburos en las areniscas de la formación Los Monos, ya que en el año 1994, se perforó el pozo CHU-X2, alcanzando una profundidad de 4.058 m, el cual atravesó la secuencia estratigráfica desde la Formación Tarija, Tupambi, Los Monos hasta la formación Huamampampa, dando resultados positivos de producción en el tramo 2.564 – 2.574 m (Los Monos-Arenisca 2) y clasificando al pozo como descubridor de nuevo campo, el cual luego de las pruebas fue cerrado en la espera de sus facilidades. Durante las pruebas en el tramo señalado, se probó

gas, estimando un potencial del pozo de 21.3 MMscfd, obtenido de una prueba isocronal modificada.

Las dos pruebas más largas fueron una restitución de 38 hr (determinando k: 19.5 md y s: 98) y un flujo extendido de 48 hrs (ck 12/64”). Para estos tiempos de prueba, se calculó un radio de investigación de 718 m y 807 m respectivamente.

Estas pruebas ejecutadas, no llegaron a ser conclusivas (principalmente por el tiempo de duración de las mismas). Los análisis de presión de ambas pruebas mostraron un régimen de flujo transitorio debido a la ausencia de límites de flujo. Ante esos resultados, es necesario realizar pruebas de producción de larga duración del reservorio Los Monos-Arenisca 2 para determinar la extensión del reservorio (posibles límites), clasificar las reservas adecuadamente, y evaluar la factibilidad del proyecto Churumas-3 (CHU-X3).

En base a lo expuesto, se pretende analizar la intervención del pozo CHU-X2 y perforación un nuevo pozo (CHU-X3), para evaluar la extensión del reservorio en la Arenisca 2, de la estructura de Churumas y producir las reservas probadas en dicho reservorio; asimismo investigar la Arenisca 1 del reservorio, al Norte de la estructura Anticlinal de Churumas.

#### **2.2.2.1 Reactivación de Campos Petrolíferos Gestiones 2018 - 2019**

El 26 de febrero de 2018, el presidente de Bolivia suscribió un acuerdo con las empresas petroleras internacionales Kampac Oil y Milner operar en Bolivia en tareas de exploración y reactivación de campos hidrocarbúricos “viejos” que se

pretendía cerrar. El acuerdo que contempla un plan para reactivar viejos campos para aumentar la producción de líquidos que en el pasado inmediato dieron resultados importantes, ya que en un campo que producía 80 barriles de petróleo se logró generar 2.000 barriles con esa tecnología.

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) en el año 2019, ante la caída en la producción de hidrocarburos en Bolivia, determinó priorizar la reactivación de más de 20 “Campos Maduros que contienen hidrocarburos pesados que no pueden subir a la superficie por su viscosidad”, es decir pozos que ya alcanzaron el pico máximo de producción y están en fase de declinación y fueron los primeros perforados.

### 2.2.3 Ubicación del Proyecto

El proyecto se encuentra en el Campo Churumas, ubicado en el Municipio Padcaya, provincia Arce del departamento de Tarija, dentro de la Reserva Nacional de Flora y Fauna de Tariquía.

Las coordenadas de ubicación de los pozos son:

Tabla 2.1: Coordenadas geográfica de ubicación de los pozos.

Pozo Coordenadas WGS-84 Coordenadas PSAD-56 Altitud (msnm) X Y X Y CHU-X2.

Pozo	Coordenadas WGS-84		Coordenadas PSAD-56		Altitud (msnm)
	X	Y	X	Y	
CHU-X2	374965	7538179	375117,88	7538552,11	919,06
CHU-X3	374945	7538189	375127,88	7538562,11	919,06

Fuente Dato extraído de la “Intervención del Pozo CHU-X2 y Perforación del Pozo CHU-X3 (Marzo, 2017).



## 2.2.4 Acceso al Área del Proyecto

Para el ingreso al área del proyecto o a la planchada de los pozos CHU-X2 y CHU-X3, se debe habilitar un camino de aproximadamente 22.890m a partir de un camino vecinal.

Este camino es de dominio público y comunica a la comunidad “Piedra Grande El Cajón” con la carretera nacional “Ruta 33” (carretera Bermejo – Yacuiba).

**Tabla 2.2:** Coordenadas y superficie del camino de acceso a ser habilitado.

Camino de Acceso	Coordenadas WGS-84				Ancho (m)	Longitud (m)	Superficie (ha)
	Inicio		Fin				
	X	Y	X	Y			
Tramo de mejoramiento	383154	7530037	379561	7531450	10	7360	7,36
Tramo de Habilitación	379561	7531450	375004	7538178	10	15530	15,53

Fuente Elaboración Propia

Se destaca que el trazo de construcción para habilitar el nuevo camino, salvo algunas variantes, seguirá un antiguo camino abierto por YPFB para la perforación de pozos en el campo Churumas, en ese sentido, es que en el primer tramo de aproximadamente 7.300 mts a partir del camino vecinal, solo se debe realizar un mejoramiento del camino existente y el segundo tramo hasta la planchada CHU-X2, el camino será construido en su totalidad, siguiendo la huella del antiguo camino construido por YPFB.

Cabe indicar que, para el acceso al área del proyecto, a partir de la carretera en la zona (Ruta 33), se usará un camino vecinal en un tramo aproximado de 1.8 km, por donde se ingresará la maquinaria y equipos en la fase de obras civiles y

fase de intervención y perforación de los pozos.

Este camino es de dominio público, usado por la población y comercio local, principalmente por la comunidad “Piedra Grande El Cajón”.

## **2.2.5 Características Ambientales del Área**

### **2.2.5.1 Aspectos Físicos**

De acuerdo al diagnóstico de aspectos físicos de línea base, el proyecto se ubica en la serranía San Telmo, la cual muestra un relieve típico del Subandino Sur, con serranía larga y angosta orientada N-S, de fuerte control estructural por plegamientos y fallas, escarpes pronunciados y afloramientos rocosos notables. En el área se distinguen distintos sistemas geológicos, ocupan mayores superficies el Terciario y el Cretácico. Las rocas del terciario originan suelos de texturas finas, de fertilidad generalmente media a baja. El sistema cretácico, cuya formación en general está compuesta por lavas basálticas, areniscas, conglomerados, limolitas y calizas, dan a lugar a suelos con tendencia arenosos, que caracterizan algunos paisajes de serranía.

El clima es estacional, con déficit hídrico durante varios meses, más seco (xérico con ombrotipos seco y semiárido) en el piedemonte, laderas inferiores y valles interandinos, y más húmedo (pluviestacional subhúmedo) en cimas y laderas altas expuestas a nubes y lluvia orográfica. El drenaje interno es adecuado y la tasa de infiltración hídrica es de baja a moderada. La temperatura promedio anual en la zona es de 22.9°C.

La precipitación media en periodo seco registra 514.4 mm y en periodo húmedo 1.105,4 mm, siendo el periodo más lluvioso de diciembre a marzo. Los vientos

predominan del Sur, con una velocidad media anual de 7.1 km/hora. El sistema hidrológico del área del proyecto está regulado por la cuenca del río Churumas y la cuenca del río Lajitas, los cuales fluyen de NW - SE y aportan al río Tarija.

La zona del Proyecto cuenta con microcuencas, a excepción de la cuenca del río Tarija, y geológicamente corresponden a una cuenca madura de pie de montaña en etapa de equilibrio, donde predominan terrenos fuertemente ondulados a escarpados, en menor escala se presentan relieves planos.

#### 2.2.4.2 Flora y Fauna

El factor vegetación, en el área de intervención del proyecto se establece el Bosque Subhúmedo Transicional del piso Basimontano Inferior de la cuenca del Bermejo, comparte tres series de vegetación: Algarrobal Freatofítico Boliviano Tucumano Interandino Inferior con *Vallesia glabra* y *Prosopis alba*; Bosque Freatofítico Boliviano Tucumano con Nogal, de quebradas y terrazas del piso Basimontano y Tuscal ribereño sucesional sobre playas fluviales arenosas.

Los impactos humanos no han causado grandes cambios en la estructura de los diferentes tipos de vegetación. Pero se evidenció que la vegetación saxícola se presenta más vulnerable a los cambios por tener paisajes muy atractivos; así también, la presencia de especies endémicas como *Begonia pearcei* y *Begonia boliviensis*, que podrían formar parte de un área turística importante para la reserva.

Asimismo, se evidencia que los grupos de vertebrados registrados en el área del proyecto son diversos: en aves (134 especies), mamíferos medianos y grandes (26 especies), reptiles (28 especies), peces (20 especies), y menos rica en anfibios (18), pero con algunos elementos notables.

#### 2.2.4.3 Pasivos Ambientales

En las áreas de emplazamiento o de intervención del proyecto, existen impactos residuales tangibles de actividades hidrocarburíferas desarrolladas en el campo Churumas décadas atrás. Estos pasivos ambientales están ubicados en sitios puntuales, próximo a la planchada CHU-X2.

Las coordenadas de ubicación se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla 2.3:** Ubicación de pasivos ambientales.  
Pasivo Ambiental Coordenadas de ubicación (UTMWGS-84) X Y

Pasivo Ambiental	Coordenadas de ubicación (UTMWGS-84)	
	X	Y
Fosa de Lodos FL-1	374999,00	7538112,00
Fosa de Lodos FL-2	375097,00	7538120,00
Fosa de Agua FA-1	375697,52	7538132,66
Fosa de Agua FA-2	375793,05	7538097,46
Área de residuos sólidos peligrosos	375813,47	7538089,01

Fuente Elaboración Propia

*Imagen 2.3 Fosas de Lodo*



Fosa de lodo N° 1

Fosa de lodo N° 2

Fuente SERNAP

*Imagen 2.4 Fosas de Agua*



Fosa de agua N° 1

Fosa de agua N° 2

Fuente SERNAP

*Imagen 2.5 Reporte Fotográfico Residuos Sólidos Peligrosos*



Residuos Sólidos Peligrosos

Fuente SERNAP

De acuerdo a la caracterización de estos pasivos se puede determinar lo siguiente:  
Existen 4 fosas, 2 con suelos contaminado y 2 con agua.

Las fosas 1 y 2, que son las que contienen suelos contaminados, presentan altos niveles de TPH, compuestos de BTEX, algunos elementos de HAPs y metales pesados. Además, en el sector Sur de la fosa de agua #2, existe un área de residuos sólidos contaminado con una cantidad aproximada de 165 m<sup>3</sup>, entre residuos y suelo.

De acuerdo a los resultados de laboratorio, en las fosas de agua se observan tres parámetros fuera de los límites permisibles según el D.S. N° 2400, estos parámetros son: Sólidos Totales Suspendidos y DQO en la Fosa de agua #2 y Hierro Total en la Fosa de Agua #1.

En base a los resultados positivos de la intervención del pozo CHU- X2, se tiene previsto realizar la remediación de estos pasivos como parte de sus buenas prácticas de protección del medio ambiente, para lo cual se ha contemplado como parte de las actividades del proyecto los trabajos de remediación de pasivos ambientales del Campo Churumas.

#### Factor Socio Económico y Cultural

En el área del proyecto, es decir, en el área de emplazamiento de los pozos y el trazo del camino de acceso a habilitar, no existe asentamiento poblacional, lo cual obedece al control que ejerce la administración del área protegida (Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía). La cría extensiva de ganado bovino, es la principal actividad socioeconómica en el área del proyecto, esto debido a que existen propiedades agrarias privadas establecidas dentro de la zona de Uso

Moderado del área protegida Tariquía.

#### 2.2.4.5 Pueblos Originarios

No existen asentamientos indígenas, comunidades campesinas, ni cierras comunitarias campesinas de origen (TIOCs) dentro del área del Proyecto, razón por lo cual, no aplica realizar el proceso de Consulta y Participación del proyecto.

#### Áreas Protegidas

El proyecto se emplazará dentro de la Zona de Uso Moderado de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía (RNFFT), creada mediante el Decreto Supremo N° 22277 que fue elevado a rango de Ley en fecha 23 de abril de 1992, cuenta con Plan de Manejo aprobado mediante Resolución Administrativa N° 159/2014. El objetivo de su creación, es de conservar la biodiversidad del ecosistema de Yungas Andinas (Bosque Nublado) y de sus funciones ecológicas como la producción y purificación de agua de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, además de sus funciones económicas.

Se prevé que el proyecto no tendrá incidencias relevantes sobre la normalidad de la actividad económica productiva indicada, tampoco se conoce de estudios científico de biodiversidad o de proyectos de ecoturísticos en desarrollo en el área del proyecto.

#### Proceso de Consulta Pública

En el marco del Art. 162° del RPCA – Ley N°1333 y con el fin de recoger observaciones, sugerencias y recomendaciones de los actores sociales influenciados con el Proyecto, se deberá desarrollar la Consulta Pública con los

involucrados e identificados dentro del área de influencia del proyecto.

#### **2.2.4.6 Actividades Involucradas en el Proyecto**

El proyecto considera las siguientes actividades:

##### Etapa de Ejecución.

Las actividades consideradas en la etapa de ejecución del proyecto son:

- Fase de obras civiles: Movilización/desmovilización del personal y traslado de equipos.

Instalación y operación de campamentos y obradores.

Habilitación del camino de acceso, planchada y áreas de apoyo.

Remediación de pasivos ambientales

- Fase de intervención del pozo CHU-X2.

Movilización/desmovilización del personal y traslado de equipos.

Instalación y operación de campamento.

Intervención del pozo CHU-X2.

- Fase de perforación del pozo CHU-X3.

Movilización/desmovilización del personal y traslado de equipos.

Instalación y operación de campamento.

Perforación y terminación del pozo.

- Etapa de Operación
- Pruebas de producción de pozos.
- Etapa de Mantenimiento

- Mantenimiento de camino y planchada.
- Etapa de Abandono.

Abandono temporal de pozos.

Abandono definitivo de pozos.

Se aclara que, las actividades se deben reestructurar de tal manera de facilitar en forma más objetiva y ordenada los impactos específicos, para cada etapa, así como para facilitar el desarrollo de las medidas de prevención y mitigación más apropiadas por cada actividad y sub-actividad, en sus distintos momentos de ejecución.

En caso de tenerse resultados positivos, y como parte de otra licencia ambiental, se deberá realizar el desarrollo del campo y la instalación de facilidades de producción y puesta en producción de los pozos.

- Etapa de Mantenimiento

Mantenimiento de camino y planchada

Mantenimiento de pozos (Intervención)

- Etapa de Abandono

Abandono y restauración

- Etapa de Ejecución - Las actividades consideradas en la etapa de ejecución del proyecto son:

*Fase de obras civiles:*

Movilización/desmovilización del personal y traslado de equipos.

Instalación y operación de campamentos y obradores.

Habilitación del camino de acceso, planchada y áreas de apoyo.

Remediación de pasivos ambientales.

*Fase de intervención del pozo CHU-X2.*

Movilización/desmovilización del personal y traslado de equipos.

Instalación y operación de campamento.

Intervención del pozo CHU-X2.

*Fase de intervención del pozo CHU-X3.*

Movilización/desmovilización del personal y traslado de equipos.

Instalación y operación de campamento.

Perforación y terminación del pozo.

- Etapa de Operación.
- Pruebas de producción de pozos.
- Etapa de Mantenimiento.

Mantenimiento de camino y planchada.

- Etapa de Abandono.

Abandono temporal de pozos

Abandono definitivo de pozos.

En la etapa de Ejecución se debe tomar en cuenta las siguientes actividades.

- Actividades de movilización/desmovilización del personal y traslado de equipos, así como la instalación y operación de campamentos.
- Actividades principales de mayor impacto del proyecto son obras civiles, intervención y perforación, las cuales son realizadas en distintos momentos,

como sub actividades la movilización/desmovilización y la instalación y operación de campamentos.

En cuanto a las Obras Civiles, en esta se contempla la habilitación del camino de acceso y planchada y remediación de pasivos ambientales, son descritas como sub actividades de obras civiles.

Por otro lado, la actividad de intervención de los pozos CHU-X2; CHU-X3, serán de manera separada, considerando en la descripción de cada una sus propias sub-actividades.

El Ministerio de Hidrocarburos y el MMAyA, indican que todo proyecto, así fuera exploratorio, debe tener las cuatro etapas, y como Etapa de Operación la actividad de pruebas de producción.

#### Impactos ambientales

- **Localización de Impactos**

Los impactos estarían localizados a lo largo del trazo de construcción del camino de acceso, área de la planchada (por obras civiles y perforación del pozo), áreas de campamentos y otras áreas a ser ocupadas por el proyecto; así como en sectores adyacentes a los espacios ocupados por las instalaciones del proyecto.

Los impactos identificados, así como la descripción de las medidas de mitigación, se basaron en un reconocimiento de las áreas involucradas con el proyecto y de la previsión de las actividades e infraestructura a implementarse, para lo cual se utilizaron las matrices sugeridas por la AACN en su nota de categorización, las cuales han sido desarrolladas de acuerdo a las fases y aspectos

ambientales involucrados con el proyecto.

La implementación del D.S N° 2366

En cumplimiento al Decreto Supremo N° 2366, el cual en su Artículo 2 permite el desarrollo de las actividades hidrocarburíferas en Áreas protegidas, se deberá ejecutar las actividades del proyecto dentro de la Reserva de Flora y Fauna de Tariquia.

Asimismo, en cumplimiento al Artículo 3 que establece uso de tecnología adecuada y limpia para minimizar los impactos ambientales, se deberá tomar en cuenta el uso de las siguientes tecnologías para reducir los impactos al medio ambiente. En los trabajos de obras civiles:

- Uso de la técnica de Compensación de Corte y Relleno.
- Aplicación de Técnicas de Control de Erosión.
- Aplicación de técnicas de Estabilización de taludes de Corte y Relleno
- En las operaciones de intervención y Perforación se deberá considerar los siguientes aspectos:
  - Uso de la tecnología Top Drive. Uso de la tecnología Top Drive.
  - Uso de la tecnología de Locación Seca.
  - Uso de la tecnología de Dewatering.
  - Uso de la Tecnología de First Flush.
  - Uso de la tecnología de tratamiento y disposición de recortes por Land Filling.

- Uso de la tecnología de tratamiento de aguas negras y grises mediante Planta Depuradora de Agua.

Antes del inicio de actividades se tiene que realizar el depósito del 1% de la inversión del proyecto, en cumplimiento al Artículo 4 del D.S N° 2366, el cual será destinado para el fortalecimiento de la Reserva de Flora y Fauna de Tariquía.

#### Seguridad y Planes de Manejo Ambiental

Se deben poner medidas específicas para evitar y/o minimizar los impactos negativos por medio de técnicas adecuadas de manejo ambiental, enmarcadas dentro las regulaciones aplicables al sector hidrocarburos y las políticas de Salud, Seguridad y Medio Ambiente de la empresa.

En cuanto a las medidas ambientales de gestión integral de los sistemas de vida, se debe tomar en cuenta:

- Un plan de abandono y restauración de áreas de impacto.
- Un Plan de control y manejo de residuos, para minimizar y controlar los impactos sobre los ecosistemas acuáticos y boscosos del área de proyecto.
- Un plan de control de erosión de suelos para minimizar y controlar los impactos por movimiento de tierra con las obras civiles del proyecto.
- Un programa de rescate y monitoreo de flora y fauna amenazada, para minimizar los impactos sobre la biodiversidad por fragmentación de hábitat en el área del proyecto.
- Un plan de relacionamiento comunitario, enfocado a garantizar el cumplimiento de los compromisos sociales de la empresa con los actores

sociales influenciados por el proyecto.

- Un Plan de Remediación de Pasivos Ambientales del campo Churumas.

#### **2.2.4. Métodos de Abandono de Pozos**

El abandono normalmente es la última operación que se realiza a un pozo, con el fin de taponarlo y abandonarlo temporal o definitivamente dependiendo de cada escenario.

Los métodos de abandono se componen en dos ramas, el abandono convencional y el no convencional. Estos métodos tienen características y diferencias importantes que dependiendo de cada caso de estudio se debe escoger el método más viable económicamente para la operadora o compañía que desarrolla el campo y que a la vez cumpla con la regulación ambiental y legal de cada país con el fin de completar con éxito el abandono.

El método convencional hace referencia a un plan, en este caso de abandono, según la metodología del American Petroleum Institute (API). Con esto se refiere a tener cálculos de volúmenes de lechada de cemento establecidos en alturas y posiciones en el pozo según los intervalos de las formaciones productoras, y los zapatos de los revestimientos con las especificaciones de la API acorde al tipo de cemento, aditivos y la química.

Por otra parte, en cada escenario de abandono se debe tomar en cuenta el sello de los espacios anulares para evitar el flujo por este de fluidos de fondo.

Estas operaciones se realizan utilizando un equipo de reacondicionamiento de

pozos (WO) o de tubería flexible (CT) y teniendo acceso a demás equipos necesarios para realizar con éxito la operación de manera segura.

Los métodos convencionales, toman como guía los documentos de la API, para la buena práctica, tanto para la protección de acuíferos en fondo, protección de la fauna y flora y el bienestar de las comunidades.

El método no convencional, hace referencia a una metodología diferente que la recomendada por el API, y que por diferentes motivos ya sea por ubicación, dificultades de transporte de los equipos a la locación, costos de la operación entre otros, se ve la oportunidad de generar una metodología propia, incluso pionera para el caso en estudio.

El método no convencional a diferencia del convencional puede no alcanzar los criterios, que definen teóricamente un abandono con tapones de cemento exitoso.

Para obtener un buen aislamiento en un pozo abandonado se debe seguir los siguientes criterios:

#### Longitud.

La longitud del tapón de cemento debe ser suficiente para ser calificado como permanente, y el requerimiento de la longitud del tapón es acorde a políticas de la empresa, ya que son una barrera física para el flujo de los fluidos de fondo a superficie.

#### Sección Transversal.

Es la sección radial del pozo que incluye tanto el espacio dentro de la tubería como el anular que debe estar cementado para sellar tanto de manera

vertical como horizontal.

#### Posicionamiento.

El tapón debe colocarse en una sección de la tubería o si es hueco abierto en una formación con la integridad suficiente. Se debe poner el tapón lo más cercano a la zona productora.

#### Verificación

Los tres aspectos anteriores deben ser verificados, a través de registros, pruebas de presión y bajando herramientas en fondo con el fin de asegurar que la operación fue exitosa.

Con lo anterior, se busca explicar que en los abandonos no convencionales al no seguir una metodología establecida existen mayores posibilidades y problemas operacionales para conseguir un buen aislamiento durable a través del tiempo.

#### Operaciones de Abandono de Pozos

En la industria petrolera, se ejecutan diferentes operaciones durante el abandono de pozos, las cuales se presentan brevemente.

#### Métodos para taponar un pozo.

Los métodos ejecutados en la industria, según Herndon, Smith, se explican a continuación:

##### - Tapón balanceado.

Esta técnica consiste en bajar la tubería dentro del hueco revestido o abierto y desplazar el cemento a la zona de interés. La lechada es bombeada por la tubería hasta una altura en el espacio anular calculada.

Luego, la tubería se saca lentamente hasta el tope teórico calculado de

cemento.

En ocasiones se desbalancea en la tubería con el fin de limpiar la tubería y reducir la contaminación con el lodo que se utilizó para desplazar a la lechada.

Cuando la tubería se encuentra encima del tope del cemento se hace una circulación inversa para limpiarla.

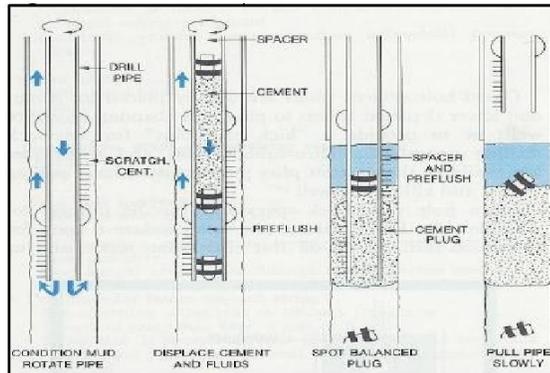
Se debe utilizar una tubería de diámetro pequeño, con el fin de tener un área mayor en el espacio anular para la lechada; lo anterior facilitará sacar la tubería, sin generar movimiento de los fluidos garantizando un buen tapón de cemento.

Si no se conoce con exactitud el tope de cemento necesario, se deberá utilizar un porcentaje de exceso de la lechada.

Es importante que la operación ocurra en condiciones estáticas. Antes de realizar el procedimiento, se deben realizar los cálculos de los topes estimados de cemento para poder hacer el desplazamiento; una vez calculados se levanta lentamente la tubería de trabajo permitiendo que el cemento que aún está dentro de esta salga y busque el equilibrio con el cemento en el anular.

Como ventaja tiene que solo se requiere la unidad de servicio de cementación.

**Imagen 2.6 Método del Tapón Balanceado.**



Fuente Schlumberger, 2006

#### - Tapón Mecánico

El Método con Tapón Mecánico (Coiled Tubing), se ha utilizado con eficacia donde el acceso es posible. Se puede ingresar al tubo usando diseños de lubricadores estándar con Coiled Tubing. El tubing se extiende por el pozo hasta que el tapón esté etiquetado.

El balance de presión se mantiene en ambos lados del tapón, lo que evita movimientos bruscos. Se inyecta metanol o agua caliente contra la cara del tapón, erosionando y disociando el tapón. Se ha encontrado que el agua caliente es muy efectiva cuando las consideraciones de transferencia de calor previenen la reforma de hidratos hasta que los fluidos del pozo puedan estabilizarse después de la eliminación del tapón y los sólidos.

Las ventajas del agua caliente es la preocupación por la seguridad en el manejo de fluidos a través de mangueras temporales de instalación. El metanol es altamente volátil y requiere manejo especial, procedimientos, equipo de protección personal, etc.

Se ha propuesto otros dispositivo, generalmente conectados al extremo del

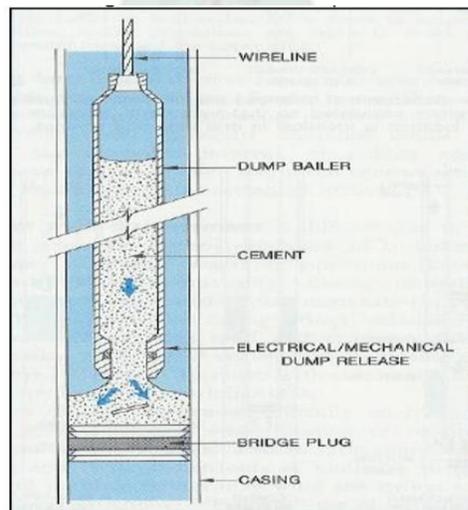
Coiled Tubing, pero no se ha documentado operaciones exitosas que usen dicho dispositivo

- Métodos de la cuchara Vertedora (Dump Bailer).

Esta técnica, se realiza en pozos someros. Generalmente se utiliza un empaque mecánico (Bridge Plug), un empaque de grava (Gravel Pack) o unacanasta con cemento (Cement Basket) que se encuentra por debajo de la altura que se ubicará el tapón de cemento con el fin de sostener la lechada. El cemento se baja normalmente con una unidad de guaya eléctrica (Wireline) que facilita la medición y verificación de la profundidad que se asentará el tapón de cemento.

Debido a los bajos volúmenes que se manejan con la unidad de guaya eléctrica (Wireline), se deben realizar varios viajes teniendo en cuenta el tiempo de fragüe. Debido a lo anterior es más común ver este método en operaciones con tapones de cemento en etapas de perforación y otras que en operaciones de abandono.

**Imagen 2.7** Método de Dump Bailer.



Fuente Schlumberger, 2006

- Método de los dos tapones.

El método de los dos tapones se asemeja mucho a las operaciones de cementación primaria, donde se utilizan dos tapones un tapón tope (Top Plug) y un tapón de fondo (Bottom Plug) para aislar la lechada de cemento de los fluidos de desplazamiento y del pozo.

En la operación se utiliza una herramienta para atrapar los tapones (Plug Catcher) el cual se coloca al final de la sarta de trabajo y se baja a la profundidad deseada.

Esta herramienta permite pasar el tapón de fondo por entre la tubería hasta que salga en fondo. La lechada es bombeada por la sarta de trabajo hasta la profundidad calculada hasta llenar el anular, a continuación, el tapón tope es desplazado hasta que llegue el Plug Catcher, el incremento de presión indica que el tapón se asentó en el Plug Catcher.

Al final la tubería se sube y los tapones quedan posicionados en el pozo.

Se bombea cemento fuera de la sarta a la profundidad deseada y se llena el anular.

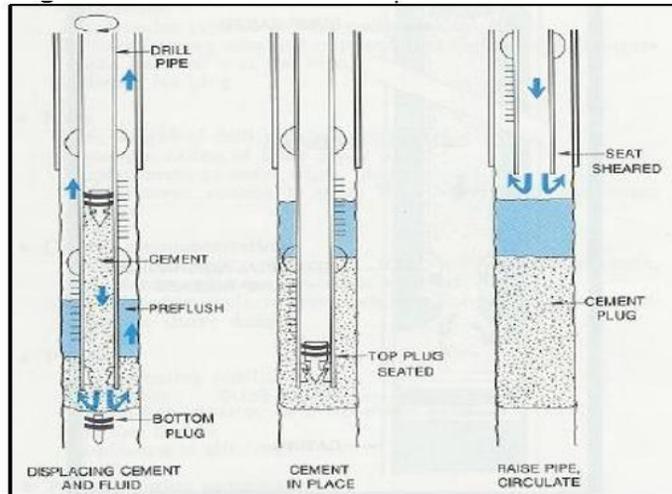
El tapón y el “agarrador de tapones” se encargan de compensar los posibles errores de desplazamiento que se produzcan.

Al aplicar una presión adicional, una vez sacada la tubería del tapón, corta los pasadores en el “agarrador de tapones” evitando que se produzca la circulación o circulación inversa.

Este método tiene un costo mayor y se utiliza en pozos profundos donde los cálculos de desplazamiento son mayores.

Con este método se busca minimizar la posibilidad de sobre desplazamiento de la lechada y proveer una estructura más fuerte y compacta del cemento.

*Imagen 2.8 Método de los dos tapones.*



Fuente Schlumberger, 2006

Cañoneo.

La operación de cañoneo, tiene como objetivo comunicar la zona de interés con el pozo, para permitir la producción de los fluidos entrampados hacia superficie.

Por medio de cañones que llevan las cargas, para ser activadas en fondo, se penetra el revestimiento, el espacio anular, y varios pies de la formación. Según Allen y Roberts, existen dos (2) tipos de cañones que son activados electrónicamente, mecánicamente o por presión los tipos de cañones son:

Bullet perforators (Tipo bala):

Fueron el primer tipo de cañones utilizados en la industria, alcanzan una velocidad inicial de 3.300 pies/seg, y tienen la capacidad de penetrar formaciones con una fuerza de compresión hasta de 6.000 psi.

Jet perforators (Tipo Jet):

Son un mecanismo de alta potencia que al activarse, produce una explosión a alta presión generando la descomposición del metal en fluido que se desplaza hacia la formación, a una velocidad inicial cercana a los 20.000 pies/seg, se utiliza para formaciones con mayor grado de dureza.

La operación de cañoneo se puede realizar por medio de tres metodologías:

CCG (Conventional Casing Gun):

El cañón es posicionado en fondo por un equipo de guaya eléctrica (Wireline) y es activado eléctricamente. El pozo no ha sido completado.

TTG (Through Tubing Gun):

El cañón es posicionado fondo, por entre el revestimiento, por un equipo de guaya eléctrica (Wireline), y es activado eléctricamente.

TCP (Tubing Convey Perforators):

El cañón se encuentra distribuido en cualquier punto de la sarta, generalmente de revestimiento, y es posicionado en fondo para ser activado eléctricamente, mecánicamente o por presión.

Para finalizar, existen tres tipos de cañones:

Los cañones recuperables:

Se recuperan después de la explosión y es posible reutilizarlos.

Los cañones no recuperables:

Se desintegran durante la explosión y quedan en fondo como desechos.

Los semi-recuperables:

Son recuperados después de la explosión, para ser descartados.

## Cementación Forzada (Squeeze).

En la industria de hidrocarburos, a los trabajos de cementación forzada se conocen como “squeeze”.

Son procesos de cementación secundaria, ya que antes se realizó una operación de cementación deficiente y debe ser remediada.

En el caso de abandono los squeeze son forzados por los orificios perforados de la tubería de revestimiento hacia el anular con el fin de hacer sello en ese espacio anular donde la cementación primaria es pobre, normalmente en pozos antiguos, y de esta forma con la lechada se evita y se cierra la comunicación de los fluidos de fondo de alguna zona productora con superficie.

Según Dwight, los squeeze se emplean en las operaciones para:

- Remediar una operación de cementación primaria que quedo defectuosa.
- Reducir las tasas de fluidos como gas o agua, es decir el GOR, WOR o el WGR.
- Reparar defectos en la tubería de revestimiento, o los perforados que quedaron mal realizados.
- Minimizar el daño de pérdida de circulación en hueco abierto mientras se continúa perforando. (formaciones ladronas).
- Abandonar temporal o definitivamente zonas productoras depletadas.

## Milling Tools.

Son herramientas para moler y perforar en el fondo de un pozo algún tipo de

herramienta, tapones de cemento o empaques entre otros con el objetivo de poder pasar a través de estos y continuar con la operación en curso, ya sea seguir perforando o comunicar diferentes secciones del pozo que antes habían sido aisladas.

Las herramientas más comunes para la operación de moler (mill) son fabricadas de una aleación especial de acero o de carburo de tungsteno para larga duración, dureza y que soporte la abrasión.

Se utilizan para trabajos tanto en el revestimiento como en la tubería de producción.

En campo, se utilizan brocas de perforación usadas para los trabajos de fresado de empaques, o tapones de cemento con el fin de ejecutar satisfactoriamente la operación y al reutilizar la herramienta disminuir los costos.

#### Tipos de Cemento y Aditivos

El principal objetivo al abandonar un pozo es el aislamiento de manera permanente de las formaciones productoras.

Al hacer un sello se busca aislar el pozo de los fluidos con el fin de evitar una contaminación en superficie o de aguas subterráneas siempre buscando el menor impacto posible del pozo para el medio ambiente en el futuro.

Esta operación se realiza con tapones de cemento o mecánicos que hacen la función de sello y se utilizan en la operación de abandono y en otras operaciones en la industria petrolera.

Son volúmenes de lechada de cemento que son desplazados por otros fluidos hasta un lugar específico y requerido para sellar y aislar la zona dentro del pozo completado, es decir en la tubería de revestimiento o en ocasiones a hueco abierto.

Como define Allen, los tapones de cemento se colocan en los pozos para diferentes razones como lo son las siguientes:

- Para tener una base sólida para empezar un desvío en la trayectoria “sidetrack”.
- Para sellar un hueco abierto debajo de un revestimiento.
- Para corregir problemas de pérdidas de circulación.
- Para abandonar un pozo seco o un pozo depletado.

La lechada de cemento está compuesta por una mezcla de agua y cemento tipo Portland, el cual es el cemento insignia de las operaciones petroleras por su extenso uso y sus propiedades.

Es un cemento hidráulico y por ende tiene la característica de desarrollar resistencia a la compresión al fraguarse cuando se hidrata, debido a la interacción del agua y sus componentes.

El cemento fraguado tiene una baja permeabilidad y es insoluble en el agua así que sus propiedades no se ven afectadas, por esta razón es especial para las operaciones de aislamiento y sello en la industria.

Los dos tipos de materia prima utilizados para el cemento Portland es el componente calcáreo que contiene lima y el arcilloso que contiene aluminio, silicio

y oxido, estos son componentes cálcicos.

La clasificación API da una guía del cemento a utilizar a diferentes profundidades y a la temperatura y presión que son expuestos.

La función de los aditivos es modificar las propiedades estándar de la lechada de cemento.

Los aditivos pueden variar la densidad de la lechada, incrementar o no la resistencia del cemento, acelerar o retardar el tiempo de fragüe, controlar la tasa de filtrado, modificar la viscosidad, controlar las pérdidas de circulación e incluso mejorar económicamente la operación.

Los aditivos deben ser siempre probados a nivel de laboratorio, simulando las condiciones actuales del pozo, para conseguir el tipo y concentración adecuada del aditivo que sirve para cada caso en específico en campo.

Los aditivos comúnmente vienen en polvo y en sacos para ser mezclados de manera uniforme.

#### Conceptos y Procedimientos en Campo

Las operaciones y procedimientos para el abandono de pozos tienen como objetivo aislar de manera definitiva los intervalos productores o inyectoras, zonas adyacentes a acuíferos y en superficie mediante tapones de cemento los cuales se sitúan tanto en fondo, a diferentes profundidades, como en superficie para evitar el flujo y la comunicación de fondo con superficie y entre diferentes formaciones permeables.

Normalmente en campo, los pozos postulados para abandono son pozos inactivos o cerrados que por motivos anteriormente explicados en el capítulo deben ser abandonados efectivamente ya que no son rentables para la compañía operadora de campo.

El concepto de abandono de un pozo tiene diferentes etapas operacionales, legales y de planeación para la empresa que los va a ejecutar, las cuales se agrupan y explican a continuación:

#### Actividades Previas:

La empresa debe priorizar los pozos a abandonar según algún requerimiento ambiental o por inconvenientes jurídicos con el fin de disipar esa problemática en el menor tiempo posible.

Es pertinente realizar una revisión de los requerimientos asociados al tema ambiental, social, de tierras y legal.

Es necesario realizar un plan de ruta a nivel técnico y operacional.

#### Ruta de movilización.

Es necesario definir la ruta de movilización de los equipos, con el fin de optimizar costos y tiempos no productivos y reportárselo al Ministerio de Hidrocarburos la documentación.

La compañía operadora, debe adecuar la locación del campo y la ruta de acceso, buscando garantizar la entrada de los equipos a la locación del pozo.

La adecuación puede presentar actividades de mejoramiento, mantenimiento de vías tanto públicas como privadas.

La locación debe estar libre de vegetación, escombros y que no afecte algún

acuífero o comunidad cercana. Si es el caso, la compañía operadora se deberá encargar oportunamente.

Se debe asegurar que el terreno de la locación permita el ingreso, permanencia y/o ejecución de las actividades de abandono.

Adecuación de la cabeza de pozo para arme de equipo para abandono.

La compañía operadora debe identificar el tipo de sistema de levantamiento presente en el pozo, si es un pozo activo, y realizar un plan para su desinstalación, desmantelamiento y transporte a sitio final de la unidad de bombeo presente.

Por último, asegurarse que el cabezal y el contrapozo se encuentren en buenas condiciones para ejecutar el abandono.

Actividades Operativas:

Las operaciones planteadas a continuación, aplican para cualquier pozo que se encuentre activo o inactivo, la descripción de las operaciones se realiza en forma cronológica y en orden.

El abandono es convencional.

Cuando empiezan los trabajos de la operación de abandono del pozo in-situ, el ingeniero de reacondicionamiento de pozos o de servicio a pozos con su equipo deben ejecutar el programa ya propuesto, divulgado y aceptado tanto por la compañía operadora como la compañía prestadora de servicios. Este documento describe los objetivos, costos estimados, información de la cabeza de pozo como son el tipo de conexiones, Schedule, estado mecánico, presiones de trabajo, lista de materiales para la operación, el procedimiento,

el análisis de riesgos (Risk assesment), el uso y operación de equipos por parte del personal entre otros.

#### Charla de Seguridad.

Son reuniones con todas las personas y entes involucrados en las diferentes operaciones, en ellas se informa las actividades a realizar y el posible riesgo en cada una de ellas con el fin que todos estén informados y atentos.

Se hacen antes de iniciar cada operación y en el cambio de turno.

#### Entrega de Locación (Handover).

Cuando las etapas previas están completas y la locación en buenas condiciones, la empresa operadora procede a entregar a la empresa prestadora de servicios la locación hasta que ésta termine la operación.

#### Plan de Movilización de Equipos.

Hace referencia a la movilización de los equipos necesarios para completar la operación. Incluye la movilización de los equipos a la locación y su movilización dentro de la misma de manera segura y de acuerdo a los tiempos planeados.

#### Armado equipos.

Instalación de los equipos, para dar inicio al plan y tiempo de trabajo. Estos equipos deben realizar el descargue del pozo e instalar la mesa de trabajo.

*Imagen 2.9 Armado de equipos en locación*



*Fuente YPFB Chaco*

#### Control del pozo.

Son las actividades y trabajos en el pozo para controlar la presión de las tuberías, espacio anular mediante un fluido de control y/o descargando la presión al equipo Choke Manifold.

#### Instalación de Preventoras.

Antes de intervenir el pozo se debe retirar las conexiones, y accesorios de producción e instalar el conjunto de BOP's (Blow Out Preventer/ Preventoras de estallido) de tubería y probarlas. Bajar sarta de cementación y/o limpieza de pozo.

Se baja el BHA establecido hasta profundidad objetivo, acorde al estado mecánico entregado por la empresa operadora, y se verifica fondo.

#### Circulación y limpieza de fondo.

Antes de empezar a sentar tapones, se debe limpiar el pozo de arenas u otros sólidos que pueda afectar y disminuir la efectividad del aislamiento, asegurarse que las formaciones por los perforados no estén aportando

arenas, y circular en directo hasta obtener retornos limpios.

Posicionamiento de la tubería.

La tubería se posiciona unos diez (10) Pies sobre la profundidad del último perforado para bombear el tapón.

- **Unidad de Cementación.** la unidad de cementación llega a la locación, se instala los equipos y se prueban las líneas (chicksaw) con presión.

*Imagen 2.10. Líneas de cementación*



*Fuente YPFB Chaco*

Mezclado y Bombeo.

En la unidad de mezclado se prepara la lechada según especificaciones, se hace “al vuelo”, es decir se va preparando la lechada mientras se circula, verificando la densidad en la unidad de bombeo.

Regularmente se utiliza un exceso del 10%.

El cemento se desplaza con agua fresca hasta el punto de balanceo.

Se desinstala y retira la unidad de cementación.

**Imagen 2.11** Unidad de cementación



Fuente YPFB Chaco

Tiempo de Fragüe y tope de cemento.

Al culminar la operación de cementación, se saca y quiebra la tubería despacio, por encima del tope teórico, con el fin de que se balancee correctamente el tapón y evitar un efecto de suave o en fondo.

Durante la prueba de cementación se toman “testigos”, que son pequeños volúmenes de la lechada con el fin de observar el tiempo de fragüe y si es acorde al calculado por las pruebas hechas por la empresa prestadora de servicio de la cementación.

**Imagen 2.12** Testigo de lechada, tomado durante prueba de cementación



Fuente YPFB Chaco

Durante este tiempo, se limpia las juntas y se circula en reversa para limpiar la tubería de trabajo, y así evitar que taponamiento de la tubería. Se circula hasta obtener retornos limpios.

Tope de cemento y prueba de integridad.

Al terminar el tiempo de fragüe, se baja tubería de trabajo hasta tocar el tope de cemento, con bajo peso para evitar pegas, a continuación, se presuriza el pozo y se hace prueba de integridad, si no existe pérdida de presión mayor al 10%, el tapón fue exitoso.

Tapón intermedio y de superficie.

Para los siguientes dos tapones se realiza el mismo procedimiento descrito para el tapón de fondo. Antes de empezar estos tapones se bombean dos píldoras espaciadoras.

Bombeo píldora espaciadora.

Un volumen de fluido es bombeado, generalmente agua fresca, que evita el contacto entre el cemento y la píldora espaciadora para prevenir interacción entre estos, la píldora está compuesta generalmente de inhibidores de corrosión y biocidas para evitar la corrosión en la tubería de revestimiento y su principal función es soportar los tapones de cemento que estarán encima de estos.

Movilización de Equipos.

Al terminar la operación, se movilizan los equipos y transporta la tubería y accesorios hacia una nueva locación o la base de la empresa de servicios según el caso.

Limpieza y entrega de locación.

Al completar los tres tapones y realizar la prueba de integridad, se cementa el contra pozo, si es el caso se limpia en superficie cualquier contaminación y se entrega la locación (handover) a la empresa operadora.

Cercado del pozo.

El pozo debe quedar cercado de forma provisional hasta que se le instale su placa y monumento.

*Imagen 2.13 Pozo abandonado y cercado*



*Fuente YPFB Chaco*

Actividades Posteriores

Son aquellas actividades ejecutadas, en superficie y en la locación para culminar satisfactoriamente el proceso de abandono.

Posterior al abandono, se debe realizar la arborización y reforestación del área de la locación gradualmente, garantizando la restauración paisajística y la revegetación.

Proceso de Abandono de Pozos No Convencional del Año 2003 al 2008

Los abandonos de forma no convencional, es decir sin acatar las

recomendaciones API en cuanto a materiales utilizados, prácticas en campo y especificaciones de los tapones para un óptimo aislamiento de la zona productora y/o acuífero.

#### Metodología No Convencional

La metodología no convencional no es siempre la misma, ya que el número de tapones varía entre dos y tres dependiendo del pozo.

Los materiales se posicionaban en los pozos, mediante manilas que pasaban por un trípode y un sistema de poleas en superficie, el cual era operado manualmente.

En primera instancia para los intervalos de interés, se sentaba el tapón de fondo 10 pies arriba del tope de los perforados, se bajaba un tapón de madera o de alambre, hecho de forma artesanal, a la profundidad deseada con la manila y enseguida lanzaban desde superficie, cemento clase G sobre el tapón.

Mientras se espera el tiempo de fragüe de la lechada, se debe continuar a realizar la misma operación en los otros pozos postulados que se encuentra en los alrededores.

Finalmente se jala la manila para intentar recuperarla o se debe cortar para que caiga al pozo, de esta manera se realiza cada uno de los tapones a sus profundidades correspondientes.

Para los tapones intermedios y de superficie se utiliza cemento de construcción en bolsas de mercado o en tubos PVC de un (1) pie de longitud, se llenan de

cemento, realizando el mismo procedimiento del tapón de fondo, para sentarlo a la profundidad deseada.

Para espaciar los tapones se bajaba una mezcla de arena, cemento y grava. Se realiza una prueba de integridad, al presurizar el pozo a 300 PSI para comprobar la integridad de los tapones.

Se instala el monumento y la placa del pozo con las especificaciones correspondientes. Ya en superficie, la locación era nuevamente arborizada y restaurada ambientalmente.

Etapas operativas del abandono no convencional.

Las etapas operativas no seguían ningún tipo de planeación, ya que no existe un Well Planning para estas operaciones. Las etapas se dividían en tres principales:

- Sacar la tubería del pozo.
- Sentar los tapones
- Instalar el monumento con la placa de abandono.

Problemas Posteriores al Abandono

Estos abandonos estaban pensados para ser exitosos, en un campo depletado y cerrado, como figuraba serlo el Campo Churuma. Sin embargo, después de empezado el plan de desarrollo, estos pozos presentaron problemas de brotes de fluidos a superficie, por dos causas principales:

- Comunicación entre arenas con diferente parametrización de fluidos.
- Migración de fluidos a superficie.

Flujos Cruzados.

El flujo cruzado ocurre cuando fluidos de una formación migran hacia superficie u otra formación productora debido a una presión externa que desplaza a estos fluidos por entre algún espacio vacío, que permite la comunicación.

Los pozos abandonados que presentan flujo cruzado afectan ambientalmente la superficie y a la vez a la campaña de recobro ya que hay una pérdida de la presión inyectada en fondo y una canalización hacia los pozos en cuestión y por ende la recuperación de crudo en los pozos productores se verá afectada.

### **2.3 Producción y Operaciones de WORKOVER**

Para la preparación y puesta en producción del pozo Campo Churuma, se deberá considerar la producción y operaciones en WORKOVER.

Los servicios de Workover tienen por objeto aumentar la producción o reparar pozos existentes.

#### **2.3.1 Operaciones de WORKOVER**

Un pozo es un dispositivo mecánico que está sujeto a los problemas y fracasos que requieren reparaciones para mantener la producción y mejorar la recuperación de hidrocarburos.

Con las operaciones de WORKOVER se pueden solucionar los problemas que pueden ocurrir durante la producción y existen principalmente se dividen en:

Falla de Equipamiento y Problemas del pozo..

Falla de Equipamiento.- Las fallas en el equipamiento son las más comunes de la producción, por la alta probabilidad de que algún equipo se rompa o se arruine cuando se está trabajando en pozo.

Problemas de pozo.- Los problemas más comunes en los pozos son: Arenamiento, Daño de la formación, Las Emulsiones de aceite-agua, Corrosión

## CAPÍTULO III APLICACIÓN PRÁCTICA

### **3.1 Habilitación de áreas para remediación.**

En base a los resultados positivos de la intervención del pozo CHU-X2, se tiene previsto realizar la remediación de pasivos ambientales como parte de sus buenas prácticas de protección del medio ambiente.

Entre los trabajos considerados para la Remediación, se consideran los siguientes:

Las áreas a considerar para el tratamiento de los suelos o lodos contaminados, será la misma planchada existente y/o en caso necesario se tomarán en cuenta, las alternativas que se presentan a continuación. En cuyas áreas se deberá adecuar y brindar las condiciones de tratamiento para los lodos y suelos recuperados de las fosas consideradas como pasivos ambientales.

### **3.2 Alternativas de ubicación WGS84.**

#### **3.2.1 Alternativa 1: X: 375311; Y: 7538198**

El área presenta un claro de bosque la cual fue intervenida por instalación del campamento cuando se perforó el pozo CHU-X2, los suelos están

cubiertos por desarrollo de vegetación herbácea y graminoides, especies arbustivas y arbóreas de sucesión, también se observa plantaciones de frutales (guayaba y pomelos).

El área presenta inundación temporal, debido a las escorrentías de la serranía, los suelos están son compactos que no permiten una rápida infiltración agua.

Se ubica sobre el trazo de construcción del camino y a 30 m del borde norte del río Churumas. Es importante indicar, que este sitio está considerado como Alternativa 2 (Coord. X: 375532; Y: 7538224) para la habilitación del área de remediación de pasivos ambientales.

### **3.2.2 Alternativa 2: X: 375532; Y: 7538224**

Se trata de un área descampada de un predio agrario privado, donde existe una vivienda rustica de un puesto ganadero, con corral y potrero, la vivienda es ocupada ocasionalmente por su propietario con las actividades de manejo de ganadería.

Los suelos están cubiertos por desarrollo de vegetación herbácea, especies arbustivas y arbóreas de sucesión.

El área sobre el trazo de construcción del camino, tiene influencia del río Churumas, cuya margen del río se ubica a 80 m del sector oeste del área elegida como alternativa.

Este sitio o área también está considerada como Alternativa 3 (Coord. X: 378199; Y: 7535433) para remediación de pasivos ambientales. Asimismo, a unos 300 m al Sudoeste de este sitio, existe un área descampada la cual

también se lo considera como Alternativa 4 (Coord. X: 377923; Y: 7535240) para la remediación de pasivos ambientales.

### **3.2.3 Alternativa 3: X: 378199; Y: 7535433**

Se trata de un área descampada de un predio agrario privado, donde existe un puesto ganadero con vivienda rustica, corral, atajado (reservorio de agua para el ganado) y potrero pequeño, la vivienda es ocupada ocasionalmente por su propietario con las actividades de manejo de la ganadería.

Los suelos están cubiertos por desarrollo de vegetación herbácea, especies arbustivas y arbóreas de sucesión.

El área se encuentra sobre el trazo de construcción del camino, con influencia del río Churumas, tanto por el sector norte y como por el sector sur, cuyas márgenes del río se ubican a 60 y 35 m respectivamente.

Este sitio también está considerado como Alternativa 5 (Coord. X: 377531; Y: 7532751) para remediación de pasivos ambientales.

### **3.2.4 Alternativa 4: X: 377923; Y: 7535240**

Se trata de un área descampada de un predio agrario privado, donde existe un puesto ganadero con vivienda, corrales y potreros, la vivienda es ocupada ocasionalmente por el propietario con las actividades de manejo de la ganadería.

Los suelos están cubiertos por desarrollo de vegetación herbácea, especies arbustivas y arbóreas de sucesión.

El área se encuentra sobre el trazo de construcción del camino, tiene influencia del río Lajitas, tanto por el sector noroeste y como por el sector

noreste, cuyas márgenes del río se ubican a 130 y 100 m respectivamente. Este sitio también está considerado como Alternativa 6 (Coord. X: 377954; Y: 7531448) para remediación de pasivos ambientales.

### **3.2.5 Alternativa 5: X: 377531; Y: 7532751**

El sitio se encuentra en un área de bosque alto de la formación del bosque freatófito, sobre el trazo de construcción del camino. Tiene influencia del río Churumas por el sector noroeste, cuya margen del río se ubican a 30 metros. En el lugar, se observa ganadería extensiva como la única actividad socioeconómica productiva.

### **3.2.6 Alternativa 6: X: 377954; Y: 7531448**

Se aclara que el sitio propuesto, es la misma área elegida como Alternativa 4 para ubicar el campamento de perforación. La caracterización ambiental del área se desarrolla en el punto "Alternativa 4".

## **3.3 Limpieza y recuperación de lodos y/o suelos contaminados.**

### **3.3.1 Actividades de limpieza.**

Para la recuperación de los suelos contaminados será necesario, la realización de limpieza de vegetación regenerada, tales como barbechos, gramíneas y vegetación arbustiva. Así como la recuperación y evacuación cualquier residuo sólido, metálico u otros identificados en la caracterización del pasivo ambiental y dispuesto según su tipo, ya sea para reciclaje y/o para disposición final, mediante empresas especializadas.

Actividades de excavaciones y recuperación de suelos.

Se realizará movimiento de los suelos o lodos contaminados, mediante

excavaciones en las áreas o fosas identificadas, para la recuperación de los mismos y disposición en los sitios acondicionados para tratamiento.

En las fosas con agua y con trazas contaminantes, se procederá al tratamiento del agua, en tanques australianos implementados en el sitio, donde se aplicará el tratamiento respectivo.

Técnicas a utilizar para la remediación

Posterior a la habilitación del área a remediar se procede con la remediación en dos fases:

**Fase I: Transformación de líquido a sólido (Desintoxicación de suelo).**

Una vez el suelo o lodo contaminado de las fosas, hayan sido recuperados y colocados en los sitios de tratamiento, la técnica que se empleará, si corresponde o es necesario, será la de adición de catalizadores, surfactantes y lavado a baja presión. La adición de surfactantes es una técnica utilizada para disminuir el tiempo de tratamiento, teniendo como actividad principal la fragmentación de la cadena del hidrocarburo.

Adición de producto catalizador y surfactante orgánico.

Esta tecnología tiene propiedades inmobilizantes y de degradación catalítica, que refuerzan el tratamiento de biorremediación, mejorando notablemente los rendimientos por efectos sinérgicos.

La tecnología de catalizadores consiste en tratamientos físicos y químicos, que convierten el material tóxico - contaminante, que se encuentra en los Lodos contaminados con hidrocarburo (HC con alto peso molecular) en compuestos inertes y no tóxicos para el Medio Ambiente. La adición de un

catalizador, tiene la cualidad de deshidratar y por tanto solidificar los lodos, generando reacciones de deshidratación y Solidificación – Estabilización, removiendo las capas monomoleculares (multicapas) de agua que rodean las partículas de lodo.

Cuenta también con propiedades catalíticas, que permiten romper las cadenas de enlaces de los Hidrocarburos, los mismos son compuestos inorgánicos que poseen sitios activos los que generan reacciones de superficie.

#### **3.3.4.1 Catalizador**

*Una vez agregado al lodo a remediar tiene los siguientes procesos: Proceso de Inmovilización, Proceso de degradación inicial – finalización del estado tóxico, Proceso de cambio de textura, Proceso de inmovilización.*

*La inmovilización permite que los compuestos activos de la matriz sólida puedan estar disponibles para los siguientes procesos de Degradación y de Biorremediación y por ende el crecimiento bacteriano (aumenta la eficiencia de los mecanismos de Aeración, dando paso a la etapa Aerobia del Tratamiento).*

Mediante la Inmovilización de los componentes tóxicos de los lodos son inmovilizados para que no puedan desplazarse hacia el medio ambiente, pudiendo de esta forma incluso ser transportados a grandes distancias sin riesgo de contaminación o derrames.

La inmovilización de los compuestos tóxicos también incrementa la eficiencia del proceso de remediación y permite que el Lodo contaminado pueda ser

transportado a grandes distancias donde puede ser tratado posteriormente sin que haya el peligro de contaminación a los Ecosistemas circundantes.

#### **3.3.4.2 Degradación inicial y finalización del estado tóxico.**

El catalizador, convierte de manera inicial estas moléculas grandes de hidrocarburos tóxicos, en moléculas no tóxicas y que puedan ser fácilmente biodegradadas.

El mecanismo físico químico de degradación de las moléculas tóxicas de hidrocarburos, se basa en procesos de desplazamiento de los niveles del plasma de energía que se produce cuando interactúan las moléculas del catalizador y del hidrocarburo.

Luego del proceso inicial de degradación (no tóxico) con el agente catalizador, se obtienen primariamente parafinas, que no tienen actividad química y son fácilmente “digeribles” por los microorganismos.

#### **3.3.4.3 Cambio de textura.**

El tratamiento convierte el Lodo contaminado solidificado, en un suelo granular (de fácil disgregación), con propiedades similares a las del suelo natural, lo cual facilita enormemente la acción de los microorganismos y mecanismos de aireado.

La apariencia física del suelo tratado, similar al suelo natural.

Fase II – Degradación biológica del hidrocarburo

#### Bioremediación por landfarming.

Es una técnica de biorremediación que se utiliza para la descontaminación tanto “in situ” como “ex situ”, y consiste en provocar la oxidación biológica de

los hidrocarburos contenidos en el suelo, por medio de la estimulación de la microflora natural (bacterias) que se encuentra en el suelo mediante el agregado de fertilizantes, arado y riego.

En el fondo, se trata pues de una bioestimulación de las poblaciones necesarias que interesa activar.

El proceso de landfarming tiene una serie de ventajas cuando es utilizado en suelo contaminado con bajo grado de contaminación, no deja residuos posteriores, no provoca (si se realiza en condiciones controladas) riesgos de contaminación, tanto Superficial como Subterránea, debido a la migración de hidrocarburos, el impacto ambiental es mínimo, cuando el proceso se encuentra bien realizado.

Es una técnica susceptible de emplearse en una gran variedad de condiciones climáticas. Además, si se realiza en condiciones óptimas, se consigue degradar una considerable proporción de los Hidrocarburos contenidos en los suelos.

La técnica de landfarming mas la adición de surfactantes orgánicos, acelera más de 6 veces el proceso de degradación, ayudando a optimizar y mejorar la técnica.

#### **3.3.4.4 Uso de biopilas.**

Las Biopilas, constituyen una Tecnología de Biorremediación en la cual el Suelo contaminado con Hidrocarburos puede ser extraído y dispuesto en un área de tratamiento o piscina previamente excavada e impermeabilizada para su descontaminación con microorganismos. Las Biopilas, se utilizan

cuando la sustancia contaminante es demasiado volátil y cuando se cuenta con alto contenido de Hidrocarburo, como para ser tratado con la Técnica de Landfarming, ya que las emisiones gaseosas serían demasiado altas, o cuando se quiere acelerar el proceso de biorremediación.

#### **3.3.4.5 Disposición final.**

Una vez culminado el tratamiento con las distintas técnicas descritas anteriormente, y de acuerdo a análisis de laboratorio, los suelos y lodos tratados, se encuentren por debajo de los límites permisibles, se procederán a ejecutar las acciones para la disposición final mediante entierro (land filling) de los Residuos tratados, ya sea en un área aledaña, el área considerada para el entierro de recortes en el presente documento, el mismo sitio de tratamiento.

### **3.4 Fase de intervención del pozo CHU-X2.**

#### **3.4.1 Movilización/desmovilización de personal y equipos**

Las actividades se componen de la movilización de personal, transporte de las partes y equipos para la intervención, transporte materiales e insumos, lo cual está relacionado al tráfico de vehículos livianos y pesados, lo cual generará un movimiento vehicular en forma transversal a lo largo de las actividades de pruebas.

Para el transporte y montaje, se movilizarán los equipos de well testing en trailers, y se los montará con ayuda de una grúa de 40 toneladas de capacidad.

La mayor parte del equipo permanecerá en las instalaciones del proyecto, con excepción de algunos equipos de empresas de servicios que ingresarán por

periodos muy cortos para funciones específicas y puntuales, por lo general estos equipos son portátiles.

### **3.4.2 Instalación y operación de campamento**

El campamento será instalado y tendrá las facilidades necesarias para albergar a un número de 60 – 80 personas.

El campamento constará de aproximadamente 15 casetas móviles, con servicios de agua potable, comedor, cocina, baños, lavandería, dormitorios, oficinas, sistema de tratamiento de agua residuales (negras y grises), generadores de energía eléctrica, internet, oficinas, dormitorios, etc.

El campamento tendrá las siguientes facilidades: Dormitorios, Oficinas, Consultorio médico, Cocina y comedor, Baños, duchas y lavanderías, Sala de recreación, Punto de encuentro en caso de emergencia, Almacenes (alimentos, combustibles), Equipos generadores para suministro eléctrico, Planta Depuradora de Aguas Residuales (PDA), Área de clasificación y almacenamiento de residuos, Una fosa de entierro de residuos orgánicos de 4.5 m<sup>3</sup> (1.5x1.5x2 m), para disposición de residuos orgánicos, protegidas con malla y techo, Elementos de seguridad industrial (señalización, alarmas, extintores, etc.), Sistema de telefonía satelital.

En el caso del campamento para las pruebas extendidas del pozo CHU-X2, se aclara que el campamento se ubicará en la Alternativa 1 donde se prevé ubicar

el campamento de perforación, donde se ocupará un área de 0.3 ha (60x50 m). Tendrá las facilidades necesarias para albergar a un número de 15-20 personas.

### **3.4.3 Intervención del pozo CHU-X2**

El pozo CHU-X2 será intervenido para realizar pruebas de producción en la Arenisca 2 del reservorio Los Monos, así también, dependiendo de la necesidad, se realizarán actividades de re-terminación de pozo, reparaciones de problemas mecánicos del pozo y otras necesidades que se identifiquen en el pozo para su puesta en producción.

Para la intervención del pozo se deberán realizar las siguientes actividades:

### **3.4.4 Pruebas del pozo.**

Montaje de los equipos de pruebas de welltesting, para lo cual se consideran los siguientes:

- Separador ANSI 600
- Calentador indirecto
- Choke manifold
- Tuberías y conexiones temporales
- Quemador
- Tanque de medición (100 bbl)
- Tanque de almacenamiento (200 bbl)
- Unidad de Slickline

- Bomba de transferencia
- Generador eléctrico
- Pantallas de luz
- Caseta de laboratorio (para oficina y pruebas en campo)
- Bomba de inyección.

#### **3.4.5 Ahogado del pozo.**

Para lo cual se considera el uso de “Salmuera Form. Na-K” en un volumen estimado de 1000 bbl (incluyendo diferentes baches) y una cantidad de 850 bbl de agua, mediante una bomba de inyección.

#### **3.4.6 Extracción de los tapones del pozo.**

Se utilizará una grúa portable y una unidad de Slickline.

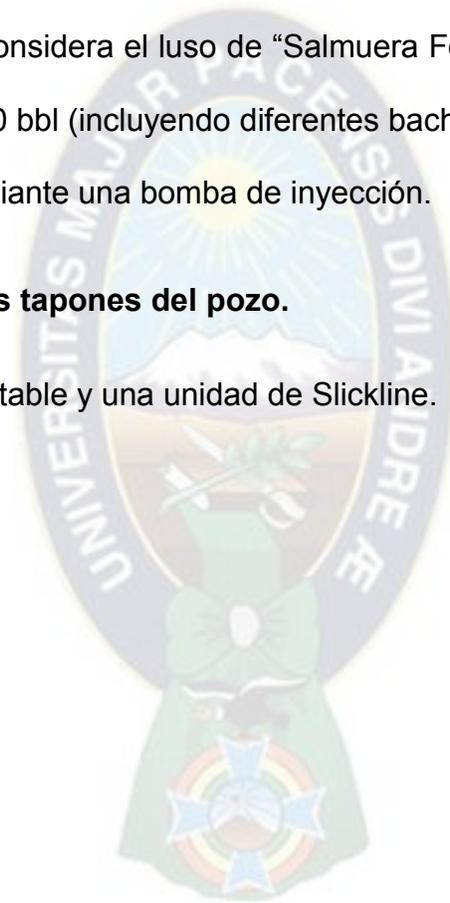
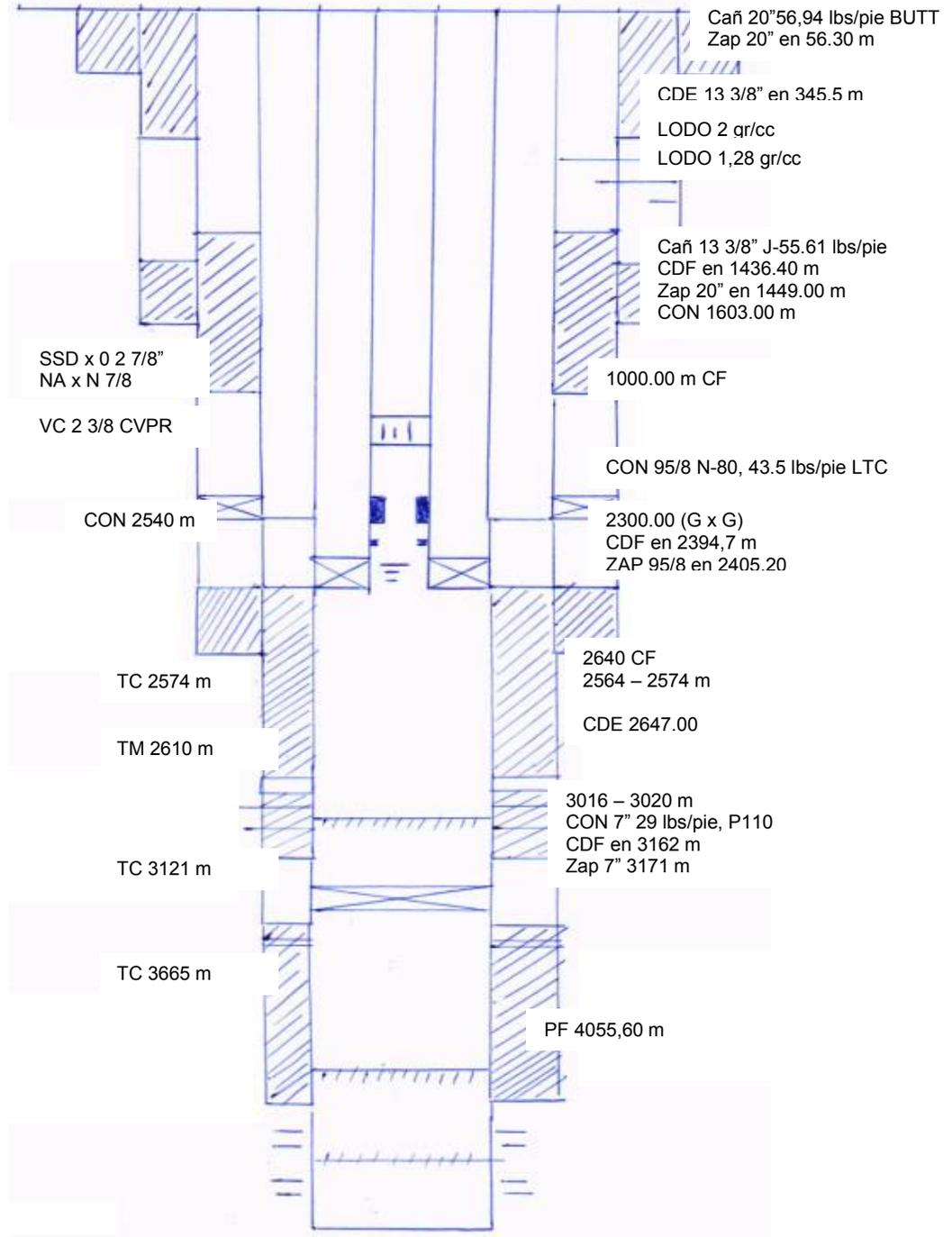


Imagen 3.1 Diagrama del estado sub superficial - Pozo CHU-X2



Fuente Elaboración Propia

### **3.5 Pruebas de producción de reservorio.**

En una primera fase se debe realizar las pruebas del pozo que tiene la siguiente secuencia de operaciones:

- Prueba de flujo extendido y Build Up, ejecutar una prueba de flujo direccionando el gas hacia la fosa de quema y el condensado a un tanque de almacenamiento.
- Una vez concluida la prueba, se deberá proceder al desmontaje y desmovilización de todos los equipos, de la planchada del pozo.

### **3.6 Terminación y otras operaciones.**

En base a los resultados de la prueba, en una segunda fase de intervención se tiene previsto realizar las siguientes actividades:

- *Terminación del pozo.*

Esta actividad se realizará para evaluar el tramo productor de interés. Las operaciones estarán dirigidas a la habilitación mediante baleos de nuevas secciones del nivel productor.

- *Otras actividades.*

En función a la necesidad, se realizarán pruebas de producción, pruebas de restitución de presión, cambio instrumento de medición de presión y temperatura de fondo, tareas de coroneo, operaciones de pesca, reparación o cambio de instrumentación de superficie en el pozo, y otras inherentes al pozo.

### 3.7 Programa de intervención

A continuación, se presenta el programa de intervención del pozo CHU-X2, incluyendo el volumen de fluido a utilizar y los desechos a generar.

Tabla 3.1 Programa de intervención y estimación de desechos sólidos – líquidos y consumo de agua

Actividad	Tipo de fluido	Metros Intervención	Días	Volumen teórico de Recortes (Bbl)	Volumen de Recortes con Washout (Bbl)	Desechos Sólidos (bbl)	Desechos líquidos (Bbl)	Consumo de Agua (Bbl)
Montaje			5					495
Intervención	WB M	4560	60	0	0	580	3700	10567
Desmontaje			3					297
<b>Total</b>		<b>4560</b>	<b>68</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>580</b>	<b>3700</b>	<b>10865</b>

Fuente Elaboración Propia

### 3.8 Fase de perforación del pozo CHU-X3

#### 3.8.1 Movilización/desmovilización del personal y traslado de equipos

Las actividades se componen de la movilización de personal, transporte del equipo de perforación y sus componentes asociados, transporte materiales e insumos, lo cual está relacionado al tráfico de vehículos en el transporte pesado, mediano y liviano.

Esto se desarrollará desde el inicio hasta la finalización de los programas de perforación del pozo, lo que generará un movimiento vehicular en forma transversal a lo largo de las actividades.

Para el transporte de equipos, materiales e insumos desde las bases de las contratistas hasta las áreas del proyecto, se utilizarán camiones de alto y mediano

tonelaje, para el carguío y se utilizarán grúas y montacargas.

La actividad se realizará cumpliendo las normas de seguridad aplicables en cada caso, incluyendo las recomendaciones por los fabricantes y las normas nacionales vigentes, especialmente para el caso de manejo y transporte de sustancias peligrosas.

La mayor parte del equipo permanecerá en las instalaciones del proyecto, con excepción de algunos equipos de empresas de servicios que deberán ingresar por periodos muy cortos para funciones específicas y puntuales, por lo general estos equipos son portátiles.

Entre los equipos e infraestructura a ocupar con el proyecto se tienen: Oficinas y viviendas temporales (se contará con portakamps, para habilitar oficinas y viviendas temporales), Grupos electrógenos (para la generación de la electricidad necesaria, estos generadores cuentan con tanques de diésel para el almacenamiento de combustible), y una caseta de control de mando, Sistema de Comunicación (Conformado por antenas comunicación vía satélite), teléfonos, radios portátiles (Handy), que garanticen una comunicación adecuada entre los frentes de trabajo e instalaciones fijas con la Base Logística de la ciudad de Santa Cruz y otras poblaciones cercanas, Equipo de Perforación (Será trasladado a la planchada de los pozos en camiones de alto tonelaje).

El equipo de perforación se conformará de una torre de perforación y una grúa para mover el equipo pesado, un cuadro de maniobras, vástago, juego de poleas fijas y móviles, así como cañerías de perforación, el sistema de

acondicionamiento de lodos para almacenamiento, procesado y bombeado, un sistema de control de pozo completo, incluyendo BOP (equipo de seguridad para prevenir reventones de Pozo) y un manifold de control de flujos, además de equipo auxiliar para el manejo de equipo de perforación en las maniobras operativas.

- *Elevadores y Grúas Móviles:* Para el traslado de material como tubería, herramientas de perforación y traslado de otros equipos.
- *Equipo de Cableado Eléctrico:* Se usará para la instalación eléctrica de los dispositivos de control de pozo, iluminación y servicios.
- *Almacenes:* Para insumos, como ser: aditivos, brocas, repuestos, combustible y herramientas usadas en la operación y pruebas de pozo.
- *Equipo de Cementación:* El equipo de mezcla y bombeo de cemento, para el cementado del pozo a manera de proteger el mismo, será trasladado al campo por una contratista especializada.
- En caso de que se abandone el pozo, el equipo de cementación se utilizará para colocar tapones de cemento en el pozo y la superficie.
- *Instalación y operación de campamento*

Previo a las operaciones de perforación, se instalará el campamento para el personal que funcionará mientras duren las actividades de perforación.

El campamento ocupará un área intervenida y una superficie de 0.48 hectárea.

El campamento tendrá todas facilidades necesarias para hospedar a un promedio de 80 personas, para ello se habilitarán: Dormitorios, Oficinas, Instalaciones de servicios médicos, Área de cocina y comedor, Baños,

duchas y lavanderías, Sala de recreación, Punto de encuentro en caso de emergencia, Instalaciones de bodega, Taller para mantenimiento, Almacenes (alimentos, combustibles y aditivos químicos), Equipos generadores para suministro eléctrico, Sistema de tratamiento de aguas residuales (aguas negras y grises –Red Fox), Sistema de drenaje pluvial, Servicios de agua potable, Área de clasificación y almacenamiento de residuos, Una fosa de entierro de residuos orgánicos de 4.5 m<sup>3</sup> (1.5x1.5x2 m), para disposición de residuos orgánicos, protegidas con malla y techo, Elementos de seguridad industrial (señalización, alarmas, extintores, etc.), Sistema de telefonía satelital.

- *Instalaciones médicas de apoyo.*

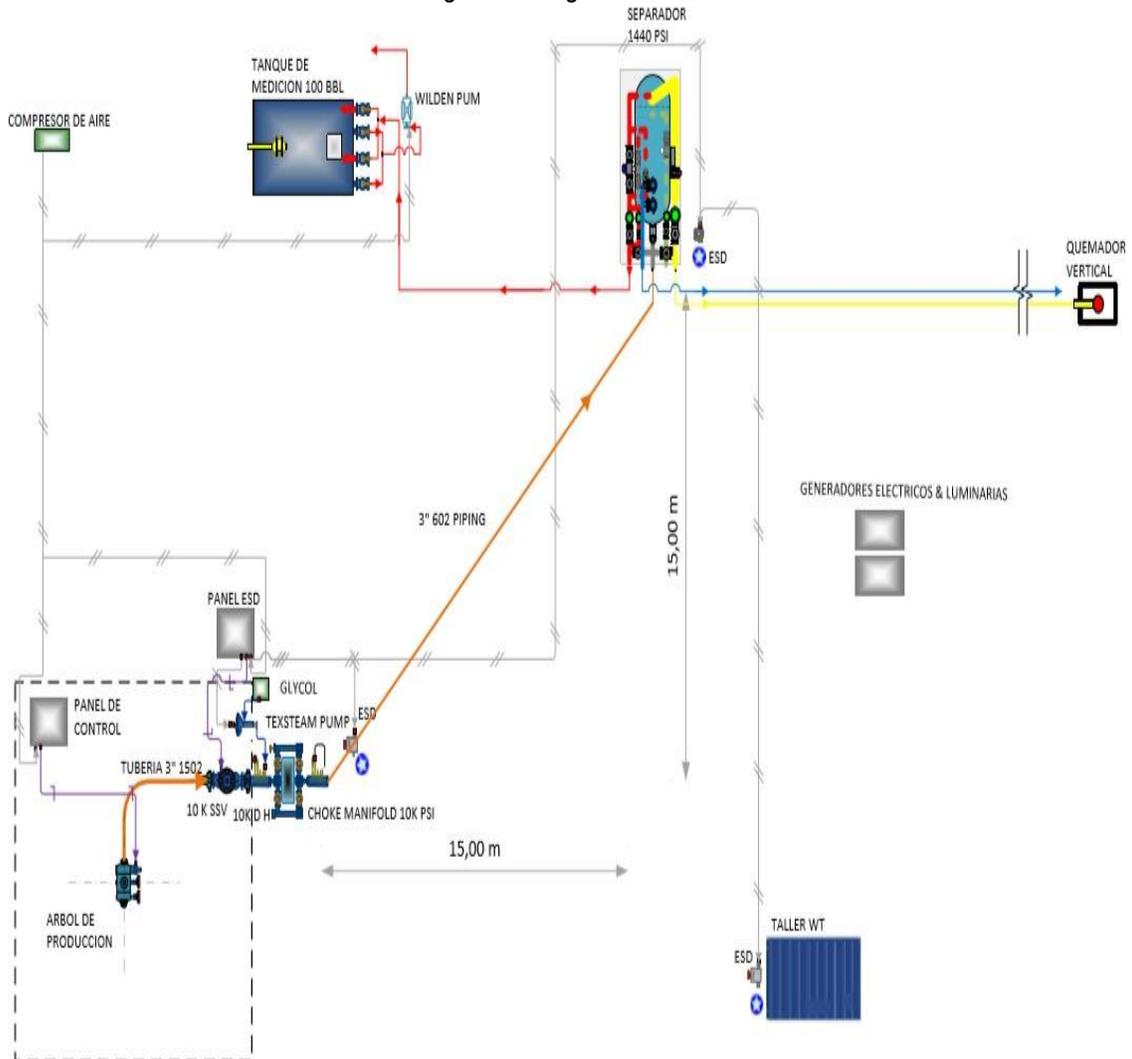
Consistente un consultorio médico, ambulancia y los equipos necesarios para la atención inmediata.

En la planchada, también se prevé instalar un minicamp con las siguientes características: Área de parqueo vehicular, Oficinas, Baterías sanitarias con desagües, trampa-grasa, cámara séptica y pozo absorbente, Área de almacenamiento de combustibles y lubricantes, capaz de contener el 110% del volumen almacenado, Área de almacenamiento de aditivos/productos químicos, Área de almacenamiento y clasificación de residuos, Consultorio médico, Instalaciones de radio y telefonía de larga distancia, Comedor, Taller mecánico, taller eléctrico, taller de soldador.

A continuación, se presenta el Lay out del equipo de perforación:

Pozo	Campo: CHURUMA
CHU-X2	<b>WT LAYOUT (preliminar)</b>

Imagen 3.2 Diagrama de Perforación



- LINEAS NEUMATICAS
- LINEAS HIDRAULICAS
- LINEAS DE DATOS (PRESION-TEM-CAUDAL)
- ESTACIONES DE PARADAS DE EMERGENCIA
- LINEAS CON FLUIDO MUTIFASICO
- LINEAS CON PETROLEO
- LINEAS CON GAS
- LINEAS CON AGUA
- LINEAS DE VENDEO /DESFOGUE

Fuente Elaboración Propia

### **3.9 Perforación y terminación del pozo**

El presente proyecto considera la perforación del pozo CHU-X3, en la cual se utilizará el tipo de perforación vertical, mediante la metodología de perforación rotaria.

#### **3.9.1 Metodología de perforación**

##### **3.9.1.1 Descripción de la metodología.**

El método de perforación del pozo de referencia será la perforación rotaria, la cual consistirá en la aplicación de un sistema rotatorio y de peso sobre un trépano, que irá horadando el terreno, penetrando gradualmente a mayor profundidad. El trépano irá conectado a tubos de gran resistencia que constituyen la sarta de perforación. Esta operación estará simultáneamente combinada con un circuito de inyección de un fluido especial (llamado lodo de perforación), que en su circulación por la sarta de perforación llegará hasta el trépano levantando y limpiando todos los recortes de roca y residuos de la perforación.

El sistema de bombeo con alta presión que se aplica en este lodo hace que al subir por el espacio anular (espacio entre tubería de perforación y pared del pozo), traiga consigo todos los recortes, los cuales son luego descargados en las zarandas, (dispositivo de separación de residuos sólidos), el lodo nuevamente será acondicionado y reinyectado de nuevo al circuito del pozo.

Para evitar cualquier daño sensible a todas las formaciones atravesadas, se establecerá un programa de perforación y diseño de cañerías cementadas, que, al

proteger las paredes del pozo, permitirán la estabilidad en la perforación de formaciones más profundas.

Así mismo, cabe reiterar que el lodo usado (lodo base agua), se preparará con características especiales de densidad, viscosidad y filtrado (parte líquida del lodo) para minimizar la invasión del lodo, a los niveles permeables atravesados.

Elementos del método de perforación rotaria.

La metodología de perforación, estará constituida principalmente por los siguientes elementos o equipos:

- **Mesa rotaria.** Cuya función es la de recibir la fuerza necesaria del motor para poder girar la sarta de perforación. Estas mesas pueden ser accionadas por acople directo o por engranajes y son redondas con tamaño de acuerdo a la magnitud del equipo de perforación. En el centro lleva una abertura que puede ser cuadrada o hexagonal por la que pasa la garra giratoria llamada Kelly.
- **Motor del equipo.** Es un motor cuya potencia está en función de la magnitud del equipo de perforación. En este caso es de una potencia de 1500hp.
- **Barra giratoria (Kelly Drive).** Es una barra generalmente cuadrada de 4" de lado y que pasa por el centro de la mesa rotaria y recibe de esta el movimiento giratorio para poder perforar. El extremo inferior se acopla a las brocas y el extremo superior al eslabón giratorio llamado Swivel que lo soporta conjuntamente con toda la sarta de perforación.

El extremo inferior se acopla a las brocas y el extremo superior al eslabón giratorio llamado Swivel que lo soporta conjuntamente con toda la sarta de perforación.

La barra es de acero de alta dureza y es hueca por el centro (2”), para de esta manera permitir el paso del lodo de perforación.

El Kelly puede subir, bajar o detenerse cuantas veces lo desee el perforador mediante el accionamiento de controles respectivos.

- **Eslabón giratorio (Power Swivel).** Es un mecanismo que va acoplado a la parte del Kelly, es una pieza hueca en el centro. Aquí se acopla la manguera que viene desde las bombas de lodos.
- **Sarta de perforación (Drill pipe).** Está constituida por la tubería de perforación la cual es de acero. Esta tubería de perforación se va agregando cada vez que se introduce el Kelly totalmente en el pozo y vuelve a sacarse, debido a que de esta manera ha dejado espacio disponible para la tubería.
  - Tuberías pesadas de perforación (Drill collar).

También conocida como barras pesadas. Son tubos de 6” o y entre 10 a 20 m de largo, con un peso que puede variar entre 500 y 700kg. Su finalidad es aumentar el peso a la sarta de perforación y conseguir fácilmente el corte con el trépano.

- **Trépanos.** El trépano tiene la función de desagregación de las rocas durante la perforación de un pozo. Existe una amplia gama de estos y cada uno está

diseñado para determinados tipos de roca y de acuerdo a las características mecánicas y/o de abrasión de las rocas.

- *Bomba de lodos.*

Su función principal es tomar el lodo de perforación de los cajones y llevarla por la manguera hacia el Kelly y posteriormente al fondo del pozo.

El lodo ingresa por el interior de la sarta de perforación, sale por las boquillas del trépano en el fondo del pozo y asciende a la superficie llevando en suspensión los recortes de perforación hasta los equipos de control de sólidos en superficie.

- *Motor de desplazamiento positivo.*

Un motor de fondo de pozo utilizado en el campo petrolero para accionar el trépano u otras herramientas de fondo de pozo durante las aplicaciones de perforación direccional o perforación de alto rendimiento.

A medida que se bombea a través del motor de desplazamiento positivo, el fluido de perforación convierte la potencia hidráulica del fluido en potencia mecánica para hacer rotar el trépano. En operaciones de perforación direccional, esta capacidad es utilizada en el modo de deslizamiento cuando la sarta de perforación no se rota desde la superficie.

Los motores de desplazamiento positivo también pueden ser utilizados para operaciones de perforación de alto rendimiento, perforación de pozos derechos, extracción de núcleos, rectificación y fresado.

En los procesos de perforación de pozos derechos, el motor funciona como una herramienta de perforación de alto rendimiento para incrementar la velocidad de penetración y reducir el desgaste de la tubería de revestimiento mediante la minimización de la rotación de la sarta de perforación.

### **3.10 Asentamiento y cementación de cañerías**

Asentamiento de cañerías dentro del programa de perforación se realiza el diseño de asentamiento de cañerías las cuales tienen la función de evitar derrumbes, prevenir la contaminación de los acuíferos, confinar la producción del intervalo seleccionado, dar un soporte para la instalación del equipo de control superficial y facilitar la instalación del equipo de terminación, así como los sistemas artificiales de producción.

El programa de asentamientos lo componen los siguientes tipos de cañerías:

#### **3.10.1 Cañería conductora o caño guía.**

Es la primera que se cementa o hinca al iniciar la perforación. Su objetivo principal es establecer un medio de circulación y control del fluido de perforación que retorna del pozo hacia el equipo de eliminación de sólidos.

Permite continuar perforando hasta alcanzar la profundidad de asentamiento de la cañería superficial. En el presente proyecto esta cañería será de 20" hasta los 178m.

### **3.10.2 Cañería superficial.**

Tiene por objetivo instalar conexiones superficiales de control y al mismo tiempo proteger al agujero descubierto, aislando así flujos de agua y zonas de pérdida de lodos cercanas a la superficie del terreno. Esta cañería será de 13 3/8" hasta los 1198 m.

### **3.10.3 Cañería intermedia.**

Tienen la finalidad de aislar zonas que contengan presiones normales de formación, flujos de agua, derrumbes y pérdidas de circulación: en sí se utiliza como protección del agujero descubierto, para tratar, en la mayoría de los casos, de incrementar la densidad de los fluidos de perforación y controlar las zonas de alta presión. Esta cañería será de 9 5/8" hasta los 2398 m.

### **3.10.4 Cañería de producción.**

Tiene como objetivo aislar el yacimiento de fluidos indeseables en la formación productora y de otras zonas del agujero, también para la instalación de empacadores de producción y accesorios utilizados en la terminación del mismo.

En este caso se optará por utilizar una cañería corta o Liner de producción, lo cual evita utilizar una sarta de cañerías desde la superficie al fondo del pozo. Esta cañería será de 7" la cual será colgada desde los 2350m hasta los 3198m.

### **3.10.5 Cementación de cañerías**

Una vez que se realiza el asentamiento de la cañería a una determinada profundidad, esta es cementada en su espacio anular para dar fijeza a la misma y aislar cualquier intercomunicación de fluidos de la formación por el espacio anular, mediante el bombeo de una lechada de cemento, a través de un camión cementador móvil.

### **3.10.6 Perforación en tramos de acuíferos**

No se considera afectación a las aguas subterráneas debido a que las operaciones en la planchada serán realizadas en forma superficial, excepto las operaciones de perforación del pozo, las cuales tampoco tendrán incidencia sobre la calidad del agua subterránea, debido a las siguientes consideraciones:

### **3.10.7 Durante la perforación.**

El pozo será perforado con un lodo de condiciones reológicas y de filtrado capaz de formar una película de filtrado en la pared del pozo, la cual, aparte de dar estabilidad a la pared del pozo, evitará la intrusión del lodo en los estratos atravesados, evitando de esa manera cualquier comunicación entre el pozo y cualquier acuífero atravesado.

### **3.10.8 Una vez perforado cierto tramo del pozo.**

Se baja una cañería de acero hasta el fondo del pozo, la misma que es cementada en el espacio anular (entre la cañería y la pared del pozo), con el objetivo

de asegurar la estabilidad del pozo, aislar completamente el pozo de los estratos atravesados y de esta manera poder proseguir con la perforación.

Cañería.

La cañería a ser bajada en el tramo de aguas subterráneas será un caño De 13 3/8" y un agujero de 17 1/2", cuyo espacio anular quedará totalmente cementado.

Asimismo, el espacio anular de los siguientes metros de profundidad con un caño de 9 5/8" y un agujero de 12 1/4" quedarán cementados, lo que aísla completamente cualquier interferencia a los acuíferos.

En la perforación se utilizará bentonita (material arcilloso) como uno de los componentes del lodo, el cual sirve como refrigerante, lubricante y a su vez como sellante o impermeabilizante de las paredes del agujero. La tubería a instalarse como encamisado o "casing" es de acero al carbono bajo normas de calidad Standard. En consecuencia las posibilidades de contaminación de acuíferos, producto de los trabajos de perforación, son escasas o nulas.

### **3.11 Programa de perforación del Pozo CHU-X3**

#### **3.11.1 Objetivos Principal:**

Investigar la Arenisca 2 (tramo 2556.7 – 2585.7 m) del reservorio Los Monos.

#### **3.11.2 Objetivo Secundario:**

Investigar la Arenisca 1 del reservorio Los Monos d.2 Coordenadas y profundidad del pozo.

### 3.11.3 Coordenadas y profundidad del pozo

Tabla 3.2 Coordenadas en superficie y profundidad final.

Coordenadas en Superficie (SIS PSAD-56)		Coordenadas en Superficie (Sist.WGS84)		Profundidad Final Estimada
X	375127,88	X	374975	
Y	7538562,11	Y	7538189	
Z	919,06	Z	919,06	

Fuente Elaboración Propia

### 3.11.4 Secuencia estratigráfica

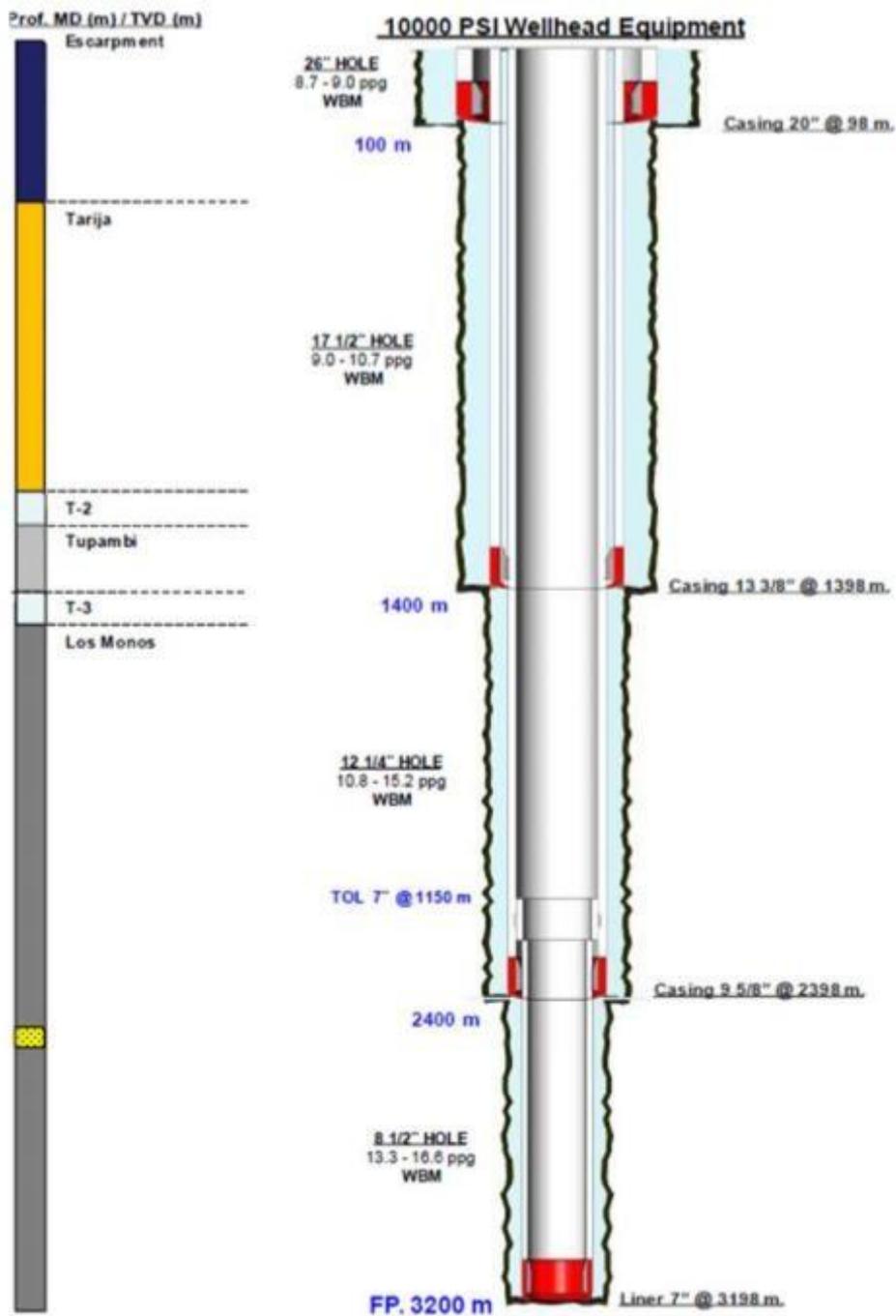
En la siguiente tabla, se realiza una breve descripción geológica de la estratigrafía que se atravesará con el pozo.

Tabla 3.3: Secuencia estratigráfica y litología.

Formación	LITOLOGÍA
Fm Tarija	Presenta una secuencia de intercalaciones de limolitas y arcilitas gris oscura que intercalan con diamicititas gris oscura, marrón rojizo y gris verdoso
Fm Tupambi	Presenta areniscas gris blanquecina con leve tono verdoso con inclusiones de minerales oscuros a negruzcas que intercala con niveles de arenisca que consisten en reservorios
Fm Los Monos	Presenta una secuencia predominante pelítica que consiste en lutitas y limolitas gris oscuro a negruzcas que intercala con niveles de arenisca que consisten en reservorios
La Arenisca los Monos 1(Lm_Ar_1)	Presenta areniscas de grano muy fino con intercalaciones de limolitas, sin embargo presento altas detecciones de gas
La Arenisca (Lm_Ar_2)	Tiene un espesor de 22 m y consiste en una arenisca gris blanquecino de grano fino y es reservorio objetivo del proyecto

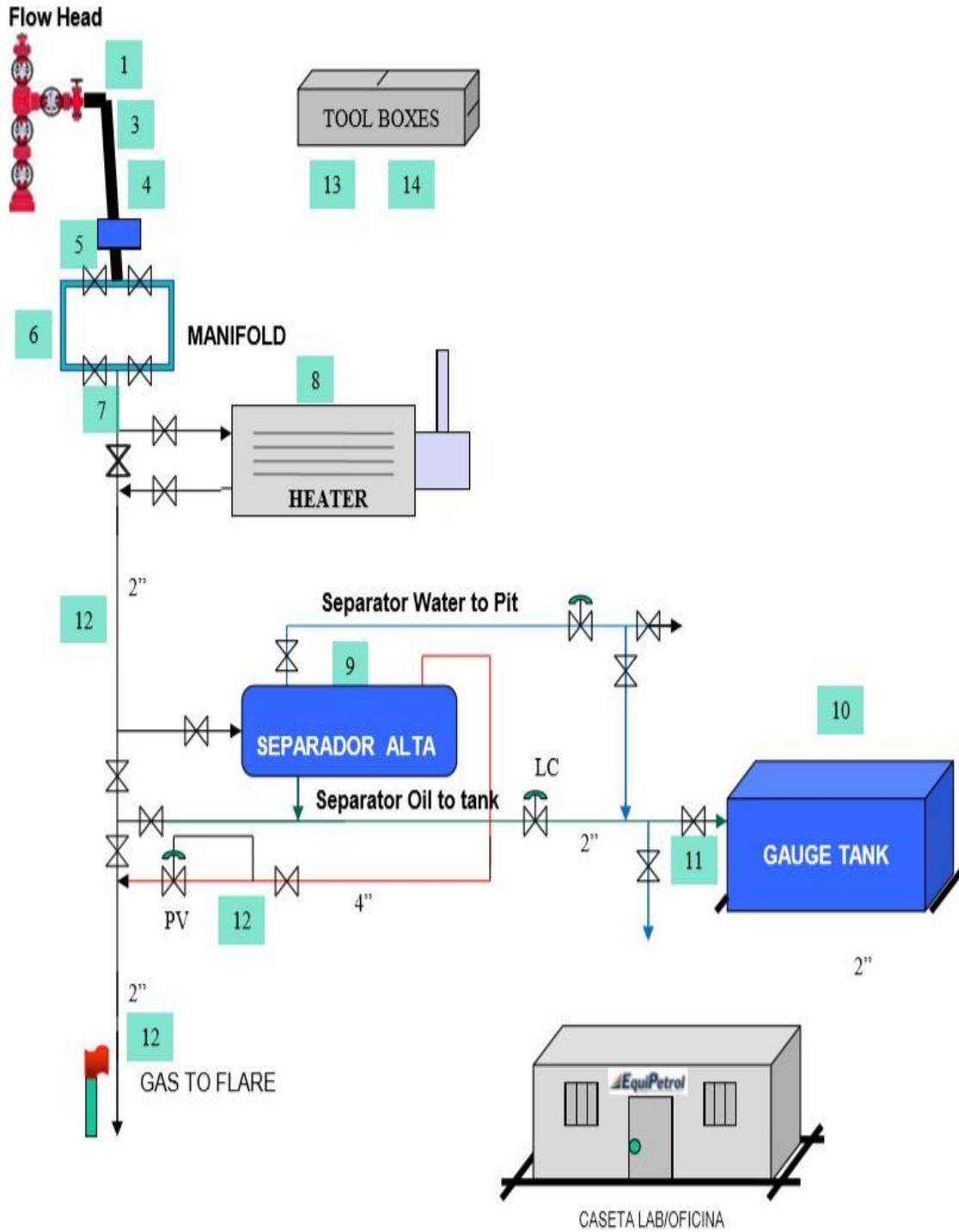
Fuente Elaboración Propia

Imagen 3.3 Diagrama de Perforación - Pozo CHU-X3



Fuente Elaboración Propia

Imagen 3.4 Diagrama Equipo Superficial De Prueba De Pozo



Fuente Elaboración Propia

### 3.12 Programa de lodos

Tanto en la perforación como en la completación del pozo, se prevé la utilización de un programa de fluidos base agua (WBM, por sus siglas en inglés), el mismo que será utilizado con el fin de minimizar impactos ambientales.

La perforación del pozo implicará la generación de recortes de perforación, generación de desechos sólidos y líquidos, cuyos volúmenes estimados se muestran en la tabla siguiente:

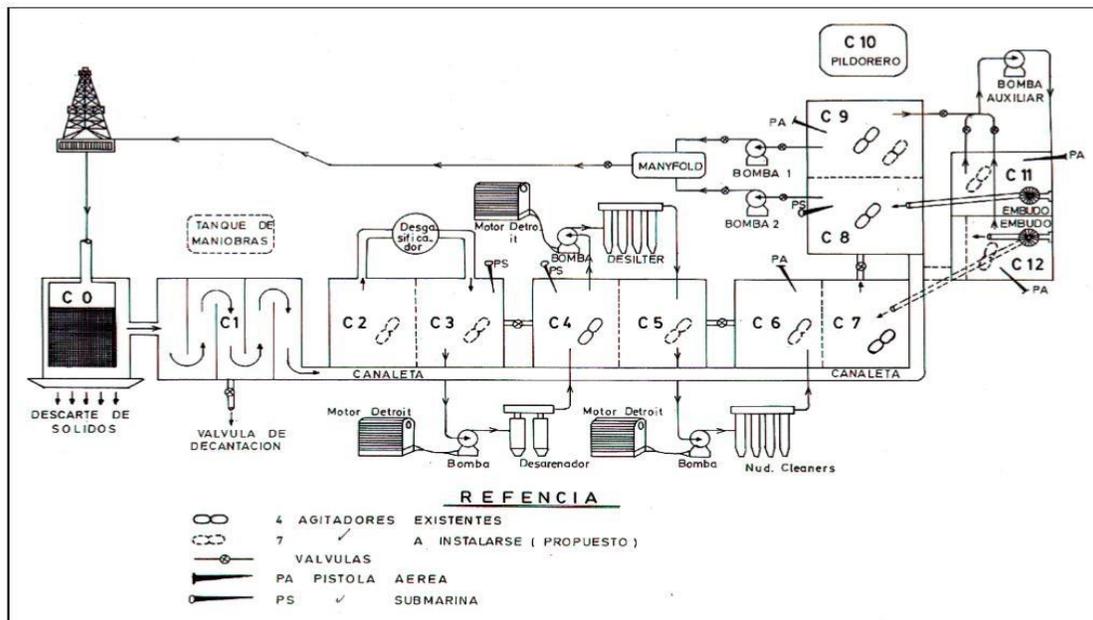
Tabla 3.4 Volúmenes estimados de recortes, desechos sólidos – líquidos (Pozo CHU-X3)

Actividad / Tramo	Tipo de Lodo	Metros Perforados	Días	Volumen recortes (Teórico)	Volumen recortes (c/washout)	Desechos Sólidos (bbl)	Desechos Líquidos (bbl)	Consumo de Agua (bbl)
Montaje de Equipos			20					4151
Tramo			0					
26"	40	25	10	215	538	854	1156	3847
17 1/2"	WEM	1300	25	1268	3170	5001	4355	10535
12 1/4"	WEM	1000	40	478	1195	2290	2740	15849
8 1/2"	WEM	800	35	184	460	1326	2635	13464
Completación	WEM	0	40	0	0	300	1397	15388
Desmontaje de Equipos			5					1038
<b>TOTAL</b>		<b>3200</b>	<b>175</b>	<b>250</b>	<b>4672</b>	<b>9771</b>	<b>12283</b>	<b>64271</b>

Fuente Elaboración Propia

**Nota.** Volúmenes considerados únicamente para el montaje y preparación de

Imagen 3.5 Flujograma de Circuito Normal De Lodo



Fuente Elaboración Propia

### 3.13 Actividades de Side track

Esta actividad se realizará si durante la perforación del pozo se presentan:

#### 3.13.1 Problemas mecánicos.

De presentarse problemas mecánicos durante la perforación será imposible continuar con el programa inicial de perforación.

#### 3.13.2 Problemas geológicos

De presentarse problemas geológicos, se corregirá el modelo geológico mediante la interpretación de registros eléctricos definiendo la nueva trayectoria a seguir con el trepano para encontrar el reservorio objetivo.

### 3.14 Terminación de pozo CHU-X3

Una vez concluidas las actividades de perforación se continúa, con el mismo

equipo, la terminación del pozo, mediante el cambio del fluido de perforación (lodo de perforación) por fluido de terminación (salmuera base Formiato de Potasio y/o Sodio).

Para la terminación del pozo, se perforará la cañería mediante disparos de cañones, conocido como baleo para atravesar la zona productiva.

Una vez completada la perforación y alcanzada la profundidad final (terminación) se iniciará la fase de prueba y evaluación de los niveles de interés en el pozo.

Las pruebas serán para determinar las posibilidades futuras de explotación de hidrocarburos, así como las características del reservorio.

Las pruebas incluirán un período de flujo del pozo que servirá como período de limpieza. Durante ese periodo los fluidos que queden en el pozo (las aguas de formación y fluidos de reservorio) extraerán cualquier resto de arena o desechos, los fluidos son conducidos a un separador.

El petróleo será colectado en el tanque de pruebas y las corrientes de gas se incinerarán en la fosa de quema o desfogue, instalada en la planchada con ese propósito.

En caso de valores bajos de propiedades petrofísicas del reservorio, como porosidad y permeabilidad, se considera la posibilidad de realizar estimulación a los reservorios para mejorar la producción de los reservorios productores de hidrocarburos.

### 3.14.1 Secuencia de Operaciones

- Preparar fluido de terminación.
- Cambiar fluido de perforación con fluido de terminación.
- Circular y limpiar hasta el fondo de pozo.
- Correr registros eléctricos en el pozo.
- Con sistema Tubing Conveyed Perforating (TCP) balear y probar el reservorio o Inducir surgencia bombeando N2 con coiled tubing o Pistoneo con slickline.
- Si el resultado fuera positivo, aislar temporalmente el reservorio.
- Si el resultado fuera negativo, sellar con Cementación Forzada (CF) los baleos efectuados.
- Con sistema TCP, balear y probar otros reservorios de interés.
- Realizar pruebas de FAF-BU y/o flujo extendido para declaratoria de comerciabilidad en nuevos reservorios saturados de hidrocarburos
- De acuerdo a resultados bajar arreglo final de producción y montar armadura de sugerencia.
- De acuerdo a resultados bajar arreglo final de producción y montar armadura de sugerencia.

### 3.14.2 Fluidos de Terminación

Como fluido de terminación se utilizará salmuera base de Formiato de Potasio ó Sodio.

Al finalizar las operaciones de terminación se procederá al desmontaje del equipo lo cual consistirá en retirar toda la instalación y materiales utilizados en las

operaciones, considerando lo siguiente:

- Retiro de todos los equipos.
- Retiro de todos los restos.
- Escombros de los equipos e instalaciones generados por las operaciones.
- En caso de existir suelos contaminados con hidrocarburos o productos químicos, serán retirados y trasladados a un área para su correspondiente tratamiento.
- Se retirará todo tipo de residuo generado por la actividad de perforación y terminación de la planchada del pozo.

### **3.15 Etapa de Operación**

Pruebas de producción Consistirá en producir durante tiempos determinados, midiendo diferentes parámetros (caudal, RGP, presión, cantidad de sólidos, composición).

Se implementará un sistema de pruebas, constituido por líneas y un manifold de pruebas, una pileta de ensayo para la separación de hidrocarburos y la quema única de gas, mediante quemadores verticales.

El quemador será ubicado en una fosa de quema, como mínimo a 60 m del pozo en dirección de los vientos predominantes. En caso de obtener resultados positivos con la intervención del pozo CHU-X2 y perforación del pozo CHUX3, y se determine poner en producción los mismos, se procederá previamente al retiro de los tapones mecánicos.

En caso de determinarse la puesta en producción del pozo, las actividades de

operación y explotación del pozo formaran parte de otra licencia ambiental.

### **3.16 Etapa de Mantenimiento**

En caso de tener resultados positivos en las pruebas, los pozos serán puestos en “stand by”, periodo durante el cual se realizará de manera periódica el mantenimiento de caminos de acceso y planchada.

### **3.17 Mantenimiento de planchada y camino de acceso**

Se realizará de manera periódica el mantenimiento de la planchada de los pozos y del camino de acceso, con la finalidad de controlar el factor erosión y deslizamientos de taludes o pendientes, y mantenerlos los caminos aptos para las actividades de mantenimiento u operación de pozos.

#### **3.17.1 Mantenimiento de la planchada**

- Mantenimiento de los canales de drenaje de la planchada.
- Limpieza de vegetación en el interior de la planchada.
- Restitución o mantenimiento del enmallado perimetral y alambrado.
- Mantenimiento de defensivos o gaviones instalados en el sector de corte de la planchada, para la estabilización de cortes y de terrazas, para controlar erosión y evitar deslizamiento y/o derrumbes.
- Mantenimiento de los defensivos o gaviones instalados en sectores de relleno de la planchada, para evitar el deslizamiento y/o erosión.
- Asimismo, si es necesario se reforzará con nuevos defensivos y/o gaviones.

#### **3.17.2 Mantenimiento de camino de acceso**

- Según necesidad, realizar mantenimiento de terraplén, perfilado, ripiado,

restablecimiento de cunetas laterales, obras civiles en cruces de drenajes naturales, implementación de gaviones si es necesario, puentes, alcantarillas, etc.

- Dependiendo del estado del camino, en sectores donde sea necesario, se procederá a la reposición de las capas de ripio.
- Tareas de control de erosión para evitar derrumbes y/o deslizamientos de taludes o pendientes, principalmente en sectores de corte y de relleno del camino. También se realizarán trabajos de mantenimiento a: disipadores de energía, defensivos, gaviones u otras medidas de control que sean necesarias aplicar.
- Mantenimiento de los canales cementados, entre el camino y la ladera de la serranía, así como de las cámaras de disipación de energía, las cuales estarán conectadas a alcantarillas que conducirán el agua pluvial fuera del camino.
- Mantenimiento de cunetas, bajantes cementadas, así como de las cámaras de disipación de energía y de derivación del agua pluvial fuera del camino.
- Mantenimiento de las alcantarillas, puentes y/o badenes de drenajes, obras de control de erosión implementada.
- El mantenimiento del camino también incluye trabajos de: ensanchamiento de curvaturas, restitución de la plataforma del camino a 5 m de ancho, reacondicionamiento de puentes, construcción de badenes y alcantarillas en cruce especiales.

Los trabajos de mantenimiento se ejecutarán mientras el pozo no entre en producción o no se realice el abandono definitivo de las áreas de impactos.

### **3.18 Etapa de Abandono**

#### **3.18.1 Abandono temporal de pozo**

En caso de que las pruebas den resultados positivos, se realizará un abandono temporal del pozo, introduciendo tapones mecánicos perforables o recuperables por encima de los niveles productores y se procederá únicamente a la desmovilización y limpieza de todas las instalaciones y el pozo será cerrado de forma temporal hasta su puesta en producción.

#### **3.18.2 Abandono definitivo de pozos**

En caso de que los resultados sean negativos, se procederá al abandono definitivo de cada pozo de acuerdo a normas API, así como al abandono y restauración del camino (en caso de ser necesario), así como de la planchada, en caso de que los dos pozos resulten negativos.

#### Actividades de abandono de pozos

Las actividades de abandono de pozos básicamente consistirán en la desocupación de la planchada existente, y el desarmado de la instalación superficial y sub-superficial del pozo, previa inyección de un fluido salino (fluido de intervención) y el de haber controlado la presión de formación, de tal manera que se permita ejecutar las operaciones de recuperación de tuberías del pozo, sin riesgo alguno.

La recuperación parcial de tuberías, consistirá en retirar la tubería del pozo que se encuentre en buenas condiciones, para utilizarlo en otros pozos de acuerdo a necesidad.

Las tareas generales que se deben observar en toda intervención de este

tipo, una vez el equipo esté montado, son:

- Llenar el pozo por directa con salmuera, a la formación de baja presión de fondo, actualmente ahogado.
- Cambiar arbolito de producción por BOP.
- Desenchufar sellos del packer y recuperar tubería y sus accesorios.
- Bajar piezas de tubería cola.
- Cambiar BOP por mismo arbolito de producción del pozo.
- Dejar pozo con todas las válvulas del árbol de producción cerradas.
- Para el abandono técnico definitivo de cada pozo, se considera el uso del mismo fluido usado en la terminación del pozo.

#### Actividades de restauración

Después de finalizadas las actividades de abandono definitivo del pozo, se procederá al desmontaje del equipo, que consistirá en retirar toda la instalación y materiales utilizados, restaurar la vegetación y los suelos del área afectada, considerando principalmente lo siguiente:

- Retirar del lugar todo residuo, equipos y obras civiles construidos o enterrados.
- Restaurar las áreas afectadas por operaciones o actividades del proyecto.
- Al finalizar el programa de restauración, cultivar o revegetar las áreas afectadas, considerando que las mismas sean compatibles con áreas adyacentes de tierras no alteradas.
- Se retirarán todos los restos o escombros de los equipos e instalaciones generados por las operaciones.

- Se nivelará el área alterada para restaurar la topografía circundante y evitar que se produzca erosión.
- En caso de existir suelos contaminados con hidrocarburos o productos químicos, deberán ser retirados y trasladados a empresas especializadas y autorizadas para este efecto.
- Se nivelará el área alterada para restaurar la topografía circundante y evitar que se produzca erosión.

El programa de abandono está dirigido al abandono definitivo y a la restauración total tanto del camino reconstruido, así como de la planchada de los pozos, con finalidad de retornar a las condiciones similares, previa a la intervención del área.

### 3.19 Equipos y maquinarias a utilizar con el proyecto

En la siguiente tabla se presenta un listado de equipos y maquinarias a utilizar con el proyecto.

**Tabla 3.5:** Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.  
ETAPA DE EJECUCIÓN  
Fase de Obras Civiles

Equipos y Maquinarias	Cant	Características
Camionetas	4	Doble cabina, tracción 4x4, no mayor a 5 años de antigüedad
Buses	2	Bus de 30 pasajeros, no mayor a 5 años
Camiones	2	De mediano y alto tonelaje
Volquetas	4	Volquetas de 10.8cc, 410hp, tolva de 21.0 m <sup>3</sup>
Motoniveladora	2	Tractor de 18.1 cc, 540 hp, vertedera de 7.0 m, 65 Tn de peso
Retroexcavadora	2	Tipo 420f, tracción 4x4, 70 kW de potencia, 4,63 m de profundidad de excavación, 11000kg de peso, cucharón de uso múltiple con horquillas plegables

Pala Cargadora	1	Tipo Caterpillar 950 G, 134 kW de potencia, 3.3 m3 de capacidad de pala, 3.5m de altura de vertido, 3.5m de radio de viraje, 39.5 km/h de velocidad.
Tractores oruga D6	2	Tractor de 6 cilindros, 10.5cc, 258 Hp, cuchilla de 3.94m, con velocidad máxima de 12.90 km/h y 32.3kPa de presión específica sobre suelo.
Compactadora	2	Compactador de 4 cilindros, 10tn de peso de rodillo, 1.7m de ancho de compactación, 96.5 kW de potencia
Cisterna	2	Cisterna con tanque de 10.000 , de 8 cc, 280 Hp.
Generador eléctrico de	1	Generador tipo CAT 3512 B, de 1714 kva-1200kw de salida
Equipos y Herramientas		Equipos portátiles de uso manual y herramientas de albañilería
Motobomba diésel	1	de 2"
Pala	1	normales
Picota	1	normales
Cuadras grandes	2	grandes
Machetes grandes	1	grande
Azadones	1	normales
Carretilla	1	normales
Tanque Australiano	1	Capacidad de 15 m3

Fuente Elaboración Propia

**Tabla 3.6** Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.  
Fase de Intervención del Pozo CHU-X2.

Equipos y Maquinarias	C a n t	
Camionetas	2	Doble cabina, tracción 4x4, con air bag, de 2.4 a 2.7 cc, 160 Hp, 4 pasajeros,
Camiones de alto tonelaje, tipo tráilers (Para el transporte de equipos)	2	Camiones tipo Volvo FH 16, 650 Hp, de 14 a 20 tn, motor tipo, D16K, 3 ejes altura de chasis media.

Unidad de well testing	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>-En las pruebas de pozo CHU-X2, los equipos a utilizar serán:</li> <li>-Separador ANSI 600.</li> <li>Calentador indirecto.</li> <li>Choke manifold.</li> <li>Tuberías y conexiones temporales.</li> <li>-Quemador.</li> <li>Tanque de medición (100 bbl).</li> <li>Tanque de almacenamiento(200 bbl).</li> <li>Unidad de Slickline.</li> <li>Bomba de transferencia.</li> <li>-Generador eléctrico.</li> <li>Pantallas de luz.</li> <li>-Caseta de laboratorio (para oficina y pruebas en campo).</li> <li>-Bomba de inyección.</li> </ul>
------------------------	---	---

Fuente Elaboración Propia

**Tabla 3.7** Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.  
Fase de Intervención del Pozo CHU-X3

Equipos y Maquinarias	Cant	Características
Camionetas	8	Doble cabina, tracción 4x4, con air bag, de 2.4 a 2.7 cc, 160 Hp, 4 pasajeros
Buses	1	Bus de 30 pasajeros, tracción 4x2, con air bag, 4 cc, 147 Hp
Camiones de alto tonelaje, tipo tráilers (Para el transporte de equipos)	n/d	Camiones tipo Volvo FH 16, 650 Hp, de 14 a 20 tn, motor tipo D16K, 3 ejes, altura de chasis media.

RIG (equipo)	1	<p>Equipo con capacidad para perforar 5000 m de profundidad, de 1500 Hp, cuadro de maniobra de 10 líneas, capacidad de 750.000 Lbs, mástil de capacidad de 990.000 Lbs, 2 bombas de lodo (PZ-10 1,350 Hp 3600 – 5000 psi) y 4 generadores (915 hp), sistema de tanques, equipado con sus partes accesorias y elementos auxiliares como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Motores del equipo, generadores</li> <li>-Mástil, sistema de izaje y mesa</li> <li>-Sistema de circulación (bombas, cajones de lodo, mangueras de inyección, sistema de control de</li> <li>-Sistema de lodos base agua, cajones, bombas y líneas de inyección y retorno.</li> <li>-Sistema de control de sólidos, constituidos por zarandas, contenedores de recepción y tanque de</li> <li>-Sistema de manejo de efluentes de pozo (skimmer, tanques australianos, etc.).</li> <li>-Sondeo de perforación, portamechas, tijeras hidráulicas y otros.</li> <li>-Sistema de seguridad (preventores de descontrol, hidrantes, etc.).</li> <li>-Sistema de apoyo (mecánicos, depósitos de materiales, tanques para combustible y agua, oficinas de control, etc.).</li> <li>-Unidades móviles de servicio de bombeo, cementación y estimulación de pozos.</li> <li>-Unidad de perfiles eléctricos de formaciones en agujero abierto y entubado.</li> <li>-Equipo de pruebas de formación (instalado temporalmente para la realización de pruebas).</li> <li>-Sistemas y equipos de comunicación, seguridad industrial, manejo ambiental y control de calidad.</li> <li>-Consultorio médico y ambulancia para evacuación en caso de emergencia.</li> </ul>
--------------	---	---

Fuente Elaboración Propia

Tabla 3.8 Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.  
Etapa De Operación

Equipos y Maquinarias	Cant	Características
Equipo de pruebas	N/D	Equipo de pruebas de formación (instalado temporalmente durante la realización de las pruebas).

Fuente Elaboración Propia

Tabla 3.9 Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.  
Etapa De Mantenimiento

Equipos y Maquinarias	Cant	Características
Camionetas	2	Doble cabina, tracción 4x4, con air bag, de 2.4 a 2.7 cc, 160 Hp, 4 pasajeros
Volquetas	1	Volquete de 10.8 cc, 410 Hp, tolva de 21.0 m3, tracción 4x2, 31.7 tn de capacidad
Cisterna	1	Cisterna con tanque de 10.000 l, de 8 cc, 280 Hp, no mayor a 8 años de antigüedad.
Motoniveladora	1	Tractor de 18.1 cc, 540 Hp, vertedera de 7.0 m, 65 tn de peso.
Retroexcavadora	1	Tipo 420F, tracción 4x4, 70.0 kW de potencia, 4.63 m de profundidad de excavación, 11000 kg de peso, Cucharón de uso múltiple de 0,96 m3 (1,25 yd3)

		con horquillas plegables.
Desbrozadora	1	Tipo Sthil, modelo F40, de 27.2 cc, 0.75/1.0 kW/CV, con herramienta de corte AutoCut C 25-2 / Disco cortahierbas 230-4

Fuente Elaboración Propia

**Tabla 3.10** Equipos y maquinarias a ser utilizadas en el proyecto.  
Etapa De Abandono

Equipos y Maquinarias	Cant	Características
Camionetas	2	Doble cabina, tracción 4x4, con air bag, de 2.4 a 2.7 cc, 160 Hp, 4 pasajeros, aire acondicionado
Volquetas	1	Volquete de 10.8 cc, 410 Hp, tolva de 21.0 m3, tracción 4x2, 14 tn de capacidad
Motoniveladora	1	Tractor de 18.1 cc, 540 Hp, vertedera de 7.0 m, 65 tn de peso
Retroexcavadora	1	Tipo 420F, tracción 4x4, 70.0 kW de potencia, 4.63 m de profundidad de excavación, 11000 kg de peso, Cucharón de uso múltiple de 0,96 m3 (1,25 yd3) con horquillas plegables.
Cisterna	1	Cisterna con tanque de 10.000 l, de 8 cc, 280 Hp
Equipos y herramientas	n/d	Equipos portátiles de uso manual y herramientas de albañilería.

Fuente Elaboración Propia

### 3.20 Recursos Humanos

La mano de obra calificada y no calificada requerida por el proyecto se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3.11** Mano de obra estimada para cada AOP

Etapas del Proyecto		Tipo de Mano de Obra	Permanente	No Permanente
EJECUCIÓN	Fase de obras civiles	Calificada	10	3
		No Calificada	20	15
	Fase de intervención del pozo CHU-X2	Calificada	90	28
		No Calificada	0	0
	Fase de intervención del pozo CHU-X3	Calificada	20	5
		No Calificada	20	30
OPERACIÓN	Calificada	2	3	
	No Calificada	0	5	

MANTENIMIENTO	Calificada	3	5
	No Calificada	1	5
ABANDONO	Calificada	12	7
	No Calificada	10	4

Fuente Elaboración Propia

Se priorizará la contratación local de mano de obra (calificada y no calificada), de acuerdo a los estándares de exigencia de YPFB.

La convocatoria de trabajadores se realizará en coordinación con dirigentes y autoridades de las poblaciones del área de influencia social, inmediata al proyecto.

Se priorizará la contratación local de mano de obra (calificada y no calificada), de acuerdo a los estándares de exigencia de YPFB.

La convocatoria de trabajadores se realizará en coordinación con dirigentes y autoridades de las poblaciones del área de influencia social, inmediata al proyecto.

### **3.21 Recursos Naturales**

#### **3.21.1 Abastecimiento de agua**

El abastecimiento de agua será optimizado en base a la demanda de agua por las actividades y del caudal de la fuente (en caso de cuerpos de agua superficial) de abastecimiento en ese momento, respetando la normativa sobre la restricción de uso de este recurso (Art. 116 del RASH).

Como fuentes de abastecimiento de agua, se consideran a los ríos Churumas y Lajitas. También se prevé ocupar pozos de agua existentes próximos al proyecto, con previa autorización del propietario y/o comunidad.

En este sentido, se aclara que estos puntos de toma de agua serán definidos por la empresa contratista en base a sus necesidades operativas, que será reportado a la Autoridad en su momento.

El transporte de agua será realizado mediante cisternas, y en caso de ser necesario durante la perforación del pozo, se considera como alternativa el tendido de una línea por la orilla del camino hasta la planchada

**Nota.** Únicamente se considera la extracción de agua en el marco de lo establecido por el RASH, Art. 116, inciso a), el cual establece el límite permisible que no sobrepase el 10% del flujo del flujo de cuerpos de agua dinámicos.

**Nota.** Se aclara que los volúmenes de las actividades de perforación e intervención corresponden al total, donde se encuentra incluido el volumen para montaje y preparación de fluidos (64271bbl), agua para uso general en las actividades de perforación de pozos (lavado sarta de perforación y mesa rotaria, sistema de bombeo, lavado de equipos, sistemas de refrigeración de motores, cementaciones, preparación de baches, riego de la planchada, hidrantes etc.).

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO

Se estima una inversión de: 20.18 MM de Dólares Americanos.

#### 4.1 Detalle de la inversión.

##### 4.1.1 Obras Civiles:

2.18 MM (Dos millones ciento ochenta mil dólares americanos).

##### 4.1.2 Intervención Pozo CHU-X2:

4.00 MM (Cuatro millones de dólares americanos).

##### 4.1.3 Perforación Pozo CHU-X3:

14.00 MM (Catorce millones de dólares americanos).

En cuanto a la vida útil del proyecto, se estiman de 20 años, en caso de resultados positivos.

#### 4.2 Análisis Costo Beneficio

Considerando que la mayoría de los efectos adversos en el ámbito ambiental y social, que el proyecto podría generar, no son cuantificables, en ese sentido, se ha elaborado una metodología relacionada con rangos de ponderación, criterio lógico de ambos factores de análisis, cuya relación o fracción resultante, nos den una idea del beneficio del proyecto versus el costo, según su ponderación valorada.

Para el análisis del costo beneficio del proyecto, se considera que la ponderación de más bajo costo o beneficio es 1, y la máxima es 10, donde, el cociente beneficio/costo indica el nivel de beneficio que tendrá el proyecto en sus diferentes etapas, es decir:

- Si el beneficio/costo (f/d) es >1, indica que las actividades en esa etapa son beneficiosas para el indicador analizado (ya sea Económico, Social o Ambiental).
- Si el beneficio/costo (f/d) es <1, indica que las actividades en esta etapa no son beneficiosas para el indicador ambiental analizado.

Tabla 4.1 Beneficio/Costo

(A) Asp	(B) Et a p a	(C) M a g	(D) Ponderación	(E) Ma g	(F) Pondera (1-10)	Relación Beneficio Costo F/ D
ECONÓMICO	EJECUCIÓN	El costo de inversión del proyecto es considerado relativamente moderado, con relación a otros proyectos hidrocarburíferos, la cual implicaría una serie de operaciones de acuerdo al siguiente orden de actividades: - <b>Obras civiles.</b> Implicarán actividades - <b>Intervención</b> - <b>Instalación y operación</b> de campamento en áreas intervenidas, operaciones de intervención del pozo CHU-X2, operaciones de perforación y terminación del pozo CHU-X3.	8	Los beneficios serán moderados acuerdo a los siguientes criterios: <b>Fortalecimiento</b> de la Reserva de Flora y Fauna Tariquía, por la obtención del uno por ciento (1%) del monto de inversión del proyecto, cumplimiento <b>-Incremento en el ingreso per-cápita</b> por la generación de un efecto multiplicador, debido al requerimiento de materiales, equipos y servicios para el proyecto. <b>-Incremento ingresos</b> <b>-Beneficio</b> para el sistema económico de la población local y aledaña al proyecto con incremento en el movimiento económico en la region	9	1. 12

Fuente Elaboración Propia

## CAPÍTULO V

### IMPACTO AMBIENTAL

#### 5.1 Tecnología para minimizar impactos, cumplimiento al DS 2366

##### 5.1.1 Fase de obras civiles

Con el fin de minimizar los impactos y la alteración de áreas mejor conservadas en la Reserva Tariquía, se priorizará el uso de áreas intervenidas como ser el camino abierto por YPFB décadas atrás.

Por otro lado, donde sea inevitable la intervención en nuevas áreas, se considerarán las siguientes medidas constructivas:

- Compensación de corte y relleno.

Adecuar los diferentes niveles de corte y relleno a las condiciones topográficas particulares de cada sitio de tal manera que se minimice el volumen de subsuelo extraído, compensando el corte con el relleno, con el objetivo de minimizar la superficie de desmonte y la altura del corte.

- Diseñar y construir terracedos en taludes de corte muy prolongados.
- Control de erosión
- Diseñar y construir sistemas de drenaje que permitan el manejo de las aguas de lluvia y se reduzca al mínimo la escorrentía superficial.

En caso de taludes, construir zanjas de coronación para evitar derrumbes por efecto de las escorrentías pluviales.

- Se construirán canales recolectores para captar y desviar el agua de lluvia (escorrentía).

Los caudales de diseño serán aquellos que correspondan a una lluvia de máxima intensidad para periodos de retorno de diez años.

- Se utilizarán descoles (entregas de agua con disipadores de energía) en las zonas donde el agua es evacuada, con el fin de evitar excesos de energía cinética en el agua de escorrentía.
- Se protegerá el suelo en la zona de entrega final del agua con enrocados o empedrados también llamados “rip rap”. Generalmente, se colocará sobre el talud una capa de enrocado apoyada sobre un geotextil.

Se podrá aplicar el llamado “rip rap vegetalizado”, cuyo sistema consiste en la colocación de estacas vivas dentro del enrocado, las cuales actúan como anclaje del enrocado y contribuyen ambientalmente a lograr un paisaje más agradable y resistente a la erosión.

En caso de no encontrarse rocas del tamaño y calidad adecuados se utilizarán estructuras de gaviones rellenos con sacos de suelo-cemento.

- Estabilización de taludes de corte y relleno

*Estaqueado*, para disminuir la velocidad del agua en un talud se utilizarán barreras de desechos vegetales, tales como paja y ramas de árboles o malezas, anclados al suelo con estacas de madera.

*Trinchos*, para disminuir la pendiente de los taludes de relleno, se construirán terrazas a manera de escalones reforzados con trinchos de madera producto del desbroce.

Los trinchos pueden ser totalmente enterrados o pueden sobresalir por encima de la superficie del talud.

Las estacas deben enterrarse hasta una profundidad de unos 50 cm; el espaciamiento entre trinchos variará de acuerdo con las características del talud.

Otra alternativa es usar sacos de tierra para estabilizar los taludes; el revestimiento consiste en recubrir la superficie del talud con sacos rellenos superpuestos.

En taludes de más de 45°, donde no es posible colocar barreras sencillas de vegetación, se colocarán trinchos conformados por estacas vivas profundas hinchadas, las cuales funcionan como un sistema vertical de contención construido con madera o ramas de árboles.

- *Sistemas de drenajes.* Se construirán sistemas de drenaje para evacuar el agua de lluvia.

El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar escorrentía, tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio seguro lejos del talud.

- *Las zanjas de coronación.* Las zanjas de coronación serán instaladas en cabeceras de taludes para facilitar la evacuación del agua. Se evitará instalarlos muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento en cortes recientes o de una nueva superficie de falla en deslizamientos ya producidos.

En la medida de lo posible, las zanjas se lo impermeabilizarán.

- *Descoles.* Se utilizarán descoles en las zonas donde el agua es evacuada para evitar la erosión.

- *Rip Rap*. Se protegerá el suelo en la zona de desfogue del agua con enrocados o empedrados (rip rap), el cual consiste en bloques o cantos de roca de diferentes tamaños con formas irregulares colocados sobre el talud y a lo largo de la orilla de una corriente.
- *Revegetación del talud*. En la revegetación se utilizarán especies de rápido crecimiento (herbáceas) intercalado con especies arbustivas y arbóreas.  
El follaje impide la erosión por la lluvia y demora la escorrentía, disminuyendo las velocidades y los caudales.  
La acumulación de residuos vegetales forma un colchón protector muy eficiente y la cobertura de las raíces evita la formación de cárcavas.
- *Mulching*. Consistirá en cubrir los taludes con restos de vegetación (hojarasca, ramas, etc.) a manera de mulching para evitar el impacto directo de las lluvias.
- *Mantos de control de erosión*. Consistirá en cubrir temporalmente los taludes expuestos de alta pendiente mediante el uso de mantos de control de erosión, cuya densidad de anclaje dependerá de la inclinación misma del terreno; es decir a mayor inclinación, mayor densidad de estacas.
- *Gaviones*. En áreas sensibles a deslizamientos y/o a formación de cárcavas, se construirán gaviones, así como barreras transversales a manera de pequeñas presas que permitan disminuir la energía cinética con la que la escorrentía desciende a través del canal, así como dar estabilidad al corte.

## **5.2 Intervención y perforación de pozos**

En cumplimiento al Artículo 3 del Decreto Supremo N° 2366 sobre uso de tecnología

adecuada y limpia para minimizar los impactos ambientales, por el desarrollo de las actividades de perforación e intervención, el proyecto considera lo siguiente:

- Se emplearán solo lodos base agua, por ser un método ambientalmente amigable y compatible, de fácil tratamiento y disposición final.
- Las herramientas que se empleará como “Top Drive” y el “Power Drive”, permitirán optimizar los tiempos de perforación, en comparación a la perforación rotatoria convencional, utilizada en tiempos pasados.

A continuación, se describe la tecnología a ser aplicada y sus beneficios ambientales:

- Tecnología de Top Drive

El Sistema Top Drive está constituido por un motor eléctrico o hidráulico que se suspende en cualquier tipo de mástil de un equipo de perforación.

Esta herramienta se encarga de hacer rotar la sarta de perforación y el trépano.

- El sistema de top drive reemplaza las funciones de una mesa rotaria, permitiendo rotar la sarta de perforación desde el tope, usando una cabeza de inyección propia, en lugar de la cabeza de inyección, vástago y mesa rotaria convencionales.

Además, el sistema se maneja a control remoto desde la consola del perforador.

### Beneficios del sistema top drive

El uso del Top Drive optimiza el tiempo de conexión en dos tercios del sistema convencional, es decir, que las maniobras se reducen un 66%, tomando en cuenta que durante la etapa de perforación las maniobras representan un 40% del tiempo invertido en el proyecto, la optimización como tal estaría cercano al 25% del tiempo total estimado para la ejecución de la perforación de un pozo. Lo cual reduce los impactos por la perforación de pozos, tales como emisión de gases de combustión por el funcionamiento de las fuentes fijas y móviles, emisiones de ruido por el desarrollo de la actividad, consumo de agua, generación de residuos, etc.

Se instala fácilmente en cualquier tipo de mástil o torre de perforación, con las mínimas modificaciones y frecuentemente en un solo día.

Sustituye a la Mesa Rotaria y al Vástago (Kelly). El Top Drive hace rotar la sarta de perforación de manera directa.

“Mejora la seguridad en el manejo de la tubería”. Todas las operaciones se las realiza por control remoto desde la cabina del perforador;

reduciendo las labores manuales y riesgos asociados que tradicionalmente acompañan a la tarea.

Capacidad de enroscar las conexiones dándoles un torque adecuado.

Perfora secciones de 90 pies (1 tiro), reduciendo el tiempo de conexiones,

al eliminar dos tercios de las mismas.

Realiza toma de núcleos en intervalos de 90 pies sin necesidad de tener que hacer conexiones.

Reduce el riesgo de aprisionamiento de la sarta, por su habilidad de rotar y circular al mismo tiempo.

Mejora la respuesta en operaciones de control de pozo. Durante perforaciones de bajo balance con presión hidrostática por debajo de la presión de la formación, el Top Drive aumenta la seguridad del pozo al reducir el desgaste del preventor de reventones y al permitir que este y que el preventor de cabeza rotario empaquen alrededor de un tubo redondo en lugar de alrededor de un kelly, cuadrante o hexagonal.

### **5.3 Tecnología de Locación Seca para tratamiento de desechos del pozo.**

Este sistema básicamente tiene como objetivo, evitar la habilitación de fosas para el manejo y tratamiento de los desechos del pozo, debido a que se haya conformado por una serie de equipos y unidades, las cuales en adición evitan cualquier contacto de estos desechos con el suelo y/o áreas sensibles colindantes.

El aumento del impacto ambiental, relacionado con la locación de la perforación, ha provocado que la industria petrolera modifique sus operaciones para incluir tecnologías que reduzcan el potencial de daño al ambiente y de esta forma eliminar o minimizar el impacto ambiental futuro relacionado con sus actividades.

Siendo un claro ejemplo el Sistema Cerrado de Control de Sólidos, también llamado Locación Seca.

El sistema cerrado de control de sólidos (Locación Seca), aplicado de forma correcta, reduce el impacto ambiental y el costo final de la operación de perforación. Este tipo de tecnología, es aplicable en Áreas Protegidas o zonas donde las regulaciones prohíben la descarga de desechos líquidos o sólidos en la locación. Asimismo, puede ser aplicado en fluidos densificados o no densificados y particularmente en operaciones donde se justifica económicamente la recuperación de la fase líquida.

Por lo tanto, durante la planificación de un pozo, no solo el diseño del lodo y el sistema de control de sólidos es importante para minimizar el impacto ambiental, también el hecho de considerar el método indicado para el tratamiento de este desperdicio: líquido y sólido.

Esta metodología de manejo y/o descarte, posee el equipamiento especial y la asistencia técnica que se utiliza para la remoción de sólidos y el tratamiento para minimizar los desechos.

- *Beneficios de aplicación de Locación Seca.*

Cero riesgos de contaminación de suelos por manejo o disposición de desechos del pozo.

Cero riesgos de contaminación de cuerpos de agua por manejo o disposición de desechos del pozo.

Minimización de impactos ambientales por reducción de áreas a utilizar, debido a la no construcción de fosas para manejo de desechos.

Principalmente, en áreas sensibles donde es necesario minimizar los espacios para no generar la deforestación excesiva.

## Tecnología de Sistema de Dewatering para tratamiento de fluidos del pozo

El Dewatering es un tratamiento químico y mecánico, consiste de una unidad que es básicamente un tanque diseñado especialmente con agitadores y líneas de flujo distribuidas especialmente para este trabajo, cuenta también con bombas de inyección de polímero, bombas de transferencia, bombas de desplazamiento positivo y una centrifuga decantadora de alta velocidad.

En este sistema los fluidos son tratados químicamente en la línea y la separación se realiza mecánicamente en la centrifuga decantadora.

Cuando sea necesario se utilizará la unidad de dewatering, para procesar fluidos remanentes de la perforación y se efectuara su disposición final, previa verificación del cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa vigente.

### - Beneficios del Dewatering.

El agua generada durante el proceso podrá ser recirculada al sistema activo, asimismo podrá ser utilizada para la limpieza del equipo o para el enfriamiento de las bombas.

Cuando el agua se deba descartar, será enviada a los tanques australianos para ajustar sus propiedades antes de su disposición final.

El principal beneficio del sistema de Dewatering es la reducción de la cantidad de desechos generados minimizando así el impacto ambiental, la aplicación efectiva de este sistema puede reducir la cantidad de desechos hasta en un 40%.

El sistema es aplicable en locaciones donde el suministro de agua es restringido, bien sea por regulaciones ambientales o por el costo de transporte.

El dewatering reduce la necesidad de grandes fosas de almacenamiento de líquidos, lo que a su vez reduce el tamaño de la locación, este es un punto favorable en sitios donde los costos de construcción son muy elevados o en áreas con ecosistemas sensibles donde no se permite la deforestación excesiva. Tecnología de First Flush.

El agua lluvia recolectada por los canales que atraviesan la locación, el agua de lavado y el agua generada por el proceso de dewatering será enviada al sistema de tratamiento en tanques australianos.

Se construirán canales perimetrales para coleccionar y conducir el agua lluvia y cualquier exceso de fluidos de la locación.

Todos los líquidos pasarán a través de un sistema de skimmers o trampas de aceite, para retirar cualquier traza de aceite que puedan existir antes de su disposición final.

El skimmer será inspeccionado periódicamente para garantizar su buen funcionamiento. Igualmente, los canales perimetrales se mantendrán limpios.

Se contará con un sistema de First Flush, consistente en una serie de canales para dirigir toda el agua que pase por la locación hacia el skimmer, el que a su vez tendrá una compuerta para que el agua desfogue afuera de la planchada.

El agua que llegue al skimmer será bombeada a tanques australianos, para ajustar las propiedades fisicoquímicas antes de recircularla o disponerla.

Cuando las lluvias fuertes se presenten, se bombeará la primera cantidad de agua del skimmer o trampas de aceite a los tanques australianos para permitir que cualquier contenido de aceite quede confinado en los tanques, luego previa verificación de la calidad, se abrirá la compuerta para que el agua siga su curso fuera de la planchada.

El skimmer o trampas de aceite están constituidas por una cámara de tres compartimientos, donde en el primer y segundo compartimiento atrapan las trazas oleosas, mientras que en el tercer compartimiento obtiene agua sin trazas oleosas, la cual es sometida a tratamiento por dewatering.

Las dimensiones del skimmer, y sus compartimientos varía en función al volumen de agua de lavado a manejar y/o magnitud de la perforación del pozo, lo cual es definido durante el dimensionamiento de las obras de control de efluentes en la planchada.

Para asegurar que el sistema de manejo de aguas y efluentes funcione correctamente, se contará con capacidad suficiente de almacenamiento. Los tanques australianos estarán recubiertos con geomembrana de 400 micrones de espesor.

El tratamiento de agua se llevará a cabo cuando el nivel de líquido en el primer tanque alcance el 70% de la capacidad total del mismo, previa toma

de muestra del líquido a tratar, en laboratorio de la locación se le aplicará un test de Jarras, para determinar la cantidad exacta y tipo de coagulantes y floculantes necesarios para la clarificación; además se determinarán las cantidades y productos necesarios para ajustar el pH antes de la disposición final.

Mientras se esté realizando el tratamiento en el primer tanque, el agua que se va generando será recibida en el segundo tanque disponible. Tecnología de tratamiento y disposición de recortes por Land Filling.

#### Manejo y transporte

Los sólidos generados durante la perforación se recibirán en contenedores metálicos, directamente de los equipos de control de sólidos, disponiendo de dos sistemas para la recolección y transporte de sólidos hacia la zona de disposición:

- El transporte es realizado, mediante un camión porta contenedores, con tapas de cierre hermético que permiten el transporte de los recortes sin presentar riesgo de derrames o salpicaduras.
- Uso alternativo de una excavadora para cargar los sólidos a volquetas que transportaran los recortes a la zona de disposición.
- La disposición final de los sólidos depende básicamente de dos parámetros, pH y conductividad, si estos parámetros cumplen con las regulaciones ambientales, sin embargo en el sistema de Land Filling, que consiste en mezclar los recortes con tierra fresca seca, la mezcla generada es un material más seco que es más manejable para su disposición final en la fosa de entierro de recortes adyacente al área de la planchada, previa verificación de

los límites máximos permisibles establecidos en la normativa vigente.

Al momento de la disposición final, se toman muestras de la mezcla resultante y de la tierra fresca utilizada, que normalmente es del mismo sitio de disposición, de esta forma los resultados se pueden comparar, para demostrar que se cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa vigente.

#### **5.4 Diagnóstico Ambiental del Área del Proyecto**

El presente capítulo muestra un estudio de los factores bióticos y abióticos del área de influencia del Proyecto, considerando el estado actual en el que se encuentran los diferentes componentes de los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres. La importancia de la generación del conocimiento biofísico es el de tener los insumos necesarios para formular estrategias destinadas a aplicar jerarquías de mitigación, reducir impactos, plantear programas ambientales de la calidad de los ecosistemas frente a diversas intervenciones civiles en el área de intervención.

En este sentido, el propósito del presente estudio es el de evaluar el “estado de situación” previa a la intervención del proyecto, tanto en los aspectos físicos como los aspectos relacionados a la flora y fauna del lugar de manera preliminar.

- **Área de estudio** En el presente informe se denomina Área de Estudio a la zona donde será

localizado el proyecto, la cual forma parte del sector de la cuenca del río Bermejo de la hidroecoregión de la cordillera Oriental, abarca principalmente dos grandes ecorregiones: El Bosque Tucumano Boliviano y el Chaco Serrano y se encuentran

dentro de la Reserva Nacional de Flora y Fauna de Tariquía (RNFFT), al sureste del Departamento de Tarija, la cual ocupa la región fisiográfica del Subandino Sur y se caracteriza por presentar serranías, montañas paralelas y valles profundos, que varían desde el sector Este (El Cajón – 500msnm), hasta el sector Oeste (Cima de la serranía la Escalera - 3300msnm) y forma parte de una secuencia accidentada de sucesivos valles y laderas empinadas en las que se instalan comunidades vegetales características de la hidroecoregión de la Cordillera Oriental en el nivel Subandino, predominando las serranías y colinas pluvioestacionales.

Presenta una hidrografía ya definida por las cuencas de los ríos Salinas, Tarija y Chiquiacá, conformado por una red de ríos, quebradas que se originan en las estribaciones de las serranías de San Telmo de la provincia Arce del departamento de Tarija.

Estos cuerpos de agua son afluentes del canal principal del río Tarija, afluente del río Grande de Tarija y este a su vez del río Bermejo.

#### Metodología

En el presente diagnóstico ha sido posible caracterizar el área de estudio y recopilar de manera sistemática información sobre los aspectos abióticos (físicos y químicos) y bióticos (flora y fauna) en el área de influencia directa e indirecta del proyecto (microcuencas de los ríos Churumas, Lajitas y un tramo del río Tarija), aplicando métodos y técnicas estandarizadas para relevamientos rápidos de biodiversidad y de aspectos físicos del área (calidad ambiental, hidrología, suelos, entre otros)-

#### Caracterización ambiental de los sitios de emplazamiento del Proyecto

Para el ingreso al área del proyecto, desde la Carretera 33 (Coord. 384082/7529408), inicialmente se utiliza un camino vecinal hasta la ramificación del antiguo camino de acceso al campo Churumas (Coord. 383159/ 7530045). Este tramo del camino por lo general presenta regulares condiciones para tránsito de vehículo liviano, pero también, se observa un alto potencial de erosión hídrica y que en el periodo de época húmeda el camino necesita mantenimiento continuo (Foto 1 y 2), es atravesado por pequeñas quebradas y cañadas efímeras, las cuales confluyen al río Tarija.

*Imagen 5.1 Condiciones ambientales Tariquia*



**Foto 1.** Derecha Ruta Nacional 33 e izquierda ingreso a la RNFFT. (X: 384083 – Y: 7529407).



**Foto 2.** Camino, zona de colinas bajas, con erosiones menores visibles.



**Foto 3.** Estado actual del camino a reacondicionar para el Vado Lajitas.



**Foto 4.** Vado Lajas (Coord. X: 380581 – Y: 7531326).



**Foto 5.** Evidencia de cajas y línea de agua y estructuras civiles.



**Foto 6.** Río Lajitas. (Coord. X: 383083 – Y:7529618) y actividad pesquera.

*Fuente SERNAP*

### Tramo 2 – Trazo de construcción del camino de acceso (Kp 9+200 a Kp 24+733)

Este tramo se inicia aproximadamente en las coordenadas 379561 / 7531450 y finaliza en la planchada CHU-X2 (Coord. 378235 / 7535390).

El trazo de construcción generalmente recorre la huella de un antiguo camino habilitado varias décadas atrás para los pozos CHU-X1 y CHU-X2, el cual se resume a una difusa senda debido a la regeneración natural del bosque.

Así mismo se puede evidenciar la presencia de vestigios de residuos y productos de las actividades petroleras anteriores (Tubos PVC, cables y tapas o protectores de tubos de acero).

*Imagen 5.2 Condiciones ambientales Tariquia*



**Foto 7.** Residuos encontrados



**Foto 8.** Acumulación de residuos.



**Foto 9.** Infraestructura existente.



**Foto 10.** Pasivo Ambiental



**Foto 11.** Muestreo de suelos.



**Foto 12.** Fósil (posible hoja de helecho).

*Fuente SERNAP*

## Planchada del Pozo CHU-X2 El pozo CHU-X2

Fue perforado en el año 1994, actualmente ocupa una planchada de aproximadamente 0.4 ha, con desarrollo de vegetación de sucesión del bosque freatófito (barbecho), la mayor parte del área se encuentra anegada, ubicada a una distancia de 45 m aproximadamente de la margen norte del río Churumas (Foto 16).

*Imagen 5.3 Condiciones ambientales Tariquia*



**Foto 13.** Tubería (residuos encontrados en el camino).



**Foto 14.** Quebrada.



**Foto 15.** Antigua fosa con lodos.



**Foto 16.** Planchada del pozo CHU-X2.

*Fuente SERNAP*

## CAPÍTULO VI

### DIAGNOSTICO LEGAL

#### 6.1 Legislación Aplicable

En Bolivia rige un amplio marco legal y administrativo que hace referencia a la explotación hidrocarburífera, sus impactos asociados sobre los recursos naturales y el medio ambiente, así como el tratamiento a los actores afectados y/o involucrados.

Para la Legislación Aplicable en los últimos años, el Gobierno Nacional ha tomado una serie de medidas para llenar los vacíos legales existentes y destinados a proteger los recursos naturales del país.

Se han concentrado esfuerzos en desarrollar normas ambientales nuevas y completas, y llevar adelante una serie de transformaciones de la legislación boliviana.

En abril de 1992, el Congreso Nacional aprueba la Ley del Medio Ambiente N°. 1333, nominando en aquel entonces al Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente (MDSMA) como máxima Autoridad.

Dentro de este proceso, en diciembre de 1995 se promulgan los Reglamentos referidos a la Ley No. 1333.

En fecha relativamente reciente, en 1996, se aprueban la ley y reglamentos aplicables a las operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos con la Ley de Hidrocarburos y su correspondiente reglamentación.

Las leyes y regulaciones ambientales más relevantes, vigentes en Bolivia y aplicables al sector de hidrocarburos comprenden las siguientes disposiciones:

- Nueva Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia (CPE).
- Ley del Medio Ambiente (Ley No. 1333) y sus Reglamentos.
- Ley de Gestión Integral de Residuos (Ley N° 755) y su reglamento.
- Ley de Hidrocarburos (Ley No. 3058) y su Reglamento.
- Decreto Supremo N° 2400 (Complementa y modifica al RASH)
- Ley del Servicio Nacional de Reforma Agraria (Ley No 1715).
- Ley Forestal (Ley No. 1700).
- Ley de Vida Silvestre, Parques Nacionales, Caza y Pesca (Ley No 12031).
- Reglamento General de Áreas Protegidas (DS 24781)
- Decreto Supremo N° 22277, de creación de la Reserva Nacional de Flora y Fauna “Tariquía”
- Ley de Creación de la Reserva Nacional de Flora y Fauna “Tariquía” (Ley N° 1328)
- Resolución Administrativa N° 159/2014 de Aprobación del Plan de Manejo de la Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía
- Decreto Supremo No. 2366, referente a la Exploración y Explotación de hidrocarburos en Áreas Protegidas.
- Regulaciones relacionadas con el patrimonio arqueológico de Bolivia.
- Decreto Supremo N° 29595. Modificaciones y complementaciones al capítulo V del Título I del Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos.

- Convenio 169 sobre los pueblos indígenas y tribales en países independientes de la OIT.

## **6.2 Constitución Política del Estado (CPE)**

La nueva CPE aprobada en el año 2007 y promulgada en 2009 establece un nuevo marco de derechos sobre los recursos naturales, en el Artículo 359 indica que los hidrocarburos, cualquiera sea el estado en que se encuentren o la forma en la que se presenten, son de propiedad inalienable e imprescriptible del pueblo boliviano. Igualmente, instituye como competencia exclusiva del estado nacional, el promover y garantizar el aprovechamiento responsable y planificado de los recursos naturales, e impulsar su industrialización, a través del desarrollo y del fortalecimiento de la base productiva en sus diferentes dimensiones y niveles, así como la conservación del medio ambiente, para el bienestar de las generaciones actuales y futuras (Título Primero, Capítulo Segundo, Artículo 9, Inciso 6).

El Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ratificado en Bolivia mediante Ley N° 1257 de 11 de julio de 1991 y la Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, ratificada en Bolivia mediante Ley N° 3760 de 7 de noviembre de 2007 son antecedentes para la incorporación de los derechos de los pueblos indígenas en la CPE.

La CPE, reconoce la organización económica comunitaria, como una forma de producción y reproducción de la vida social de las naciones y pueblos indígena originario campesinos, en el marco del respeto y recuperación de sus sentidos y medios de vida; por lo que la CPE instituye que la industrialización de los recursos

naturales deberá basarse en el respeto de los derechos de éstos y sus territorios (Cuarta Parte, Estructura y Organización Económica del Estado, Título I: Organización Económica del Estado).

De la misma manera, indica que es deber del Estado y de los pueblos indígena originario campesino conservar, proteger y aprovechar de manera sustentable los recursos naturales y la biodiversidad.

También establece un marco de competencias concurrentes al disponer que las autonomías indígenas originario campesinas son responsables del control y monitoreo socio ambiental a las actividades hidrocarburíferas y mineras que se desarrollan en su jurisdicción (Capítulo Octavo, Artículo 304, Inciso III, Punto 9). el Artículo 343 se establece que la población tiene derecho a la participación en la gestión ambiental, a ser consultado e informado previamente sobre decisiones que pudieran afectar a la calidad del medio ambiente.

El Artículo 352 establece que la explotación de recursos naturales en determinado territorio estará sujeta a un proceso de consulta a la población afectada, convocada por el Estado, que será libre, previa e informada.

Se garantiza la participación ciudadana en el proceso de gestión ambiental y se promoverá la conservación de los ecosistemas, de acuerdo con la Constitución y la ley.

En su Capítulo Tercero, Artículo 366, establece que todas las empresas extranjeras que realicen actividades en la cadena productiva hidrocarburífera en nombre y representación del Estado estarán sometidas a la soberanía del Estado,

a la dependencia de las leyes y de las autoridades del Estado.

En su Artículo 362, Inciso II, establece que II los contratos referidos a actividades de exploración y explotación de hidrocarburos deberán contar con previa autorización y aprobación expresa de la Asamblea Legislativa Plurinacional.

En caso de no obtener esta autorización serán nulos de pleno derecho, sin necesidad de declaración judicial ni extrajudicial alguna.

### **6.3 Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT)**

Este Convenio ratificado en Bolivia mediante Ley N° 1257 del 11 de Julio de 1991, en el inciso a) del Art. 6, establece que los Gobiernos signatarios deberán consultar a los pueblos interesados, mediante procedimientos apropiados y en particular a través de sus instituciones representativas, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente.

Así también, en su Art. 15 establece que los derechos de los pueblos a los recursos naturales existentes en sus tierras deberán protegerse especialmente.

Estos derechos comprenden el derecho de esos pueblos a participar en la utilización y administración de dichos recursos.

En caso de que pertenezca al Estado la propiedad de los minerales o de los recursos de su subsuelo o tenga derechos sobre otros recursos existentes en las tierras, los gobiernos deberán establecer o mantener procedimientos con miras a consultar a los pueblos interesados, a fin de determinar si los intereses de esos pueblos serían perjudicados, además de determinar en qué medida, antes de

autorizar cualquier programa de prospección o explotación de los recursos existentes en sus tierras.

#### **6.4 Ley del Medio Ambiente (Ley 1333)**

Por mandato de la Ley No. 1333 del medio ambiente se crea la Secretaría nacional del medio ambiente como organismo responsable de la gestión ambiental y los consejos ambientales departamentales.

La ley establece los mecanismos de la planificación ambiental y estudios de impacto ambiental, los medios de control y seguimiento de la calidad ambiental, el manejo integral y sostenible de los recursos naturales.

Determina las características, competencias, obligaciones normatividad, deberes y obligaciones relativas a los recursos: Agua, Aire y Atmósfera, Suelo, Bosques y Tierras Forestales, Flora y Fauna Silvestre y Recursos Hidrobiológicos de las Áreas Protegidas. Tal como lo define la Ley, el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA) es el estudio destinado a identificar y evaluar los potenciales impactos positivos y negativos que pueda causar la implementación, operación, futuro inducido y abandono de un proyecto, obra o actividad, con el fin de establecer las correspondientes medidas para evitar, mitigar o controlar aquellos que sean negativos e incentivar los positivos.

De acuerdo con el Artículo 25 de la Ley 1333, requiere que todas las obras, actividades públicas o privadas nuevas, con carácter previo a su fase de inversión, deben contar obligatoriamente con la identificación de la Categoría de Evaluación

de Impacto Ambiental de acuerdo a las siguientes categorías:

La reglamentación de la Ley 1333 incluye los siguientes reglamentos: El Reglamento General de Gestión Ambiental (RGGA), define aspectos relativos a la formulación y establecimiento de políticas ambientales, procesos e instrumentos de planificación (Plan de Acción Ambiental, Plan de Ordenamiento Territorial y Cuentas Patrimoniales), establecimiento de normas, procedimientos y regulaciones jurídico administrativas (declaratoria de impacto ambiental, manifiesto ambiental, auditorias, licencias y permisos ambientales), definición de competencias y jerarquía de la autoridad ambiental, instancias de participación ciudadana (OTBs y otras), administración de recursos económicos, fomento a la investigación científica y tecnológica, establecimiento de instrumentos e incentivos ambientales.

Existen tres niveles de autoridades ambientales a nivel nacional, departamental y municipal, con funciones similares, pero difieren en su jurisdicción. Estos niveles son:

- A nivel nacional, el Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- A nivel departamental, las Prefecturas.
- A nivel local, los Gobiernos Municipales.

Las disposiciones del presente reglamento se aplican a todas las obras, actividades públicas y privadas, con carácter previo a su fase de operación, y todas las obras actividades y proyectos públicos y privados que se encuentren en operación, mantenimiento o abandono.

El proceso de Evaluación de impacto Ambiental (EIA) se inicia con la

presentación de la Ficha Ambiental.

El proceso de identificación de la categoría de evaluación de impacto ambiental se realiza de acuerdo a los niveles señalados por el Art. No. 25 de la Ley del Medio Ambiente.

Una vez realizado el EEIA, éste debe ser presentado a la AAC para que, de ser aprobado, se emita la respectiva DIA, documento en el que se determinan los efectos ambientales previsibles, la conveniencia o no de realizar la actividad proyectado y las condiciones que deben establecerse en orden a la adecuada protección del ambiente y los recursos naturales.

El componente normativo presentado en este EEIA, responde al mandato del Capítulo IV, “Del Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental”, descrito en el Artículo 23, Inciso n) “Identificación de la Legislación Aplicable”, del Reglamento de Prevención y Control Ambiental de la Ley 1333.

En caso de que durante la implementación de un proyecto existan demoras o que se desista de ejecutar el mismo, de todos modos, se deberán implementar los planes de aplicación y monitoreo ambiental correspondientes y las medidas de mitigación estipuladas para dicho proyecto.

Si el proyecto se suspende por un período mayor a 12 meses y no, así como lo establece el Artículo 51 del RPCA, al reactivarse se deberá presentar ante la AAC un informe del análisis de las condiciones ambientales, es probable que en este caso las MM y el PASA requieran ciertas modificaciones.

La AAC deberá analizar dichos documentos y emitir una “DIA Actualizada”. Se deberá incluir en las referencias del equipo consultor multidisciplinario que participe en la elaboración del EEIA, así como se dispone en el Artículo 34 del RPCA.

Se deberá realizar el Análisis de Riesgo y Plan de Contingencias, ya que el proyecto involucra, la explotación, extracción, manejo, almacenamiento, transporte, tratamiento y/o disposición final de sustancias peligrosas, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas (Artículo 23 inciso e). Establece, en su Art. 160, la participación ciudadana en los procesos de otorgamiento de las licencias ambientales; mientras que en Art. 162 establece que a través de consultas públicas se deberán tomar en consideración los impactos positivos y negativos identificados por el individuo y/o grupos sociales que se puedan ver afectados por la implementación de la AOP, así como sus sugerencias y recomendaciones

El Reglamento en Materia de Contaminación Atmosférica (RMCA), define el ámbito de aplicación, el marco institucional correspondiente y los procedimientos para la evaluación y control de la calidad del aire.

Reglamenta normas y parámetros tanto para el control y regulación de emisiones de fuentes fijas (emisiones de los establecimientos industriales) como de fuentes móviles (emisiones vehiculares).

El RMCA prohíbe la incineración a campo abierto sin equipo de control de

contaminación para sustancias y/o materiales tales como neumáticos, aceites y otros.

Asimismo, establece que todos los operadores de fuentes fijas deberán:

- Contar con medidas y sistemas de control para las emisiones de contaminantes.
- Tener programas de monitoreo.
- Canalizar todas las emisiones a través de ductos y/o chimeneas.
- Presentar un inventario de emisiones a la AAC.
- Llevar a cabo un monitoreo perimetral, en caso de que la fuente fija se localice en zonas urbanas, colinde con áreas protegidas o pueda causar impactos negativos en la calidad del aire, debido a sus características de operación.
- Llevar un registro de operación y mantenimiento de sus equipos de proceso y control.
- Desarrollar un programa de medidas para obtener niveles de emisión compatibles cuando se excedan los límites permisibles establecidos.
- Informar inmediatamente a la municipalidad competente en el caso de fallas en el equipo de control de contaminación.

Los límites permisibles para emisiones de ruido de fuentes fijas y móviles figuran en el Anexo 6 de este Reglamento. El Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica (RMCH), señala el marco institucional tanto a nivel nacional, departamental, municipal, sectorial e institucional.

Tiene por objeto regular la calidad y protección de los recursos hídricos, mediante la planificación de su uso y las normas de prevención y control de la contaminación, protegiendo el recurso agua dentro del marco conceptual de Desarrollo Sostenible. Para este fin, los cuerpos de agua se clasifican en cuatro categorías, de acuerdo a su aptitud de uso, como sigue: *CLASE A*, *CLASE B*, *CLASE C* y *CLASE D*. La autorización para descargar efluentes en cuerpos de agua debe ser incluida en la DIA y en el Certificado de Dispensación. Deberá presentarse un informe semestral de caracterización de calidad hídrica. Dicho informe deberá ser preparado por un laboratorio autorizado y abarcar tanto las aguas tratadas como las crudas. En lo que corresponde a cuerpos de agua, este reglamento obliga a los responsables de la prevención de derrames de hidrocarburos o de cualquiera de sus derivados a subsanar los efectos producidos. Asimismo, los responsables de contaminar cuerpos de agua subterráneos por lixiviados provenientes de manejo de residuos sólidos están obligados a implementar las medidas correctivas o de mitigación determinadas por la AAC. El Reglamento para Actividades con Sustancias Peligrosas (RASP), señala el ámbito de aplicación y el marco institucional tanto a nivel nacional, departamental, municipal, sectorial e institucional. Establece el Programa de Acción Intersectorial para sustancias peligrosas y los procedimientos técnicos administrativos del registro y licencia, del manejo y generación de sustancias peligrosas.

El RASP regula también las actividades con sustancias peligrosas incluyendo: manejo, generación, optimización, reciclaje, selección, recolección,

transporte, almacenamiento, tratamiento y confinamiento. También define las funciones de la AAC en relación a las actividades con sustancias peligrosas, entre las cuales, según criterio, está el otorgar el Registro de Autorización para efectuar actividades con sustancias peligrosas por un período de 3 años a partir de la fecha de otorgamiento. Se consideran sustancias peligrosas aquéllas que presenten las siguientes características: corrosividad, explosividad, inflamabilidad, patogenicidad o riesgo biológico, radioactividad o toxicidad, de acuerdo con las pruebas estándar.

También se considera sustancias peligrosas los productos químicos, biológicos y otros que tengan fechas de vencimiento y no hayan sido sometidos a procesos de rehabilitación o regeneración. 13.2.4 Ley N° 755, Ley de Gestión Integral de Residuos La presente Ley tiene por objeto establecer la política general y el régimen jurídico de la Gestión Integral de Residuos en el Estado Plurinacional de Bolivia, priorizando la prevención para la reducción de la generación de residuos, su aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura, en el marco de los derechos de la Madre Tierra, así como el derecho a la salud y a vivir en un ambiente sano y equilibrado.

La presente Ley se aplica a todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, que generen residuos o realicen actividades relacionadas con la gestión de residuos, cualquiera sea su procedencia y características. La Gestión Integral de Residuos procedente de actividades del sector hidrocarburos, energía, minería y metalurgia, industrial manufacturero, agroindustrial y establecimientos de salud, así como los residuos radiactivos se regirán conforme a la normativa sectorial, en el marco de las políticas de la presente Ley.

La Gestión Integral de Residuos se desarrolla conforme a los principios de la Ley N° 300 de 15 de octubre de 2012, “Ley Marco de Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien”, y los siguientes principios: a. Articulación. La Gestión Integral de Residuos se articula con las políticas de protección de la Madre Tierra, Agua y Saneamiento, Educación, Medio Ambiente, Salud, Cambio Climático, Seguridad Alimentaria y Gestión de Riesgos.

Participación. La Gestión Integral de Residuos debe promover la participación activa, consciente, informada y organizada de la población.

Producción más limpia. En la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada en los procesos productivos, se debe promover la transformación de los patrones de producción para reducir la generación de residuos en cantidad y peligrosidad, y facilitar el aprovechamiento de los mismos.

Protección de la Salud y el Medio Ambiente. La Gestión Integral de Residuos debe orientarse a la protección de la Madre Tierra, previniendo riesgos para la salud y de contaminación del agua, aire, suelo, flora y fauna, en concordancia con las estrategias de lucha contra el cambio climático, para el vivir bien de las actuales y futuras generaciones.

Responsabilidad del Generador. Toda persona individual o colectiva es responsable de los residuos que genere, asumiendo los costos de su gestión integral, así como de la contaminación que pueda provocar en la salud o el medio ambiente, su manejo inadecuado.

Responsabilidad Compartida. La Gestión Integral de Residuos es responsabilidad social, pública y privada; requiere la participación conjunta, coordinada y diferenciada de todos sus actores.

Sostenibilidad. La Gestión Integral de Residuos debe adaptarse a las condiciones locales en base a criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales, para garantizar su continuidad, expansión y mejora permanente.

Sustentabilidad. Toda actividad, obra o proyecto para la Gestión Integral de Residuos, deberá mantener un equilibrio entre las necesidades de los seres humanos y la conservación de los recursos naturales y ecosistemas que sustentarán la vida de las futuras generaciones.

## **6.5 Ley de Hidrocarburos (Ley No. 3058) y su Reglamento**

Las disposiciones de la presente Ley, norman las actividades hidrocarburíferas de acuerdo a la Constitución Política del Estado y establecen los principios, las normas y los procedimientos fundamentales que rigen en todo el territorio nacional para el sector hidrocarburífero.

En cumplimiento a los Artículos 4º, 5º, 6º, 15º y 18º del Convenio 169 de la OIT, ratificado por Ley de la República N° 1257, de 11 de julio de 1991, las comunidades y pueblos campesinos, indígenas y originarios, independientemente de su tipo de organización deberán ser consultados de manera previa, obligatoria y oportuna cuando se pretenda desarrollar cualquier actividad hidrocarburífera prevista en la presente Ley. (En el Título VII, Capítulo I art. 114).

De las Compensaciones. Cuando las actividades hidrocarburíferas se desarrollen en tierras comunitarias de origen, comunales, indígenas o campesinas, tituladas o no, todo impacto socioambiental negativo directo, acumulado y a largo plazo, que las mismas produzcan, debe ser compensado financieramente por parte de los titulares de las actividades hidrocarburíferas, de manera justa, respetando la territorialidad, los usos y costumbres de los afectados, tomando como base, el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental y otros medios que permitan valorar los daños no cuantificables.

#### **6.6 Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos (RASH)**

El Decreto Supremo No 24335 del 19 de julio de 1996 aprueba tres reglamentos de la Ley de Hidrocarburos, entre los cuales se encuentra el Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos (RASH), preparado por la en ese entonces Secretaría Nacional de Energía, hoy Viceministerio de Hidrocarburos y Energía, y que tiene por objeto regular y establecer los límites y procedimientos para las actividades del sector hidrocarburos.

El RASH regula las actividades petroleras: exploración, explotación, comercialización, transporte refinación, industrialización y distribución de hidrocarburos y sus derivados. Por tanto, declara de utilidad pública estas actividades, bajo protección del Estado. En el Título I de este reglamento se presentan las disposiciones generales; en el Título 11 se especifican las normas técnicas ambientales para las actividades en el sector hidrocarburos con los siguientes capítulos:

- Capítulo 1, De las Normas Técnicas Generales
- Capítulo 2, De la Prospección Superficial
- Capítulo 3, De la Perforación, Terminación e Intervención
- Capítulo 4, De la Explotación
- Capítulo 5, Del Transporte
- Capítulo 6, De la Industrialización
- Capítulo 7, Del Mercadeo y distribución
- Capítulo 8, De las Actividades de Apoyo
- Capítulo 9, De los Planes de Contingencia para Derrames de Petróleo, Derivados de Hidrocarburos, Agua de Producción y Químicos.

Los reglamentos del sector de hidrocarburos comprenden normas y procedimientos que obligatoriamente tienen que estar consideradas durante las diferentes fases del proyecto. Deben considerarse los siguientes aspectos:

- El contenido del EEIA deberá cumplir con lo establecido en los Arts. 23 y 35 del Reglamento de Prevención y Control Ambiental. El trámite de aprobación del EEIA debe regirse por lo dispuesto en los Arts. 69 al 80 de dicho Reglamento.
- Se deberá cumplir con todos los aspectos descritos en el artículo 28 para la realización del plan de manejo de residuos sólidos generados en las diferentes actividades.
- Para el uso de rellenos sanitarios, la Responsable debe realizar esta actividad de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos de la Ley del Medio Ambiente No 1333 según el

Artículo 29 del RASH.

- Así también para la construcción de rellenos sanitarios se deberá realizar una previa evaluación, la cual se describe en el artículo 30 del RASH.
- Se efectuará las medidas correspondientes para el almacenamiento, manejo de combustibles y químicos según a lo que establecen los artículos 31, 32,33 del RASH.
- Se deberá presentar un Plan de Cierre y Abandono temporal y definitivo en procura de lograr la recuperación total de las condiciones ambientales del entorno y en función del grado de alteración de las áreas su sensibilidad ecológica, biológica y social en cumplimiento a lo establecido en el artículo 37 del RASH.
- El Organismo Sectorial Competente (OSC) efectuará el monitoreo, seguimiento y control de las medidas de mitigación e implementación contenidas en la Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA) y/o la Declaratoria de Adecuación Ambiental (DAA).
- La parte responsable tiene que notificar a los dueños de propiedad o residentes por lo menos 72 horas antes de la primera operación, o en su defecto a la autoridad local correspondiente, así como al OSC y a la AAC.
- Cuando se planifique un proyecto, obra, o actividad, y durante la realización del EEIA, en cumplimiento con el Artículo 93 de la Ley del Medio Ambiente y Art. 162 del Reglamento para Prevención y Control

Ambiental, la Responsable deberá realizar la respectiva consulta pública.

- El cumplimiento del Capítulo V, Arts. 63 al 76 es fundamental para un adecuado manejo ambiental del proyecto.
- Así también se dará cumplimiento a lo establecido en el Capítulo III del título II del RASH para la perforación, terminación e intervención en el área de la planchada. Durante las diferentes fases del proyecto, la Responsable debe tomar conocimiento y comunicar a las diferentes brigadas y personal sobre las normas técnicas generales y específicas de la exploración de acuerdo a los reglamentos y normas aplicables.

A partir del 01 de Abril de 1997, la Unidad Ambiental Sectorial de la Secretaría Nacional de Energía empieza a ejercer sus funciones, en su calidad de Organismo Sectorial Competente (Ministerios y Viceministerios que representan a sectores de la actividad nacional, vinculados con el medio ambiente, inciso b) del Art. 4 del Reglamento General de Gestión ambiental) y en cumplimiento a lo prescrito en el Art. 12 del Reglamento General de Gestión Ambiental, Anexo 7 del RASH (decreto de mayo-2001) y Art. 12 del Reglamento de Prevención y Control Ambiental. Establece, en su Art. 21, que la empresa que lleve adelante la actividad hidrocarburífera, durante la realización del EEIA y en cumplimiento con la Ley 1333 y el RPCA, deberá desarrollar la consulta pública correspondiente.

### **6.7 Decreto Supremo N°2400 (complementa y modifica al RASH)**

El D.S. 2400 aprobado en junio del 2015, tiene por objetivo incorporar el Título IV al RASH aprobado por D.S 24335, así como también modificar y sustituir el Anexo

7 del RASH aprobado por el D.S 24335.

## **6.8 Otras leyes, Reglamentos y decretos relacionados**

Le Forestal La Ley No 1700 del 12 julio de 1996 incluye provisiones para aprovechar, proteger, restaurar y conservar los recursos forestales.

La Ley declara que los bosques y tierras forestales son propiedad del Estado Boliviano. Eso significa que la autoridad debe conservar los recursos forestales, evitar su destrucción, prevenir y controlar la erosión de los suelos.

## **6.9 Ley del Servicio Nacional de Reforma Agraria La Ley No 1715 de octubre de 1996**

Establece la estructura orgánica y atribuciones del Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) y el régimen de distribución de tierras; garantiza el derecho propietario sobre la tierra, crea la Superintendencia agraria, la judicatura agraria y su procedimiento y regula el saneamiento de la propiedad agraria.

Se aclara que ahora ya no existe la Superintendencia Agraria y que en su lugar se encuentra la Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierras.

La Ley establece que las actividades que se realizan en las tierras agrícolas cumplen una función económica y social.

Reconoce las tierras comunitarias de origen como los espacios geográficos que constituyen el hábitat de los pueblos y comunidades indígenas originarlas, a los cuales han tenido tradicionalmente acceso y donde mantienen y desarrollan

sus propias formas de organización económica, social y cultural.

Estas tierras son inalienables, indivisibles, irreversibles, colectivas, compuestas por comunidades o mancomunidades, inembargables e imprescriptibles.

Reconoce las propiedades comunitarias como aquellas tituladas colectivamente a comunidades campesinas y ex haciendas, y constituyen la fuente de subsistencia de sus propietarios.

Son inalienables, indivisibles, irreversibles, colectivas, inembargables e imprescriptibles. Establece la reversión de tierras sin indemnización cuando el uso de la tierra perjudique el interés colectivo.

Esta disposición, sin embargo, solo se aplica en el caso de incumplimiento de pago de obligaciones tributarias.

La expropiación se aplica por causa de utilidad pública o cuando la tierra no cumple una función económica - social.

Se consideran causas de utilidad pública el reagrupamiento y la redistribución de la tierra, la conservación y protección de la biodiversidad y realización de obras de interés público.

#### **6.10 Ley de Vida Silvestre, Parques Nacionales, Caza y Pesca La Ley N° 12301.**

Promulgada en marzo de 1975, protege especies amenazadas y reglamenta la caza, pesca y conservación del hábitat de la flora y fauna, con la declaratoria de

Parques Nacionales y Reservas de Vida Silvestre, y haciéndolas propiedad del Estado. En el Título IV, Capítulo 11, Art. 47, la Ley otorga derechos de caza para subsistencia a etnias o tribus indígenas y de los habitantes permanentes del lugar, y prohíbe la caza a colonizadores espontáneos y a los contratados por empresas de cualquier índole.

Las normas jurídicas y convenios internacionales que regulan la conservación y manejo de la fauna silvestre son:

*Normas jurídicas*

- Decreto Ley de Vida Silvestre, Parques Nacionales, Caza y Pesca (Ley N° 12301, del 14 de marzo de 1975). Ley que se encuentra en proceso de cambio y actualización.
- Reglamento de Pesca y Acuicultura (DS 22581, de 14 de agosto de 1990).
- Régimen de Concesiones de tierras fiscales para fines de conservación y protección de la biodiversidad, investigación y ecoturismo (Decreto Supremo N° 24773, de 31 de Julio de 1997).
- Veda General Indefinida de la Vida Silvestre (D.S. 22641, de 8 de noviembre de 1990 y D.S. 25458, de 21 de Julio de 1999, que ratifica y modifica la Veda General Indefinida)

*Convenios internacionales.*

- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), de 3 de marzo de 1973, ratificado por Bolivia mediante la Ley N° 1255 del 5 de julio de 1991.
- Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), de 5 de junio de 1992,

ratificado por Bolivia mediante la Ley N° 1580 del 15 de junio de 1994.

- Protocolo de Cartagena sobre Bio-seguridad, ratificado por Bolivia en fecha 22 de noviembre de 2001 mediante la Ley N° 2274.
- Convenio sobre Conservación de las Especies Migratorias Silvestres (23 de junio de 1979, y ratificado por Bolivia mediante Ley N° 2352, de 7 de mayo de 2002).
- Unión mundial para la naturaleza (IUCN).

#### **6.11 Reglamento General de Áreas Protegidas El Decreto Supremo N°24781 del 31 de julio de 1997**

Aprueba el Reglamento General de Áreas Protegidas (AP) el cual cuenta con ocho (VIII) títulos y 154 artículos.

Fue elaborado con el propósito de regular la gestión y administración de las áreas protegidas del país en función a lo establecido en la Ley del Medio Ambiente y el convenio sobre Diversidad Biológica aprobado por Ley N° 1580 de 15 de junio de 1994. La aplicabilidad del reglamento tiene por objetivo:

- Aportar a la conservación del patrimonio natural y biodiversidad del país mediante el establecimiento de un SNAP.
- Asegurar que la planificación y el manejo de las APs se realicen en cumplimiento con las políticas y objetivos de conservación de la diversidad biológica de Bolivia.
- Garantizar la participación efectiva y responsable de la población regional y local en la consolidación y gestión de las APs.
- Asegurar que el manejo y conservación de las APs contribuyan al

mejoramiento de la calidad de vida de la población local y desarrollo regional.

- Desarrollar las capacidades en la población local y regional para que esté en condiciones de apoyar y llevar adelante la planificación, manejo y conservación del AP. El presente reglamento es un instrumento normativo que establece que toda AP debe contar con su respectivo Plan de Manejo (PM) el cual se convierte en un instrumento de planificación y ordenamiento espacial que coadyuva a la gestión y conservación de los recursos del AP, con directrices, lineamientos y políticas para la administración del área, modalidad de manejo, instructivos de protección, asignaciones de usos y actividades permitidas para el desarrollo integral del AP, conforme a su zonificación del área.

Asimismo también indica que en casos excepcionales y sólo cuando sea de interés nacional, declarado mediante Decreto Supremo, se permitirá el aprovechamiento de recursos naturales renovables, no renovables y/o el desarrollo de obras de infraestructura dentro del AP, para lo cual se debe cumplir con los requisitos de la Ley y Reglamentos ambientales, es decir, que se requiere de un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, en cuyo proceso de evaluación de los impactos ambientales obligatoriamente deberá participar la Autoridad Nacional o Autoridad Departamental y la Dirección del AP, según corresponda.

#### **6.12 Decreto Supremo N° 22277, de creación de la Reserva Nacional de Flora y Fauna “Tariquíá”**

La Reserva Nacional de Flora y Fauna “Tariquía” fue creada mediante el Decreto Supremo N° 22277 en fecha 2 de agosto de 1989, con una superficie de 246.870 Has, asimismo, se declara que los pobladores campesinos con áreas agrícolas y ganaderas, serán mantenidos bajo la condición de respetar los ecosistemas y las disposiciones legales agrarias, forestales y de vida silvestre que regulan la materia.

Aquellas concesiones que no hayan sido explotadas durante los periodos prescritos por Ley, serán revertidas al dominio del Estado.

La creación de dicha Reserva a solicitud de las autoridades político-administrativas, así como las instituciones cívicas y de protección de la flora y fauna del departamento de Tarija, quienes solicitaron al Poder Ejecutivo dicte una medida legal que declare Reserva Nacional de Flora y Fauna la zona de “Tariquía”, jurisdicción de las provincias O’Connor, Arce y Gran Chaco del referido departamento.

Con el fin de planificar el aprovechamiento nacional, sostenido y sistemático de los recursos naturales renovables existentes en la referida zona.

Dicha reserva cuenta con un Plan de Manejo y Zonificación.

### **6.13 Ley de creación de la Reserva Nacional de Flora y Fauna “Tariquía” (Ley N° 1328)**

La Reserva Nacional de Flora y Fauna “Tariquía” fue creada mediante el Decreto Supremo N° 22277, pero en fecha 23 de abril de 1992, se eleva a rango

de Ley de la República el decreto previamente mencionado, por el que se crea la Reserva Nacional de Flora y Fauna "TARIQUIA". Cuyo objetivo de creación es de conservar la biodiversidad del ecosistema de Yungas Andinas (Bosque Nublado) y de sus funciones ecológicas como la producción y purificación de agua de los ríos Bermejo y Grande de Tarija, además de sus funciones económicas.

En adición, se crea un Consejo de Administración de la Reserva, conformado por organizaciones regionales gubernamentales y no gubernamentales relacionadas con la problemática medio ambiental.

#### **6.14 Resolución Administrativa N° 159/2014 de Aprobación del Plan de Manejo de la Reserva Nacional de Flora y Fauna TARIQUIA**

La propuesta del Plan de Manejo de la Reserva Nacional de Flora y fauna TARIQUIA, presentada por la Dirección del área Protegida, es aprobado por el Director Ejecutivo del Servicio Nacional de áreas Protegidas en ejercicio de sus atribuciones conferidas por el artículo 10 incisos b), e) y l) del Decreto Supremo N° 25158 de 04 de septiembre de 1998, y artículo 38 incisos a) y b) del Reglamento General de Áreas Protegidas aprobado por Decreto Supremo N° 24781 de 31 de julio de 1997.

Asimismo, encomienda la ejecución, implementación y cumplimiento del Plan de Manejo a la Dirección de la Reserva Nacional de Flora y Fauna TARIQUIA.

#### **6.15 Decreto Supremo N° 2366 – Exploración y explotación de hidrocarburos**

## **en áreas protegidas**

El DS 2366 aprobado en mayo del 2015, tiene por objeto establecer las medidas para el aprovechamiento de los recursos hidrocarburíferos en todo el territorio nacional, en el marco de su carácter constitucional, estratégico y de interés público para el desarrollo del país, vinculado a la reducción de la extrema pobreza en comunidades que habitan las áreas protegidas y la gestión integral de los sistemas de vida.

En su artículo 2°, menciona que se permite el desarrollo de actividades hidrocarburíferas de explotación en las diferentes zonas y categorías de áreas protegidas, en cumplimiento a los condicionamientos ambientales establecidos por el SERNAP y la AACN, debiendo prever medidas ambientales adecuadas, con mayor atención en zonas de alta sensibilidad ecológica, para precautelar la conservación de los sistemas de vida de la madre tierra.

Asimismo, en su artículo 3°, el decreto establece que los proyectos deben considerar las siguientes Medidas Ambientales:

- Incorporar y utilizar mecanismos, equipos, tecnologías más adecuadas y limpias de última generación, en forma progresiva, que tengan por objeto minimizar el impacto negativo e incentivar los positivos, priorizando la tecnología helitransportable, conforme determine la autoridad competente.
- Considerar la existencia de ecosistemas frágiles y sensibles, a fin de reducir su vulnerabilidad y riesgos en la biodiversidad.

- Priorizar tecnologías que minimicen la perturbación de la biodiversidad en zonas donde existan especies endémicas en peligro de extinción.
- Establecer medidas socioeconómicas para contribuir en la erradicación de la extrema pobreza promoviendo medios de vida integrales y sustentables para las poblaciones que viven en las áreas protegidas y áreas de influencia de la AOP hidrocarburífera.
- Desarrollar medidas de gestión integral de los sistemas de vida, con énfasis en la protección de las funciones ambientales, preservación de suelos y fuentes de agua, conservación y protección de la biodiversidad y gestión comunitaria.
- Establecer medidas de aislamiento en las áreas de intervención hidrocarburífera, a efectos de establecer nuevos asentamientos humanos.

#### **6.16 Legislación Referente al Patrimonio Arqueológico**

Con la finalidad de preservar el patrimonio natural y cultural del país se considera la siguiente legislación vigente.

Ley del Patrimonio Cultural Boliviano (Ley N° 530) Ley aprobada en fecha 23 de mayo de 2014 cuyo objetivo es normar y definir políticas públicas que regulen la clasificación, registro, restitución, repatriación, protección, conservación, restauración, difusión, defensa, propiedad, custodia, gestión, proceso de declaratorias y salvaguardia del Patrimonio Cultural Boliviano. Los artículos aplicables de la presente Ley para la realización del presente proyecto son los siguientes: Artículo 4, inciso 5.

Patrimonio Cultural Arqueológico. Comprende aquellos vestigios producto de la actividad humana, como ser restos orgánicos e inorgánicos, antiguas áreas de habitación, fortalezas y estructuras defensivas, terrazas de cultivo, sistemas de riego y almacenaje de agua, camellones, áreas y estructuras ceremoniales, canteras, minas, ciudadelas, cementerios, caminos, centros y estructuras de almacenamiento de alimentos y otros productos, restos de antiguos animales y vegetales, y representaciones rupestres. Artículo 21.

Es obligación de todo ciudadano boliviano o extranjero residente en Bolivia,

a:

- Proteger y cuidar el Patrimonio Cultural Boliviano.
- Respetar el Patrimonio Cultural Inmaterial y Material del pueblo boliviano. Artículo 48, inciso II. En caso de peligro inminente de deterioro, daño o pérdida de bienes culturales inmateriales o materiales del Patrimonio Cultural Boliviano, el Ministerio de Culturas y Turismo o las entidades territoriales autónomas, dispondrán la adopción inmediata de medidas para la protección y salvaguardia de dichos bienes culturales y su decomiso, si corresponde, de acuerdo a reglamento. Artículo 49, inciso II. La intervención en bienes culturales materiales, deberá ser autorizada por las autoridades competentes de los diferentes niveles del Estado, nacional, departamental, municipal e indígena originario campesinos, de acuerdo a su naturaleza y competencia.

Artículo 50. (AUTORIZACIONES DE PROYECTOS)

Todas las obras y actividades privadas que pretendan intervenir en un bien patrimonial o cerca del mismo, con carácter previo a su desarrollo deberán contar con estudios necesarios y los informes técnicos y jurídicos correspondientes. Sus recomendaciones, normas y límites constituirán la referencia técnico legal para la otorgación de la autorización pertinente, la clasificación periódica del desempeño y su ejecución.

De acuerdo con la naturaleza de las obras y el impacto que pueda tener en el bien cultural, la autoridad competente aprobará su realización o, si es el caso, podrá solicitar que las mismas se adecuen al plan de protección y salvaguardia que hubiera sido aprobado para dicho bien cultural. Artículo 51.

(OBRAS PÚBLICAS).

Los proyectos de obras públicas a cargo de instituciones públicas o privadas que se pretendan ejecutar o se encuentren en ejecución en áreas de influencia directa con el Patrimonio Cultural Boliviano, tendrán un tratamiento diferenciado en función a su naturaleza y finalidad, conforme a reglamentación. Los resaltados del artículo 4, y el resaltado de este último artículo (51) es nuestro, por su interés con el presente proyecto. Artículo 52. (HALLAZGOS EN EJECUCIÓN DE OBRAS PÚBLICAS O PRIVADAS).

Si durante la ejecución de obras públicas o privadas se produjeran hallazgos relacionados al patrimonio arqueológico, colonial, republicano, paleontológico y/o subacuático, se deberá informar al órgano rector del Patrimonio Cultural Boliviano y a las autoridades competentes de las entidades territoriales autónomas, para establecer las medidas de protección y salvaguardia pertinentes, conforme a

reglamentación.

### **6.17 Resolución ministerial 020/2018 para Actividades Arqueológicas**

La resolución detalla las modalidades de intervención arqueológicas (diagnóstico, intervención, monitoreo y la implementación de medidas de mitigación). También norma el desarrollo de los trabajos arqueológicos en obras públicas y privadas, que afecten el patrimonio arqueológico boliviano, con el fin de proteger, conservar, investigar, promocionar, recuperar, trasladar preservar, mantener y resguardar el patrimonio arqueológico en el territorio boliviano.

### **6.18 Ley del Medio Ambiente**

El artículo aplicable de la presente Ley para la realización del presente proyecto, referente al área de arqueología, es el siguiente: Artículo 106°.- Comete delito contra el medio ambiente quien infrinja el Art.223° del Código Penal, cuando destruya, deteriore, sustraiga o exporte bienes pertinentes al dominio público, fuentes de riqueza, monumentos u objetos del patrimonio arqueológico, histórico o artístico nacional, incurriendo en privación de libertad de uno a seis años. La Ley N° 300 de 15/10/2012.

Ley Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien, establece la visión y los fundamentos del desarrollo integral en armonía y equilibrio con la Madre Tierra para Vivir Bien, garantizando la continuidad de la capacidad de regeneración de los componentes y sistemas de vida, en el marco de la complementariedad de derechos, obligaciones y deberes; así como los objetivos del desarrollo integral, las bases para la planificación, gestión pública e inversiones y el marco institucional estratégico para su implementación. En su Título III, Capítulo I,

Art. 26, propone la introducción de tecnologías apropiadas para reducir los impactos ambientales de las actividades mineras e hidrocarburíferas y establece como meta para el sector la industrialización del recurso.

En la gestión 2015 las principales normas que se promulgaron en el sector de hidrocarburos son las siguientes:

Legislación Nacional a la cual se le atribuye el cumplimiento de las actividades del proyecto La legislación nacional a la que se le atribuye el cumplimiento de las actividades del proyecto son las siguientes:

- Reglamento de Normas Técnicas y de Seguridad para las Actividades de Exploración y Explotación de Hidrocarburos:
  - Título I Del Contenido y Alcance □
  - Título IV Del Reglamento en General
  - Título V De la exploración: Capítulo III De la seguridad de la organización, Capítulo IV Del medio ambiente de la licencia ambiental,
  - Título VI De la Perforación: Capítulo I De la instalación u del equipo de Perforación, Capítulo II De la peroración del Pozo, Capítulo IV Del Abandono de un pozo

Reglamento Ambiental para el Sector Hidrocarburos:

- Título II Normas técnicas ambientales para las actividades en el sector hidrocarburos: Capítulo I, Capítulo III y Capítulo VIII.

#### **6.19 Normatividad Entes Internacionales**

El Instituto Americano del Petróleo (API) es la asociación más reconocida en

la industria, y es un referente a nivel global para las buenas prácticas y operaciones petroleras. Existen dos documentos, en referencia al abandono de pozos, su operación, cuestiones ambientales, de seguridad entre otros aspectos importantes, estos son el API E3.

A continuación se presenta un resumen de ambos documentos.

**API E3.** Este documento aborda la prevención del ambiente durante las prácticas petroleras ejecutadas en las operaciones de abandono. Busca prevenir la contaminación de acuíferos de agua dulce, define los procedimientos en cuanto al aislamiento de las zonas de producción de hidrocarburos y los intervalos de inyección de agua, la protección de los suelos y las aguas superficiales.

Por otra parte, define el riesgo que existe al contaminar los acuíferos de agua que existan en los pozos. Por medio de este documento el operador debe ser capaz de identificar los pozos existentes en los cuales concorra un potencial de migración y contaminación de los fluidos.

Se definen conceptos relevantes para entender las operaciones de abandono de un pozo como lo son, pozo inactivo, presión de formación, programas de pozos inactivos, migración de fluido, programas de monitoreo entre otros, para estandarizar los procedimientos para todos en la industria.

Orienta acerca de los procedimientos de taponamiento y abandono de un pozo, la configuración de los tapones de cemento y los intervalos críticos a tener en consideración para evitar que el pozo se convierta en un conducto de migración

para los fluidos. Los objetivos principales en una operación de abandono, son:

- Aislar el pozo de los acuíferos de agua dulce.
- Aislar zonas productoras o no completadas.
- Proteger los suelos de superficie y las aguas superficiales.
- Aislar intervalos de inyección.

Estos objetivos se logran, con tapones de cemento los cuales van en intervalos seleccionados para evitar el movimiento de los fluidos; cualquier intervalo que deba aislarse para cumplir los objetivos mencionados anteriormente es uno crítico.

**API 51R.** Este documento, aborda temas para la protección del medio ambiente. El objetivo primordial, es la recuperación íntegra del suelo y la completa revegetación y arborización con plantas, semillas, hierbas y especies de la zona.

Las obras civiles de excavación, deben ser aprobadas antes de que se dé inicio a la construcción de cunetas, alcantarillas, desagües entre otros y deben ser aseadas e inspeccionadas regularmente para permitir el libre paso de agua.

En cuanto al abandono de los pozos, los procedimientos deben cumplir los requisitos normativos, las obligaciones contractuales con el terrateniente o arrendador de los predios. Debe existir un estudio, para obtener con las medidas remediales, el mínimo impacto ambiental. El hábitat y el ecosistema deben ser restaurados y se debe minimizar la erosión del suelo.

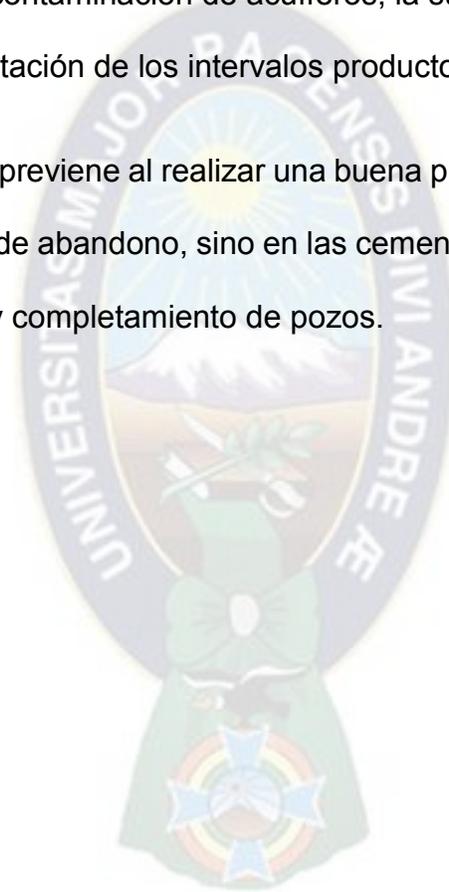
Se define en el documento, los términos de abandono permanente y abandono temporal.

El abandono permanente del pozo se realiza cuando ya no hay utilidad.

Los abandonos temporales se realizan cuando el pozo puede tener utilidad a futuro por medio de proyectos de sistemas de levantamiento o rutinas de reacondicionamiento de pozos las cuales puedan restablecerlo.

Según la norma API 51R, el propósito de cementar las zonas es evitar la migración de fluidos, la contaminación de acuíferos, la superficie y sus aguas, para realizar la correcta explotación de los intervalos productores.

La contaminación se previene al realizar una buena práctica de cementación, no solo en las operaciones de abandono, sino en las cementaciones primarias durante la etapa de perforación y completamiento de pozos.



## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones

- En el trabajo realizado, se cumplieron los objetivos de diseñar una metodología de abandono de pozos, teniendo en cuenta los problemas actuales. Esta nueva metodología cumple la parte técnica, normativa legal ambiental y representa un ahorro.
- Es importante contar con la información geológica del campo y la historia de los pozos para un correcto abandono y así tener en consideración las posibles variables que puedan afectar la eficiencia del abandono del pozo.
- En el análisis realizado, se pudo encontrar que uno de los factores que afectó la eficiencia de los abandonos, fue la falta de información ingresada en el programa Open Wells acerca de la historia de los pozos desde la fecha de perforación hasta la fecha de abandono. Esto conllevó, a sobrecostos y problemas ambientales.
- Al iniciar los proyectos de operación petrolera, se deben contemplar las actividades de planeación, perforación, operación y abandono. Con el fin de garantizar la integridad del pozo, prever problemas ambientales y problemas en la etapa de abandono técnico.
- Es primordial analizar los pozos que están postulados en la campaña de abandono y definir cuáles se encuentran cercanos a patrones de inyección, con el fin de no afectar la inyección de agua en los pozos cercanos.

- El sobrecosto generado en un pozo que haya sido abandonado de manera no convencional y posteriormente re-abandonado es 63.3% mayor al costo de la operación de abandono ejecutando la nueva metodología de re-abandono. Por lo anterior, el ahorro obtenido en su momento con el abandono no convencional a largo plazo generó procesos no contemplados y una problemática ambiental para la compañía.
- Se registró 3 áreas ecológicas y 3 unidades de vegetación distribuidos en los distintos sitios de estudio, como en los caminos de acceso, planchada, alternativas de campamento de perforación y alternativa de campamento de obras civiles en los sitios del proyecto CHU-X2 y CHU-X3 respectivamente.
- En la evaluación cualitativa se realizó 7 relevamientos para camino de acceso, alternativas de perforación y alternativas de obras civiles para el presente proyecto.
- La vegetación evaluada que forma parte de la influencia directa al pozo a intervenir y a perforar se encuentra según Navarro (2008) en muy buen estado de conservación o relativamente intacta a buen estado de conservación o relativamente estable.
  - Según la zonificación y el mapa de potencial forestal (MMAYA SERNAP y RNFFT 2015) indica que pertenece a ZONA DE PROTECCIÓN ESTRUCTA, con alto potencial forestal, bastante diverso y con baja extracción forestal. Es un área donde se debe garantizar su estado natural y pristino de los diferentes ecosistemas y biotopos que conforman los sitios evaluados.

- Tal como se puede observar en el aspecto económico:

#### Etapa de ejecución

En la etapa de ejecución la relación beneficio/costo es de “1.12”, lo cual es mayor que “1”, por lo tanto, en esta etapa el beneficio económico del proyecto es mayor que el costo.

#### Etapa de Operación

En la etapa de operación la relación de beneficio/costo es “0”, debido a que, una vez realizadas las actividades de prueba, el pozo quedará cerrado hasta su puesta en marcha, por lo tanto, en esta etapa el costo económico es mayor que el beneficio.

#### Etapa de mantenimiento

En la etapa de mantenimiento la relación de beneficio/costo es “1”, por lo tanto, en esa etapa el beneficio es menor que el costo.

#### Abandono

En el caso de la etapa de abandono, en cualquiera de los casos, se genera una relación beneficio/costo de “1”, por lo tanto, en esta etapa el beneficio económico es relativamente mayor que el costo.

#### Aspecto social.

Tal como se puede observar en el aspecto social: Etapa de ejecución En la etapa de ejecución del proyecto, la relación beneficio/costo es de “1.50”, lo cual es mayor que “1”, por lo tanto, en esta etapa el beneficio social es mayor que el costo.

### Etapa de Operación

En la etapa de operación la relación de beneficio/costo es “0”, debido a que, una vez realizadas las actividades de prueba, el pozo quedará cerrado hasta su puesta en marcha, por lo tanto, en esta etapa el proyecto no reporta beneficio social hasta que entren producción los pozos.

### Etapa de mantenimiento

En la etapa de mantenimiento la relación de beneficio/costo es “2”, lo cual es mayor que “1”, por lo tanto, en esta etapa el beneficio social es mayor que el costo.

### Etapa de Abandono

En el caso de la etapa de abandono, se genera una relación beneficio/costo de “3”, lo cual es mayor que “1”, por lo tanto, el beneficio social en esta etapa es mayor que el costo.

### Etapa de ejecución

Tal como se puede observar en el aspecto ambiental: Durante la etapa ejecución del proyecto, la relación beneficio/costo es de “0” (debido a que se ejecutarán obras que afectarán al medio ambiente, sin ningún beneficio para este aspecto), lo cual es menor que “1”, por lo tanto, en esta etapa no existe beneficio ambiental del proyecto.

### Etapa de Operación

En la etapa de operación, la relación beneficio/costo es “0”, debido que el proyecto es dirigido netamente a la exploración de recursos hidrocarbúricos

y no así a mejorar las condiciones de medio ambiente del sitio, por ende, el costo sería mayor al beneficio.

### Etapa de mantenimiento

En la etapa de mantenimiento la relación de beneficio/costo es “0”, lo cual es menor que “1”, debido a que no hay ningún beneficio para el medio ambiente, el realizar mantenimiento a la infraestructura existente, por lo tanto, en esta etapa el beneficio es menor que el costo.

### Etapa de abandono

Durante el abandono, la relación beneficio/costo es de “3.50” (debido a que consideran tareas de abandono lo cual se considera positivo a este aspecto por la restitución de las áreas afectadas, en lo posible, a las condiciones similares a las del entorno), lo cual es mayor que “1”, por lo tanto, en esta etapa el beneficio ambiental es mayor con relación al costo.

En resumen, se puede observar la relación entre la sumatoria de las ponderaciones beneficio versus costo, da un valor de 0.82, lo cual indica que, mientras los pozos no entren en producción el costo del proyecto será mayor que el beneficio.

## **7.2 Recomendaciones**

- Realizar un estudio técnico, acerca de la pérdida de la presión de inyección de agua en pozos cercanos que se encuentren abandonados de manera no convencional y presenten brotes de agua y crudo en superficie. Con el fin de

determinar las ventajas económicas y el factor de recobro del crudo al realizar un abandono con la nueva metodología.

- Realizar al inicio de cada año, un estudio de los pozos postulados para su abandono y de esta manera realizar la viabilidad técnica para determinar el capital y un plan para evitar incurrir en costos extras y reducir tiempos de operación.
- Elaborar la ruta de trabajo de la campaña de abandono y/o re-abandono convencional, con el fin de evitar sobrecostos y minimizar los tiempos de movilización y operación.
- Realizar un estudio de los pozos en el Campo Churumas para ser postulados para su abandono, en las áreas del campo que se realizará la inyección de agua selectiva para las arenas inferiores "C" y "D", para evitar problemas ambientales y canalización del agua inyectada.

Para la Intervención y Perforación del Pozo Churumas:

- Se debe evitar la destrucción o deterioro de la estructura y fertilidad natural del suelo en el trazo de construcción del camino y la planchada.
- En la apertura de áreas para el proyecto, se deberá efectuar el rescate de especies conformando un banco de semillas para su disposición al momento de efectuar las actividades de restauración y revegetación.
- Al concluir las actividades de construcción del camino de acceso, se deberá realizar la revegetación de los taludes aledaños y conformados, considerando su estabilización y las características del área protegida

- Efectuar el seguimiento permanente a las características de las quebradas y cursos de agua de la zona de influencia del proyecto
- Las actividades de abandono del proyecto deberán ser realizadas de manera que un área igual o mayor a la afectada directamente sea restaurada a condiciones semejantes a las originales.
- En los IMAs se deberán respaldar las medidas socio-económicas para contribuir en la erradicación de la pobreza, promoviendo medios de vida integrales y sustentables para las poblaciones que viven en las áreas protegidas y zona de influencia del proyecto hidrocarburífero.



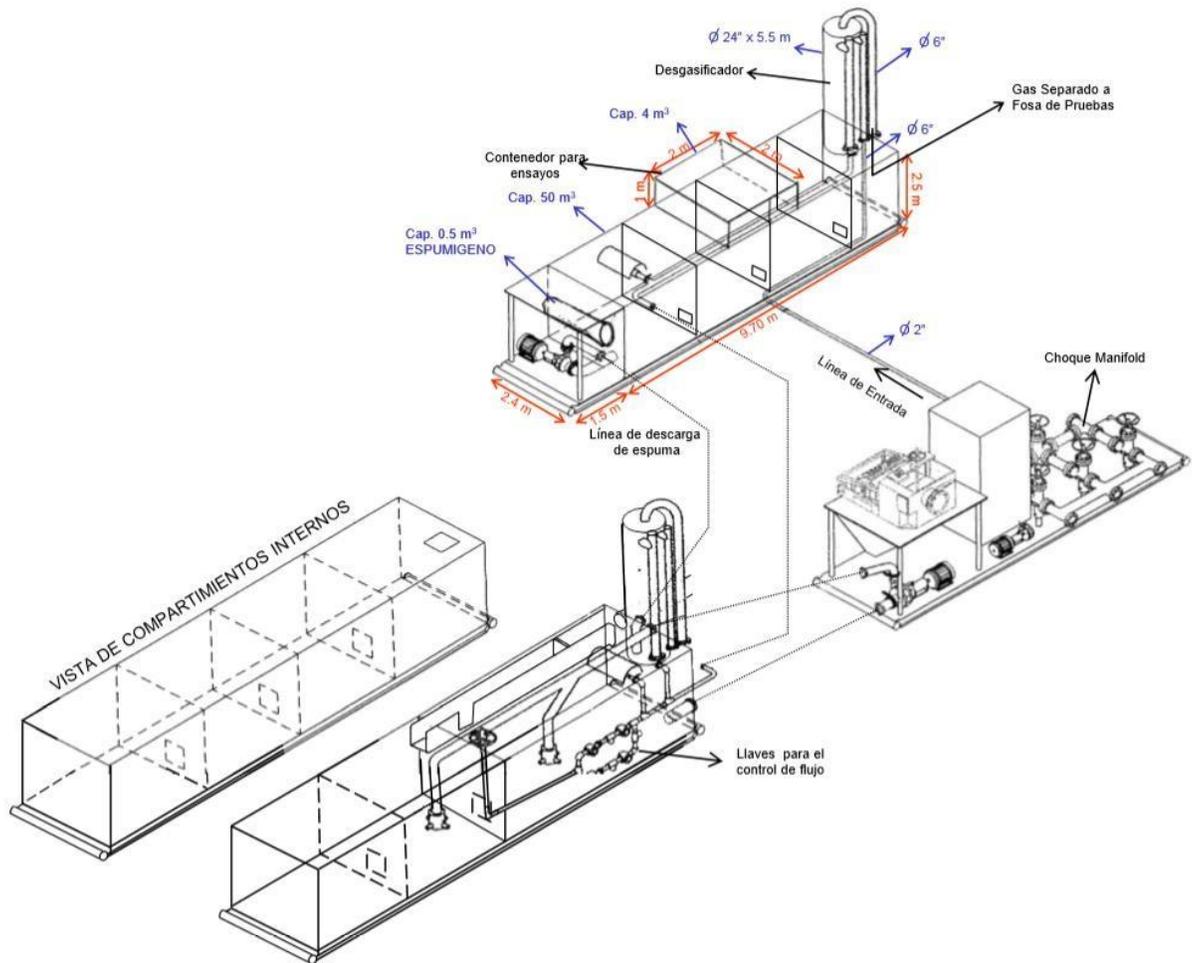
## GLOSARIO DE TERMINOS

AACN	Autoridad Ambiental Competente Nacional
API	Instituto Americano del Petróleo
BOP's	(Blow Out Preventer acrónimo que significa benceno, tolueno, etilbenceno y xileno
BTEX	
CCG	(Conventional Casing Gun):
cf	Cementación Forzada
CHU	Churumas
DQO	Demanda Biológica de Oxígeno
INRA	Instituto Nacional de reserva Agraria
MMAyA	Ministerio de media ambiente y Agua
PDA	Planta Depuradora de Aguas Residuales
RNFFT	Reserva Nacional de Flora y Fauna Tariquía
SERNA	Servicio Nacional de Áreas Protegidas
P	
TC	tubería flexible
TCP	Tubing Convey Perforators):
TIOCs	Tierras Comunitarias de Origen
TTG	Through Tubing Gun
VPN	Valor Presente Neto
WO	un equipo de reacondicionamiento de pozos
YPFB	Yacieminetos Petrolíferos Fiscales Bolivianos

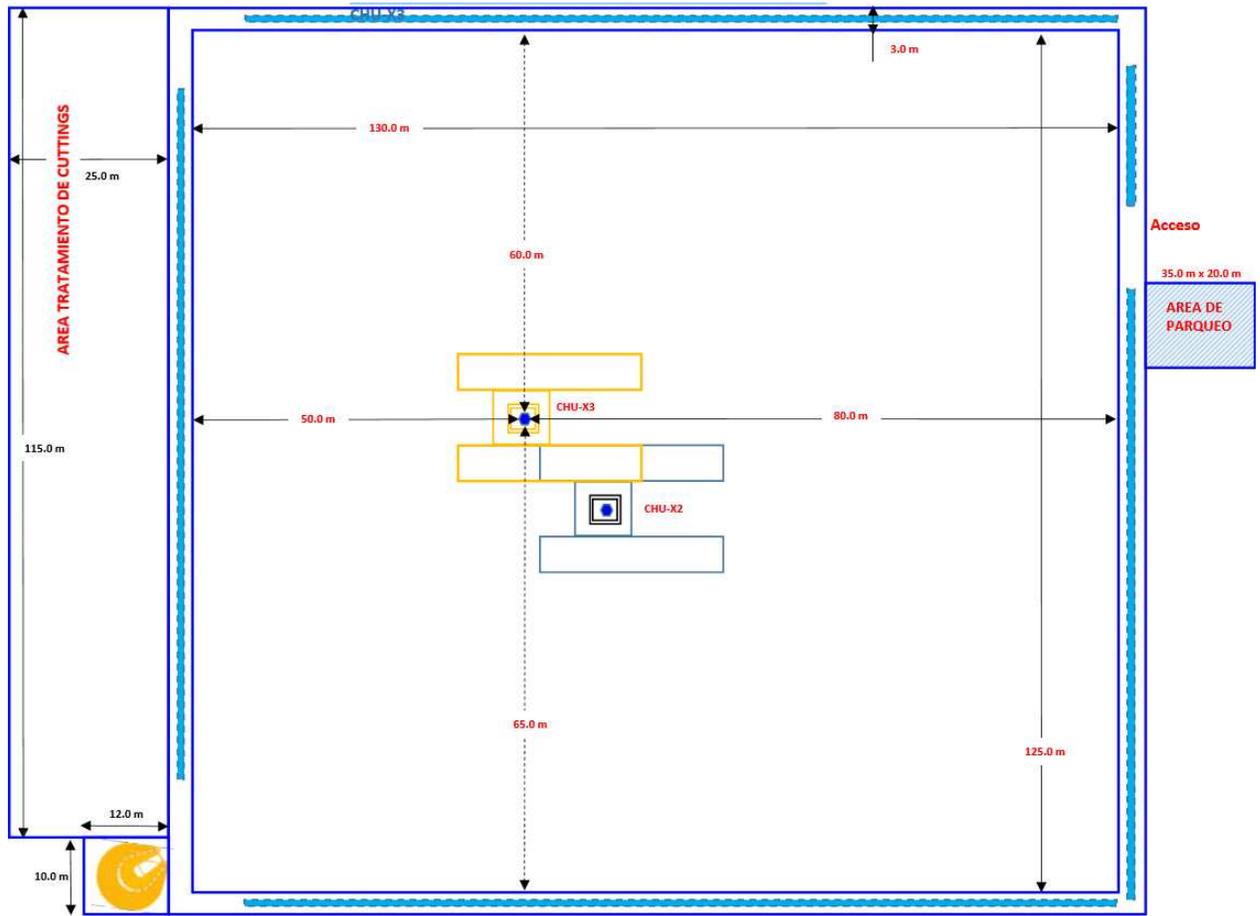
## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANH Agencia de Hidrocarburos
- YPFB Chaco
- SERNAP Servicios nacionales de Áreas Protegidas
- Presiones Anormales Enrique Rodríguez Méndez
- Procedimiento semi- automático para el cálculo de geo presiones y gradientes de fractura – Nestor Martínez Romero
- Procedimiento de operación de Ingeniería petrolera México 1988
- Diseño de Tuberías de revestimiento Miguel Nagel Benitez
- Mecanismos de desplazamiento en cementaciones primarias – Dowell Schlumberger
- Presiones anormales Enrique Rodríguez Méndez
- Bourgoyne Jr Adam T Applied drilling Engineering
- Neal Adams Drilling Engineering
- Eastman Christensen
- Nelson EB Well Cementing 1983
- Dowell Engineering Manual, 1995
- DEC Cementing School Papers 1997
- G Birch, Guidelines for Setting Abandonment and kick – off plugs 1999
- Miller Joe Dowells Plug Placement Tool presentation
- Lloyd e Browell, Edwin H Young Process Equipment Desing

# ANEXO A - DIAGRAMA DE PILETA DE ENSAYO



# ANEXO B - DIMENSIONES DE PLANCHADA PROYECTO CHU-X2 y CHU-X3



# ANEXO C - MUESTREO Y MEDICIONES DE LABORATORIO

