ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
ÁREA DE DESARROLLO BUCARE

CAPÍTULO 2
Descripción del Proyecto
2.2.2.2 Perforación y Operación de Pozos

S.G.I. S.A.S.
Consultoría e Ingeniería

CONTENIDO

2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
2.2.2.1	Estrategias de desarrollo	1
2.2.2.2	Perforación de pozos	1
2.2.2.2.1	Perforación de pozos exploratorios y/o NFE (ED4)	1
2.2.2.2.1.1	Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare	1
2.2.2.2.1.2	Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación	2
2.2.2.2.1.3	Instalaciones de apoyo	2
2.2.2.2.1.4	Requerimientos de insumos y fuentes de energía	2
2.2.2.2.1.5	Organización típica y personal necesario	3
2.2.2.2.1.6	Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos y manejo de residuos	3
2.2.2.2.1.7	Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad	7
2.2.2.2.1.8	Número Máximo de plataformas y pozos	8
2.2.2.2.1.9	Estimativo de mano de obra	9
2.2.2.2.1.10	Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades	9
2.2.2.2.2	Perforación de pozos Productores (ED5)	10
2.2.2.2.2.1	Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare	11
2.2.2.2.2.2	Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación	12
2.2.2.2.2.3	Instalaciones de apoyo	39
2.2.2.2.2.4	Requerimientos de insumos y fuentes de energía	45
2.2.2.2.2.5	Organización típica y personal necesario	49
2.2.2.2.2.6	Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos y manejo de residuos	52
2.2.2.2.2.7	Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad	63
2.2.2.2.2.8	Número Máximo de plataformas y pozos	64
2.2.2.2.2.9	Estimativo de mano de obra	65
2.2.2.2.2.10	Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades	65
2.2.2.2.3	Perforación de pozos Inyectores (ED6)	67
2.2.2.2.3.1	Cantidades requeridas para el área de Desarrollo Bucare	67
2.2.2.2.3.2	Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación	68
2.2.2.2.3.3	Instalaciones de apoyo	74
2.2.2.2.3.4	Requerimientos de insumos y fuentes de energía	74
2.2.2.2.3.5	Organización típica y personal necesario	74
2.2.2.2.3.6	Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos y manejo de residuos	75
2.2.2.2.3.7	Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad	77
2.2.2.2.3.8	Número máximo de plataformas y pozos	78
2.2.2.2.3.9	Estimativo de mano de obra	78
2.2.2.2.3.10	Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades	78
2.2.2.2.4	Perforación de pozos Disposal (ED7)	80
2.2.2.2.4.1	Cantidades requeridas para el área de Desarrollo Bucare	80
2.2.2.2.4.2	Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación	81
2.2.2.2.4.3	Instalaciones de apoyo	82
2.2.2.2.4.4	Requerimientos de insumos y fuentes de energía	83

2.2.2.2.4.5 Organización típica y personal necesario 83
2.2.2.2.4.6 Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos y manejo de residuos 83
2.2.2.2.4.7 Número máximo de plataformas y pozos 83
2.2.2.2.4.8 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad 84
2.2.2.2.4.9 Estimativo de mano de obra 85
2.2.2.2.4.10 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Estrategias de Desarrollo contempladas en la perforación y operación de pozos 1
Tabla 2-2 Cantidad de Pozos Exploratorios a perforar 2
Tabla 2-3 Materiales e insumos utilizados para las pruebas de producción 6
Tabla 2-4 Manejo de fluidos, crudo, gas y agua durante las pruebas de producción en pozos 6
Tabla 2-5 Número Máximo de pozos a perforar en el Área de Desarrollo Bucare 9
Tabla 2-6 Duración y actividades estimadas para la perforación típica de un pozo Exploratorio (NFE) 9
Tabla 2-7 Cantidad de Pozos a perforar 11
Tabla 2-8 Especificaciones Técnicas de pozos Productores 11
Tabla 2-9 Equipos a utilizar para la perforación de pozos 13
Tabla 2-10 Estimativo de maquinaria a utilizar en actividades de perforación de pozos 16
Tabla 2-11 Sistema de control de Sólidos 21
Tabla 2-12 Sistema de Deshidratación 24
Tabla 2-13 Equipos y sistemas utilizados para el tratamiento de aguas 27
Tabla 2-14 Alternativas tecnológicas para el tratamiento de agua 28
Tabla 2-15 Pozos direccionales 33
Tabla 2-16 Instalaciones de apoyo en las actividades de Perforación 39
Tabla 2-17 Otras instalaciones de Apoyo 40
Tabla 2-18 Materiales e insumos típicos utilizados para la perforación de pozos 45
Tabla 2-19 Necesidades estimadas de combustible por día 47
Tabla 2-20 Personal base requerido para la perforación de un pozo 49
Tabla 2-21 Personal temporal requerido para la perforación de un pozo 51
Tabla 2-22 Tipos de terminación sencilla 52
Tabla 2-23 Tipos de completamiento múltiple 54
Tabla 2-24 Equipos y accesorios utilizados durante el Completamiento 55
Tabla 2-25 Fuentes y actividades generadoras de residuos en el proceso de perforación 55
Tabla 2-26 Código de colores y clasificación de residuos 57
Tabla 2-27 Estimación de Volúmenes 59
Tabla 2-28 Clasificación, Manejo y disposición de Residuos Sólidos 59
Tabla 2-29 Clasificación, Manejo y disposición de Residuos Líquidos 60
Tabla 2-30 Alternativas de disposición final de cortes de perforación tratados 61
Tabla 2-31 Alternativas de disposición final de agua residual (domestica e industrial) 62
Tabla 2-32 Cantidad de Pozos a perforar 65
Tabla 2-33 Duración y actividades estimadas para la perforación típica de un pozo productor 65
Tabla 2-34 Cantidad de pozos a perforar 67
Tabla 2-35 Especificaciones Técnicas de pozos Inyectores 68

Tabla 2-36 Personal estimado para la perforación, completamiento y pruebas de integridad 74
Tabla 2-37 Número máximo de locaciones y pozos 78
Tabla 2-38 Duración estimada para la perforación de un (1) pozo inyector 79
Tabla 2-39 Cantidad de pozos Disposal a perforar o convertir 80
Tabla 2-40 Especificaciones Técnicas de pozos Disposal 80
Tabla 2-41 Número máximo de plataformas y pozos 83
Tabla 2-42 Duración estimada para la perforación de un (1) pozo Disposal 85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Esquema Típico de un equipo de Perforación Convencional 13
Figura 2-2 Sistema de control de pozos 22
Figura 2-3 Proceso de Tratamiento de lodos 24
Figura 2-4 Tratamiento de aguas negras 25
Figura 2-5 Proceso de Ósmosis Inversa 27
Figura 2-6 Flujograma del proceso de disposición de cortes de perforación a base de agua 29
Figura 2-7 Flujograma del proceso de disposición de cortes de perforación a base de aceite .. 29
Figura 2-8 Proceso de desorción térmico de fuego indirecto 30
Figura 2-9 Pozo vertical 33
Figura 2-10 Esquema de revestimiento de pozos para la protección y aislamiento de acuíferos 36
Figura 2-11 Esquema de operación de cementación 37
Figura 2-12 Combustión Dual para generación de energía 48
Figura 2-13 Sistema de Combustión Dual para generación de energía 49
Figura 2-14 Etapas para el manejo integral de los residuos sólidos 57
Figura 2-15 Manejo del agua residual 63
Figura 2-16 Manejo de fluidos especiales 63
Figura 2-17 Diseño mecánico de un pozo inyector 71
Figura 2-18 Equipo de Workover para el reacondicionamiento de pozos 72
Figura 2-19 Ejemplo de información asociada al estado mecánico de un pozo 73
Figura 2-20 Esquema tipo de disposición de fluidos Disposal 82

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1 Generadores y motores 18
Fotografía 2-2 Componentes del sistema de Rotación 18
Fotografía 2-3 Sistemas de levantamiento 19
Fotografía 2-4 Sistema de Circulación 20
Fotografía 2-5 Prueba de Jarras 26
Fotografía 2-6 Campamentos en locaciones 40
Fotografía 2-7 Tanques y estructuras móviles 44

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.2.2.1 Estrategias de desarrollo

2.2.2.2 Perforación de pozos

Dentro de la subetapa de perforación de pozos se identifican las estrategias de desarrollo según su destino o finalidad, en este sentido, se consideran cuatro (4) estrategias de Desarrollo específicas, enfocada en los tipos de pozos a perforar en el Área de Desarrollo Bucare que corresponden a los pozos exploratorios Near Field Exploration (NFE), para las actividades exploratorias donde se evalúan la posible producción del yacimiento, pozos productores para la extracción de los fluidos del yacimiento identificado como posible productor, Perforación de pozos inyectores, que pueden ser para el sostenimiento de presión o recobro, y pozos con finalidad disposal que son para la disposición final de aguas residuales. A continuaciones en la **Tabla 2-1**, se enlistan los tipos de pozos a perforar.

Tabla 2-1 Estrategias de Desarrollo contempladas en la perforación y operación de pozos

ESTRATEGIAS DEFINIDAS EN LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA HI-TER-1-03		ESTRATEGIAS DE DESARROLLO DEFINIDAS EN EL EIA ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
ID	**Estrategia de Desarrollo Generales**	**Estructura del documento (Numeral 2.2.2) para la presentación de las Estrategia de Desarrollo**	**ED**
2	***Perforación de pozos***	***2.2.2.2. Perforación de pozos***	
		2.2.2.2.1. Perforación de pozos exploratorios y/o NFE	***ED4***
		2.2.2.2.2. Perforación de pozos Productores	***ED5***
		2.2.2.2.3. Perforación de pozos Inyectores	***ED6***
		2.2.2.2.4. Perforación de pozos Disposal	***ED7***

Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.2.1 Perforación de pozos exploratorios y/o NFE (ED4)

La estrategia de perforación de pozos exploratorios (Near Field Exploration) permite tomar ventaja del conocimiento técnico y de posibles sinergias con el plan de desarrollo del área de Desarrollo Bucare, con la posibilidad de incorporar en campañas de proyectos de producción la implementación de estas oportunidades exploratorias.

La profundidad de los pozos será variable y definida en función de los diferentes resultados arrojados por los estudios geológicos realizados para este fin a lo largo del campo, estos pozos podrán ser perforados desde las locaciones proyectadas para este tipo de pozos o podrán compartir locaciones con los pozos productores, inyectores y/o dispositores (Disposal).

2.2.2.2.1.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

La estrategia de desarrollo contempla la actividad de perforación de pozos exploratorios que tendrá como objetivo probar tanto el potencial de hidrocarburos en formaciones no explotadas, como estimar la extensión del yacimiento en zonas no explotadas; las actividades asociadas a la perforación de pozos exploratorios se desarrollarán en Locaciones Multipozo existentes o nuevas dentro del Área de Desarrollo Bucare de acuerdo con las tecnologías y métodos descritos en el presente EIA.

Así las cosas, para la perforación de pozos exploratorios, se solicita una cantidad de hasta dieciséis (16) pozos, 1 pozo por locación, pozos que se descontarán del total de los 105 pozos solicitados

para el Área de Desarrollo Bucare; para la perforación de los pozos se utilizarán lodos base agua y/o base aceite (Ver **Tabla 2-2**).

Tabla 2-2 Cantidad de Pozos Exploratorios a perforar

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ALCANCE	CANTIDAD DE POZOS
Perforación de pozos Exploratorios Near Field Exploration (NFE)	Perforación de pozos: Hasta 15 pozos por cada locación hasta completar un total de 105 pozos de la siguiente manera: Perforación de hasta 16 pozos exploratorios (1 por cada locación) *Perforación de 89 pozos restantes que podrán ser para destino productor, inyector o Disposal de acuerdo con las necesidades del plan de desarrollo del área. (En caso de no requerirse los 16 pozos exploratorios, dicha cantidad podrá ser productores, inyectores y/o Disposal).*	Hasta 16 pozos exploratorios NFE

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Para la ejecución de esta Estrategia es necesaria la realización de actividades asociadas a temas constructivos, cuya descripción se consigna en los numerales correspondientes a los "Métodos constructivos e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, y otras)" los cuales son similares en su descripción a los descritos en la estrategia de desarrollo Perforación de Pozos Productores (ED5) en su numeral 2.2.2.2.2.2 Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación y numeral 2.2.2.2.2.3 Instalaciones de apoyo.

2.2.2.2.1.2 Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación

Para la perforación de pozos exploratorios se planea usar equipos de perforación conocidos como taladros (RIGS) de última tecnología; estos cuentan con un conjunto de cinco sistemas básicos para la operación: potencia, rotación, levantamiento, circulación y sistema de control de pozos, los cuales son similares en su descripción a los descritos en la estrategia de desarrollo Perforación de Pozos Productores (ED5) en su numeral 2.2.2.2.2.2 Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación.

2.2.2.2.1.3 Instalaciones de apoyo

Las instalaciones de apoyo para el desarrollo del Área Bucare, son las referidas y descritas para cada una de las actividades listadas en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.2 Perforación de pozos productores (ED5).

2.2.2.2.1.4 Requerimientos de insumos y fuentes de energía

Los materiales e insumos que se requieren para la perforación son los necesarios para:

- ✓ Preparación del lodo base agua
- ✓ Preparación del lodo base aceite (en caso de requerirse)
- ✓ Tratamiento de aguas residuales industriales
- ✓ Tratamiento de cortes de perforación estimulación y limpieza
- ✓ Otros insumos o sustancias

Por lo tanto, la descripción de estos requerimientos es similar a los descritos anteriormente en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.2 Perforación de pozos productores (ED5).

2.2.2.2.1.5 Organización típica y personal necesario

Para las actividades de perforación ECOPETROL S.A. cuenta con compañías especializadas en cada área del proceso (perforación direccional, lodos, registros eléctricos, etc.).

Durante la etapa de perforación del pozo exploratorio, se requiere personal con mano de obra calificada y no calificada que serán de base y temporal o flotante, tal como se encuentran descritos anteriormente en la estrategia de desarrollo Perforación de pozos productores (ED5) en su numeral 2.2.2.2.2.5 Organización típica y personal necesario. Este personal es estimado y podrá variar en función de las actividades y fases que se estén ejecutando.

2.2.2.2.1.6 Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos y manejo de residuos

Una prueba de producción o de formación, es un procedimiento que se realiza con el propósito de evaluar y analizar el contenido de fluidos en los pozos exploratorios y las características de la formación para determinar si es comercialmente explotable. Una vez perforado el pozo exploratorio, alcanzada la formación de interés y ejecutada la toma de registros, se procederá a terminar el pozo y completarlo ya sea con una sarta temporal (DST-TCP) o un completamiento definitivo para realizar las pruebas de producción. Para los pozos exploratorios recién completados, se realizarán las pruebas de producción conocidas como Well Testing, mediante las cuales se determina el potencial inicial del pozo. Estas pruebas tendrán una duración de una (1) hasta cuatro (4) semanas (un mes); se realizan una vez sea seleccionado e instalado el completamiento y tienen además el objetivo de determinar el tipo y volumen de fluidos presentes en la formación y sus principales características como el porcentaje de agua y sedimentos (BS&W), la relación Gas-Aceite (GOR), la gravedad API, la salinidad del agua, el potencial de producción del pozo, los niveles o comportamiento de las presiones existentes en el yacimiento y las características de la formación.

✓ Tipos de pruebas de Producción

Una vez perforado el pozo, alcanzada la formación de interés y ejecutada la toma de registros, se procederá a realizar las pruebas de producción. Inicialmente se realizan pruebas iniciales o pruebas cortas, las cuales tienen una duración próxima o inferior a tres (3) meses; con el fin de determinar las características de los fluidos presentes en la formación de interés y de acuerdo con el resultado de éstas se procede con las pruebas extensas, que tendrán una duración aproximada de seis (6) meses que pueden ser prorrogables hasta por 1 año.

- Prueba inicial de Producción

Pruebas que se realizan posteriormente a la terminación oficial de un pozo nuevo, e incluyen pruebas de presión y de evaluación de rocas y fluidos del yacimiento. En la prueba se realiza toma de muestras, registros de presión y acondicionamiento del pozo. Los resultados de la prueba se reportarán en el Formulario 103 "Informe de terminación oficial" de la ANH. Cuando las circunstancias operacionales o las características del yacimiento lo ameriten, el Ministerio de Minas y Energía podrá autorizar tiempos superiores de prueba, la realización de trabajos adicionales al programa original de terminación o cambios con relación a las pruebas selectivas.

Su tiempo ideal es el período inicial de producción del pozo. Provee información acerca de la permeabilidad, factor de daño y el volumen del yacimiento en comunicación (continuidad de la arena). Ofrece ventajas económicas, porque se realiza con el pozo en producción. Su mayor desventaja es la dificultad para mantener una tasa constante. Si no se puede lograr la tasa constante se recomienda el uso de pruebas multitasa. La parte inicial de los datos se ven influenciados por el efecto de post flujo.

Las pruebas cortas de producción podrán corresponder entre otras a pruebas PDT (Pressure Drawdown Test: prueba de declinación de presión), en donde se utilizará tubería de producción, siguiendo un procedimiento similar:

- Selección de los intervalos más prospectivos.
- Sentado de la tubería producción (tubing) con un empaque a unos 500 pies encima del intervalo a evaluar y se llena con el fluido de completamiento (una columna de
- +/- 900 pies).
- Cañoneo del (los) intervalo(s) seleccionado(s).
- Flujo de pozo y evaluación de la respuesta del yacimiento para determinar los fluidos producidos (tipo y cantidad).
- Prueba de Declinación de Presión (PDT)

La prueba inicial de producción en pozos exploratorios, es un procedimiento técnico y regulado que busca evaluar el potencial productivo de un yacimiento de hidrocarburos, midiendo caudales, presiones y características del fluido extraído.

- Prueba Extensa

Periodo de producción posterior a la prueba inicial o pruebas cortas que tiene por finalidad obtener información adicional del yacimiento, para definir la comercialidad o no del campo. Para realizar las pruebas extensas de producción se debe obtener autorización previa del Ministerio de Minas y Energía, para cuyos efectos se debe tener aprobado el Formulario 103 "Informe de terminación oficial" y las Facilidades de producción a utilizar, las cuales deberán ser instaladas bajo el cumplimiento de las normas técnicas nacionales o internacionales en la materia, además presentar un programa de pruebas y un mapa del área del yacimiento, de acuerdo con el (Decreto 3229, 2003), o las normas que lo modifiquen o sustituyan.

Las pruebas extensas de producción se realizarán con el fin de registrar y determinar: la tasa de producción estable del pozo, el potencial del yacimiento, las características de la mezcla de fluidos tales como porcentaje de agua y de sedimentos (%BSW), la relación gas/aceite (GOR), la gravedad API del crudo producido y la salinidad del agua de formación, los niveles o comportamiento de las presiones existentes en el yacimiento y las características petrofísicas de la formación, etc.

Las pruebas extensas de producción podrán corresponder a pruebas PBU (Pressure Build Up: prueba de restauración), Pruebas de Interferencia y/o Pruebas multitasa, entre otras:

- Pruebas de Restauración de Presión (PBU): Para analizar pruebas de presión vs tiempo obtenidas de pozos para determinar permeabilidad y porosidad. Estas pruebas se realizan en un período inicial de presiones que resulta de un cambio en la tasa de producción de un pozo y no depende de la forma del yacimiento.
- Pruebas de Interferencia: Su propósito general es determinar si existe comunicación entre dos o más pozos en un yacimiento. Cuando existe comunicación, provee estimados de permeabilidad, porosidad y compresibilidad (φ, Ct) y determina la posibilidad de anisotropía en el estrato productor. En una prueba de interferencia, un pozo es producido y la presión es observada en un pozo diferente (o pozos). Una prueba de interferencia monitorea los cambios de presión afuera en el yacimiento, a una distancia lejana al pozo productor original.
- Pruebas Multitasa: pruebas que pueden aplicarse desde una tasa variable libre hasta una serie de tasas constantes, para una prueba de presión de fondo, con constantes cambios en la tasa de flujo. En esta prueba, son esenciales tasas de flujo y medidas de presión, exactas, para proveer datos semejantes a las pruebas transitorias aun cuando la producción continúa. También contribuye a minimizar los cambios en los coeficientes de almacenamiento del pozo y efecto de los estados de segregación. Muestran gran ventaja cuando sé está cambiando del periodo de almacenamiento (post flujo) al periodo medio.

Otros objetivos de las pruebas extensas son:

- Efectuar la limpieza de los sedimentos contenidos en la posible formación productora.
- Determinar posibles daños de formación causado durante las actividades de perforación.
- Determinar las permeabilidades de la zona productora, las presiones de la formación, las temperaturas de fondo, la porosidad promedio y los índices de productividad de la zona de interés, las cuales son evaluadas a varias tasas de flujo
- Identificar los mecanismos primarios de producción del yacimiento. Estos mecanismos están directamente relacionados por las presiones de fondo cuando el pozo se encuentra fluyendo y por las tasas de producción de este
- Establecer inicialmente los límites del yacimiento

    - Actividades asociadas a las pruebas de producción

En general, las actividades a desarrollar durante las pruebas iniciales y extensas de producción serán:

- Recibir la producción proveniente del pozo a través de línea de flujo.
- Efectuar temporalmente los procesos de separación gas/líquido y tratamiento crudo/agua.
- Enviar los líquidos (crudo y agua) a los respectivos tanques de almacenamiento.
- Cargar y enviar por carrotanques, los fluidos producidos desde el sitio de prueba hacia los destinos definidos por la compañía.

Estas actividades se desarrollarán en la misma Locación y dependiendo de los resultados obtenidos en estas pruebas, se habilitará la posibilidad de adecuación de las Facilidades Tempranas de Producción.

- Producción Temprana

La producción temprana es un proceso regulado que permite aprovechar hidrocarburos descubiertos mientras se obtiene información técnica cumpliendo con los requisitos ambientales. Inicia después de la perforación exitosa y consta de las siguientes etapas:

- Evaluación del yacimiento: Se realizan pruebas para evaluar la productividad del pozo, midiendo la presión, la temperatura y la curva de rendimiento. Se obtienen y analizan muestras del petróleo y gas para determinar su calidad. Se evalúa la eficiencia de la operación de completamiento y se identifica el daño del pozo para planificar posibles tratamientos de estimulación. Se determina si el yacimiento es técnicamente y comercialmente viable, lo que puede llevar a la aprobación del Plan de Desarrollo y Operación

- Perforación de pozos de producción (si es necesario) De acuerdo al plan de desarrollo, se perforan pozos de producción adicionales para aumentar la producción. Se instala la infraestructura necesaria, como líneas de superficie, para conectar el pozo a la superficie. Se utilizan equipos mínimos para procesar el crudo, como tanques de almacenamiento y unidades de tratamiento inicia

- Inicio de la extracción y procesamiento inicial de hidrocarburos. Los hidrocarburos son conducidos a la superficie a través de la tubería de producción. Se separan los hidrocarburos del agua utilizando tecnologías de separación que pueden incluir tanques y otros equipos. Se pueden inyectar químicos y calentar el fluido para facilitar la separación y cumplir con especificaciones. El crudo ya separado es enviado a tanques de almacenamiento y luego

transportado para su refinación. El agua separada se trata y se gestiona de acuerdo con las normativas ambientales establecidas

La producción temprana tendrá una duración de seis (6) meses, prorrogables en función de su alcance, por periodos iguales, con una duración máxima total de veinticuatro (24) meses, o hasta que se cuente con resolución de explotación por parte de la autoridad competente. En la Tabla 2-3 se identifican los insumos requeridos en las pruebas de producción.

Tabla 2-3 Materiales e insumos utilizados para las pruebas de producción

ACTIVIDAD	SUSTANCIA O INSUMO QUE UTILIZAR	FUNCIÓN
ESTIMULACIÓN Y LIMPIEZA	agua, espumas, arena	Bases e insumos para preparación de fluidos para perforación.
	Grava, arena, salmueras	Insumos para control de sedimentos y limpieza del pozo; la arena se usa como apuntalante en las fracturas de la formación.
	Ácidos: clorhídrico (HCl), acético ($C_2H_4O_2$), fórmico (CH_2O_2) y fluorhídrico (HF).	Compuestos base para la preparación de las soluciones a bombear
	Bactericidas	Previenen y controlan pérdidas de viscosidad ocasionadas por bacterias
	Estabilizadores	Se adicionan a los fluidos de estimulación para proporcionar mayor estabilidad cuando se manejan altas temperaturas de operación
	Surfactantes	Reducir tensiones superficiales o interfaciales para promover la limpieza y el flujo a través de los poros de la formación.
	Óxidos de hierro, bisulfato de aluminio, carbonato de zinc y cromato de zinc	Inhibidores de corrosión
OTROS	ACPM, gasolina, grasa, aceites hidráulicos y aceites lubricantes, geomembranas, arena.	Son sustancias que se utilizan para el funcionamiento y mantenimiento de los equipos, motores y maquinaria en general, así como para controlar fugas o eventuales derrames.
Nota: Los insumos podrán variar en función de las necesidades y condiciones de los trabajos a realizar.		

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

En las pruebas de producción (cortas y extensas) es necesario tener en cuenta el manejo, manipulación y transporte de fluidos como el crudo, el gas y el agua provenientes de las formaciones productoras (Ver **Tabla 2-4**).

Tabla 2-4 Manejo de fluidos, crudo, gas y agua durante las pruebas de producción en pozos

MANEJO EN PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	DESCRIPCIÓN
MANEJO DE FLUIDOS	Una vez perforado un pozo, ejecutada la toma de registro, terminado (revestido, cementado) y completado, las pruebas de producción son realizadas con la finalidad de evaluar potencialidad, capacidad de producción, reservas “in situ”, características de los fluidos y viabilidad económica del desarrollo de la operación.
MANEJO DE CRUDO	En caso de que un pozo resulte productor, el crudo será tratado y almacenado en tanques, dotados de los elementos de seguridad necesarios, tales como válvulas de presión y vacío, visores y/o alarmas por alto nivel, diques temporales, etc. De estos tanques, el crudo será transportado en carrotanques hasta las instalaciones que tengan disponibilidad de recibir crudo y defina ECOPETROL S.A en su momento.
MANEJO DE GAS	Inicialmente se tiene previsto la instalación de teas para la disposición y quema del gas producido/separado durante el desarrollo de las Pruebas de Producción. Dichas teas se diseñarán siguiendo las normas, en cuanto a altura y ubicación, establecidas en la normatividad vigente. No obstante, debido a los potenciales de los pozos se podría solicitar la aprobación de construcción de Teas horizontales que permitirán realizar una evaluación idónea con el potencial del pozo. En caso de que sea técnica y económicamente viable, el gas

MANEJO EN PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	DESCRIPCIÓN
	será aprovechado para generación de energía, venta o consumo interno en la vida productiva del pozo.
MANEJO DE AGUA	Las aguas de producción resultantes de la separación/tratamiento de fases y que se encuentren total o parcialmente tratadas, se almacenarán temporalmente dentro de las Localizaciones o FTP (Facilidades Tempranas de Producción), para su posterior transporte por carrotanque al sitio autorizado o disposición de acuerdo con la(s) alternativa(s) autorizada(s).

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- ✓ Completamiento

Es la configuración de equipos en subsuelo (tuberías de producción) y superficie (sistema de levantamiento) necesaria para conducir los fluidos del yacimiento a superficie de forma controlada y segura. Para hacer el diseño adecuado del completamiento se debe tener en cuenta características de producción del pozo, las tasas de producción y las condiciones mecánicas y de yacimiento del mismo (características de la roca, anticipar condiciones de operación como presiones y temperaturas, entre otras). Generalmente como mecanismo de producción se utiliza sistemas de levantamiento artificial, debido a que el yacimiento de estos no cuenta con flujo natural de empuje para producción de los fluidos contenidos.

El completamiento es el conjunto de trabajos que se realizan en cualquier tipo de pozo, después de la perforación en aras de dejarlos en condiciones de producir eficientemente los fluidos de la formación o como de inyección de agua. Para el completamiento de pozos productores, los trabajos pueden incluir el revestimiento del intervalo productor con tubería lisa o ranurada, la realización de empaques con grava o el cañoneo del revestidor y finalmente, la instalación de la tubería de producción. Bajo la premisa anterior, las actividades son similares a las presentadas y descritas en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.2 Perforación de pozos productores (ED5).

2.2.2.2.1.7 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad

La etapa de desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas se desarrollará de acuerdo con cinco (5) actividades que la conforman de forma general, así:

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida de maquinaria (A-46)
- ✓ Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación (A-47)
- ✓ Cierre y abandono del pozo y contrapozo (A-48).
- ✓ Demolición y Desmonte de infraestructura (A-49)
- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52)

El taponamiento y abandono de un pozo corresponde a la fase final del ciclo de vida de este y consiste en establecer las barreras permanentes dentro del pozo, de tal forma que se conserve la integridad del mismo, lo anterior con la perspectiva del no reingreso (re-entry) futura del pozo.

En este orden de ideas, un pozo exploratorio es abandonado cuando se presenta cualquiera de las siguientes condiciones: pozos secos, con daño mecánico o que no cumplan con los requisitos para un desarrollo económicamente viable o cuando por orden o consideración técnica, por parte del Ministerio de Minas y Energía, este deba ser abandonado; también cuando durante la perforación del pozo se encuentra con zonas acuíferas y el objetivo es otro, caso en el cual se debe hacer la terminación, suspensión y/o abandono temporal del pozo, de tal forma que en el futuro, pueda ser usado para otro fin.

Las consideraciones para abandono de pozos son presentadas de manera general puesto que cada pozo es un caso particular y debe ser planeado de acuerdo con las características que éste presente y consideraciones técnicas requeridas; sin embargo, de manera integral el Plan de Abandono, ampara las actividades correspondientes a la desincorporación de activos.

Para un adecuado diseño de abandono del pozo se considerará como mínimo los siguientes insumos para una correcta ubicación y diseño de las barreras:

- ✓ Identificar todas las formaciones expuestas a flujo en el momento del abandono del pozo y las formaciones adyacentes como sellos naturales y formaciones con potencial de influjo futuro.
- ✓ Identificar el estado del pozo en el momento del abandono: estado de los revestimientos, cementación original, “sidetracks”, pescados, restricciones, desgastes, colapsos, fracturas, corrosión, etc.
- ✓ Identificación de potenciales puntos de fuga en elementos del completamiento.
- ✓ Análisis previo de presencia de presiones en los anulares. Realizar una prueba de drenaje y reconstrucción de presión para diagnosticar el problema, si es el caso y realizar todas las actividades que sean necesarias, para determinar la fuente.
- ✓ Fuerzas tectónicas y sismicidad.
- ✓ Identificar presión y temperatura actual del yacimiento.
- ✓ Proyectos futuros EOR de los yacimientos, tales como proyectos térmicos.
- ✓ Tipos de fluidos existentes en el yacimiento.
- ✓ Registros de cementación y cualquier otro dato sobre la integridad durante la vida del pozo.

A continuación, se listan las principales actividades a ejecutar durante el cierre temporal y abandono de pozos:

- ✓ Justificación de la necesidad de la suspensión
- ✓ Análisis de la integridad del pozo
- ✓ Instalación de barreras
- ✓ Taponamiento
- ✓ Identificación de pozos abandonados

La descripción detallada de las actividades a seguir para realizar el desmantelamiento y abandono de pozos se consigna en el Capítulo 10_PLAN_DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO, del presente Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare.

2.2.2.2.1.8 Número Máximo de plataformas y pozos

Se requiere la perforación de máximo de dieciséis (16) pozos exploratorios NFE (1 por cada locación) del total de 105 pozos para el campo. La cantidad perforada final, se descontarán del total de los 105 pozos y la cantidad restante se destinará para pozos productores, inyectores y/o disposal en el Área de Desarrollo Bucare. Para la perforación de los pozos se utilizarán lodos base agua y/o base aceite. Estos pozos podrán ubicarse en las locaciones estimadas para producción, inyección y/o Disposal de tal manera que se puedan compartir y optimizar zonas dentro de las mismas locaciones, según las necesidades del proyecto.

El número máximo de locaciones y pozos objeto de solicitud para la presente estrategia de desarrollo se presentan en el numeral 2.2.2.1.3.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare, Sin embargo, se precisa que el número máximo de locaciones (Locaciones Multipozo) es de dieciséis (16) de las cuales una (1) es existente y se realizarán actividades constructivas y de ampliación hasta las 6 ha.

Tabla 2-5 Número Máximo de pozos a perforar en el Área de Desarrollo Bucare

TIPO DE ACTIVIDAD	MÁXIMO DE LOCACIONES MULTIPOZO	MÁXIMO DE POZOS A PERFORAR POR LOCACIÓN	MÁXIMO DE POZOS EXPLORATORIOS POR LOCACIÓN	NÚMERO MÁXIMO DE POZOS
Perforación de pozos exploratorios-Near Field Exploration (NFE)	16	15	1	*Máximo dieciséis (16) pozos Exploratorios NFE, donde se proyecta de hasta un (1) pozo exploratorio, por cada locación. La cantidad perforada final, se descontarán del total de los 105 pozos y la cantidad restante se destinará para pozos productores, inyectores y/o disposal en el Área de Desarrollo Bucare*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.1.9 Estimativo de mano de obra

Las actividades asociadas a la perforación de pozos exploratorios mantienen el mismo alcance de las contempladas para la perforación de pozos productores, en este orden de ideas el personal requerido es el mismo considerado para la perforación de los pozos mencionados y cuyo detalle se presenta en la estrategia de desarrollo Perforación de pozos productores (ED5) en su numeral 2.2.2.2.2.9 Estimativo de mano de obra.

2.2.2.2.1.10 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

La duración de las obras se estima a partir de las actividades a ejecutar en cada etapa de desarrollo y que se definen en la Tabla 2-3 Definición de actividades a desarrollar en el Área de Desarrollo Bucare, presentada en el subcapítulo 2.2.2 Estrategias de Desarrollo del presente estudio EIA. Este estimativo del cronograma se realiza teniendo en cuenta que, los tiempos podrán variar de acuerdo a las necesidades del proyecto, tiempos que se especificarán en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos (PMAE) que se presenten para cada proyecto y/o infraestructura a desarrollar.

A continuación, en la **Tabla 2-6**, se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de exploratorio (NFE) tipo. Cabe precisar que se trata de un estimativo y los tiempos y cantidades por fase podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto

Tabla 2-6 Duración y actividades estimadas para la perforación típica de un pozo Exploratorio (NFE)

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OPERATIVA	***PERFORACIÓN DE POZOS (Productores, Inyectores y Disposal)***	***A-28***	*Instalación y operación de campamentos*												
		A-29	*Montaje del taladro y equipos de perforación*												
		A-30	*Perforación, completamiento y operación del pozo*												
	MANTENIMIENTO	***A-42***	*Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)*												

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		***A-46***	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.*	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención											
		A-48	*Cierre y abandono del pozo y contrapozo*												
		A-49	*Demolición y desmonte de infraestructura*												
		A-50	*Limpieza de áreas*												
		A-51	*Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización*												
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		***A-53***	*Contratación de mano de obra*	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico											
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*												
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*												
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*												
		A-58	*Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles*												
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*												
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*												
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*												
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*												
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*												

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.2 Perforación de pozos Productores (ED5)

La perforación de pozos productores de petróleo es una obra de ingeniería compleja cuyo objetivo principal es crear un conducto seguro desde la superficie hasta un yacimiento subterráneo para extraer hidrocarburos (petróleo y gas natural) de manera eficiente.

El proceso comienza con la planificación y preparación del terreno, donde se analizan datos sísmicos para determinar la ubicación ideal y se instala una plataforma de perforación especializada. La fase operativa implica el uso de una broca rotatoria que corta progresivamente las formaciones rocosas. Durante esta operación, se inyectan fluidos de perforación (lodos) esenciales para enfriar la broca, controlar las presiones del subsuelo, estabilizar las paredes del pozo y transportar los recortes de roca a la superficie. A medida que el agujero gana profundidad, se instalan tuberías de revestimiento (casing) que se cementan en su lugar para prevenir derrumbes y aislar las distintas capas geológicas, incluidas las aguas subterráneas, de la contaminación.

Finalmente, si las pruebas y evaluaciones confirman la viabilidad del yacimiento, el pozo se "completa" con la instalación de equipos y válvulas necesarios para controlar y dirigir el flujo de petróleo hacia las instalaciones de procesamiento en superficie.

2.2.2.2.2.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

Se solicita la perforación de hasta quince (15) pozos por cada locación construida y hasta llegar a un total de ciento cinco (105) de los cuales, hasta 16 pozos podrán ser exploratorios NFE y la cantidad restante de los pozos exploratorios perforados, podrán tener un objetivo de pozos productores realizando perforaciones hasta el objetivo geológico planeado. A continuación, en la **Tabla 2-7** se identifica la cantidad total de pozos a perforar dentro del área de Desarrollo Bucare.

Tabla 2-7 Cantidad de Pozos a perforar

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ALCANCE	CANTIDAD DE POZOS
Perforación de pozos Productores	Se proyectan la perforación de hasta 15 pozos por cada locación descontando los pozos que se hayan perforado como exploratorios de los 105 en total. Los pozos restantes podrán ser productores	Hasta 15 por cada plataforma descontando los pozos NFE que se hayan perforado

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Los pozos productores se proyectan a profundidades promedio de 9024 ft de acuerdo con las siguientes especificaciones e información técnica (Ver Tabla 2-8):

Tabla 2-8 Especificaciones Técnicas de pozos Productores

ESPECIFICACIONES DE POZOS	
Pozo Tipo	Productor
Profundidad MD/TVD (ft)	9024 / 8743
Objetivo Geológico MD/TVD	T2
Geometría	Tipo S modificado
Pozos Offset	Kimera-1, Leyenda-1, Meta-1, Kimera-1, Yacare-1, Pachaquiaro-1, Aquila-1 y Castilla Norte-10 OCM: Castilla Norte 283, 280, 274,464 & Pachaquiaro 1
Presión del Yacimiento (Psi)	2300 – 2400
Temperatura del Yacimiento (°F)	190 – 230
Gradiente de Temperatura (°F/1000ft)	0,1 – 0,14
Gradiente de fractura (PSI/FT)	T2: 0,7 – 0,86
Registros – OH	LWD (GR-RES inducción) (51 pozos) WLN Tripe Combo (GR, SP, Temperatura de alta resolución, resistividad y microresistividad Laterolog, Densidad, Neutrón y Caliper) (1 pozo)
Registros – CH	1. CBL-VDL-Ultrasónico 9-5/8" & 7"

ESPECIFICACIONES DE POZOS	
	2. GR a superficie. 3. Gyro / Solo Cuando no se tomen Survey en OD
Puntos de presión	Wireline: 20 puntos de presión (16 pozos productores con puntos de presión)
Tipo de Hidrocarburo esperado	Black Oil 8 -9 API
Porosidad	0.15 -0.18
Permeabilidad	0.633 - 1.087
Pies netos a cañonear	35 -120
Requerimientos de estimulación/fractura	Fracturamiento (Contingente)
SLA Sugerido	BES +Y Tool

Nota: De acuerdo con la información inicial el yacimiento objetivo es el T2; sin embargo, con los resultados de los pozos exploratorios, es posible que se identifiquen otras formaciones objetivo
Fuente: ECOPETROL S.A, adaptado por SGI S.A.S, 2025

2.2.2.2.2.2 Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación

- ✓ Requerimiento de Maquinaria

La actividad de perforación involucra las siguientes operaciones generales que podrán aplicar para cualquier tipo de pozo ya sea exploratorio, productor, inyector y/o disposal: movilización, montaje y ensamble de equipos, operación de perforación, terminación, completamiento, pruebas de producción y desmovilización.

La perforación se realizará por medio de un equipo de perforación (Taladro) cuya capacidad oscila entre 750 y 3.000 HP de potencia nominal. La capacidad y dimensiones de los equipos que lo componen serán variables de acuerdo con la profundidad proyectada del pozo, las formaciones que se van a atravesar y las condiciones propias del subsuelo. A continuación, en la **Figura 2-1**, se muestra el esquema típico de un taladro de perforación:

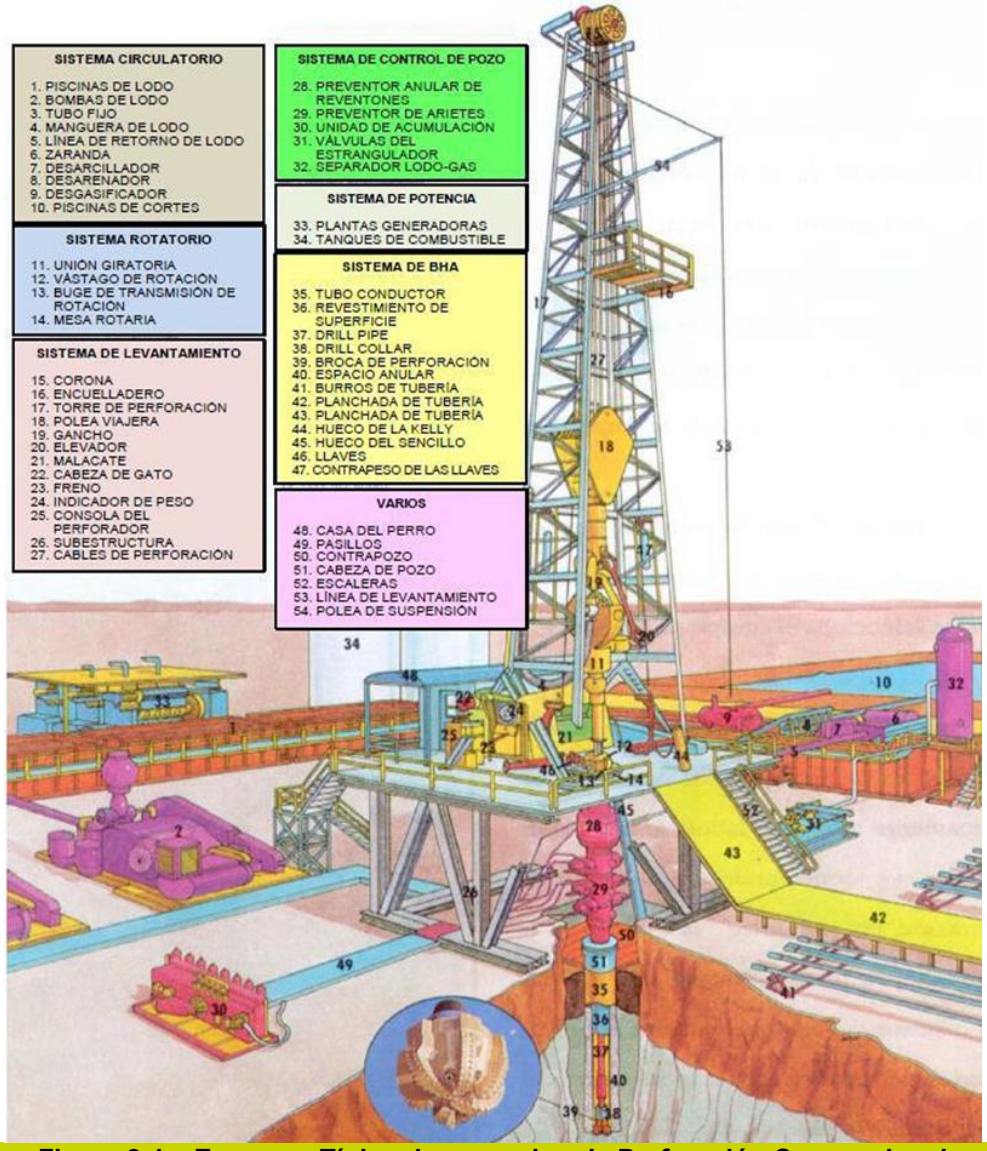


Figura 2-1 Esquema Típico de un equipo de Perforación Convencional
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Los equipos con mayor incidencia dentro de una operación de perforación se listan en la **Tabla 2-9**. Cabe precisar que los equipos listados corresponden a estimativos y que estos y sus accesorios podrán variar en función de las necesidades técnicas del proyecto, las condiciones del área y las tecnologías disponibles.

Tabla 2-9 Equipos a utilizar para la perforación de pozos

EQUIPO	ACCESORIOS
EQUIPO DE LEVANTAMIENTO	Torre
	Piso de perforación
	Malacate
	Corona

EQUIPO	ACCESORIOS
	Bloque viajero
	Tambor de malacate
	Polea fija o viajera
	Gancho y brazos del elevador
	Línea de Izaje / Catline boom & Hoist Line
	Rampa de tubería /Pipe Ramp / V-Door
EQUIPO DE ROTACIÓN	Mesa rotaria
	Buje principal
	Buje de manejo
	Vástago de rotación
	Substituto de desgaste
	Buje del vástago
	Top Drive
	Kelly o cuadrante
	BHA o ensamblaje de pozo
EQUIPO DE CIRCULACIÓN	Tanques de lodo
	Líneas de succión
	Bombas de lodo
	Línea de descarga
	Standpipe
	Unión giratoria
	Bombas centrífugas
EQUIPO DE POTENCIA	Generadores
	Motores
	Tanques de combustible
EQUIPO DE PERFORACIÓN	Tanques de lodo
	Bombas de lodo
	Unidad de mando (Caseta del Perro)
	Sarta de perforación
	Motor de fondo (opcional)
	Tubería de perforación
	Collares de perforación
	Broca
EQUIPO DE CONTROL DE REVENTONES	Quemador Indicadores de flujo Indicadores de volumen en los tanques de lodo Indicadores de hueco lleno Preventoras: Preventora anular Arietes de tubería Arietes ciegos Arietes de corte Línea de llenado

EQUIPO	ACCESORIOS
	Acumulador de presión - KOOMEY UNIT (Equipo que permite acumular presión para operar los componentes del BOP como preventoras, válvulas, reguladores y múltiple de distribución)
EQUIPO DE MANEJO Y TRATAMIENTO DE CORTES Y LODO	Zarandas Desarenador Deslimador Mud cleaner Centrífugas
EQUIPO DE TRATAMIENTO DE AGUA	*"Red fox"* (agua residual doméstica) Unidad de *Dewatering* Kit de muestreo para pruebas fisicoquímicas Balanza Unidad de ósmosis inversa (cuando aplique)
EQUIPO DE CONTROL DE INCENDIOS O DE CONTINGENCIAS	Equipo de Control de Incendios o de Contingencias
UNIDAD DE GEOLOGÍA	Laboratorio
	Área de Logging
	Área Well Site
UNIDAD DE PERFORACIÓN DIRECCIONAL	Área de control del direccional
EQUIPO PARA CORAZONAR	Broca de Corazonamiento Barril Interno Junta de cambio de rosca Junta de seguridad Martillo de perforación
EQUIPO DE CEMENTACIÓN	Bombas de desplazamiento positivo Tanques de almacenamiento de cemento Cabeza de cementación Zapato guía o flotador Tapón de tope Tapón de fondo
EQUIPO PARA TOMA DE REGISTRO DE POZO	Camión de registro Sondas de registro Herramientas para manipulación de equipos Unidad de Mudlogging (Cabina de Mudlogging, Sensores, equipos Recogemuestras) Motores de fondo Herramientas direccionales (Conjunto de herramientas que permiten orientar la perforación direccional y la toma de registros de dirección - inclinación & azimut y transmitir los datos a superficie)
OTROS EQUIPOS	Colgador del revestimiento Equipo de soldadura Brocas, equipos de flotación Equipo para el transporte interno de material (cargador) y transporte externo para personal y carga

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

La movilización del equipo de perforación requiere de cama-bajas y cama-altas, dependiendo de la carga a transportar; la movilización se realizará según lo descrito en el numeral 2.2.1.1.2 Vías de acceso al Área de Desarrollo, del presente capítulo; en algunos casos puede requerirse el uso de

tractocamiones para transportar carga extra dimensionada, adicionalmente para armar el equipo de perforación se utilizarán grúas.

Es necesario contar, entre otros, con cargador y grúa, volquetas, retroexcavadoras y carrotanques (según sean las necesidades y requerimientos del proyecto); el traslado de personal de staff y obreros se realiza en los vehículos que cuenten con todos los requerimientos de seguridad exigidos por Ecopetrol S.A. En la **Tabla 2-10** se listan la maquinaria requerida para la movilización durante la etapa de perforación.

Tabla 2-10 Estimativo de maquinaria a utilizar en actividades de perforación de pozos

MAQUINARIA	CANTIDAD ESTIMADA	USO/FUNCIÓN	IMAGEN DE REFERENCIA
GRÚA TELESCÓPICA	1	Izaje de cargas, movimientos cortos de grandes equipos, armado de equipo de torre de perforación.	
MONTACARGAS	1	Movilización de tubería, pequeños equipos y herramientas	
WINCHE (CARROMACHO)	1	Izaje de cargas y equipos medianos para su transporte en cama-baja y cama alta	
CARGADOR	1	Nivelación de zonas, movimiento de cargas densas e irregulares.	
VOLQUETA	2	Transporte de carga de escombros, residuos y materiales	

MAQUINARIA	CANTIDAD ESTIMADA	USO/FUNCIÓN	IMAGEN DE REFERENCIA
RETROCARGADOR/ RETROEXCAVADORA	1	Remoción de material, apertura de surcos y excavaciones	
CARROTANQUE	1	Transporte de sustancias líquidas en general	
CAMA-BAJA	2	Transporte de equipos y maquinaria pesada, de gran dimensión y con centro de gravedad alto	
CAMA-ALTA	2	Transporte de carga básica, materiales y equipos medianos	
CAMIONETA DOBLE CABINA Y BUSETAS	Según estimación por parte de los contratistas de la perforación	Transporte de herramientas menores, equipos pequeños, personal y escolta de transporte de carga larga y ancha.	

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Sistema de Perforación

Está conformado por los motores y/o generadores (Ver **Fotografía 2-1**), la fuente de energía que utilizan este tipo de equipos, suele ser de origen fósil (Diesel); sin embargo, desde Ecopetrol y la política de 0 emisiones de CO2, estos pueden variar a diferentes fuentes de energía más limpias, estos sistemas además dependen completamente del tamaño del taladro y la locación a trabajar, por lo que se definen principalmente por su función, la cual es proporcionar energía necesaria para el funcionamiento del equipo de perforación, entre esos tenemos las bombas de lodo del equipo, los motores que producen el movimiento del malacate para bajar o subir la sarta de perforación, también le proporcionan energía a la mesa rotaria o al equipo de top drive para darle el movimiento de rotación a la sarta de tubería, adicionalmente proporciona la energía para el funcionamiento de los campamentos.



Fotografía 2-1 Generadores y motores
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Sistema de Rotación

La función de este sistema es proporcionar el movimiento rotatorio a la tubería de perforación y la broca. Se pueden utilizar dos sistemas importantes que son la mesa rotaria y /o Top drive. Está compuesto por la unión giratoria o swivel; la mesa rotaria, donde está ubicada la caseta del perforador; herramientas tales como llaves de potencia y llaves hidráulicas para realizar conexiones entre juntas de tubería; buje principal; buje de manejo; vástago de rotación; buje del vástago; sarta de perforación. (Ver **Fotografía 2-2**)

El top drive está impulsado por un motor independiente y le imprime rotación a la sarta de perforación la cual está conectada directamente permitiendo circular mientras se repasa el hueco, al igual que cuando se baja o saca tubería.



Fotografía 2-2 Componentes del sistema de Rotación
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Sistema de Levantamiento

El sistema de levantamiento comprende las operaciones y equipos utilizados para extraer los fluidos del subsuelo una vez que la presión natural del yacimiento es insuficiente. Cuando estas operaciones requieren la manipulación de la tubería dentro del pozo para instalar o mantener el equipo de producción, se emplea un equipo de reacondicionamiento o *workover*, cuyas partes principales son:

- Torre de Perforación/Reacondicionamiento: Una estructura metálica alta que proporciona la elevación y soporte necesarios para manejar las largas secciones de tubería (tubing y drill pipe) dentro y fuera del pozo.
- Malacate (Drawworks): El componente central del sistema de izaje, que consiste en un gran tambor alrededor del cual se enrolla y desenrolla el cable de acero. Es el encargado de generar la fuerza motriz para levantar o descender la carga.
- Corona: Un conjunto de poleas fijas ubicadas en la parte superior de la torre.
- Bloque Viajero (Travelling Block): Un conjunto móvil de poleas que se desplaza verticalmente a lo largo de la torre, conectado a la corona mediante el cable del malacate.
- Gancho(s): Un robusto gancho o sistema de ganchos suspendido del bloque viajero, diseñado para sujetar las herramientas y la tubería mientras se mueven dentro o fuera del pozo. (Ver **Fotografía 2-3**).


Malacate


Cable de perforación


Subestructura


Bloque corona


Bloque viajero


Gancho

Fotografía 2-3 Sistemas de levantamiento
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Sistema de circulación

Durante la perforación es fundamental la circulación permanente de fluido de perforación o lodo que podrá ser base agua o base aceite según la condición operativa del Proyecto, el cual da consistencia a las paredes del pozo, enfría la broca y saca a la superficie el material triturado. El fluido de perforación o lodo será circulado entre la tubería y la broca y asciende por el espacio anular que hay entre la tubería y las paredes del hueco.

El sistema de circulación en pozos petroleros es un circuito cerrado esencial durante la fase de perforación, diseñado para bombear y tratar un fluido de perforación (lodo) a través de la sarta de perforación y de regreso a la superficie. Su función principal es multifacética: acarrear los recortes

de roca generados por la broca, enfriar y lubricar la barrena, mantener la estabilidad del pozo y controlar las presiones del subsuelo para prevenir reventones. El proceso sigue un circuito definido:

- Preparación y Almacenamiento: El lodo de perforación se prepara con agua, arcillas (como bentonita), y aditivos químicos (como barita para densidad) en los tanques de lodo en superficie.
- Bombeo: Las potentes bombas de lodo (generalmente triples o dobles) toman el fluido de los tanques y lo impulsan a alta presión.
- Descenso: El lodo viaja por la línea de descarga, a través del conducto de la torre (*standpipe*), la manguera rotatoria, y entra en la sarta de perforación hueca, descendiendo hasta el fondo del pozo.
- Acción en la Broca: En el fondo, el lodo es expulsado a través de las toberas de la broca, donde limpia el fondo del pozo y comienza su ascenso.
- Ascenso y Retorno: El fluido asciende por el espacio anular (el área entre la sarta de perforación y las paredes del pozo o el revestimiento), arrastrando consigo los recortes de roca (*cutting*s) hacia la superficie.
- Tratamiento y Recirculación: En superficie, el lodo pasa por un sistema de control de sólidos, que incluye cribas vibratorias (*shale shakers*), desarenadores y deslamadores, para separar los recortes y el gas. Una vez limpio, el lodo cae de nuevo a los tanques para ser acondicionado y reutilizado, completando el ciclo (Ver **Fotografía 2-4**).

El fluido de perforación o lodo cumple básicamente con las siguientes funciones: arrastre hasta superficie de los cortes de perforación; contrarrestar las presiones de las formaciones; evitar derrumbes en el hueco; refrigerar y lubricar la broca y la tubería de perforación.



Fotografía 2-4 Sistema de Circulación
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

El proceso de control de sólidos es aquel en el cual, se persigue la eliminación y remoción de la mayor cantidad posible de los sólidos indeseables en el fluido de perforación, mediante la utilización de equipos especializados para tal fin, y en función del tamaño y tipo de sólido. Los principales elementos del equipo de control de sólidos para el sistema de circulación se presentan a continuación en la **Tabla 2-11.**

Tabla 2-11 Sistema de control de Sólidos

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
DESGASIFICADOR	Elimina cualquier fluido gaseoso o volátil incluido en el fluido de perforación o lodo que provenga del subsuelo y que pueda afectar el normal desempeño del equipo de perforación, tanto en el aspecto humano como mecánico (H2S, CO2, metano, entre otros).
ZARANDAS (Shale Shaker)	Consiste en un conjunto de mallas vibratorias cuyo tamaño generalmente se encuentra en un rango de 24 a 325 mesh*. Este equipo retira sólidos de tamaño medio como guijarros y arenas gruesas contenidas en el fluido de perforación, representando la primera línea de defensa contra la acumulación de sólidos.
DESARENADOR (DESANDER)	Dispositivo empleado para la separación de partículas tamaño arena y sólidos mayores, a través del uso de uno o más hidrociclones. El desarenador de ciclón viene de 10 y 12 pulgadas de diámetro (los conos desarenadores de 10 pulgadas de diámetro son recomendables ya que proveen la mejor combinación de separación y capacidad).
DESARCILLADOR (DESILTER)	Compuesto por hidrociclones de menor tamaño que un desarenador, que permite remover partículas más pequeñas (15 micrones). El fluido es bombeado tangencialmente por el interior de uno o varios ciclones (conos), dentro de los cuales la rotación del fluido provee una fuerza centrífuga suficiente para separar las partículas densas por efecto de su peso.
CENTRÍFUGAS	Como los hidrociclones, las centrifugas de decantación incrementan la fuerza causando separación de sólidos mediante el incremento de fuerza centrífuga. En los sistemas de fluidos de perforación densificados, las centrífugas de decantación recuperan hasta un 95% de barita, la cual se regresa al sistema activo al mismo tiempo que se desechan los sólidos más finos y de gravedad específica más baja.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

En los sistemas de deshidratación mejorados químicamente, las centrífugas disminuyen en gran medida los volúmenes de descarga de líquidos y mejoran palpablemente la eficiencia del sistema de control total de sólidos. Es un equipo usado para la separación mecánica de sólidos de bajo peso específico (arcillas y limos generalmente) suspendidos en el fluido de perforación y para reducir la densidad del lodo (fluido de perforación), evitando adicionar líquidos o generar incrementos en el volumen.

En los procesos de control de solidos es posible que se implemente el sistema de Floculación selectiva en el cual las centrífugas decantadoras trabajan directamente al sistema activo para mantener las propiedades del lodo (MBT- Methylene Blue Test, controlar el porcentaje de sólidos de baja gravedad y eliminación de sólidos reactivos) con ayuda química de polímeros (poliacrilamida) cuyo efluente será retornando al sistema activo de fluidos de perforación. El objetivo de este procedimiento es controlar el MBT por la incorporación de arcillas reactivas altamente solubles y reciclar el fluido base (agua), tanto como sea posible minimizando la generación de desechos sólidos y líquidos.

- Sistema de Control de Pozo

Conjunto de equipos e instrumentos que actúan como sistema de seguridad, ante la posible ocurrencia de un influjo incontrolado desde la formación hacia el pozo.

Permite detectar la arremetida; cerrar el pozo en la superficie; circular el pozo bajo presión para sacar el fluido invasor e incrementar la densidad del lodo; mover la sarta de perforación con el pozo cerrado bajo presión; y desviar el flujo lejos de personal y equipos.

El sistema está compuesto por:

- BOP anulares y/o tipo ariete (RAM), las cuales son válvulas que permiten obturar el espacio anular en diferentes medidas, cuando haya herramientas de perforación dentro del pozo o sellarlo completamente cuando estas no están en su interior.
- Sistema de control del acumulador que permite cerrar un anular o todas las esclusas cuando las bombas no estén en operación y/o abrir una válvula lateral de escape. Este equipo consta

de un patín, un tanque de reserva, las botellas del acumulador y un múltiple de válvulas selectoras.

- Cabezal del pozo que permite sellar y controlar el espacio anular, acondicionar la línea de producción de fluidos, controlar la presión de la boca del pozo y cerrar el pozo en actividades especiales como: fracturamiento con acidificación, inyección de agua, realización de pruebas de producción y cierre en caso de un reventón. –
- Unidad de prueba hidrostática utilizada para las pruebas de alta presión de las pilas del preventor de reventón de pozo, manguera reguladora y control de presión de la formación por fluido.
- Múltiple regulador que cuando la presión en la boca del pozo se incrementa, actúa para bombear el flujo de perforación a través del múltiple de control de presión para equilibrar la presión en el fondo del pozo, a fin de evitar arremetidas y reventones del pozo. Esta unidad puede usar la tubería de descarga conectada al mismo para realizar la descarga directa de reventones a fin de aliviar la presión del fondo de pozo o para inyectar a través de la válvula de retención, lodo para la fijación del pozo, e inyectar agua o agente extintor hacia la boca del pozo.



Figura 2-2 Sistema de control de pozos
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Sistema de inspección de tubulares

La inspección de plataformas, tuberías de perforación y elementos tubulares detectan los defectos e irregularidades antes de que causen daños graves, lo que permite asegurar un funcionamiento sin problemas y reducir los riesgos económicos. Algunas de las ventajas de realizar este tipo de operaciones son:

- Controlar el estado de sus plataformas, tubos de perforación y elementos tubulares.
- Detectar y localizar a nivel interno y externo corrosión, pozos, cortes, hendiduras, pérdidas en pared y grietas de fatiga antes de que ocasionen daños graves.
- Asegurar la integridad operativa de plataformas, tuberías y elementos tubulares de campos petrolíferos, así como cumplir las regulaciones y normas más recientes.

- Gestionar la seguridad de manera rentable mediante una inspección completa y la clasificación de riesgos.
- Aplicar las medidas más adecuadas para los daños que no se pueden detectar con antelación.
- Predecir y evitar posibles fallos.

- Sistema de manejo, tratamiento, recuperación y disposición de fluidos y cortes de perforación residuales

La gestión integral de los residuos de perforación se desarrolla dando estricto cumplimiento al marco normativo nacional y los procedimientos internos de ECOPETROL S.A. y se basa en el manejo, tratamiento, disposición y reutilización de:

- Fluidos de perforación base agua y base aceite residuales.
- Aguas residuales domesticas e Industriales incluidas salmueras y aguas aceitosas.
- Cortes de perforación base agua y base aceite y sólidos residuales.
- Fluidos y sólidos residuales de las operaciones de estimulación.

- Sistemas de tratamiento de fluidos de perforación residual a base de agua

El tratamiento de los fluidos de perforación base agua descartados se efectúa principalmente a través de un proceso denominado Dewatering mediante el cual se deshidrata el lodo (separación de la parte sólida de la líquida), involucrando un proceso químico (adición de productos coagulantes y floculantes) y un proceso mecánico de separación (centrífugas decantadoras).

Mediante el sistema de Dewatering se procesarán los siguientes fluidos:

- Lodo (fluido de perforación) desechado del sistema activo como resultado de dilución.
- Lodo (fluido de perforación) desechado durante cambios de fluido.
- Cualquier lodo (fluido de perforación) que llegue a los canales internos de la locación.
- Lodo (fluido de perforación) descargado por el equipo de control de sólidos.

La fase líquida resultante se debe enviar al sistema de tratamiento de aguas residuales industriales. El agua separada se reciclará en la preparación de la solución del polímero, para el mismo proceso dewatering o hacia el sistema de lodo base agua como dilución o como fluido base para la preparación de lodo nuevo; para esto el agua debe cumplir la prueba de compatibilidad con el lodo para no afectar sus propiedades físicas y reológicas.

Los sólidos del proceso de dewatering separados por las centrífugas decantadoras, se descargarán en un catch tank, destinado para este tipo de sólidos con el fin de asegurar su correcta segregación, tratamiento y disposición final.

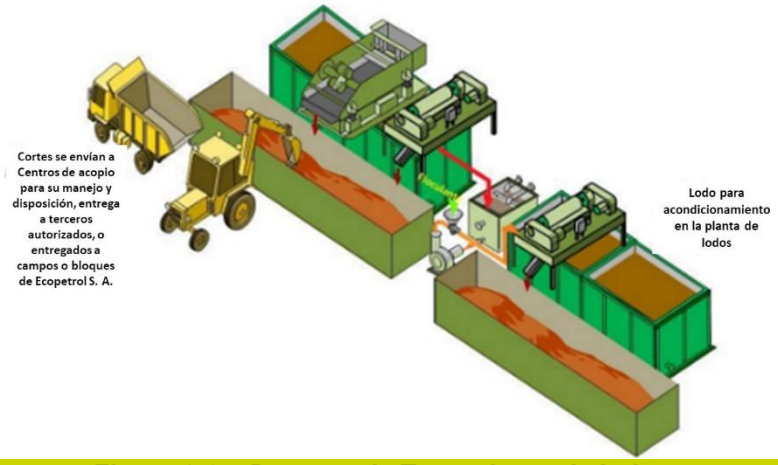


Figura 2-3 Proceso de Tratamiento de lodos
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

El proceso de dewatering se realiza en una unidad compacta con varios tanques y agitadores para la mezcla e inyección de los floculantes y coagulantes requeridos. Mediante bombas de transferencia, la mezcla de lodo y sus aditivos se envía a una centrífuga decantadora para la separación de las 2 fases.

Tabla 2-12 Sistema de Deshidratación

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS / FUNCIONES
CENTRÍFUGA DECANTADORA	Se utiliza para la separación de las fases líquido-sólido. Debe generar la fuerza G adecuada para manejar el sistema, pues a muy baja velocidad no proporciona una adecuada separación y a una velocidad alta no rompe los flóculos.
TANQUE DE RECOLECCIÓN LODO	Posee un sistema de agitación para evitar la sedimentación de los sólidos y asegurar una mezcla homogénea para la deshidratación. Incluye bomba centrífuga.
TANQUES DE POLÍMERO	Tanques para mezcla de los polímeros con agua fresca. La unidad cuenta con (2) tanques, equipados con un agitador eléctrico tipo aspas. Cada tanque tendrá un embudo para mezcla de polímero para asegurar máxima eficiencia en la mezcla.
BOMBAS DE ALIMENTACIÓN	Su función es alimentar de lodo la centrifuga, desde el tanque de lodo hasta el mezclador estático. Es una bomba de desplazamiento positivo que posee un disco de velocidad variable para facilitar una tasa óptima de alimentación de la centrífuga a un conjunto dado de condiciones.
TANQUE DE DILUCIÓN DE AGUA	Tiene una capacidad de 60 Barriles y es el tercer compartimento del sistema de dewatering. Inicialmente se llena con agua fresca y posteriormente el agua procesada deberá recircularse para ese fin.
TANQUE DE COAGULACIÓN	Tanque de fibra de vidrio separado de 1.000 o 2.000 litros utilizado para todos los coagulantes (ácido acético, cal) excepto ácido clorhídrico. Si se utiliza ácido acético es bombeado directamente desde canecas de 55 galones.
BOMBA DE COAGULANTE	Bomba de partes de teflón para ofrecer mayor resistencia al ácido; bombea el coagulante desde el tanque de 1.000 l o desde la caneca de ácido. Cuenta con un regulador de aire para controlar la tasa de bombeo.
MEZCLADOR ESTÁTICO	Es un múltiple de mezcla con desviadores de flujo en su interior para un mejor mezclado de los diferentes componentes del proceso de deshidratación. El lodo es mezclado aquí con agua de dilución. La mezcla diluida es coagulada y luego mezclada con el polímero floculante; esta mezcla combinada viaja a través de los desviadores de flujo en el mezclador estático que le suministra energía al sistema contribuyendo a la formación de flóculos y a la separación del agua.
TANQUE DE AGUA LIMPIA	Este tanque se utiliza para recibir el agua que no es reutilizada para dilución. Desde este tanque puede ser enviada al sistema de tratamiento de agua para ser mezclada con el agua residual proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales y realizar el tratamiento final para ser descargada o ser reutilizada para el lavado del equipo, enfriamiento de bombas o preparación de lodo.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Sistemas de tratamiento y reutilización de aguas residuales

El agua residual de las operaciones de perforación, completamiento y pruebas se dividen en aguas residuales domésticas e industriales

  - Aguas residuales domésticas

Se clasifican en:

- Aguas grises: Efluentes con cargas de jabones, detergentes y grasas provenientes de lavamanos, casino, lavaderos de ropa de los campamentos. El proceso inicia con la recolección y paso por a través de la trampa de grasas para retirar los aceites y grasas presentes; posteriormente se transfiere a un tanque.
- Aguas negras: Efluentes procedentes de instalaciones sanitarias con alta carga orgánica que son conducidas a la PTAR (planta de tratamiento de aguas residuales domésticas) para su tratamiento mediante un proceso biológico mixto (aeróbico y anaeróbico) por medio del cual se degrada la materia orgánica presente.

La PTAR realiza tres (3) procesos sucesivos: biodegradación de la materia orgánica por medio de enzimas catalizadoras y aireación extendida, proceso químico de separación de partículas coloidales y por último desinfección por cloración o sistema ultravioleta. El efluente líquido posteriormente se transfiere a un tanque de almacenamiento. A continuación, en la **Figura 2-4** se identifican los componentes de una planta de tratamiento de aguas residuales tipo BioBox.

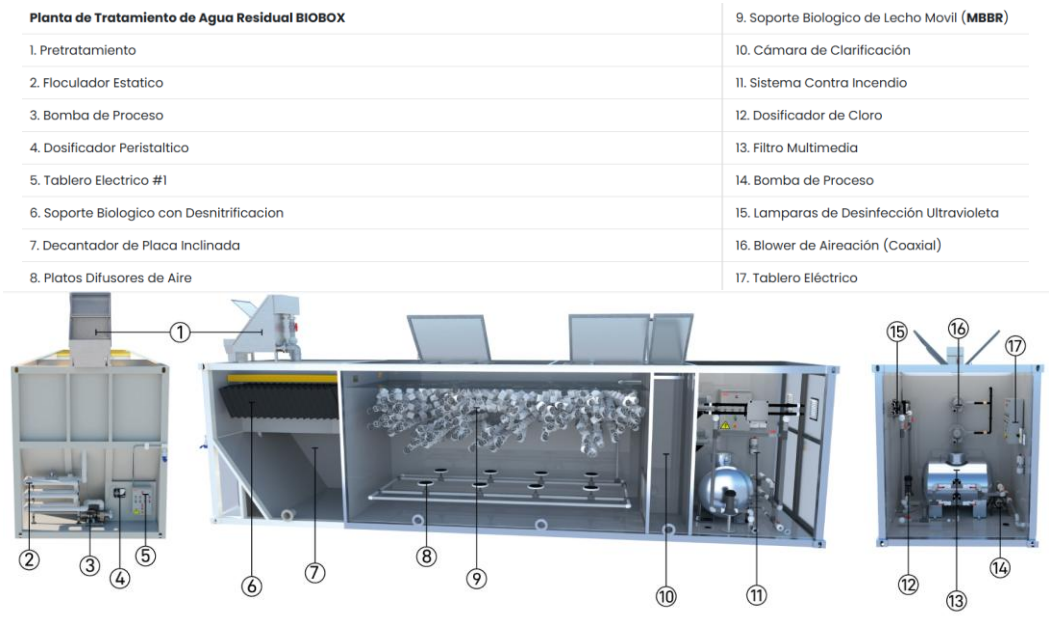


Figura 2-4 Tratamiento de aguas negras
Fuente: SYNERTECH https://www.synertech.com.co/aguas-residuales/ptar, 2025

El tratamiento de las aguas residuales domesticas se realiza de 2 formas:

- Transporte a plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas con licencia de vertimiento ambiental vigente.
- Mezcla con aguas residuales industriales para su tratamiento y disposición final.

  - Aguas residuales industriales

Están conformados por fluidos provenientes del lavado de equipos, efluente liquida del proceso de dewatering, aguas provenientes de procesos de cementación, aguas lluvias recolectadas dentro de la locación, aguas provenientes de los trabajos de completamiento y prueba de pozos, etc.

Estos fluidos se tratan a través del método por el cual los sólidos contenidos en el agua se precipitan a través del proceso de coagulación y floculación. Utilizando productos químicos, los sólidos se unen formando flóculos con peso suficiente para sedimentarse en el fondo del tanque o piscina donde se realiza este tratamiento, teniendo en cuenta los siguientes procesos:

- Separación de sustancias aceitosas.
- Floculación – Coagulación.
- Sedimentación.
- Aireación.
- Desinfección.
- Ajuste de pH.

El método incluye los siguientes pasos:

- Prueba de jarras: Prueba de laboratorio a escala para simular los procesos de coagulación y floculación y determinar las concentraciones de productos químicos (coagulante / floculante) a utilizar
- Dosificar lentamente en las piscina o tanque para garantizar mezcla homogénea los productos químicos determinados en la prueba de jarras.
- Dejar reposar al agua por un periodo de dos (2) horas para permitir la sedimentación de los flóculos generados por el tratamiento.
- Tomar una muestra y determinar si el agua cumple los parámetros fisicoquímicos requeridos para su disposición.
- En caso de que el agua tratada no cumpla los parámetros fisicoquímicos requeridos para disposición repetir el proceso.

A continuación, en la **Tabla 2-13**, se resume el sistema de tratamiento de aguas industriales a utilizarse durante la perforación de los pozos exploratorios.



Fotografía 2-5 Prueba de Jarras
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Tabla 2-13 Equipos y sistemas utilizados para el tratamiento de aguas

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS / FUNCIONES
SKIMMER / TRAMPA DE ACEITES	Cajilla en concreto o metálico para la separación de los aceites que vienen con las aguas de lavado del equipo y aguas lluvias contaminadas. El aceite recuperado en esta estructura se almacenará en canecas de 55 Galones que serán entregadas a compañías de servicios para su tratamiento y posterior utilización.
PISCINA DE TRATAMIENTO	Las piscinas serían empleadas para realizar los tratamientos de coagulación, floculación, ajuste de pH y sedimentación, de acuerdo con los resultados de las pruebas de jarras en laboratorio. Por último, se realizará la desinfección mediante la aplicación de Hipoclorito de Calcio para eliminar patógenos presentes en el agua. De igual manera, se podrán utilizar tanques australianos, catch tank, frac Tank u otro tipo de tanque para realizar esta operación.
SISTEMA DE AIREACIÓN	Consiste en una tubería perforada de PVC colocada sobre la piscina, la cual se conectará a una bomba centrífuga para permitir la descarga continua por los orificios y simultáneamente conseguir su aireación y mezcla completa de los químicos adicionados. Podrían utilizarse otros sistemas de aireación.
SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS	Consiste en un (1) tanque plástico de 1,000 L ubicado en la descarga de la bomba centrífuga. Esto permite la mezcla de los químicos en el sistema, haciendo circular toda el agua para tratamiento a través de la tubería de aireación mientras se adicionan los respectivos polímeros.
BOMBA DE TRANSFERENCIA	Bombas utilizadas para la transferencia de agua por tratar y tratada entre dos puntos.
LABORATORIO	Caseta donde se ubicarán los equipos y elementos necesarios para realizar los análisis fisicoquímicos in situ que permitan el control y monitoreo de la calidad del agua a verter

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Tratamiento de aguas con desmineralización por ósmosis inversa:

La ósmosis inversa se utiliza para disminuir la concentración de sales diluidas (sulfatos, cloruros, nitratos, entre otros) del agua proveniente del tratamiento convencional de las aguas residuales industriales con el propósito de reutilizarla en los procesos industriales de perforación, completamiento y pruebas. (Ver **Figura 2-5**).

La ósmosis inversa consiste en separar un componente de otro en una solución. El solvente pasa espontáneamente de una solución menos concentrada a otra más concentrada a través de una membrana semipermeable hasta alcanzar el equilibrio de la presión osmótica.

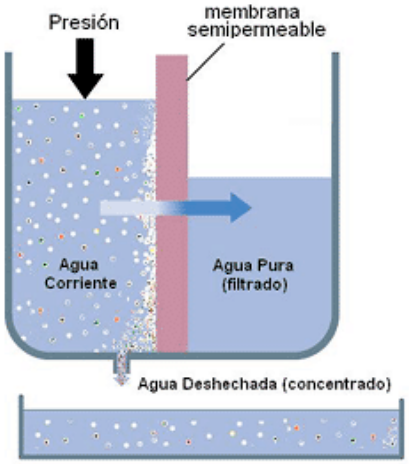


Figura 2-5 Proceso de Ósmosis Inversa
Fuente: Download Scientific Diagram, 2025

Las Alternativas tecnológicas, que podrían utilizarse en el tratamiento de agua, se identifican a continuación en la **Tabla 2-14.**

Tabla 2-14 Alternativas tecnológicas para el tratamiento de agua

TECNOLOGÍA	ESPECIFICACIONES	CARACTERÍSTICAS
MICROFILTRACIÓN	10-0,1µm	Remoción de bacterias, virus, sólidos suspendidos, fenoles, COD, TOC
ULTRAFILTRACIÓN	0,05-5·10-3 µm	Remoción de proteínas, virus, grasas, coloides, cobre, zinc, BTX
NANOFILTRACIÓN	5·10-3 - 5·10-4 µm	Remoción de pesticidas, herbicidas, iones divalentes, detergentes, BTEX
ÓSMOSIS INVERSA	1·10-4 - 1·10-5 µm	Remoción de iones metálicos, ácidos, sales acuosas, resinas naturales, TDS y TOC
SEPARADOR API	Dp> 150 µm	Rendimiento depende del tiempo de retención y efectos de adición de coagulantes o floculantes
SEPARADOR DE PLACAS CORRUGADAS	Dp > 40 µm	Depende de las diferencias de densidad, viscosidad, temperatura y régimen de flujo
FLOTACIÓN POR GAS INDUCIDO	Dp > 3 µm	Saturación del agua con el burbujeo de aire/gas
HIDROCICLONES	Dp > 15 µm	La eficiencia aumenta con la adición de unidades en serie. La caída de presión se debe controlar
FILTRACIÓN POR MEMBRANA	Dp > 0,01 µm	Columna empacada con perlas poliméricas de tamaño de poro de 0,01 a 10um
ADSORCIÓN	Carbón activado	Empleado para la remoción de benceno, tolueno y trazas de crudo, con altos tiempos de retención y dependiente del tamaño de poro
	Zeolita	Empleado para la remoción de BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno), módulos compactos
	Nuez	Empleado para la remoción de aceite y trazas de crudo
	Nano compuestos	Empleado para la remoción de aceite y trazas de crudo
	Polimérico	Remoción de benceno, tolueno y crudo
EXTRACCIÓN	Solvente	Remoción de grasas libres o disueltas
OXIDACIÓN	Foto-catalítica solar	Remoción de carbón orgánico total, fenoles, BTEX y TPH (hidrocarburos totales de petróleo)
	UV/Ozono	Remoción de ácidos nafténicos, amonio e hidrocarburos aromáticos

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Aguas Lluvia

Las aguas lluvias recolectadas por las cunetas perimetrales construidas en la locación, serán conducidas a un desarenador que presentará un descole dotado si es preciso de un disipador de energía, para su posterior entrega a un drenaje natural.

Las aguas lluvias recolectadas por las cunetas internas de la locación, serán conducidas a un skimmer, para luego ser remitidas a la zona de almacenamiento donde se destinarán para reutilización como agua industrial y/o mezclarán con aguas residuales industriales tratadas para disposición.

- Transporte, tratamiento y disposición final de cortes de perforación

Los sólidos y cortes de perforación una vez retornan a la superficie mezclados con el fluido de perforación son almacenados inicialmente en un Catch Tank o en la piscina dispuesta para tal fin posteriormente este material es transportado a la zona para el tratamiento de cortes de perforación de acuerdo a lo descrito en la estrategia de desarrollo, Construcción y operación de áreas para el tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de acopio y disposición final (ED14) descrita en el subcapítulo 2.2.2.5 Facilidades de producción en su numeral 2.2.2.5.5 y su tratamiento depende del tipo de fluido de perforación (lodo) usado: base agua o base aceite.

Los cortes de perforación son sometidos a varios tratamientos: Sistema de control de sólidos, almacenamiento, deshidratación y disposición final.

- Tratamiento y disposición final de cortes de perforación a base de agua

Los cortes de perforación impregnados con fluidos base agua serán estabilizados mediante la adición de productos químicos (generalmente cal viva) y/o sobrantes de excavación/tierra nativa, para reutilización o disposición en las ZODMEs, piscinas o entrega a terceros autorizados.

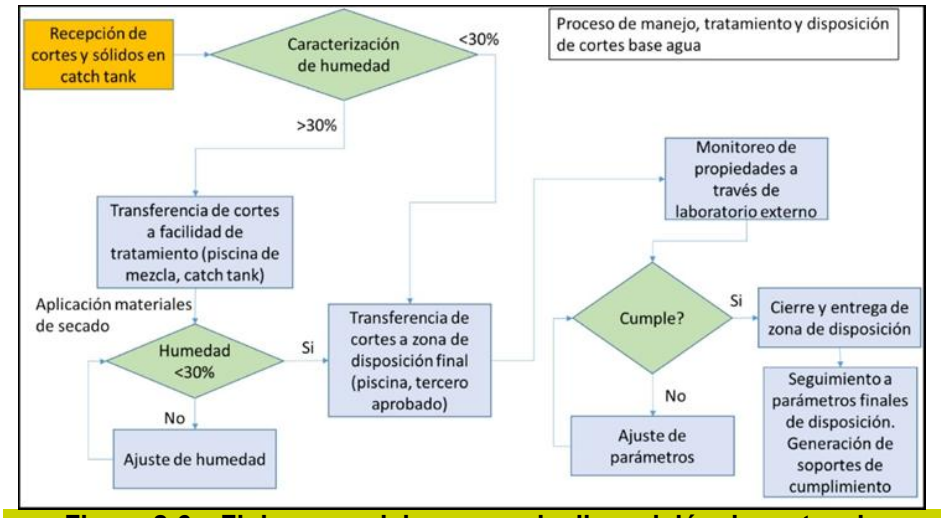


Figura 2-6 Flujograma del proceso de disposición de cortes de perforación a base de agua
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

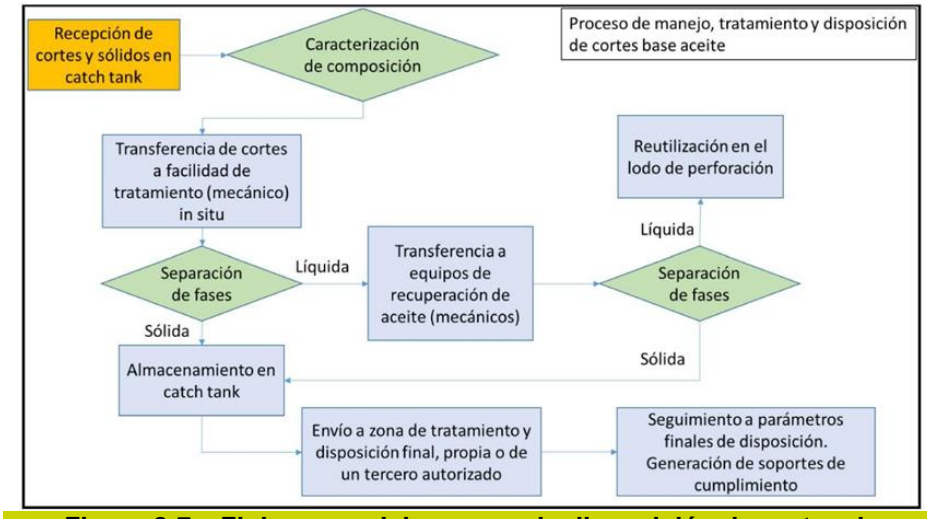


Figura 2-7 Flujograma del proceso de disposición de cortes de perforación a base de aceite
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Proceso de tratamiento térmico

Utiliza altas temperaturas para separar la fase solida de la liquida; las técnicas de tratamiento térmicos son:

- Se utilizan hornos rotatorios para destruir hidrocarburos a altas temperaturas en presencia de aire.
- Desorción térmica: El calor se aplica directa o indirectamente a los residuos para vaporizar los componentes volátiles, sin incinerar el material sólido

El tratamiento térmico genera material inerte con un contenido total de hidrocarburos presentes (TPH) menor al 1%, que una vez estabilizado puede ser dispuesto.

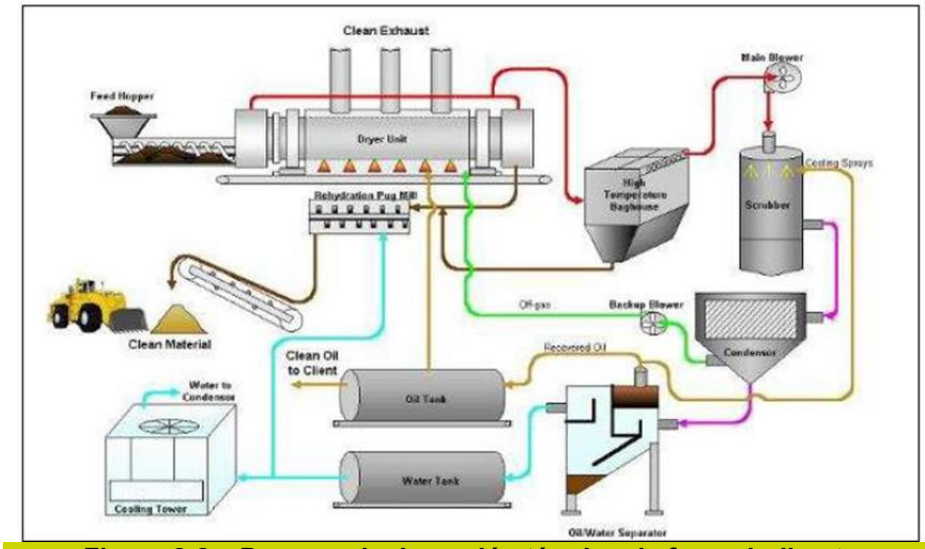


Figura 2-8 Proceso de desorción térmico de fuego indirecto
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Biorremediación

Es un tratamiento biológico natural llevado a cabo por organismos del suelo o el agua, produciendo una degradación del residuo orgánico para lograr su biotransformación.

El proceso de biodegradación se inicia al mezclar los lodos aceitosos con la tierra dispuesta para el tratamiento (land farming), previa caracterización fisicoquímica y microbiológica del suelo y la adición de nutrientes fundamentales para el crecimiento bacteriano nativo como nitrógeno, fósforo y potasio.

- Proceso de tratamiento químico

Consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas dando lugar a la formación de un flóculo o precipitado. Una vez descargado el residuo con manchas de hidrocarburos es sometido a un sistema a un sistema para lavado alta presión el cual recubre la superficie de la piscina a través de una tubería al carbón, dispuesta en forma rectangular, con orificios y conectada a una bomba de agua para garantizar una adecuada hidratación que permita separar el hidrocarburo del lodo. El crudo y el agua se almacenan para su tratamiento o reutilización posterior.

- Áreas de manejo de cortes, solidos de perforación

Área destinada para realizar el tratamiento de descontaminación de los lodos y/o cortes de perforación, esta área corresponde a la estrategia de desarrollo Construcción y operación de áreas para el tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de acopio y disposición final (ED14) descrita en el subcapítulo 2.2.2.5 Facilidades de producción en su numeral 2.2.2.5.5.

- Zonas de manejo de Escombros y Material de Excavación – ZODME

Centralizado o dentro de cada Locación se contempla la ubicación de Zonas de Manejo de Escombros y Material de Excavación (Por locación máximo 1,01 ha para depositar cortes base agua tratados y estabilizados, material proveniente de demoliciones y material de descapote).

- Zonas para ubicación de piscinas o tanques

Se adecuarán áreas destinadas para la ubicación de piscinas o tanques donde se almacenarán agua, cortes de perforación entre otros. Algunas de las piscinas o tanques se utilizarán también para realizar el tratamiento de las aguas residuales industriales. Estas áreas se ubicarán al interior de la Locación o de acuerdo con restricciones de la zonificación de manejo se podrán ubicar en áreas aledañas.

Las piscinas corresponden a excavaciones realizadas en el área de la Locación o en zonas cercanas, las cuales se impermeabilizan con geomembranas a fin de evitar posibles filtraciones del contenido que almacenan. Las características de estas instalaciones varían según los requerimientos y necesidades de las actividades operativas.

✓ Proceso de Perforación

La perforación, completamiento y pruebas de pozos hace referencia al proceso de construir un pozo a través de las capas del subsuelo con el objeto de estudiar la composición estratigráfica del mismo y con el propósito también de explorar la presencia de hidrocarburos, para cumplir esta meta se tiene que llegar hasta la formación objetivo donde posiblemente se pudieron acumular los hidrocarburos (Petróleo y gas). y si es posible, de acuerdo con ciertas condiciones extraerlos a la superficie. (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2019).

La perforación se realizará por medio un Taladro (Su capacidad oscila entre 750 y 3.000 HP de potencia). Se planea realizar pozos de tipo exploratorios y delimitador. La perforación se lleva a cabo por medio de sarta de perforación compuesta por broca, tubulares de fondo de pozo (BHA), tubería de perforación, herramientas direccionales los cuales son accionados por el sistema rotario (Top Drive) y eléctrico del taladro de perforación.

El Taladro de perforación está compuesto de: Torre y subestructura de perforación, sistema de levantamiento y potencia para manejo de tubulares, sistema de control de pozo: Preventoras, manifold, unidad de acumuladores y separado, sistema de fluido de perforación y bombas de fluido de perforación, sistema de generación eléctrica y motores Diesel, tanques de agua y tanques de almacenamiento de combustible.

La operación de perforación requiere igualmente de la utilización de los equipos que suministran los diversos servicios especializados de perforación como tubulares direccionales, equipo de cementación de revestimientos, equipos de comunicaciones, tubulares para toma de registros eléctricos y servicio de seguimiento geológico.

Como nuevas tecnologías y de acuerdo con los requerimientos de ingeniería sería posible la utilización de sistema de presión controlada (MPD), que incluye equipos de manejo de presión como cabeza rotatoria, estrangulador de presión, separador de gas y unidad de compresión, MPD + nitrógeno, Casing Drilling, entre otras tecnologías.

Durante la perforación de cada uno de los pozos exploratorios o delimitadores, está contemplado utilizar el sistema de rotación, el cual opera dando peso a la broca por medio de la sarta de

perforación, generando una fuerza hidráulica en las boquillas de la broca por medio de la circulación del fluido de perforación o lodo e imprimiendo una fuerza de rotación sobre toda la sarta.

Por medio de drill-collar, es transmitido el peso sobre la sarta y el sistema es girado por medio de la fuerza motriz aplicada por el Top Drive, permitiendo la rotación de la tubería, lo anterior con el fin de atravesar las diferentes formaciones del subsuelo.

Utilizando las bombas del taladro es realizada la circulación del fluido de perforación o lodo, el cual viaja por el interior de la sarta de perforación y sale por las boquillas de la broca en el fondo del pozo. Los cortes o ripios de perforación generados por el corte de la broca sobre las diferentes formaciones atravesadas son transportados a superficie mediante el fluido de perforación por el espacio anular generado entre el hueco y la sarta de perforación.

Una vez los cortes están en superficie, son separados del fluido de perforación o lodo mediante el equipo de control de sólidos del taladro (scalper, desilter, desander, mud cleaner, entre otros) y por los equipos de tratamiento de cortes de perforación (centrífugas, tornillo sinfín, catch tank, entre otros); y una vez el libre de cortes o ripios es recirculado de nuevo al hueco generando un sistema cíclico y cerrado de operación.

A partir de los cortes generados en la perforación, son extraídas muestras para el análisis e identificación de hidrocarburos impregnados a las formaciones atravesadas. Simultáneamente también son tomados registros eléctricos que ayudan a diferenciar los tipos de formación y determinar propiedades litológicas de las rocas, tales como densidad, porosidad y saturaciones de gas, petróleo y/o agua.

La perforación tendrá lugar en etapas, de tal manera que el tamaño del pozo en la parte superior es más ancho y en las partes inferiores cada vez más angosto, dando de esta manera consistencia y evitando derrumbes; en esta actividad son utilizadas brocas y tubería de menor tamaño en cada sección. A medida que se profundiza en el hueco, éste es revestido con tubos soportados con cemento alrededor (entre el anular, dejado por el mismo revestimiento y las formaciones atravesadas).

La función del revestimiento será mantener estables las paredes del pozo, evitando su derrumbe y aislando los diferentes estratos perforados. Al finalizar la perforación el pozo queda entubado (revestido) desde la superficie hasta el fondo, lo que garantiza su estabilidad y facilita posteriormente la extracción del petróleo en la etapa de producción.

Los pozos pueden ser perforados de diferentes formas, de acuerdo con la ubicación de la formación objetivo en el subsuelo, las propiedades y condiciones de los estratos y la roca a perforar, así como de las características de la maquinaria y equipos a utilizar.

- Pozos Verticales

Se caracterizan porque su trayectoria de perforación no presenta considerables ángulos de inclinación (90°) normal al terreno natural, predominando la dirección vertical, en la práctica se acepta una cierta desviación del pozo de la vertical dado a los diferentes factores geológicos y mecánicos que se pueden presentar en la **Figura 2-9**.

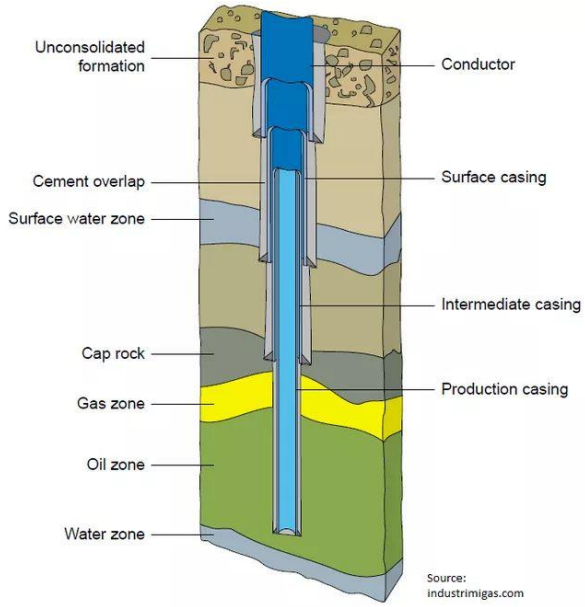


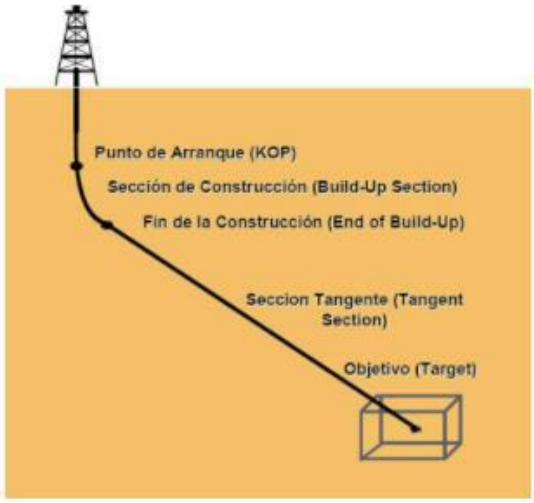
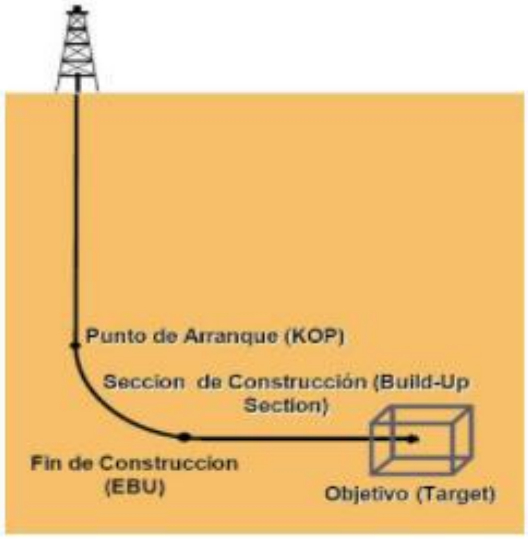
Figura 2-9 Pozo vertical
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

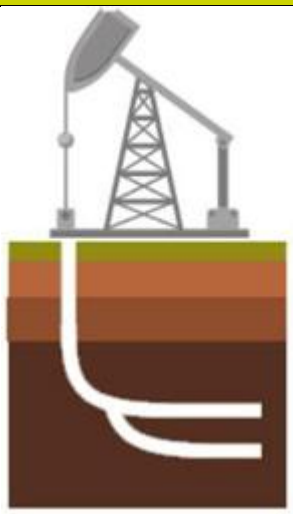
- Pozos Direccionales

Son pozos que se perforan con un ángulo de inclinación diferente de 90° respecto al terreno natural y rumbo definidos de tal manera que logran alcanzar un objetivo en subsuelo desplazado lateralmente con respecto a la posición inicial de perforación en superficie. Los pozos direccionales se pueden dividir en cuatro (4) categorías, las cuales se indican en la **Tabla 2-15**.

Tabla 2-15 Pozos direccionales

TIPO DE POZO	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
POZOS TIPO "S"	La perforación de este tipo de pozos sigue cinco trayectorias. En primer lugar, de forma vertical; luego presenta una inclinación de forma creciente; posteriormente luego de alcanzar cierta inclinación, se mantiene hasta alcanzar cierta profundidad en lo que se conoce como sección tangencial; en cuarto lugar, se lleva a cabo un decremento en el ángulo de perforación hasta alcanzar al final, una trayectoria de tipo vertical nuevamente	 *Fuente: (Petroblogger, 2010)*

TIPO DE POZO	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
POZOS TIPO "J	Este tipo presenta las tres trayectorias iniciales del pozo tipo "S", de tal modo que la última mantiene la sección tangencial en dirección hacia la formación objetivo.	 *Fuente: (Petroblogger, 2010)*
POZOS HORIZONTALES	Son pozos que tienen una dirección predominantemente horizontal cuando alcanzan la formación productora. Su propósito es recorrer una mayor distancia en el yacimiento que aquella alcanzable con un pozo vertical, de tal modo que se logra aumentar el área de drenaje, pueden aumentar las ratas de producción 3 a 4 veces por encima de los pozos verticales.	 *Fuente: (Petroblogger, 2010)*

TIPO DE POZO	DESCRIPCIÓN	ESQUEMA
POZOS MULTILATERALES	Corresponde a un pozo vertical inicial del cual se derivan dos o más pozos direccionales en subsuelo, de tal manera que se pueden alcanzar varias formaciones productoras a diferentes profundidades y/o diferentes direcciones. En todos los canales, se ubican tapones de cementación para contener el hidrocarburo y para evitar la comunicación y contaminación de las formaciones subterráneas circundantes, especialmente los acuíferos.	 *Fuente (Saskatchewan Research Council, 2019):*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Proceso de corrida de Revestimiento

Como revestimientos se utilizan tubos de acero que recubren el pozo y sirven para aislar las formaciones geológicas y estratos del suelo de los materiales y equipos en el pozo. El revestimiento también proporciona un método de control de presión; así, el revestimiento debe ser capaz de resistir las presiones externas e internas encontradas durante la instalación, cementación, perforación y el funcionamiento del pozo. Debido a que el fluido está confinado dentro del revestimiento, la posibilidad de contaminación de las zonas adyacentes es mínima y casi nula.

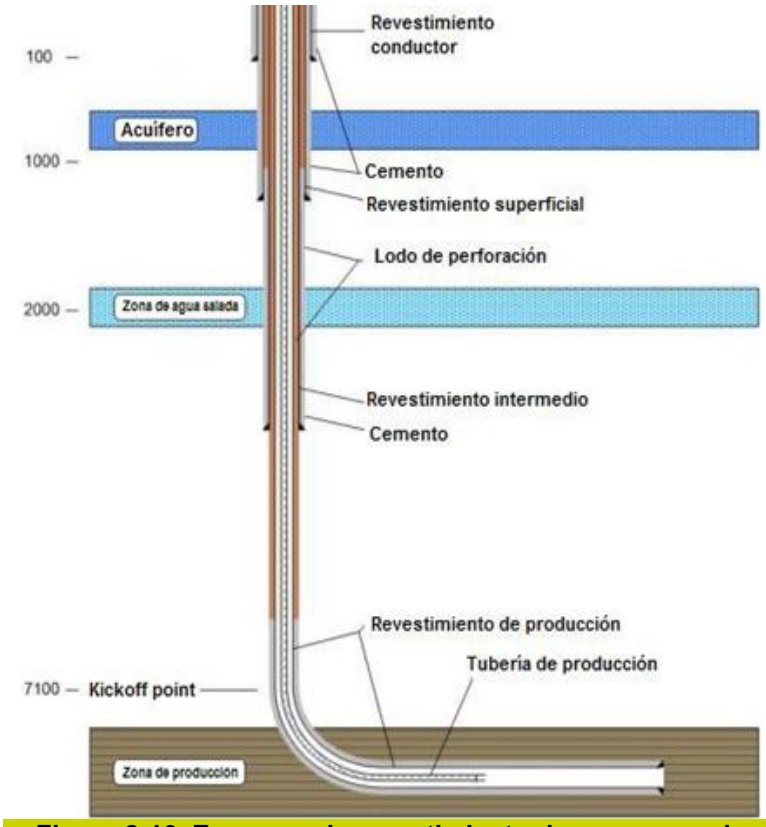


Figura 2-10 Esquema de revestimiento de pozos para la protección y aislamiento de acuíferos
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Los distintos tipos de revestimiento que usualmente son utilizados en la construcción del pozo son: conductor, superficial, intermedio, y producción. Cada revestimiento tiene un propósito y en el caso del revestimiento de superficie, este debe extenderse por debajo de la base de la capa más profunda de acuíferos y estar cementado a la superficie.

- Proceso de Cementación

Corresponde a la operación mediante la cual se bombea una lechada de cemento por la tubería de perforación, para adherir la tubería de revestimiento a las paredes del pozo. Una vez se ha llegado a la profundidad, a la que según el diseño se debe colocar el revestimiento, se procede a sacar la tubería de perforación para luego bajar la tubería de revestimiento y continuar con la perforación hasta llegar a la profundidad final. Después, se sienta el empaque en el espacio anular de las tuberías para impedir que la lechada retorne a superficie por esta vía, obligándola a circular por el espacio anular existente entre la tubería de revestimiento y las paredes del pozo, una de las funciones principales del cemento son actuar como una barrera para evitar la migración de los fluidos hasta el pozo detrás del revestimiento y apoyar mecánicamente el conjunto.

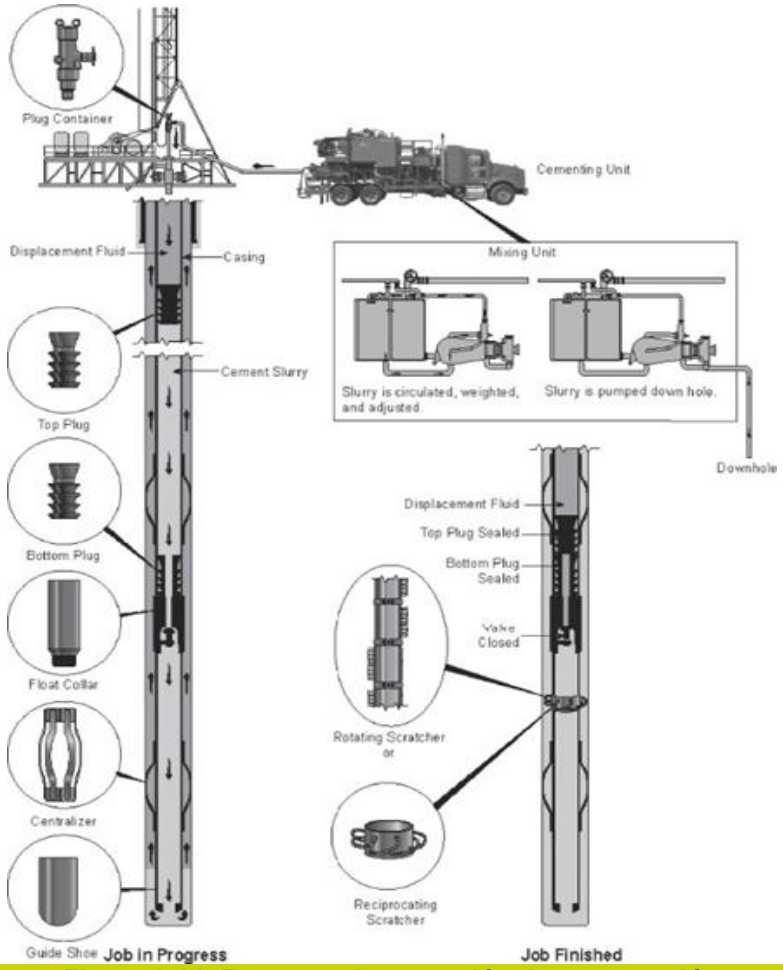


Figura 2-11 Esquema de operación de cementación
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Para llevar a cabo estas funciones, se utiliza el cemento apropiado para las condiciones encontradas en el pozo. La adecuada ubicación del revestimiento (casing) y el trabajo de cementación son los factores principales en el establecimiento y mantenimiento de la integridad mecánica del pozo.

- Tipos de Cementación

- Cementación Primaria

La cementación primaria es una técnica que consiste en colocar cemento entre el espacio anular y desplazarlo entre la tubería y la formación asegurando un sello completo y permanente. Después de colocar la lechada, el cemento se endurece proporcionando un sello hidráulico al pozo, previniendo la migración de los fluidos de la formación al anular; por lo tanto, la cementación primaria es una de las etapas más críticas durante la perforación y construcción de un pozo (API, 2000).

- Cementación secundaria (Remediación o forzada)

Es un proceso de remediación que se ejecuta cuando no existen buenos resultados en la cementación primaria, el proceso consiste en inyectar cemento mediante la aplicación de presión hidráulica a través de disparos o ranuras en la tubería de revestimiento en el espacio anular (API, 2000).

- Cementación por etapas

Estas operaciones se efectúan en pozos donde se requiere cubrir con cemento una longitud de TR demasiado larga, o se tiene zonas de interés con separaciones muy grandes o con problemas de pérdida de circulación debido al bajo gradiente de fractura. Para esta operación, se utiliza la herramienta cople de cementación múltiple, la secuencia operativa de la primera etapa es similar a una cementación convencional. la segunda etapa consiste en lanzar un tapón llamado torpedo, que se utiliza para romper los tornillos de corte en el cople de cementación múltiple (CCM) deslizando la primera camisa haciendo la apertura y estableciendo comunicación entre el interior de la TR y el espacio anular. Al establecer la circulación se procede a la operación de la segunda etapa como una cementación normal; al arribar el tapón de desplazamiento CCM, la segunda camisa del cople se desliza sellando los orificios de comunicación, llegando a la presión final, señal de que el sello es efectivo.

➢ **Tecnologías alternativas**

La necesidad de optimizar procesos, reducir tiempos de operación además de ser mucho más responsable con el medio ambiente, en términos de producción, manejo y disposición de residuos, el compromiso de Ecopetrol S.A con la producción de energía más limpia y más eficiente empieza desde la implementación de tecnologías mucho más eficientes, Como nuevas tecnologías y de acuerdo con los requerimientos de ingeniería del pozo sería posible la utilización de diferentes implementaciones ingenieriles en pro del desarrollo más eficiente de la operación de perforación.

Una de las tecnologías más utilizadas consiste en la perforación con presión controlada (MPD que significa Measured Pressure Drilling), que incluye equipos de manejo de presión como cabeza rotatoria, estrangulador de presión, separador de gas y unidad de compresión. El sistema funciona encerrando la conexión en un recipiente a presión, básicamente un cuerpo de BOP triple con esclusas parciales arriba y abajo (invertidas) y esclusas ciegas. La cavidad esta presurizada con el lodo de la columna ascendente y la conexión de unión macho se retira y se eleva de las esclusas ciegas, los que luego son cerradas. La circulación a través del top drive se detiene y la cámara superior se despresuriza, mientras la circulación continúa sin interrupción en la caja superior debajo de las esclusas ciegas. Una nueva barra de sondeo se levanta por el top drive y se coloca en la cámara superior. Las esclusas luego se cierran y la cámara se llena antes de abrir las esclusas ciegas, baja y completa la conexión mientras se comienza de nuevo la circulación a través del top drive. Luego la cámara se despresuriza y las esclusas se abren, permitiendo continuar la perforación.

Otras alternativas tecnológicas pasan por la perforación con casing con el fin de evitar la pega de tubería en formaciones complejas.

Además de las tecnologías utilizadas para la perforación, la necesidad de continua mejora implica no solo la mejora en las herramientas de fondo de pozo, se tienen operaciones de tratamiento de cortes, tratamiento de lodos, reutilización de aguas lluvias y aguas industriales, entre otros casos, dentro de algunas soluciones encontramos los sistemas de ósmosis inversa que permite purificar mejor el agua, y es uno de los casos de éxito, donde siempre se enfoca el trabajo hacia el facilitar el tratamiento, la reutilización, y el alargamiento de la vida útil de estos recursos, antes de su disposición final, siguiendo los principios de la economía circular permitir una operación mucho más limpia ambientalmente además de una operación mucho más eficiente.

Estas opciones no son excluyentes con el compromiso de búsqueda de nuevas oportunidades para el desarrollo de la operación en Ecopetrol, por lo cual nuevas alternativas que se ajusten al proyecto y a la visión corporativa de la compañía con el fin de optimizar cada día más la operación por lo que en el caso de que se presente la oportunidad de una nueva tecnología, se evaluara técnica, ambiental y económicamente para permitir el desarrollo de la operación, las tecnologías dentro del

marco de trabajo de Ecopetrol se encuentran enfocadas siempre a una operación mucho más amigable con el medio ambiente.

2.2.2.2.2.3 Instalaciones de apoyo

Las instalaciones de apoyo requeridas en cada Locación estarán conformadas por contenedores, casetas, carpas, espacios abiertos, entre otras, que funcionarán de forma temporal principalmente como oficinas, baños, campamentos, talleres y bodegas para alojar personal y almacenar herramientas, equipos, materiales e insumos.

Tabla 2-16 Instalaciones de apoyo en las actividades de Perforación

INSTALACIÓN	DESCRIPCIÓN
CONTENEDORES Y CASETAS PARA OFICINAS, CAMPAMENTOS, CASINO, ALMACENES Y BODEGAS	Son instalaciones ubicadas en los costados de la plataforma o cerca a la Locación, donde no generen interferencia con la zona de maniobras y de perforación. Generalmente se utilizan contenedores con adecuada dotación para los campamentos y oficinas dada la facilidad para transportarlos y para distribuirlos en la Locación. Para almacenes y bodegas se adecuan casetas armadas con madera, teja de zinc, mallas, perfiles metálicos, entre otros materiales, y en menor proporción también se utilizan contenedores. Se instalan contenedores que presten servicio de alojamiento, oficinas, comedores, enfermería, entre otras, para el personal que laborará. Dichas instalaciones en lo posible contarán con energía eléctrica, agua tratada e instalaciones sanitarias. Podrá estar ubicado al interior o cerca de cada Locación o en un área externa haciendo parte de un campamento base o satelital para todos los pozos a intervenir, de acuerdo con las campañas de perforación que estime ECOPETROL S.A.
ESPACIOS PARA ACOPIO DE INSUMOS Y MATERIALES	Son áreas ocupadas temporalmente mientras los insumos y materiales se consumen o retiran; incluyen espacios para acopiar por ejemplo afirmados durante la construcción y tuberías en la etapa de perforación. Si los materiales que se almacenan son combustibles deben estar confinados con un dique perimetral para contener eventuales fugas o derrames.
LABORATORIOS	Durante las pruebas de producción, eventualmente, se contará con un contenedor destinado a laboratorio, dotado con el equipo básico para el monitoreo de las pruebas de producción.
GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS	Se adecuará un área para el almacenamiento temporal de residuos sólidos peligrosos y no peligrosos que se generen durante las diferentes actividades de la fase de la perforación. Se contempla la instalación de Planta de Tratamiento de Agua Residual Doméstica (PTARD) tipo Red Fox, esta planta toma el agua residual y mediante procesos fisicoquímicos que incluyen inyección de aire y turbulencia, reduce la materia orgánica y trata el agua resultante para que pueda ser dispuesta según las alternativas aprobadas.
BAÑOS E INSTALACIONES SANITARIAS	Durante la fase de construcción generalmente se utilizan baños o unidades portátiles cuyo mantenimiento y manejo de residuos está a cargo del Contratista que los suministra. En la etapa de perforación, normalmente los contenedores para dormitorios incluyen la unidad sanitaria, la cual está conectada a un sistema de tuberías y este a su vez a una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Se refiere a la infraestructura de soporte en las actividades de perforación de un pozo, ya sea contenedores que servirán como bodegas y contenedores, para uso de alojamientos, oficinas, casinos, enfermería, unidades sanitarias, almacenamiento de insumos, manejo de residuos, entre otros, que se ubican dentro del área delimitada para el Locación donde se realice la perforación. A continuación, se describen las instalaciones de apoyo en la perforación de un pozo tipo convencional.

- Minicamp

Los campamentos serán contenedores que servirán de alojamiento, oficinas, comedores, enfermería, unidades sanitarias, entre otras, para el personal base que laborará durante la etapa de perforación.

Dichos campamentos requerirán de energía eléctrica la cual será suministrada a partir de diferentes fuentes como: auto generadores con motor de combustión interna ubicados en el sitio, una suplencia

parcial a partir de paneles solares, derivación de redes eléctricas existentes que sean propiedad de ECP y/o una combinación de las alternativas anteriores. También se requerirá de agua tratada para consumo humano la cual podrá ser adquirida en los municipios cercanos (a empresas que cuenten con los permisos correspondientes para esta actividad) o tratada de acuerdo con lo que proceda a la captación en los puntos que se autoricen al campo; de otra parte, las aguas para uso doméstico e industrial podrán ser tomadas de los puntos de captación de aguas superficiales y/o subterráneas que otorgados al Área de Desarrollo Bucare (según lo solicitado en el presente EIA). En la **Fotografía 2-6** se presenta un ejemplo de este tipo de instalación



Fotografía 2-6 Campamentos en locaciones
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Otras instalaciones de apoyo

Se refiere a la infraestructura de soporte en las actividades de perforación de un pozo, ya sea contenedores que servirán como alojamientos, oficinas, casinos, enfermería, unidades sanitarias, almacenamiento de insumos, manejo de residuos, entre otros. A continuación, en la **Tabla 2-17**, se describen las instalaciones de apoyo en la perforación de un pozo tipo convencional:

Tabla 2-17 Otras instalaciones de Apoyo

DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
Caseta que puede ser utilizada como oficinas y/o dormitorios para el personal staff, y autorizado durante la operación	

DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
Caseta tipo comedor, con mesa caliente para suministro de alimentación en pozo al personal staff, cuadrilla y autorizado durante la operación	
Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) para uso doméstico con su tanque de almacenamiento de agua potable y planta de tratamiento de aguas negras y grises (PTAR) cuyas capacidades serán estimadas en función de los requerimientos de la operación.	
Auto generadores con motor de combustión interna como una de las fuentes de generación de energía requerida	
Caseta tipo enfermería con camillas portátiles, para la prevención y atención de primeros auxilios de accidentes y protección de la salud ocupacional del personal, con dormitorio para el alojamiento del médico en turno.	
Planta tipo red-fox o equivalente que permita realizar el tratamiento y manejo de aguas negras, generadas en el campamento.	

DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
Caseta batería de baños que contenga mínimo sanitarios y duchas	
Unidades sanitarias portátiles	
Caseta sala de conferencias dotada con sillas, televisor, video beam, tablero en acrílico.	
Caseta bodega para almacenamiento de materiales y herramientas'.	
Área de almacenamiento de químicos: área de acopio de los insumos químicos y aditivos requeridos para la preparación del lodo, tratamiento de aguas, operaciones de completamiento, toma de registros y pruebas de producción, esta instalación tiene como objetivo el mantener los productos protegidos de las lluvias y aislados del suelo mediante estibas de madera, o una placa de concreto para evitar afectación del mismo por derrames eventuales; de igual manera, el almacenamiento debe contar con los estándares establecidos en las hojas de seguridad de los insumos.	

DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
Área de recolección de residuos sólidos, punto donde se reúnen los diferentes tipos de residuos sólidos generados en el Locación y donde son separados según su origen y tipo de manera que puedan ser posteriormente retirados y dispuestos fuera del Locación por parte de terceros que cuenten con los permisos ambientales y legales vigentes para este tipo de actividad	
Área de almacenamiento de combustibles: El combustible requerido para el funcionamiento de generadores y equipos será almacenado en tanques cuya capacidad dependerá del equipo de perforación empleado, los mismos deben estar en buen estado, no deben presentar fugas ni corrosión, de igual manera se deben apoyar sobre estibas o soportes para evitar la afectación del suelo, adicionalmente contará con un dique impermeabilizado que servirá de contención y cuya capacidad de confinamiento debe ser mínimo el 110% del volumen del tanque de mayor capacidad, esta área deberá contar con válvulas de evacuación y cierre ante una contingencia.	
Área de laboratorios: Para la perforación de cada pozo se contará con un contenedor destinado a laboratorio, dotado con el equipo básico para el monitoreo de los recobros que se realicen y con equipos de control ambiental	

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Área para almacenamiento de químicos

Destinada al acopio de las sustancias químicas y los aditivos requeridos para la preparación del lodo, para las operaciones de completamiento, toma de registros y pruebas de producción del pozo. Estos productos estarán protegidos de las lluvias y aislados del suelo para evitar afectación de este por derrames eventuales.

Caseta Almacenamiento de Químicos: Se construirá cuando el empaque de los productos que se almacenarán no sea resistente o se vea afectado por la acción de agentes externos, principalmente la lluvia. La superficie del sitio podrá estar conformada sobre el terreno natural, afirmado, en suelo estabilizado con cemento o con productos químicos, concreto o con cualquier otro material impermeable que garantice la estabilidad, funcionalidad y la protección del medio, principalmente del suelo. Adicionalmente, sobre dichas superficies se podrán ubicar estibas como alternativa para facilitar el manejo y la limpieza del lugar. La caseta será techada y tendrá una altura suficiente para el ingreso de la maquinaria encargada de ordenar y transportar los productos.

Sin Caseta de Almacenamiento: Teniendo en cuenta que la mayoría de los productos químicos vienen en empaques perfectamente embalados y enchaquetados de tal manera que son resistentes

a la intemperie, se podrá prescindir de la construcción de una caseta, evitando con ello la generación de una mayor cantidad de escombros en la etapa de desmantelamiento.



Fotografía 2-7 Tanques y estructuras móviles
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Otras instalaciones

En cohesión con lo descrito en las estrategias de desarrollo ED20 (“Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o terceros autorizados”) y ED21 (“Entrega y/o recibo de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o con terceros autorizados”), en las plataformas donde se realice la perforación se podrán instalar los sistemas y equipos necesarios para el recibo y/o entrega de fluidos y/o de cortes, lodos, etc. Esto incluye, además de los cargaderos / descargaderos, todos aquellos equipos que sean necesarios para llevar a condiciones los fluidos y/o sólidos objeto de entrega. Si los pozos tienen como objetivo la inyección de fluidos (agua) para recobro, sostenimiento de presión dentro de la estrategia de la perforación de pozos inyectores (ED6) y/o perforación de pozos Disposal (ED7), también se podrán tener en el área de la plataforma los equipos y sistemas para poder así hacerlo. Los detalles se presentan en las estrategias de desarrollo mencionadas.

2.2.2.2.2.4 Requerimientos de insumos y fuentes de energía

Los materiales e insumos que se requieren para la perforación de cada pozo son básicamente los necesarios para: la preparación del fluido de perforación; el mantenimiento de los equipos y maquinarias; las labores de oficina; las actividades de cementación y tratamiento de aguas residuales (domésticas e industriales); tratamiento de los residuos generados por el paso del lodo en el sistema de control de sólidos del taladro (una vez éste sale del pozo), así como para el tratamiento de flóculos y lodo descartado del sistema debido a los procesos de deshidratación.

✓ Insumos y materiales durante las operaciones de perforación, completamiento y pruebas

Los insumos y materiales básicos que utilizar en las actividades de perforación se relacionan en la **Tabla 2-18**; sin embargo, los productos y las propiedades descritas corresponden a típicos utilizados de acuerdo con la experiencia en perforación y la información del pozo analizado con los diferentes sistemas de lodos, cementación y completamiento utilizados normalmente, por lo cual, los mismos son susceptibles de cambio de acuerdo con las condiciones de operación.

Tabla 2-18 Materiales e insumos típicos utilizados para la perforación de pozos

ACTIVIDAD	SUSTANCIA O INSUMO PARA UTILIZAR	FUNCIÓN DE LA SUSTANCIA O INSUMO
PREPARACIÓN DEL LODO BASE AGUA	Agua dulce, carbonato de calcio, barita, bentonita, soda cáustica, polímeros (PHPA), hipocloritodesodio, lignosulfonato, lubricantes.	Estas sustancias ayudan a incrementar la densidad, el peso y la viscosidad del lodo entre otras.
	Hidróxido de calcio, sulfato de calcio, carbonato de sodio y el hidróxido de sodio, y de potasio, anhidrita.	Sustancias empleadas para ajustar el pH del lodo.
PREPARACIÓN DEL LODO BASE ACEITE (En caso de requerirse)	Diesel, kerosene, combustibles pesados, petróleo crudo y algunos aceites minerales	Base de este tipo de lodo.
	Barita, carbonato de calcio, óxidos de hierro y algunas sales de cloro.	Densificantes empleados para dar al fluido la presión hidrostática necesaria para control de lesiones de formación, derrumbes de pared y formación de cuevas
	Arcillas oleofílicas, polímeros, ácidos grasos y esteres.	Viscosificantes, utilizados para incrementar la viscosidad del fluido y conseguir una mayor limpieza del hueco y mejor suspensión de sólidos
	Adelgazantes y dispersantes.	Reducen la atracción entre las partículas o crean fuerzas repulsivas entre ellas, para lograr una defloculación de las partículas de arcilla.
	Agentes reductores de filtrado, asfaltos oxidados y arcillas oleofílicas.	Forman una película alrededor de las partículas de arcilla e introducen su estructura dentro de las aberturas del revoque para controlar el filtrado
	Ácidos grasos, aminas no iónicas, y ácidos orgánicos.	Emulsificantes, empleados para dar la estabilidad a la mezcla se los líquidos insolubles
	Aminas catiónicas solubles en petróleo altamente dispersables en agua y otros productos basados en fosfatos.	Inhibidores de corrosión, forman una película protectora alrededor de las superficies metálicas, que impida el ataque por oxígeno y/o ácidos
	Detergentes, jabones, aceites y tensos activos.	Agentes liberadores de tubería, aplicados en los intervalos donde se sospecha que la tubería está pegada, con el fin de reducir la fricción.
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	Sulfato de aluminio de aluminio	Sustancia coagulante de partículas y clarificador de agua residual industrial o doméstica.
	Polímeros.	Floculante de sólidos suspendidos, aunque también pueden cumplir la función de coagulantes.
	Soda cáustica, ácido acético, cal.	Sustancias que ayudan en la perforación a ajustar el pH, y anular los polímeros base del sistema que se encuentran asociados al agua residual industrial.

ACTIVIDAD	SUSTANCIA O INSUMO PARA UTILIZAR	FUNCIÓN DE LA SUSTANCIA O INSUMO
TRATAMIENTO DE CORTES DE PERFORACIÓN	Cortes base agua: Cal viva, suelo nativo de la zona de disposición	Sirven para deshidratar y encapsular los cortes o ripios de perforación.
ESTIMULACIÓN Y LIMPIEZA	Petróleo, Diesel, kerosene, agua, espumas, arena	Bases e insumos perforación
	Grava, arena, salmueras	Insumos para control de sedimentos y limpieza del pozo; la arena se usa como apuntalante en las fracturas de la formación.
	Ácidos: clorhídrico (HCl), acético (C2H4O2), fórmico (CH2O2) y fluorhídrico (HF).	Compuestos base para la preparación de las soluciones a bombear
	Bactericidas	Previenen y controlan pérdidas de viscosidad ocasionadas por bacterias
	Estabilizadores	Se adicionan a los fluidos de estimulación para proporcionar mayor estabilidad cuando se manejan altas temperaturas de operación
	Surfactantes	Reducir tensiones superficiales o interfaciales para promover la limpieza y el flujo a través de los poros de la formación.
	Óxidos de hierro, bisulfato de aluminio, carbonato de zinc y cromato de zinc	Inhibidores de corrosión
OTROS INSUMOS O SUSTANCIAS	Crudo, ACPM, gasolina, grasa, aceites hidráulicos y aceites lubricantes.	Sustancias utilizadas para el mantenimiento de los equipos, motores y maquinaría en general.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Demanda, captación y almacenamiento de agua

A continuación, se presentan las alternativas contempladas para captar agua para uso y aprovechamiento en las diferentes actividades de perforación, completamiento y pruebas:

- Agua Subterránea

Es conveniente habilitar la alternativa de captación de agua de pozos profundos autorizados previamente a Ecopetrol S.A. u otros operadores de la industria, al igual que uso de agua de producción.

- Agua Superficial

Con el fin de contar con el agua necesaria para el desarrollo de las actividades de perforación, completamiento y pruebas de pozos, se contempla la captación de agua superficial en cuerpos de agua, desde los cuales se podrá almacenar y transportar el agua hacia los frentes de trabajo por medio de carrotanques o a través de bombas de succión (Motobombas), las cuales pueden estar en el sitio (estación fija de bombeo con sus respectivas facilidades) o pueden estar conectadas al respectivo carrotanque. Se debe garantizar el acceso de los carrotanques a estos puntos y definir una zona de parqueo. Si los sitios de captación eventualmente quedaran cerca de las locaciones finales, se contempla la conexión por medio de tuberías o mangueras hasta la zona de almacenamiento.

Este recurso será suministrado de los puntos de captación de aguas superficiales objeto de solicitud en el presente EIA; los caudales y puntos de la solicitud se describen en el Capítulo 4 Demanda y aprovechamiento de recursos, del presente EIA.

- Reutilización de agua

Como alternativa para minimizar la captación de agua de fuentes naturales, se plantea la reutilización del agua lluvia capturada en canales internos de la plataforma de perforación y de agua producción, durante las operaciones de perforación, completamiento y pruebas, previa ejecución del tratamiento y ajuste a los parámetros requeridos.

✓ Fuentes de energía

El sistema base de generación de energía corresponde a un conjunto de equipos conformado por los motores y/o generadores, que tienen como principal función proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento del equipo de perforación y complementos entre los que están: Bombas de lodo; motores que producen el movimiento del malacate para bajar o subir la sarta de perforación, así como proporcionan la energía al equipo top drive y suministran el movimiento de rotación a la sarta de tubería.

Adicionalmente, aunque este conjunto proporciona la energía eléctrica para el funcionamiento de los campamentos e instalaciones de apoyo, su principal aplicación está en generar el movimiento de toda la maquinaria y motores del taladro de perforación.

✓ Combustibles y otros químicos

Para la operación de los componentes del equipo de perforación, completamiento del pozo y demás equipos, se requiere generadores de energía que operarán en combustión interna, usando como energético Diésel, se estima un consumo promedio al día de 3.000 galones, de los cuales alrededor de 2.600 galones serán utilizados por los equipos de perforación, 400 galones para los motores usados en las actividades relacionadas con el tratamiento de aguas y cortes, y el restante para proveer de energía a los campamento.

Tabla 2-19 Necesidades estimadas de combustible por día

ACTIVIDAD	BLLS / DIA	GAL / DIA
ACPM	126- 147	2000 – 4000

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

El combustible se transportará en carrotanques y se almacenará en tanques debidamente señalizados y con diques de contención (Con capacidad de confinamiento del 100% del volumen máximo de combustible almacenado) para prevenir y retener derrames en caso de que estos sucedan; se ubicarán acorde a las especificaciones de los diseños de pozos.

✓ Fuentes alternas de energía

El área de interés del proyecto, al igual que la mayoría de la geografía colombiana se caracteriza por la posibilidad de la producción de energía diferente a las obtenidas a partir de combustibles fósiles, esta energía tendrá como finalidad servir como ayuda para las fuentes de energía fósil, desde Ecopetrol S.A se tiene la finalidad de producir de forma más eficiente los recursos energéticos por lo cual se proponen las siguientes formas de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, en este momento se evalúan varias alternativas entre las cuales destacan:

- Suministro de energía eléctrica a través de líneas de alta tensión:

La iniciativa tiene como principio proveer a los equipos de perforación energía eléctrica a través de redes de alta tensión como sustituto de la generación de potencia por combustión de Diésel aprovechando los bajos costos de energía eléctrica comercial y que corresponde a energía renovable cuyo uso es amigable para el medio ambiente, eliminando en su totalidad la emisión de CO2, NOx y material particulado a la atmosfera.

La posibilidad de utilizar la red eléctrica nacional, con el fin de proveer de electricidad los elementos del taladro, así como los elementos que forman parte del campamento, depende de la cercanía que se tenga a la red eléctrica nacional y su capacidad.

- Aprovechamiento de energía solar

Adicionalmente se evalúa la opción de instalación de paneles fotovoltaicos, en los techos de los contenedores del campamento, o disponer un espacio dentro de la Locación con el fin de disponer de esta fuente de energía.

- Generación de energía con sistemas de combustión hibrida

La alternativa consiste en instalar en los motores de los equipos de perforación un sistema de inyección de gas que sustituya parcialmente la combustión de Diésel por GLP (Gas licuado del petróleo), GNC (Gas natural comprimido) o gas de producción. Las principales ventajas de la tecnología sería disminución de emisiones de CO2 (emite entre un 15% y un 20% menos de dióxido de carbono al quemarse que el diésel), reducción de las emisiones de NOx en un 68% y de partículas en un 99%, contribuyendo a mejorar la Calidad del aire. En la siguiente **Figura 2-12**, se describen sus principales beneficios:

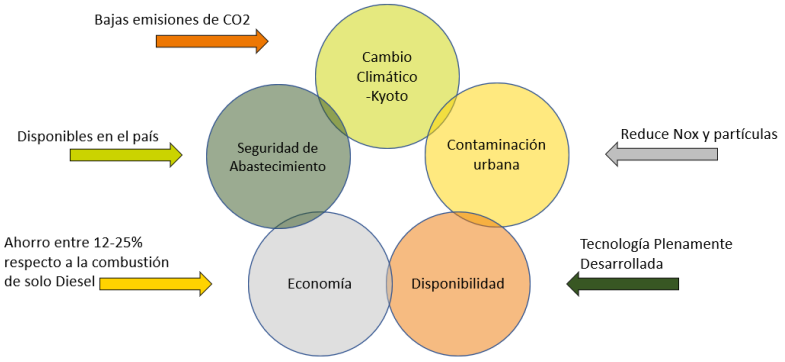


Figura 2-12 Combustión Dual para generación de energía
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

La tecnología consiste en la implementación de un Sistema de control de inyección para adicionar dentro de la cámara de combustión de motores Diésel el combustible GAS (gas natural, GLP, bio-gas, gas de carbón, gas de pozo, etc.); La conversión permite a la máquina operar con el ciclo de compresión-ignición del Diésel y sustituir hasta el 80% del combustible original por gas combustible.

En un motor de combustible dual, el diésel funciona como combustible y agente de encendido del gas dentro de la cámara de combustión. Estos motores arrancan con diésel y a medida que aumenta la temperatura del aire de admisión, se inyecta gas al cilindro desde una válvula de admisión adicional. A medida que se inyecta el gas, el consumo de diésel disminuye, lo cual proporciona mayor eficiencia y economía, así como una alternativa amigable con el ambiente. A medida que cambia la

cantidad y calidad del gas, el software de control ajusta dinámicamente la cantidad de gas o combustible diésel, detectando automáticamente la presencia, calidad y presión del gas para optimizar el ahorro de combustible, además de mantener el rendimiento y la protección del motor. El equipo de control debe proporcionar respuestas rápidas a los cambios súbitos por picos o caídas de demanda de potencia.

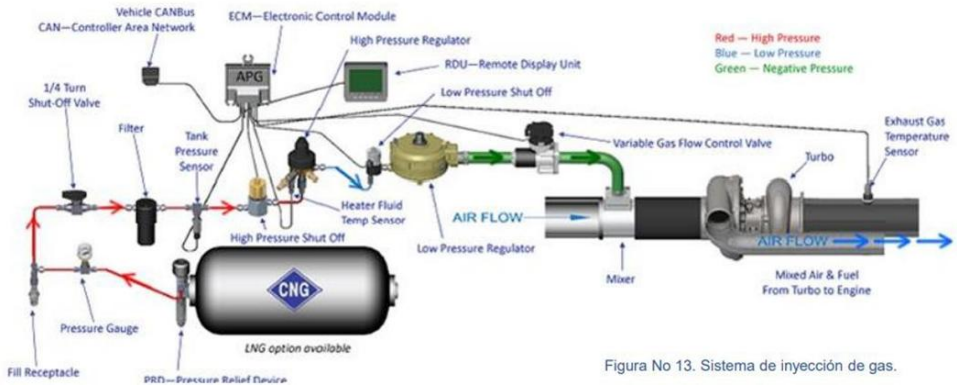


Figura No 13. Sistema de inyección de gas.

Figura 2-13 Sistema de Combustión Dual para generación de energía
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Los gases combustibles GNC y GLP son transportados por medio de camiones cisterna, en estado líquido (GLP) o gaseoso comprimido (GNC), desde los puntos de envasado hasta el punto de utilización del combustible, donde son almacenados en depósitos

2.2.2.2.2.5 Organización típica y personal necesario

Los estimativos de mano de obra se realizan de acuerdo con los tiempos estimados para la ejecución de los trabajos, por lo tanto, si se requieren obras en tiempo relativamente cortos con respecto a los rendimientos típicos es necesario incrementar los frentes de trabajo y la cantidad de maquinaria y equipo. Para desarrollar las actividades será necesaria la contratación de personal formado y no formado que variará a lo largo del tiempo de ejecución del proyecto, de acuerdo con las actividades que se estén desarrollando en el momento.

Para las actividades de perforación ECOPETROL S.A. cuenta con compañías especializadas en cada área del proceso (perforación direccional, lodos, registros eléctricos, etc.). El personal relacionado en este documento es estimado y podrá variar en función de las actividades y fases que se estén ejecutando. Durante la etapa de perforación del pozo, se requiere personal base y personal temporal o flotante, como se indica a continuación.

✓ Personal Base

Durante las actividades de perforación de un pozo se requiere un grupo de personal con mano de obra calificada y no calificada para la ejecución de estas. En la **Tabla 2-20**, se muestra el personal base requerido durante la perforación.

Tabla 2-20 Personal base requerido para la perforación de un pozo

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
MANO DE OBRA CALIFICADA	Company man	1
	Asistente de Company man	1

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
	Profesional HSE	1
	ADT	2
	Loggers	2
	Ingenieros Direccionales	2
	Ingenieros MWD	2
	Supervisor de Cortes	1
	Ingeniero de Cortes	1
	Técnico de Cortes	2
	Ingenieros Lodos	2
	Ingeniero / operadores de Cementación	4
	Cabezales	2
	Ingeniero/operadores de registros	4
	Corrida de revestimiento	4
MANO DE OBRA CALIFICADA EQUIPO DE PERFORACIÓN	Tool Pusher	1
	Supervisor	2
	Perforador	2
	Mecánico	1
	Electricista	1
	Médico	1
	Administrador	1
	Profesional HSE	1
	Encuellador	2
	Cuñero	6
	Aceitero	1
	Soldador	1
	Bodeguero	1
	Capataz de patio	3
	Operador equipo pesado	1
	Operador de Man Lift	1
	Supervisor de Casino	1
	Chef	1
	Cocinero	1
	Lonchero	1
	Operador de las retro cortes	1
MANO DE OBRA NO CALIFICADA EQUIPO DE PERFORACIÓN	Toma muestra	3
	Obrero de patio	9
MANO DE OBRA NO CALIFICADA EQUIPO DE PERFORACIÓN	Conductor de Camioneta	1
	Mesera	1
	Lavandera	2
	Camarera	3

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
	Lavaloza	2
	Obreros de patio para cortes	6
	Conductor de volqueta para cortes	1
	Conductor de carrotanque para cortes	1
TOTAL		91

Nota: El personal indicado es estimado, el número y formación dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Personal Temporal**

El personal temporal o flotante lo conforman los encargados de las labores de cementación y revestimiento, manejo de herramientas especiales, toma de registros eléctricos, además de las autoridades ambientales y gubernamentales que se presenten durante la ejecución de la perforación de un pozo. A continuación, en la **Tabla 2-21**, se enlista el personal requerido de manera temporal en la perforación de pozos.

Tabla 2-21 Personal temporal requerido para la perforación de un pozo

ACTIVIDAD	CARGO	TIPO DE MANO DE OBRA	CANTIDAD
REGISTRO GEOLÓGICO DE POZO	Jefe de Geología (Well Site)	Formada	1
	Ingeniero Mud Logging	Formada	2
	Geólogos	Formada	2
CEMENTACIÓN	Ingeniero	Formada	2
	Técnicos de cementación	Formada	2
REGISTROS ELÉCTRICOS	Ingeniero	Formada	2
	Técnicos de registros	Formada	2
REVESTIMIENTO	Ingeniero	Formada	2
	Ayudantes de revestimiento	No Formada	4
PERFORACIÓN DIRECCIONAL	Ingeniero Direccional	Formada	1
	Ingeniero MWD	Formada	1
CONTROL DE SÓLIDOS	Ingeniero	Formada	1
	Supervisor	Formada	1
PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	Ingenieros y ayudantes	Formada	4
	Obreros de patio	No Formada	6
	Ingeniero ambiental/Biólogo	Formada	1
	Bombero, supervisor	Formada	2
	Cuadrilla de ayudantes	No Formada	8
TOTAL			40

Nota: El personal indicado es estimado, el número y formación dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.2.6 Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos y manejo de residuos

➢ **Proceso de completamiento**

"El completamiento hace referencia al conjunto de trabajos que se realizan en un pozo después de la perforación y terminación, para dejarlo en condiciones de producir eficientemente los fluidos de la formación o destinarlo a otros usos, como inyección de agua o gas. Los trabajos de terminación pueden incluir el revestimiento del intervalo productor con tubería lisa o ranurada, la instalación de empaques o el cañoneo del revestimiento y, finalmente, la instalación de la tubería de producción" (Arrieta, 2010).

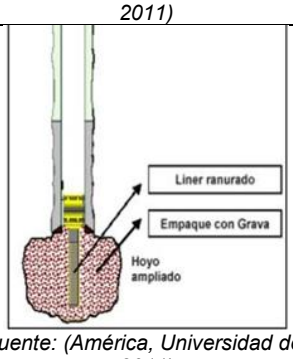
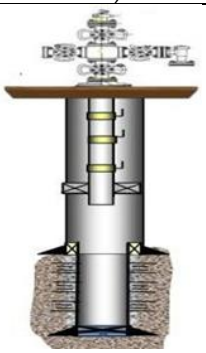
La selección del completamiento tiene como objeto principal, obtener la máxima producción en la forma más eficiente y, por lo tanto, deben estudiarse cuidadosamente los parámetros que determinan dicha selección. De acuerdo con (Arrieta, 2010), dichos parámetros son:

- ✓ Tasa de producción requerida.
- ✓ Reservas de zonas a completar.
- ✓ Mecanismos de producción en las zonas o yacimientos a completar.
- ✓ Necesidades futuras de estimulación.
- ✓ Requerimientos para el control de arena.
- ✓ Futuras reparaciones.
- ✓ Consideraciones para el levantamiento artificial por gas, bombeo mecánico, electrosumergible, etc.
- ✓ Posibilidades de futuros proyectos de recuperación adicional de petróleo.
- ✓ Inversiones requeridas.

De acuerdo con las características mecánicas y geológicas de las formaciones existentes en el pozo, así como del tipo de fluidos y los niveles de producción requeridos los pozos se podrían terminar con una Terminación Sencilla o Simple. Esta etapa corresponde a una técnica mediante la cual las zonas de interés se llevan a producir de forma simultánea o selectiva a través de una misma tubería o sarta de producción de completamiento. De acuerdo con el tipo de revestimiento instalado en las zonas de producción, la terminación sencilla generalmente puede ser según se presenta a continuación (Ver **Tabla 2-22**):

Tabla 2-22 Tipos de terminación sencilla

TIPO DE TERMINACIÓN	GENERALIDADES	APLICACIÓN	DIAGRAMA
TERMINACIÓN SENCILLA A POZO ABIERTO	Consiste en correr y cementar el revestimiento de producción hasta la parte superior de la zona de interés, seguir perforando hasta la base de dicha zona y dejarla sin revestimiento.	Este tipo de terminación se realiza en zonas donde la formación está altamente compactada.	 *Fuente: (América, Universidad de, 2011)*

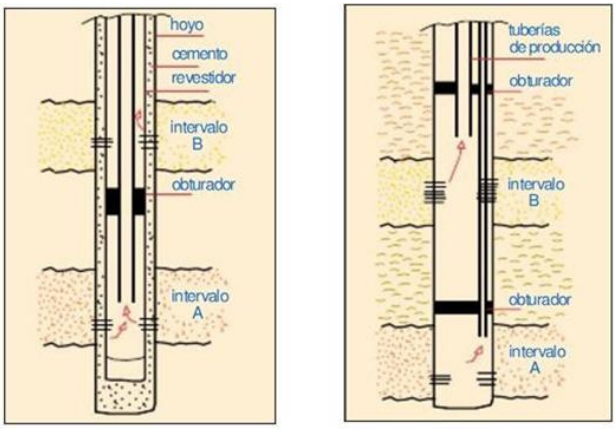
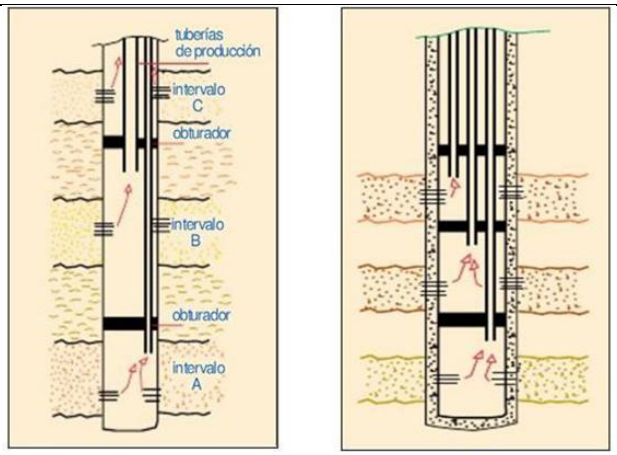
TIPO DE TERMINACIÓN	GENERALIDADES	APLICACIÓN	DIAGRAMA
TERMINACIÓN SENCILLA CON TUBERÍA RANURADA	En una terminación con tubería ranurada, el revestimiento se ubica en la parte superior de la formación productora y se coloca un forro en el intervalo correspondiente a la formación productiva (Arrieta, 2010).	Este tipo de terminación también se realiza mucho en formaciones no compactadas debido a problemas de producción de fragmentos de rocas y de la formación. Generalmente se instala en crudos pesados.	 *Fuente: (América, Universidad de, 2011)*
TERMINACIÓN SENCILLA CON TUBERÍA DE REVESTIMIENTO	En este tipo de terminación se instala y cementa una tubería hasta el fondo de la formación productora, de tal manera que después, de forma selectiva se cañonea o perfora el revestimiento en las zonas de interés para colocarlas a producir.	Si la producción se obtiene de una sola zona el completamiento es de tipo sencillo convencional, mientras que si se separan varias zonas productoras por medio de válvulas el completamiento es de tipo sencillo selectivo.	 *Fuente: (América, Universidad de, 2011)*
TERMINACIÓN DE EMPACADO CON GRAVA	En la Terminación del pozo se instala una tubería ranurada o mallas y posteriormente se realiza un empaquetamiento con grava el cual servirá como filtro artificial para prevenir la migración de finos provenientes de la formación productora al pozo.	Este tipo de terminación también se realiza mucho en formaciones no compactadas debido a problemas de Producción de fragmentos de rocas y de la formación. Generalmente se instala en crudos pesados.	 *Fuente: (América, Universidad de, 2011)*
TERMINACIÓN EN HUECO REVESTIDO Y CAÑONEADO	Consiste en correr y cementar el revestimiento hasta la base de la zona objetivo, la tubería de revestimiento se cementa a lo largo de todo el intervalo o zonas a completar	Cañoneando selectivamente frente a las zonas de interés para establecer comunicación entre la formación y el hueco.	 *Fuente: (América, Universidad de, 2011)*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

➢ **Completamiento Múltiple**

Se utiliza cuando se quiere producir simultáneamente varias zonas petrolíferas (Yacimientos) en un solo pozo, sin mezclar los fluidos. El completamiento múltiple a su vez puede ser de varios tipos (Ver **Tabla 2-23**):

Tabla 2-23 Tipos de completamiento múltiple

ACTIVIDAD	SUSTANCIA O INSUMO PARA UTILIZAR	DIAGRAMA
COMPLETAMIENTO DOBLE CON TUBERÍA DE REVESTIMIENTO	Se presenta cuando se van a producir dos zonas de forma independiente por un mismo pozo. Esta situación se puede conseguir de dos formas: a) Se instala una sola tubería de producción y un empaque, en cuyo caso una zona produce a través de dicha tubería y la otra por medio del espacio anular, o b) se instalan dos sartas de producción paralelas con sus respectivos empaques, una para cada zona y no se usa el espacio anular.	 Con una tubería de producción (Izquierda), con dos tuberías de producción (Derecha) *Fuente: (BARBERII, 1998)*
COMPLETAMIENTO TRIPLE	Se aplica cuando se requiere la producción vertical independiente de tres estratos. El principio de funcionamiento es igual al anterior usando para este caso dos o tres tuberías de producción.	 Con dos tuberías de producción (Izquierda), con tres tuberías de producción (Derecha) *Fuente: (BARBERII, 1998)*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

➢ **Equipo de insumos para completamiento y pruebas de Producción**

A continuación, en la Tabla 2-24, se relacionan los equipos necesarios en el completamiento de pozos.

Tabla 2-24 Equipos y accesorios utilizados durante el Completamiento

ACTIVIDAD	EQUIPOS
ESTIMULACIÓN DE LA FORMACIÓN	Equipo de perforación o de workover
	Equipos de bombeo
	Sarta de cañoneo
	Cañones para perforar las formaciones productoras.
CONTROL DEL POZO	Cabezal de pozo, árbol de navidad
	Válvulas de control y estrangulamiento
	Múltiple de prueba portátil
	Empaques de revestimiento para aislamiento del anular y de diferentes formaciones
EXTRACCIÓN, RECIBO Y TRATAMIENTO DE FLUIDOS	Tubería de producción
	Unidad de suabeo o succión
	Equipo de bombeo
	Separadores
	Tanques de almacenamiento
	Tuberías para interconexión de equipos (líneas de flujo).
	Tea: para la combustión del gas producido.
	Compresores
	Generadores: Para suministrar la energía requerida para la operación de los equipos
	Casetas portátiles (oficinas, laboratorios, almacenes)
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	Medidores de flujo, Manómetros, Termómetros y otros Sistema de adquisición de datos
	Sensores de presión y temperatura

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Fuentes, tipo de residuos y actividades que generan residuos en el proceso de completamiento en pozos**

A continuación, en la **Tabla 2-25**, se relaciona las principales Fuentes y actividades generadoras de residuos en el proceso de perforación.

Tabla 2-25 Fuentes y actividades generadoras de residuos en el proceso de perforación

ACTIVIDAD	SUSTANCIA O INSUMO PARA UTILIZAR
Desarrollo de actividades diarias dentro de la Locación	Los residuos orgánicos, cuya fuente principal son los casinos, deben ser separados y su disposición final puede ser para apoyar actividades de compostaje y lombricultivos con la comunidad cercana al proyecto o aprovechado por la comunidad para el levante de animales siempre y cuando sea para su autoconsumo en cumplimiento de la resolución del Instituto Colombiano Agropecuario. Los residuos que no sean susceptibles de ser entregados a la comunidad serán entregados a la empresa "Bioagrícola del Llano S.A.", empresa que lleva a cabo la operación del relleno sanitario en la ciudad de Villavicencio.
Paso del lodo por el equipo de control de sólidos	Residuos sólidos industriales: Ripios de perforación, mallas de diferentes tamices.
Tratamiento de lodo descartado del sistema	Residuos sólidos industriales: Cortes de perforación, canecas plásticas de química, bolsas de papel y plásticas, bigbag, guantes de nitrilo, guantes, tapabocas, textiles.

ACTIVIDAD	SUSTANCIA O INSUMO PARA UTILIZAR
activo en la Unidad de Dewatering	Residuos líquidos: Aguas residuales industriales.
Trabajos de soldadura y acondicionamiento de equipos	Residuos sólidos industriales: Chatarra en general, colillas de soldadura.
Funcionamiento de moto-generadores, turbinas, etc.	Residuos gaseosos: Emisiones atmosféricas.
Limpieza y mantenimiento de equipo y maquinaria	Residuos sólidos industriales: Baterías, filtros, estopas, trapos, tela oleofílica, envases, guantes, suelo contaminado, madera, cartón, plástico, chatarra, geomembrana en mal estado.
	Residuos líquidos industriales: Aceites usados, lubricantes, combustibles.
Actividades de revestimiento	Residuos sólidos industriales: Protectores de *casing*, estopas, trapos, guantes, tapabocas, lijas.
	Residuos líquidos industriales: Grasas, solventes, detergentes.
Actividades de cementación	Residuos sólidos industriales: Bolsas de cemento.
	Residuos líquidos industriales: Lechada de cemento.
Casino y campamento	Residuos sólidos domésticos: Orgánicos, papel, cartón, plástico, papel higiénico.
	Residuos líquidos domésticos: Aguas negras y aguas grises.
Atención al personal en la clínica / enfermería	Residuos sólidos biomédicos: Jeringas, gasas, guantes, agujas, algodón, empaques y embalajes de medicamentos.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Residuos sólidos y peligrosos

En este apartado se describe la clasificación, manejo y disposición final de los residuos sólidos, líquidos y peligrosos. El manejo integral de residuos sólidos y especiales implica la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, minimización, separación en la fuente, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, tratamiento y/o disposición final, en condiciones que propendan por el cuidado de la salud humana y el ambiente.

✓ Clasificación de los residuos

Para el manejo integral de los residuos sólidos se deben realizar nueve (9) etapas, encaminadas a cumplir las estrategias del Área de Desarrollo Bucare, las normativas vigentes y los lineamientos de Economía Circular propuestos por Ecopetrol S.A. En la **Figura 2-14**, se presenta las etapas enmarcadas en la Guía para el Manejo Integral de Residuos en Ecopetrol S.A. (Código HSE-G-004), las cuales están alineadas a la política de Economía Circular.



Figura 2-14 Etapas para el manejo integral de los residuos sólidos
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Para la clasificación de residuos, se debe seleccionar y separar los residuos en la fuente para garantizar la calidad de los residuos reciclables y evitar transferir características de peligrosidad a un residuo que no lo es; en este sentido, se debe hacer buen uso de las canecas dispuestas en los puntos de acopio, acogiéndose al código de colores presentado en la **Tabla 2-26**. La cantidad de canecas que se ubiquen en las áreas depende del tipo de residuos que se generen, es decir, en el punto de acopio no es estrictamente necesario que se mantengan las cinco (5) canecas.

Tabla 2-26 Código de colores y clasificación de residuos

TIPO DE RESIDUOS	Incluye restos de comida cruda como cascaras de frutas y verduras, pan restos de café, residuos de poda y cortes de arboles	Incluye papel higiénico, toallas de mano, paños húmedos, servilletas, papeles y cartones contaminados con comida, papeles metalizados, papeles encerados, elementos de protección personal para prevención del COVID-19.	Tales como plástico, vidrio, metales, papel y cartón.	Como, por ejemplo: Telas y papeles impregnados con hidrocarburo, elementos de protección personal impregnados con hidrocarburos. Para el transporte deberá asegurarse que estas canecas lleven sus tapas con aro para cierre hermético.	Residuos de atención medica
BOLSA			Blanca	Transparente	
CANECA Y ETIQUETA	Caneca plástica VERDE o metálica donde aplique pintada de color VERDE, con bolsa interna VERDE, con su etiqueta *Residuos orgánicos Aprovechables.*	Caneca plástica ***NEGRA*** o metálica donde aplique pintada de color NEGRO, con bolsa interna NEGRA, con su etiqueta ***Residuos No Aprovechables***.	Caneca plástica *GRIS* o metálica donde aplique pintada de color GRIS, con bolsa interna BLANCA, con su etiqueta *Residuos Aprovechables.*	Caneca plástica *AZUL* o metálica donde aplique pintada de color AZUL, con bolsa interna de polietileno de alta densidad TRANSPARENTE con su etiqueta *Residuos peligrosos impregnados de Hidrocarburo.*	Caneca plástica *ROJA* con bolsa interna ROJA, para ser utilizada únicamente en policlínica, CAPA y/o enfermerías.

	
Notas	• El código de colores aplica en todos los tipos de instalaciones; sin embargo, la cantidad de canecas depende del tipo de residuos que se generen en cada punto, es decir, no es estrictamente necesario que se mantengan las 5 canecas que se establecen en el código de colores. • El tamaño y diseño de los recipientes de cada punto debe ser adecuado de acuerdo con las necesidades de la operación tales como la capacidad, material, zona de ubicación y cantidad de residuos generados. • Residuos aprovechables: Mientras se realiza la transición progresiva de todos los recipientes para la separación de residuos con el nuevo código de colores, se podrán utilizar recipientes grises o blancos (según disponibilidad del proveedor) SIEMPRE con bolsa blanca.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

La perforación de pozos en (identificar espacio de licencia ambiental), podrá dar lugar a la generación de residuos de tipo sólido y líquido, los cuales se relacionan a continuación:

- Residuos Sólidos

Durante las actividades de perforación y completamiento de pozos, se podrán generar residuos sólidos domésticos, industriales y eventualmente especiales o peligrosos. La clasificación de residuos sólidos contemplada corresponde a:

- Domésticos: Orgánicos, reciclables, no reciclables y hospitalarios
- Industriales: Reciclables, impregnados con hidrocarburos, especiales, residuos de construcción o demolición (RCD).
- Peligrosos: Empaques / residuos químicos, cal, cemento, residuos hospitalarios, residuos especiales radioactivos

- Residuos Líquidos

Durante las actividades de operación de Localizaciones, perforación y completamiento de pozos, se podrán generar residuos líquidos correspondientes a: Aguas residuales domésticas, industriales y lluvias. Los residuos Líquidos se clasificaron de la siguiente forma:

- Domésticos: Aguas negras y aguas grises.
- Industriales: Asociadas a procesos Dewatering y aguas aceitosas
- Lluvias: Aguas lluvias recolectadas

✓ Estimación de volúmenes

Teniendo como precedente los indicadores para perforación exploratoria de Ecopetrol S.A. y a juicio de expertos, se estiman las cantidades de residuos generado a nivel industrial:

Tabla 2-27 Estimación de Volúmenes

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS			VOLUMEN Y/O CANTIDADES ESTIMADAS	PERSONAL / LOCACIÓN ESTIMADO
Residuos sólidos	Domésticos	*Orgánicos*	*0,2 kg/persona/día*	*120 personas*
		Reciclables	*0,2 kg/persona/día*	
		No reciclables	*0,2 kg/persona/día*	
		Hospitalarios	*0,02 kg/día*	*N. A*
	Industriales	*Reciclables*	*362 kg/día*	
		Impregnados con hidrocarburo	*36 kg/día**	
		Especiales	*Cortes Base Agua 2.500 m³ Aprox.*	
			Cortes Base Aceite 3.300 m³ Aprox.	
		Residuos de construcción	*Escombros 0,5 m³/km*	
	Peligrosos	*Empaques / residuos químicos.*	*18 kg/día*	
		Residuos hospitalarios	*0,04 kg/unidad médica/día*	
		Residuos esp. radioactivos	*N.A*	
Residuos líquidos	Domésticas	*Aguas negras*	*120 litros/día*	
		Aguas grises	*200 litros/día*	
	Industriales	*Asociadas a dewatering, cementación, lavado equipos, completamiento y pruebas*	*400 Bls/Día*	
		Aguas aceitosas		
	Lluvias	*Aguas recolectadas*	*Sujeto a precipitación*	

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Manejo de residuos y alternativas y disposición final

A continuación, en la **Tabla 2-28** se presenta la Clasificación, propuesta de manejo y alternativas de disposición para residuos sólidos, seguido por la **Tabla 2-29** donde se enlistan el manejo y disposición de residuos líquidos generados en las actividades de perforación, completamiento y pruebas.

Tabla 2-28 Clasificación, Manejo y disposición de Residuos Sólidos

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS			MANEJO / ALMACENAMIENTO	DISPOSICIÓN
RESIDUOS SÓLIDOS	DOMÉSTICOS	Orgánicos	Almacenamiento en bolsas verdes dentro de canecas debidamente cubiertas.	Terceros que cuenten con los respectivos permisos ambientales de recolección aprovechamiento y disposición.
		Reciclables	Clasificación en la fuente y posterior disposición en canecas con bolsas plásticas de color azul o gris.	
		No reciclables	Recolección en bolsa de color verde en canecas debidamente señalizadas.	
		Hospitalarios	Los residuos serán manipulados por personal que presente los elementos de protección personal que limiten el riesgo de contacto con el residuo, dispuestos en bolsas de color rojo debidamente rotuladas	

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS			MANEJO / ALMACENAMIENTO	DISPOSICIÓN
	INDUSTRIALES	Reciclables	La clasificación y recolección se realizará en canecas con bolsas plásticas de color azul y gris	Terceros que cuenten con permisos ambientales de recolección aprovechamiento y disposición.
		Impregnados con hidrocarburo	Clasificación, recolección y almacenamiento en bolsas de color negro dentro de canecas debidamente señalizadas.	
		Especiales	*Cortes de Perforación Base Agua:* Catch Tanks/Piscinas. Los cortes base agua estabilizados e inertes (con cal y tierra común), cumpliendo con el protocolo Louisiana 29), podrán ser empleados para el cierre de piscinas, así como en la revegetalización de áreas intervenidas.	1. ZODMEs 2. Terceros Autorizados 3. Piscinas. 4. Reutilizados en actividades constructivas
			Cortes de Perforación Base Aceite: Catch Tank/Piscinas. Equipo Secador de Cortes (Centrifuga y otros equipos y tecnologías)	1. ZODMEs 2. Terceros Autorizados 3. Reutilizados en actividades constructivas
			Sólidos residuales de estimulación entre los que se encuentran arenas aceitosas: Catch Tank/Piscinas, Equipo Secador, Centrifuga y otros equipos y tecnologías.	Terceros que cuenten permisos ambientales de recolección aprovechamiento y disposición.
		Residuos de construcción	En las zonas establecidas para su acopio temporal, se debe garantizar el carpado de los materiales, limitando que se genere material particulado.	Terceros que cuenten con los permisos ambientales de recolección y disposición.
	PELIGROSOS	Empaques / residuos químicos.	Almacenamiento organizado en la bodega de químicos. Los residuos serán manipulados por personal que presente los elementos de protección personal que limiten el riesgo de contacto con el residuo, dispuestos en bolsas de color negro debidamente rotuladas.	Terceros que cuenten con los respectivos permisos ambientales de recolección aprovechamiento y disposición.
		Residuos hospitalarios	Los residuos serán manipulados por personal que presente los elementos de protección personal que limiten el riesgo de contacto con el residuo, dispuestos en bolsas de color rojo debidamente rotuladas	
		Residuos especiales Radiactivos	Las fuentes radiactivas serán retiradas inmediatamente del área y transportadas en contenedores sellados de plomo tan pronto culmine la actividad	

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Tabla 2-29 Clasificación, Manejo y disposición de Residuos Líquidos

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS			MANEJO / ALMACENAMIENTO	DISPOSICIÓN
RESIDUOS LÍQUIDOS	DOMÉSTICAS	Aguas negras	Tratamiento en PTARD / Tipo Red Fox en la cual, mediante un proceso biológico mixto (aeróbico y anaeróbico), se degrada la materia orgánica presente y posteriormente se mezcla con aguas residuales industriales para su tratamiento y disposición final.	1. Reutilización 2. Humectación en Vías 3. Terceros Autorizados 4. Entrega en instalaciones de producción de Ecopetrol S.A.

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS			MANEJO / ALMACENAMIENTO	DISPOSICIÓN
		Aguas grises	Serán conducidas a una trampa de grasas y posteriormente se mezcla con aguas residuales industriales para su tratamiento y disposición final.	5. Entrega a otras compañías operadoras del sector. 6. Disposición mediante inyección por disposal
	INDUSTRIALES	Fluido de perforación (lodo) residual	Fluido de perforación (lodo) residual será sometido a proceso de dewatering resultando como efluentes agua industrial residual y sólidos de perforación.	1. Reutilización. 2. Dewatering
		Aguas industriales residuales	Catch Tank, Piscinas, Tanques australianos, Frac Tank Sistema de deshidratación (Dewatering), Tratamiento de aguas con desmineralización por ósmosis inversa, Tratamiento por desmineralización iónica, Nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales.	1. Reutilización. 2. Humectación en Vías 3. Terceros Autorizados 4. Entrega en instalaciones de producción de Ecopetrol S.A. 5. Entrega a otras compañías operadoras del sector.
		Aguas aceitosas	Se recolectarán en canecas debidamente marcadas y etiquetadas.	1. Terceros Autorizados. 2. Entrega en instalaciones de producción de Ecopetrol S.A. 3. Entrega a otras compañías operadoras del sector.
		Aceites residuales	El aceite descartado del mantenimiento de generadores se recogerá en canecas debidamente marcadas y etiquetadas.	1. Terceros Autorizados. 2. Entrega en instalaciones de producción de Ecopetrol S.A. 3. Entrega a otras compañías operadoras del sector.
		Fluidos de estimulación residuales	Los fluidos residuales de las operaciones de estimulación se almacenarán en tanques debidamente marcados y etiquetados.	1. Terceros Autorizados. 2. Entrega en instalaciones de producción de Ecopetrol S.A. 3. Entrega a otras compañías operadoras del sector.
	LLUVIAS	Aguas lluvias recolectadas por las cunetas internas de la plataforma de perforación.	Serán enviadas a un skimmer, para luego pasar a las piscinas donde se destinarán para reutilización como agua industrial y/o mezclarán con aguas residuales industriales tratadas.	1. Reutilización. 2. Humectación en Vías 3. Terceros Autorizados 4. Entrega en instalaciones de producción de Ecopetrol S.A. 5. Entrega a otras compañías operadoras del sector.
		Aguas lluvias recolectadas por las cunetas perimetrales.	Las aguas lluvias recolectadas por las cunetas perimetrales construidas en la locación, serán conducidas a un desarenador que presentará un descole dotado si es preciso de un disipador de energía, para su posterior entrega a un drenaje natural.	1. Drenaje natural.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

A continuación, en la **Tabla 2-30**, se identifican las alternativas de disposición final de los lodos o cortes de perforación una vez se haya realizado el tratamiento en el área destinado para este fin.

Tabla 2-30 Alternativas de disposición final de cortes de perforación tratados

ALTERNATIVA SOLICITADA	DESCRIPCIÓN GENERAL
ZODME	Áreas destinadas como Zonas de Disposición de Material Sobrante de Excavaciones y cortes de perforación

ALTERNATIVA SOLICITADA	DESCRIPCIÓN GENERAL
TERCEROS AUTORIZADOS	Los cortes de perforación base agua y aceite residuales con o sin tratamiento, podrán entregarse directamente a terceros que cuenten con los permisos ambientales de recolección aprovechamiento y disposición.
PISCINAS EN LA LOCACIÓN	Los cortes de perforación base agua estabilizados e inertes (con cal y tierra común), cumpliendo con el protocolo Louisiana 29), podrán ser dispuestos en piscinas construidas para tal propósito.
REUTILIZACIÓN EN ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS	Los cortes de perforación base agua estabilizados e inertes (con cal y tierra común), cumpliendo con el protocolo Louisiana 29), podrán ser empleados para el cierre de piscinas, revegetalización de áreas intervenidas o cualquier otra actividad constructiva que permita su aprovechamiento.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Tabla 2-31 Alternativas de disposición final de agua residual (domestica e industrial)

ALTERNATIVA SOLICITADA	DESCRIPCIÓN GENERAL
REUTILIZACIÓN	En todo caso se propenderá por la reutilización del agua en los procesos industriales.
HUMECTACIÓN / RIEGO EN VÍAS	Se contempla el riego en vías sujetas a construcción o adecuación, por agua residual o con oleína de palma refinada y deodorizada.
TRATAMIENTO DE AGUAS CON DESMINERALIZACIÓN POR OSMOSIS INVERSA	Este método se basa en el empleo de membranas semipermeables que permiten el paso del agua, pero no el de las sales disueltas. Si se separan por medio de una membrana semipermeable dos compartimientos abiertos a la atmósfera, uno de los cuales contiene agua pura y el otro una solución acuosa de sales se comprueba que el agua atraviesa la membrana hacia la solución y que la presión del lado de la solución aumenta hasta alcanzar un cierto valor (presión osmótica) suficiente para anular el caudal de agua que atraviesa la membrana. Este fenómeno constituye la ósmosis directa y se da, en forma general, entre dos soluciones acuosas de diferentes concentraciones. Por lo tanto, aplicando a la solución una presión suficientemente elevada, no solamente se anula el paso del agua a través de la membrana semipermeable a la solución, sino que conseguirá un paso de agua prácticamente pura en sentido inverso, desde la solución que se irá empobreciendo en agua, hacia el otro lado de la membrana.
ENTREGA A TERCEROS DEBIDAMENTE AUTORIZADOS	Las diferentes clases de aguas residuales con o sin tratamiento, podrán entregarse directamente a terceros dando cumplimiento a lo establecido en la normatividad ambiental vigente en lo referente al transporte de sustancias peligrosas y la (Ley 1252, 2008) alusiva a la responsabilidad del generador hasta la disposición final de los residuos.
ENTREGA PARCIAL O COMPLETA EN INSTALACIONES DE ECOPETROL S.A U OTRAS COMPAÑÍAS ALEDAÑAS AL ÁREA DE DESARROLLO	Volúmenes parciales o totales de las aguas residuales industriales tratadas o sin tratamiento y generados de las actividades, podrán entregarse para su tratamiento y/o disposición final, a ECOPETROL S.A. u otras compañías del sector que lideren Proyectos como: Exploración de otros Bloques, explotación de campos en desarrollo y/u operación de estaciones de despacho/bombeo. Para optar por esta alternativa, ECOPETROL se asegurará previamente, de que la(s) empresa(s) con las que se formalicen este tipo de acuerdo(s), cuenten con: ✓ Licencia(s) o permiso(s) de autorización vigentes para realizar estas actividades, los cuales hayan sido otorgados por autoridades ambientales competentes. ✓ La capacidad de recibo e infraestructura idónea para la aplicación de estos procesos. ✓ Altos estándares de HSE verificables.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

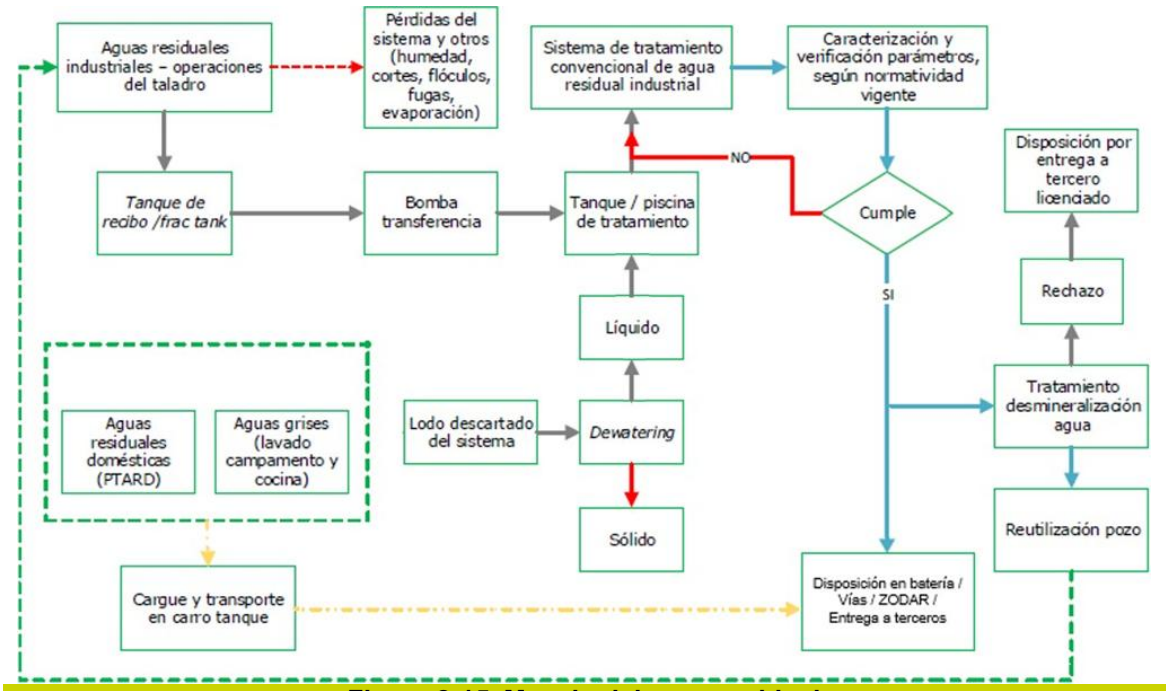


Figura 2-15 Manejo del agua residual
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

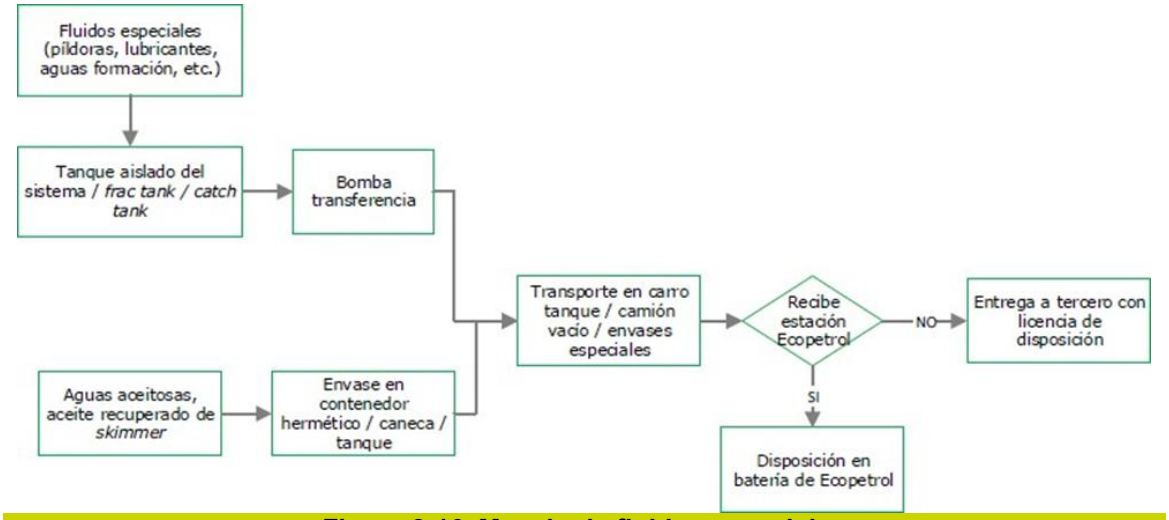


Figura 2-16 Manejo de fluidos especiales
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.2.7 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad

La etapa de desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas se desarrollará de acuerdo con cinco (5) actividades que la conforman de forma general, así:

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria (A-46)
- ✓ Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación (A-47)
- ✓ Cierre y abandono de pozo y contrapozo (A-48)

- ✓ Demolición y desmonte de infraestructura (A-49)
- ✓ Limpieza de Áreas (A-50)
- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52)

El taponamiento y abandono de un pozo corresponde a la fase final del ciclo de vida de este y consiste en establecer las barreras permanentes dentro del pozo, de tal forma que se conserve la integridad del mismo, lo anterior con la perspectiva de la no re-entrada futura al pozo.

Un pozo es abandonado cuando se presenta cualquiera de las siguientes condiciones: pozos secos, con daño mecánico o que no cumplan con los requisitos de desarrollo y explotación económica o cuando por orden o consideración técnica, por parte del Ministerio de Minas y Energía, este deba ser abandonado; también cuando durante la perforación del pozo se encuentra con zonas acuíferas y el objetivo es otro, caso en el cual se debe hacer la terminación y abandono de pozo, de tal forma que en el futuro, pueda ser usado para otro fin.

Las consideraciones para abandono de pozos son presentadas de manera general puesto que cada pozo es un caso particular y debe ser planeado de acuerdo con las características del mismo y consideraciones técnicas requeridas, sin embargo, de manera integral el Plan de Abandono, ampara las actividades correspondientes a la desincorporación de activos.

Para un adecuado diseño de abandono del pozo se considerará como mínimo los siguientes insumos para una correcta ubicación y diseño de las barreras:

- Identificar todas las formaciones expuestas a flujo en el momento del abandono del pozo y las formaciones adyacentes como sellos naturales y formaciones con potencial de influjo futuro.
- Identificar el estado del pozo en el momento del abandono: estado de los revestimientos, cementación original, “sidetracks”, pescados, restricciones, desgastes, colapsos, fracturas, corrosión, etc.
- Identificación de potenciales puntos de fuga en elementos del completamiento.
- Análisis previo de presencia de presiones en los anulares. Realizar una prueba de drenaje y reconstrucción de presión para diagnosticar el problema, si es el caso y realizar todas las actividades que sean necesarias, para determinar la fuente.
- Fuerzas tectónicas y sismicidad.
- Identificar presión y temperatura actual del yacimiento.
- Proyectos futuros EOR de los yacimientos, tales como proyectos térmicos.
- Tipos de fluidos existentes en el yacimiento.
- Registros de cementación y cualquier otro dato sobre la integridad durante la vida del pozo.

A continuación, se listan las principales actividades a ejecutar durante el cierre y abandono de pozos:

- Instalación de barreras
- Taponamiento
- Identificación de pozos abandonados

La descripción detallada de las actividades a seguir para realizar el desmantelamiento y abandono de pozos se consigna en el Capítulo 10_PLAN_DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO, del presente Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Bucare.

2.2.2.2.2.8 Número Máximo de plataformas y pozos

Se estima la construcción de hasta dieciséis (16) Locaciones multipozo de las cuales, una (1) corresponde a la locación Leyenda Kimera existente, donde se proyectan la perforación de hasta quince (15) pozos por cada locación hasta completar un total de ciento cinco (105) pozos en el área

de Desarrollo Bucare, incluyendo los pozos exploratorios que se perforen. Estos pozos podrán ser con objetivos, Productores, inyectores y para Disposal de acuerdo con los resultados de las pruebas cortas y extensas en cada pozo perforado.

Tabla 2-32 Cantidad de Pozos a perforar

TIPO DE ACTIVIDAD	MÁXIMO DE LOCACIONES MULTIPOZO	MÁXIMO DE POZOS A PERFORAR POR LOCACIÓN	MÁXIMO DE POZOS PRODUCTORES POR LOCACIÓN	NÚMERO MÁXIMO DE POZOS
Perforación de pozos Productores	16	15	Los Restantes a los pozos Exploratorios NFE perforados	*Máximo ciento cinco (105) pozos totales que se solicitan para el Área de Desarrollo Bucare, de los cuales un máximo de dieciséis (16) pozos serán con objetivo Exploratorios NFE, y la cantidad restante podrán ser productores, inyectores o Disposal.*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.2.9 Estimativo de mano de obra

El estimativo de mano de obra requerida para la ejecución de las actividades asociadas a esta estrategia de desarrollo se relacionaron anteriormente en el numeral 2.2.2.2.2.5 “Organización típica y personal necesario”

2.2.2.2.2.10 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

La duración de las obras se estima a partir de las actividades a ejecutar en cada etapa de desarrollo y que se definen en la Tabla 2-3 Definición de actividades a desarrollar en el Área de Desarrollo Bucare, presentada en el subcapítulo 2.2.2 Estrategias de Desarrollo del presente estudio EIA. Este estimativo del cronograma se realiza teniendo en cuenta que, los tiempos podrán variar de acuerdo a las necesidades del proyecto, tiempos que se especificarán en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos (PMAE) que se presenten para cada proyecto y/o infraestructura a desarrollar.

A continuación, en la **Tabla 2-33**, se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de producción tipo. Cabe precisar que se trata de un estimativo y los tiempos y cantidades por fase podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto.

Tabla 2-33 Duración y actividades estimadas para la perforación típica de un pozo productor

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CONSTRUCTIVA	***ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)***	***A-08***	*Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto*												
		A-09	*Montaje e instalación de estructuras metálicas*												
		A-11	*Operación de maquinaria y equipos*												
OPERATIVA	***PERFORACIÓN DE POZOS***	***A-28***	*Instalación y operación de campamentos*												

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	(Productores, Inyectores y Disposal)	*A-29*	*Montaje del taladro y equipos de perforación*												
		A-30	*Perforación, completamiento y operación del pozo*												
		A-38	*Instalación y operación de facilidades para el tratamiento e inyección de fluidos disposal*												
	MANTENIMIENTO	*A-42*	*Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)*												
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		*A-46*	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.*	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención											
		A-48	*Cierre y abandono del pozo y contrapozo*												
		A-49	*Demolición y desmonte de infraestructura*												
		A-50	*Limpieza de áreas*												
		A-51	*Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización*												
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		*A-53*	*Contratación de mano de obra*	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico											
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*												
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*												
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*												
		A-58	*Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles*												
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*												
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*												
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*												
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*												
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*												

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.3 Perforación de pozos Inyectores (ED6)

Dadas las características del yacimiento en el Área de Desarrollo Bucare, se requiere realizar la actividad de inyección de diferentes fluidos (agua, polímeros, mezclas, etc.) como mecanismo de recuperación secundaria, con el objeto de mantener y/o incrementar su presión, lograr un mejor barrido de los hidrocarburos y así generar recuperación de estos.

2.2.2.2.3.1 Cantidades requeridas para el área de Desarrollo Bucare

Es normal que una vez se inicia la explotación de hidrocarburos, se presente una reducción progresiva de presión natural del yacimiento asociado al mecanismo de drenaje de este y por consiguiente la progresiva disminución (declinación) en la producción de los pozos, debido a la pérdida de la energía natural del yacimiento. Llegado este momento, y de acuerdo con las características de cada yacimiento, y de los programas de producción de los pozos, se pueden implementar técnicas de recobro secundario mediante la inyección en arreglos geométricos que pueden ser regulares o irregulares para hacer barridos de crudo y maximizar el recobro del yacimiento, donde la energía adicional para mantener la presión y mejorar la producción de los pozos, es administrada de manera artificial por algún método de recobro secundario convencional, entre los que se destacan la inyección de fluidos a presión, que permitan reemplazar los volúmenes extraídos y de esta manera ayudar a compensar la pérdida de presión, mejorando la recuperación de petróleo y prolongando la vida del campo.

Bajo las consideraciones anteriores, la estrategia de desarrollo contempla la actividad de perforación de pozos para inyección de fluidos con fines de mantenimiento de presión y/o aumento del factor de recobro en el yacimiento en las formaciones productoras; las actividades asociadas a la perforación de pozos inyectores se desarrollarán en locaciones multipozo dentro del Área de Desarrollo Bucare de acuerdo con las tecnologías y métodos descritos en el presente EIA.

Para la ejecución de las estrategias de desarrollo del proyecto de explotación de hidrocarburos para el Área de Desarrollo Bucare, en las actividades de Inyección y reinyección se solicita el permiso para la inyección por recobro mejorado (secundario y terciario) (WATERFLOODING), según lo estipulado en la estrategia de desarrollo ED12 Inyección de fluidos (agua) para recobro, sostenimiento de presión y/o Disposal, que se desarrolla en el subcapítulo 2.2.2.5 Facilidades de producción en su numeral 2.2.2.5.3 del presente estudio EIA. Se espera inyectar en el objetivo geológico T2. Para la presente solicitud, se solicita el permiso para una presión de inyección entre 1000 y 1500 PSI a un caudal de inyección entre 860 y 1350 BWPD por pozo. Bajo las consideraciones anteriores, la estrategia se desarrollará en locaciones multipozo dentro del Área de Desarrollo de acuerdo con las tecnologías y métodos descritos en el presente EIA.

Así las cosas, la perforación de pozos inyectores serán descontados del total de los 105 pozos solicitados para el Área de Desarrollo Bucare, los pozos podrán ser para recobro secundario y/o mantenimiento de presión, así mismo estos pozos son inyectores de agua y/o gas.

Tabla 2-34 Cantidad de pozos a perforar

TIPO DE ACTIVIDAD	ALCANCE	CANTIDAD DE POZOS
Perforación de pozos Inyectores	*Se proyectan la perforación de hasta 15 pozos por cada locación descontando los pozos que se hayan perforado como exploratorios de los 105 en total. Los pozos restantes podrán ser Inyectores*	*Hasta 15 por cada plataforma descontando los pozos NFE que se hayan perforado*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Los pozos inyectores se proyectan a profundidades promedio de 8210 ft a 8766 ft de acuerdo con las siguientes especificaciones e información técnica (Ver Tabla 2-35):

Tabla 2-35 Especificaciones Técnicas de pozos Inyectores

ESPECIFICACIONES DE POZOS	
Pozo Tipo	Inyector
Profundidad MD/TVD (ft)	8210 / 8766
Objetivo Geológico MD/TVD	T2
Geometría	Tipo S modificado
Pozos Offset	Kimera-1, Leyenda-1, Meta-1, Kimera-1, Yacare-1, Pachaquiaro-1, Aquila-1 y Castilla Norte-10 OCM: Castilla Norte 719i & 218i
Presión del Yacimiento (Psi)	2300 – 2400
Temperatura del Yacimiento (°F)	190 – 230
Gradiente de Temperatura (°F/1000ft)	0,1 – 0,14
Gradiente de fractura (PSI/FT)	T2: 0,62 – 0,68
Registros – OH	LWD (GR-RES inducción) (51 pozos) WLN Tripe Combo (GR, SP, Temperatura de alta resolución, resistividad y microresistividad Laterolog, Densidad, Neutrón y Caliper) (12 pozo)
Registros – CH	1. CBL-VDL-Ultrasónico 9-5/8" & 7" 2. GR a superficie. 3. Gyro / Solo Cuando no se tomen Survey en OD
Puntos de presión	Wireline: 20 puntos de presión (16 pozos productores con puntos de presión)
Tipo de Hidrocarburo esperado	Black Oil 8 -9 API
Porosidad	0.15 -0.18
Permeabilidad	0.633 - 1.087
Caudal de Inyección (BWPD)	860 - 1350
Presión de Inyección (PSI)	1000-1500
% molar H2S/ CO2/N2	0/46% / 10-30%
Pies netos a cañonear	35 -120
Requerimientos de estimulación/fractura	Estimulación química Matricial (T2)
SLA Sugerido	INY_AGUA

Nota: De acuerdo con la información inicial el yacimiento objetivo es el T2; sin embargo, con los resultados de los pozos exploratorios, es posible que se identifiquen otras formaciones objetivo
Fuente: ECOPETROL S.A, adaptado por SGI S.A.S, 2025

2.2.2.2.3.2 Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación

Los pozos de inyección en el Área de Desarrollo Bucare, se realizarán de forma convencional utilizando un equipo de mesa rotaria, para lo cual se implementará un programa de perforación, cuyo objetivo será garantizar el aislamiento de las zonas de interés, direccionando el fluido exclusivamente hacia las formaciones receptoras; para tal fin cada pozo perforado será revestido, cementado y completado con el propósito de conducir el agua en forma segura y controlada desde superficie hasta la unidades objetivos para e inyección.

Para la perforación de pozos de agua para recobro en el Área de Desarrollo Bucare, se planea usar equipos de perforación conocidos como taladros (RIGS); estos cuentan con un conjunto de cinco sistemas básicos para la operación: potencia, rotación, levantamiento, circulación y sistema de

control de pozos, los cuales son similares en su descripción a los descritos en la estrategia de desarrollo Perforación de Pozos Productores (ED5) en su numeral 2.2.2.2.2.2 Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación.

Teniendo en cuenta los análisis matemáticos efectuados para el Área de Influencia del Área de Desarrollo Bucare, (Modelo Hidrogeológico Matemático), se pudo constatar una vez realizado los análisis predictivos, la simulación para recobro secundario con un equivalente de 1350 BWPD (en un escenario de máxima producción) por pozo, desarrollada para la Formación San Fernando también conocida como Formación Mirador, en donde no se evidenció ningún tipo de interconexión entre las formaciones inyectadas y las formaciones explotadas hidrogeológicamente para abastecimiento de la comunidad.

✓ Proceso de Inyección

En general los pozos inyectores, sin importar su formación objetivo, cuentan con revestimiento, el primero cubre en términos generales el tramo comprendido desde superficie hasta la primera zapata, de manera que se aíslen los acuíferos superficiales del proceso en ejecución, y el segundo desde la superficie hasta el fondo o profundidad final (TD: Total Depth).

La inyección se realiza a profundidades que garantizan la no afectación de acuíferos superficiales, los cuales se cuentan ubicados por encima de los sellos regionales de la zona. La ejecución de perforación de pozos de inyección se realiza siguiendo, entre otras, las siguientes recomendaciones generales:

- Una vez realizada la cementación, se puede llevar a cabo un registro de calidad de cemento con el fin de asegurar el correcto aislamiento de todos los intervalos del pozo durante la fase de cementación.
- En caso de observar deficiencias en la cementación se procederán a efectuar cementaciones remediales según criticidad de cada caso.
- Una vez validada la calidad de la cementación de los pozos, se procede a realizar el cañoneo de las zonas a inyectar según revisión por parte del equipo de yacimientos, y con base en los registros eléctricos adquiridos. En esta fase se determina el caudal y presión de inyección a aplicar en cada uno de los intervalos objetivo del proceso de inyección de agua y/o gas.
- Posteriormente, se realiza la movilización del taladro de completamiento, y se realiza el arme y corrida de la sarta de completamiento. La sarta, usualmente, es de tipo selectiva, la cual se compone principalmente de empaques hidráulicos, mandriles y juntas de desconexión. La cual controla eficientemente el proceso de desplazamiento de hidrocarburos.
- El asentamiento de la sarta en uno de los tipos se puede realizar con aumento de presión, y se asegura mediante la configuración diferencial en presión de cada empaque.
- La siguiente etapa se da de nuevo de manera Rigless, en donde la unidad de Slick line, realiza el cambio de válvulas ciegas a válvulas reguladoras, dejando el pozo listo para iniciar inyección. Estas válvulas reguladoras son las encargadas de asegurar que los parámetros de diseño se ajusten a cada intervalo/pozo.
- Una vez el pozo inyector es puesto en línea y se encuentra estabilizado, se realiza el monitoreo de este, mediante perfiles de inyección para determinar si se requiere algún ajuste en pro de asegurar el perfil de inyección vertical requerido.

✓ Diseño del pozo Inyector

El diseño mecánico de los pozos inyectores debe cumplir con lo estipulado en la Resolución 90341 del 27 de marzo de 2014 del Ministerio de Minas y Energía, Artículo 15, numerales 2, 3 y 6 en la cual se establecen los requerimientos técnicos y procedimientos para la perforación de pozos (inyectores y de producción). Para los pozos inyectores, perforados o convertidos, se cumplirá con los

requerimientos constructivos del Artículo 15, numeral 2, literales a, b, c, d y e. A continuación, se presenta el esquema general, del estado mecánico de un pozo inyector (Ver **Figura 2-17**).

La actividad será reportada a la Autoridad Nacional de Hidrocarburos ANH, mediante la Forma 20 - CR "Informe Mensual sobre Inyección de Agua y Producción", la cual incluye los datos de volúmenes inyectados y las presiones alcanzadas.

La perforación de los pozos productores y/o inyectores, será realizada de forma convencional utilizando un equipo de rotación, para la perforación de un hueco con dimensiones variables que dependerán de las condiciones en subsuelo.

La perforación tendrá lugar en etapas, de tal manera que el tamaño del pozo en la parte superior es más ancho y en las partes inferiores cada vez más angosto, dando de esta manera consistencia y evitando derrumbes; en esta actividad son utilizadas brocas y tubería de menor tamaño en cada sección. A medida que se profundiza en el hueco, éste es revestido con tubo de acero al carbón soportado con cemento alrededor (entre el anular, dejado por el mismo revestimiento y las formaciones aledañas).

Se realizará una evaluación detallada del espesor de los acuíferos someros presentes en la Formación San Fernando, ya que con estos espesores se determinará la distancia desde la superficie hasta el nivel de reinyección.

El diseño mecánico propuesto, incluye el revestimiento del pozo con tubo de acero al carbón y cemento, juega un papel fundamental en la protección del medio geológico e hidrogeológico. El revestimiento asegura la estabilidad del pozo, evitando derrumbes y el contacto no deseado entre formaciones geológicas. Esto ayuda a prevenir la migración vertical de fluidos entre diferentes estratos, lo que es esencial para evitar la contaminación cruzada de acuíferos o formaciones no deseadas. Este revestimiento tiene como función principal mantener la estabilidad de las paredes del pozo y evitar su derrumbe. Además, el cemento actúa como una barrera que aísla las diferentes formaciones perforadas, evitando la migración indeseada de fluidos entre estratos y protegiendo la calidad de los acuíferos.

La ubicación estratégica de la reinyección en la parte inferior del revestimiento o casing a través de la formación receptora y la conexión mediante cañoneo garantizan un control preciso de la inyección en la Formación San Fernando también conocido como Mirador, es de resaltar que esta formación se encuentra aislada por el sello de la Formación Carbonera hacia el techo y el sello de la Formación Barco y los Cuervos hacia la base, lo cual minimiza los riesgos de interferencia con otros estratos y asegura que la inyección se realice exclusivamente en las formaciones designadas, protegiendo la integridad del medio geológico y la calidad del agua subterránea.

Los pozos inyectores se completarán con tubing (tubería más pequeña) y empaques. Esta configuración permite que la reinyección de agua tratada se realice en la parte inferior del tubing, de modo que solo el casing (revestimiento) a través de la formación receptora esté sujeto a la presión de reinyección. Este diseño permite un control preciso de la inyección y minimiza el riesgo de afectar otras formaciones geológicas. La conexión del pozo con la formación de reinyección se hará mediante el cañoneo del espesor de principal interés, en este caso la Formación San Fernando o también conocido como Mirador.

En la **Figura 2-17**, se presenta el estado mecánico típico establecido para el área de Desarrollo Bucare, Sin embargo, la descripción técnica y diseño mecánico definitivos de cada uno de los pozos inyectores, o la conversión de un pozo seco a pozo inyector, se entregará a la autoridad ambiental con la demás información pertinente, una vez se haya completado cada pozo.

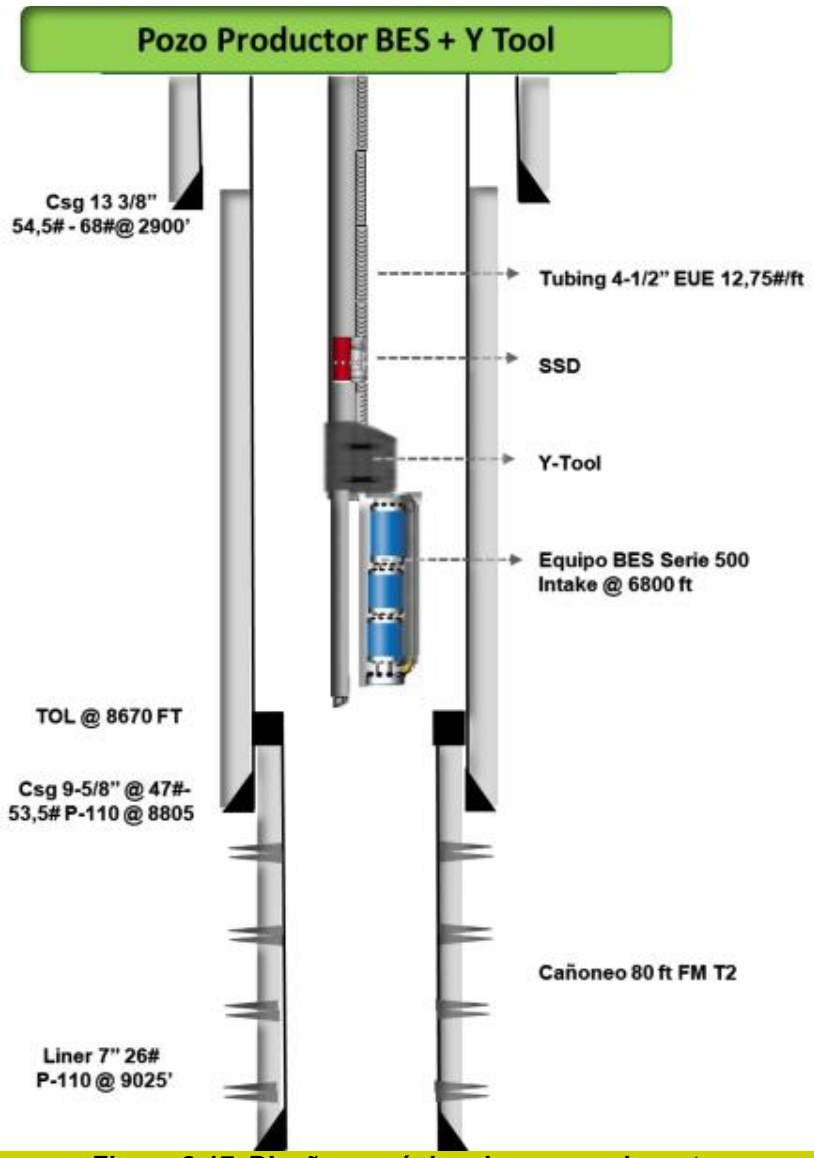


Figura 2-17 Diseño mecánico de un pozo inyector
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Conversión de pozos

La inyección de agua y/o gas para recobro se realiza en yacimientos que se han identificado para recuperación secundaria, en los cuales se perforan pozos inicialmente como inyectores o se cambia el estado y la función del pozo productor a inyector (ya sea para su empleo como inyector de fluidos para recobro de crudo o para disposición final de aguas de producción, en este caso denominado pozos disposal); en el caso de Área de Desarrollo Bucare, la inyección para el recobro se hará en las Formación San Fernando o también conocido como Mirador y en alguna otra que presente eventualmente un potencial de crudo según los resultados obtenidos a partir de los pozos de desarrollo.

La conversión es común en pozos que han culminado su vida productiva y/o cuando se identifica la oportunidad para mejorar el recobro en los pozos productores; en términos generales una

intervención de workover o reacondicionamiento para conversión consiste en retirar el completamiento de producción, realizar actividades para dejar el pozo como inyector y bajar un completamiento o sarta de inyección. Esta conversión podrá ser de pozos productores a inyectores o disposal y viceversa de acuerdo a las necesidades y producción del Área de Desarrollo. Su aplicación es común en pozos que han culminado su vida productiva y/o cuando por agotamiento se producen otros fluidos (agua, gas, entre otros). En los bloques, es común la conversión de pozo productor a inyector de agua, con el método que consiste en controlar el pozo [circular un fluido de menor densidad (salmuera), sacar sarta de producción, romper empaques, realizar cementación en intervalos abiertos y cañonear intervalos de nuevo interés y en términos generales corresponde a:

La conversión (reacondicionamiento) de los pozos productores de hidrocarburo a pozo inyectores, consiste en el cambio estado mecánico de los pozos productores, a partir del desarrollo de actividades cotidianas denominadas Workover. El trabajo de Workover consiste en extraer el sistema de levantamiento artificial que se encuentra dentro del pozo. El sistema de levantamiento consta principalmente de juntas de tubing de diferente diámetro, un sistema electro sumergible que cuenta con bombas de etapas, dos sellos uno inferior y otro superior, motor y un sensor de fondo.

El equipo estimado que se requiere durante la actividad de workover asociado a la conversión de un pozo se lista a continuación y se presenta en la **Figura 2-18**.

- Cabezal de pozo (Well head)
- Válvulas y actuadores (Xmas tree),
- Tubería de producción (Tubing)
- Empaques varios (Packers)
- Válvulas de seguridad (Safety valves)
- Dispositivos de circulación/comunicación
- los conectores de superficie (landing nipples)
- Mandriles laterales (side pocket mandrels)
- Preventora de reventones (Blow Out Preventor, BOP)
- Top drive (Motor superior, solo cuando se está usando el taladro que perforación)



Figura 2-18 Equipo de Workover para el reacondicionamiento de pozos
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Verificación información del pozo

Antes de iniciar las operaciones en un pozo se debe tener toda la información y los datos de este; para esto, se elaboran los programas de trabajo en donde se indican los datos esenciales para poder operar:

- Tipo de completamiento (sarta selectiva).
- Tipo y características del fluido del packer.
- Presiones estáticas y dinámicas en la cabeza y en el fondo del pozo.
- Dimensión y clasificación (rating) de la cabeza del pozo (well head) y de todo el embridado.
- Profundidad y dimensión de los diferentes revestimientos (casing) con el respectivo nivel de cemento y los intervalos perforados.
- Dimensión, características y profundidad de sentado de los empaques, tipo de unión y tipo de material de las tuberías de producción (tubing).
- Características, cantidad y profundidad de herramientas con sonda, conectores de superficie (landing nipples), válvulas de seguridad.

Para tener más detalle acerca del trabajo de Workover que se requiere para los pozos a intervenir se deben presentar los estados mecánicos de los pozos referentes. (Ver **Figura 2-19**)

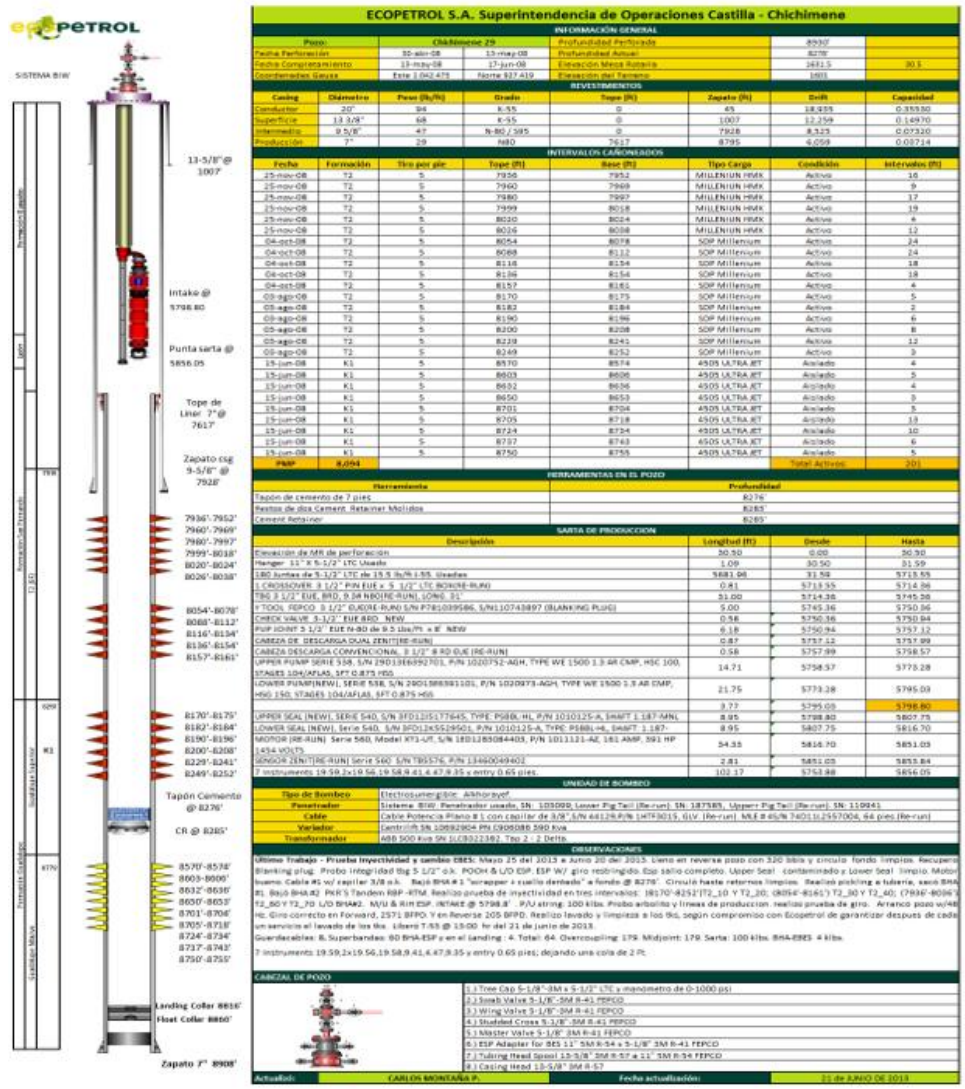


Figura 2-19 Ejemplo de información asociada al estado mecánico de un pozo
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.3.3 Instalaciones de apoyo

Las instalaciones de apoyo para el desarrollo de esta actividad son las referidas y descritas para cada una de las actividades listadas en la estrategia de desarrollo ED5, Perforación de pozos productores en su numeral 2.2.2.2.2.3 Instalaciones de apoyo.

2.2.2.2.3.4 Requerimientos de insumos y fuentes de energía

Los materiales e insumos que se requieren para la perforación son los necesarios para:

- ✓ Preparación del lodo base agua
- ✓ Preparación del lodo base aceite (en caso de requerirse)
- ✓ Tratamiento de aguas residuales industriales
- ✓ Tratamiento de cortes de perforación estimulación y limpieza
- ✓ Otros insumos o sustancias

Por lo tanto, la descripción de estos requerimientos es similar a los descritos anteriormente en la estrategia de desarrollo en la de desarrollo Perforación de Pozos Productores (ED5) en su numeral 2.2.2.2.2.4 Requerimientos de insumos y fuentes de energía.

2.2.2.2.3.5 Organización típica y personal necesario

Para las actividades de perforación ECOPETROL S.A. cuenta con compañías especializadas en cada área del proceso (perforación direccional, lodos, registros eléctricos, etc.). El personal relacionado en este documento es estimado y podrá variar en función de las actividades y fases que se estén ejecutando. Durante la etapa de perforación de pozos inyectores de agua para recobro, se requiere personal formado y no formado, tal como se encuentran descritos en la **Tabla 2-36**.

Tabla 2-36 Personal estimado para la perforación, completamiento y pruebas de integridad

PERSONAL		CANTIDAD
Calificado	Jefe de Pozo (Company Man)	2
	Asistente de Company Man	1
	Geólogo (Well site)	1
	Jefe de equipo (ToolPusher)	1
	Supervisor de equipo	2
	Perforador	2
	Encuelladores	2
	Cuñeros	6
	Electricista – mecánico	2
	Médico o Enfermero	1
	Supervisor HSE	1
	Operador equipo pesado	2
	Técnicos tratamiento de Aguas	1
	Soldadores	2
	Bodeguero	1
	Administrador	1
	Personal servicio de Catering	5

PERSONAL		CANTIDAD
	Ingeniero de lodos	2
	Personal de fluidos (Tratamiento de cortes y líquidos)	3
	Personal de MudLogging	4
	Ingeniero brocas	1
	Ingeniero direccional	4
	Personal de cementación	6
	Personal registros eléctricos	3
	Personal corrido de Casing	6
	Seguridad física	1
	Interventor Ambiental	1
	Conductores	5
No Calificado	Cuadrillas de patio	5
	Toma muestras	2
	Control de ingreso	2
	Camareras	2
	Personal obrero tratamiento de cortes	2
TOTAL		82

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.3.6 Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos y manejo de residuos

El completamiento es entonces el conjunto de trabajos que se realizan en un pozo inyector de agua para recobro en aras de dejarlos en condiciones de eficientes de funcionamiento para la inyección de agua y/o gas en los volúmenes requeridos para el proceso de recobro de hidrocarburos. Los trabajos pueden incluir el revestimiento del intervalo inyector con tubería lisa o ranurada, la realización de empaques con grava o el cañoneo del revestidor y, finalmente, la instalación de la sarta de inyección.

Bajo la premisa anterior, las actividades de completamiento son similares a las presentadas y descritas en la estrategia de desarrollo ED5 Perforación de pozos Productores en su numeral 2.2.2.2.2.6 Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos y manejo de residuos, aclarando que, en este tipo de pozos, no se realizan pruebas de producción sino pruebas de integridad.

Para la etapa de reinyección se debe realizar el monitoreo de las aguas de producción, lo que contribuye a conocer la calidad del agua que se dispone en el subsuelo y tener una evaluación de la potencial afectación del agua subterránea (acuíferos de agua con nata) por el proceso de reinyección.

Si el agua inyectada contiene sólidos en una cantidad suficientemente grande para taponar la formación (una fracción del tamaño del medio poroso), la inyectividad declinará. Asimismo, cantidades mayores de aceites suspendidos pueden perjudicar la inyectividad, reduciendo la permeabilidad de la formación al agua, especialmente en zonas de inyección que inicialmente tienen menos que la saturación movible al aceite. Las técnicas de separación de aceites típicas pueden ser usadas para reducir el contenido de aceites suspendidos a niveles aceptables.

Sin embargo, para determinar el grado y tipo de tratamiento requerido para mantener la inyectividad, es indispensable llevar a cabo un análisis de toda la información sobre la caracterización del agua de producción y la formación a la cual será inyectada, siguiendo los lineamientos y valores máximos permitidos por el Decreto 1076 de 2015.

En general, se definen las siguientes medidas para proteger y/o minimizar los problemas de deficiente calidad del agua de producción e inyectividad:

- ✓ Realizar una caracterización completa de la composición de las aguas residuales de producción o industriales tratadas, previo al vertimiento, a fin de determinar cuáles son los parámetros más representativos que deberán ser incluidos, dentro de la caracterización de las aguas superficiales y subterráneas.
- ✓ Efectuar los análisis químicos de las aguas recolectadas en laboratorios debidamente certificados y que utilicen metodologías estandarizadas, de manera que se proporcionen resultados confiables.
- ✓ Obtener información inicial a través de la recolección y análisis de muestras de agua producida proveniente de los pozos en explotación, antes y después de su tratamiento, y previo al inicio de las operaciones de reinyección (esto será tomado como línea base, cuyos valores servirán de referencia para los monitoreos siguientes).
- ✓ Monitorear periódicamente la calidad del agua a inyectarse y/o reinyectarse. Para contrastar con la línea base y/o los estándares adoptados.
- ✓ Llevar registro de la presión estimada de inyección o reinyección, con el fin de llevar monitoreo y evitar presentar afectaciones por dicha presión a la formación receptora.
- ✓ En el plan de manejo específico del pozo se deberán describir y establecer las características propias autorizadas por el Ministerio de Minas y Energía para la actividad, en la cual se describa la técnica, locación y diseño, incluyendo especificaciones de la infraestructura y equipos a instalar en superficie para el desarrollo de la actividad.
- ✓ Efectuar el mantenimiento preventivo contra el fenómeno de corrosión e incrustación del pozo reinyector o inyector.
- ✓ El agua residual doméstica y no domestica tratada que se dispondrá para la actividad de reinyección deberá cumplir con los valores máximos permitidos por el Decreto 1076 de 2015.

Con el fin de mantener un riesgo operacional bajo se presentan a continuación las acciones que se desarrollarán respecto al aseguramiento del diseño y construcción de los pozos inyectores:

- ✓ El revestimiento conductor y superficial se cementará hasta superficie con el fin de mantener estable las paredes del pozo, evitando su derrumbe y aislando los diferentes estratos perforados. El revestimiento superficial estará mínimo 100 m por debajo del acuífero aprovechable para consumo humano más profundo, es decir por debajo de los niveles acuíferos de agua dulce presentes en las formaciones receptoras cuya profundidad aproximada es de 300 metros.
- ✓ Los empaques de la tubería de reinyección estarán ubicados a una profundidad no mayor a 30 m sobre la zona de reinyección y tendrán un espacio anular entre la tubería y el revestimiento para permitir el monitoreo de presión durante la operación del pozo.
- ✓ El aislamiento de los fluidos inyectados se realizará a través del uso de revestimientos centralizados mecánicamente y asegurados con cemento a una altura no inferior a 90 m por encima del tope de la zona de reinyección.
- ✓ En caso de que el sistema no utilice empaques, los revestimientos se cementarán hasta la superficie.
- ✓ Se utilizará una tubería que corra desde el empaque hasta superficie a la camisa de reconexión, en caso de utilizar colgadores de revestimiento y camisas de reconexión. Esta tubería contará con un espacio anular que permitirá el monitoreo de presión durante las operaciones de reinyección.

- ✓ Para convertir un pozo a reinyector, se cumplirá con requerimientos adicionales. Se correrán registros de tope de cemento y registros tipo CBL para verificar la calidad de la cementación por revestimiento expuesto a la reinyección.
- ✓ Si el revestimiento superficial no ha sido cementado a superficie, el revestimiento más interno será cementado hasta superficie.
- ✓ Cualquier formación geológica abierta que no vaya a ser utilizada para reinyección, será aislada a través de tapones de cemento y abandonada. Los tapones serán probados a una presión de 1,25 veces la presión máxima de reinyección.
- ✓ Se implementará un programa de perforación, cuyo objetivo es garantizar el aislamiento de las zonas de interés, direccionando el fluido exclusivamente hacia la unidad receptora (Formación San Fernando); para tal fin cada pozo perforado es revestido, cementado y completado con el propósito de conducir el agua en forma segura y controlada desde superficie hasta la unidad receptora. La reinyección se ubicará en la parte de abajo de la tubería, de tal manera que solo el casing esté sujeto a la presión de reinyección a través de la formación receptora.

2.2.2.2.3.7 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad

La etapa de desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas se desarrollará de acuerdo con cinco (5) actividades que la conforman de forma general, así:

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida de maquinaria (A-46)
- ✓ Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación (A-47)
- ✓ Cierre y abandono del pozo y contrapozo (A-48).
- ✓ Demolición y Desmonte de infraestructura (A-49)
- ✓ Limpieza de áreas (A-50)
- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52)

Algunas de las consideraciones y acciones importantes son las siguientes:

- ✓ Retiro de equipos y personal: Al finalizar las operaciones de inyección, se debe proceder al retiro adecuado de todos los equipos utilizados y retirar el personal involucrado en las actividades de inyección.
- ✓ Evaluación de residuos industriales: Se debe realizar una evaluación detallada de los residuos industriales generados durante las operaciones de inyección, como cortes de perforación y aguas residuales. Estos residuos deben ser tratados y dispuestos de manera adecuada para minimizar su impacto en el medio ambiente.
- ✓ Clausura de instalaciones: Las instalaciones utilizadas durante las operaciones de inyección, como oficinas, torres y piscinas de cortes y tratamiento de aguas, deben ser debidamente clausuradas y restauradas a su estado original o a un estado seguro y ambientalmente adecuado.
- ✓ Monitoreo ambiental: Se debe implementar un programa de monitoreo ambiental para evaluar y controlar cualquier impacto ambiental potencial causado por las operaciones de inyección y el desmantelamiento del pozo. Este monitoreo debe continuar incluso después de finalizado el proceso de desmantelamiento.
- ✓ Restauración de áreas intervenidas: Las áreas intervenidas por la perforación y operaciones de inyección deben ser restauradas y rehabilitadas de acuerdo con un plan establecido previamente. Esto implica la restauración del paisaje, la revegetación de áreas afectadas y la mitigación de cualquier alteración ambiental causada por las actividades.
- ✓ Cumplimiento normativo: Todo el proceso de desmantelamiento de pozos de inyección debe cumplir con las regulaciones ambientales y normativas establecidas por las autoridades competentes. Esto garantiza que todas las acciones sean realizadas de acuerdo con estándares aceptados y que se minimice el impacto ambiental.

En el CAPÍTULO 10. PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL, se describe con más detalle las actividades de plan de abandono y restauración final para las áreas intervenidas por la perforación, completamiento y pruebas de producción de los pozos.

2.2.2.2.3.8 Número máximo de plataformas y pozos

Solicitar la perforación de pozos inyectores de fluidos, los cuales se descontarán del total de los 105 pozos a perforar solicitados para el Área de Desarrollo Bucare. Para la perforación de los pozos se utilizarán lodos base agua y/o base aceite. Los pozos podrán ser para recobro secundario y/o mantenimiento de presión. Estos pozos podrán ubicarse en las locaciones estimadas para producción, inyección y/o Disposal de tal manera que se puedan compartir y optimizar áreas dentro de las mismas áreas de las locaciones (hasta 6 Ha cada una) según las necesidades del proyecto.

El número máximo de locaciones y pozos objeto de solicitud para la presente estrategia de desarrollo se presentan en el numeral 2.2.2.1.3 Construcción de Locaciones y Facilidades de producción (ED3). Donde se solicita la construcción de hasta 16 locaciones multipozo de las cuales una corresponde a la locación existente Leyenda Kimera donde se solicita la perforación de hasta 15 pozos por cada locación hasta completar un total en el área de Desarrollo de hasta 105 pozos en total, (Ver **Tabla 2-37**).

Tabla 2-37 Número máximo de locaciones y pozos

TIPO DE ACTIVIDAD	MÁXIMO DE LOCACIONES MULTIPOZO	MÁXIMO DE POZOS A PERFORAR POR LOCACIÓN	MÁXIMO DE POZOS PRODUCTORES POR LOCACIÓN	NÚMERO MÁXIMO DE POZOS
Perforación de pozos Inyectores	16	15	Los Restantes a los pozos Exploratorios NFE perforados	*Máximo ciento cinco (105) pozos totales que se solicitan para el Área de Desarrollo Bucare, de los cuales un máximo de dieciséis (16) pozos serán con objetivo Exploratorios NFE, y la cantidad restante podrán ser productores, inyectores o Disposal.*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.3.9 Estimativo de mano de obra

El estimativo de mano de obra requerida para la ejecución de las actividades asociadas a esta estrategia de desarrollo se relacionaron anteriormente en el numeral 2.2.2.2.3.5 Organización típica y personal necesario.

2.2.2.2.3.10 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

La duración de las obras se estima a partir de las actividades a ejecutar en cada etapa de desarrollo y que se definen en la Tabla 2-3 Definición de actividades a desarrollar en el Área de Desarrollo Bucare, presentada en el subcapítulo 2.2.2 Estrategias de Desarrollo del presente estudio EIA. Este estimativo del cronograma se realiza teniendo en cuenta que, los tiempos podrán variar de acuerdo a las necesidades del proyecto, tiempos que se especificarán en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos (PMAE) que se presenten para cada proyecto y/o infraestructura a desarrollar.

A continuación, en la **Tabla 2-38** se presentan las etapas de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de producción tipo. Cabe precisar que se trata de un estimativo y los tiempos y cantidades por fase podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto.

Tabla 2-38 Duración estimada para la perforación de un (1) pozo inyector

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OPERATIVA	*PERFORACIÓN DE POZOS (Productores, Inyectores y Disposal)*	*A-28*	*Instalación y operación de campamentos*												
		A-29	*Montaje del taladro y equipos de perforación*												
		A-30	*Perforación, completamiento y operación del pozo*												
	MANTENIMIENTO	*A-42*	*Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)*												
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		*A-46*	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.*	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención											
		A-48	*Cierre y abandono del pozo y contrapozo*												
		A-49	*Demolición y desmonte de infraestructura*												
		A-50	*Limpieza de áreas*												
		A-51	*Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización*												
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		*A-53*	*Contratación de mano de obra*	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico											
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*												
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*												
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*												
		A-58	*Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles*												
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*												
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*												
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*												
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*												
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*												

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.4 Perforación de pozos Disposal (ED7)

La estrategia está encaminada a la perforación de pozos Disposal a través de los cuales sea posible disponer de manera definitiva las aguas excedentes de producción generadas por el desarrollo de diferentes actividades desarrolladas en el campo y que no es inyectada en los pozos usados para mantenimiento de presión o procesos de recobro, evitando así el vertimiento sobre cuerpos de agua o sobre el suelo. Esta inyección (en pozo Disposal) se hace sobre una formación no productora que para el caso de Área de Desarrollo Bucare será hasta el objetivo geológico K2, donde se proyecta inyectar fluidos con caudales entre 7945 y 80220 BWPD por pozo y presiones entre los 1100 y 1600 PSI.

2.2.2.2.4.1 Cantidades requeridas para el área de Desarrollo Bucare

Se solicita la perforación de hasta quince (15) pozos por cada locación construida y hasta llegar a un total de ciento cinco (105) pozos de los cuales, hasta 16 pozos podrán ser exploratorios NFE y la cantidad restante de los pozos exploratorios perforados, podrán tener un objetivo de pozos disposal, realizando perforaciones hasta el objetivo geológico planeado. A continuación, en la **Tabla 2-39,** se identifica la cantidad total de pozos a perforar dentro del área de Desarrollo Bucare.

Tabla 2-39 Cantidad de pozos Disposal a perforar o convertir

TIPO DE ACTIVIDAD	*ALCANCE*	*CANTIDAD DE POZOS*
Perforación de pozos Disposal	*Se proyectan la perforación de hasta 15 pozos por cada locación descontando los pozos que se hayan perforado como exploratorios de los 105 en total. Los pozos restantes podrán ser Disposal*	*Hasta 15 por cada plataforma descontando los pozos NFE que se hayan perforado*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Los pozos disposal se proyectan a profundidades promedio de 10320 ft a 10772 ft de acuerdo a las siguientes especificaciones e información técnica (Ver **Tabla 2-40**):

Tabla 2-40 Especificaciones Técnicas de pozos Disposal

ESPECIFICACIONES DE POZOS	
Pozo Tipo	Disposal
Profundidad MD/TVD (ft)	10320 /10772
Objetivo Geológico MD/TVD	K2
Geometría	Tipo S modificado
Pozos Offset	Kimera-1, Leyenda-1, Meta-1, Kimera-1, Yacare-1, Pachaquiaro-1, Aquila-1 y Castilla Norte-10 OCM: Clia 16 & 23
Presión del Yacimiento (Psi)	2300 – 2400
Temperatura del Yacimiento (°F)	190 – 230
Gradiente de Temperatura (°F/1000ft)	0,1 – 0,14
Gradiente de fractura (PSI/FT)	K2: 0,62 – 0,63
Registros – OH	WLN Tripe Combo (GR, SP, Temperatura de alta resolución, resistividad y microresistividad Laterolog, Densidad, Neutrón y Caliper)
Registros – CH	1. CBL-VDL-Ultrasónico 9-5/8" & 7" 2. GR a superficie. 3. Gyro / Solo Cuando no se tomen Survey en OD
Tipo de Hidrocarburo esperado	Black Oil 8 -9 API
Porosidad	18 - 20

ESPECIFICACIONES DE POZOS	
Permeabilidad	2600 - 3200
Caudal de Inyección (BWPD)	7945 – 80220
Presión de Inyección (PSI)	1100 – 1600
Pies netos a cañonear	150 - 300
SLA Sugerido	INY_AGUA

Fuente: ECOPETROL S.A, adaptado por SGI S.A.S, 2025

2.2.2.2.4.2 Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación

Los pozos de inyección en el Área de Desarrollo Bucare, se realizarán de manera convencional utilizando un equipo de mesa rotaria, para lo cual se implementará un programa de perforación, cuyo objetivo será garantizar el aislamiento de las zonas de interés, direccionando el fluido exclusivamente hacia las formaciones receptoras; para tal fin cada pozo perforado será revestido, cementado y completado con el propósito de conducir el agua en forma segura y controlada desde superficie hasta la unidades objetivos para e inyección.

Para la perforación de pozos de agua para disposal en el Área de Desarrollo Bucare, se planea usar equipos de perforación conocidos como taladros (RIGS); estos cuentan con un conjunto de cinco sistemas básicos para la operación: potencia, rotación, levantamiento, circulación y sistema de control de pozos, los cuales son similares en su descripción a los descritos en la estrategia de desarrollo Perforación de Pozos Productores (ED5) en su numeral 2.2.2.2.2.2 Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación.

Para el área de Desarrollo Bucare, se tiene contemplada la reinyección para disposición de aguas (DISPOSAL). A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los términos para tener en cuenta:

- ✓ Reinyección: Agua de la formación productiva que se reinyecta una formación diferente con fines de disposición (DISPOSAL), bajo las condiciones de inyectividad apropiadas para la confinación de estas y con un sello natural impermeable que no permita la migración de dichos fluidos hacia otras formaciones. (Ver **Figura 2-20**)

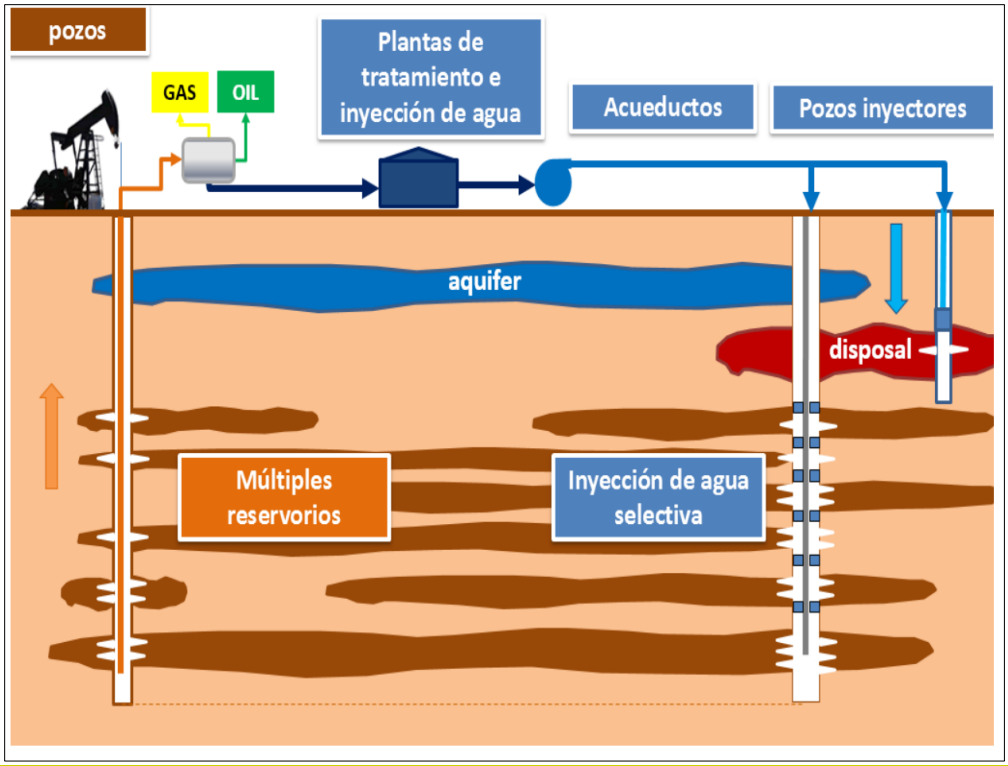


Figura 2-20 Esquema tipo de disposición de fluidos Disposal
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Conversión de pozos

La conversión es común en pozos que han culminado su vida productiva y/o cuando se identifica la oportunidad para mejorar el recobro en los pozos productores; en términos generales una intervención de workover o reacondicionamiento para conversión consiste en retirar el completamiento de producción, realizar actividades para dejar el pozo como inyector y bajar un completamiento o sarta de inyección.

En este orden de ideas, la conversión de pozos es similar a la realizada en pozos inyectores de agua para recobro que se encuentra descrita en el numeral 2.2.2.2.3.2 Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación de la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.3 Perforación de pozos inyectores (ED6).

Si bien lo indicado anteriormente corresponde con la conversión de pozos productores a inyectores (Disposal) es importante reiterar que la conversión podrá darse en el sentido de convertir pozos inyectores (Disposal) a productores, haciendo un procedimiento similar y en cohesión con el cambio del objetivo del pozo en cuestión.

2.2.2.2.4.3 Instalaciones de apoyo

Las instalaciones de apoyo para el desarrollo de esta actividad son similares a las referidas y descritas para cada una de las actividades listadas en la estrategia 2.2.2.2.2 Perforación de pozos productores (ED5) en su numeral 2.2.2.2.2.3 Instalaciones de apoyo.

2.2.2.2.4.4 Requerimientos de insumos y fuentes de energía

Los materiales e insumos que se requieren para la perforación de pozos inyectores para disposal son todos aquellos que son necesarios para la preparación del lodo, mantenimiento de los equipos y maquinarias, los materiales de oficina, las actividades de cementación, tratamiento de aguas residuales (domésticas e industriales) y de los sólidos generados por el paso del lodo en el sistema de control de sólidos del taladro (una vez éste sale del hueco), así como para el tratamiento de flocs y lodo descartado del sistema debido a los procesos de Dewatering. La descripción de estos requerimientos es similar a los descritos anteriormente en la estrategia 2.2.2.2.3 Perforación de pozos inyectores (ED6).

2.2.2.2.4.5 Organización típica y personal necesario

El personal relacionado en este documento es estimado y podrá variar en función de las actividades y fases que se estén ejecutando. Durante la etapa de perforación del pozo Disposal, se requiere personal formado y no formado que serán de base y temporal o flotante, tal como se encuentran descritos anteriormente en la estrategia de desarrollo de numeral 2.2.2.2.3.5 Organización típica y personal necesaria.

2.2.2.2.4.6 Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos y manejo de residuos

El completamiento y pruebas que realizar en pozos para Disposal son similares a los contemplados para en la perforación de pozos inyectores; en este orden de ideas, la descripción de los mismos se describió anteriormente en la estrategia de desarrollo ED6 Perforación de pozos Inyectores, en su numeral 2.2.2.2.3.6 Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos y manejo de residuos.

2.2.2.2.4.7 Número máximo de plataformas y pozos

Solicitar la perforación de pozos inyectores para disposición de agua residual (Disposal), los cuales se descontarán del total de los 105 pozos solicitados para el Área de Desarrollo Bucare. Para la perforación de los pozos se utilizarán lodos base agua y/o base aceite. Estos pozos podrán ubicarse en las locaciones estimadas para producción, inyección y/o Disposal de tal manera que se puedan compartir y optimizar áreas dentro de las mismas áreas de las locaciones (hasta 6 ha) según las necesidades del proyecto.

El número máximo de locaciones y pozos objeto de solicitud para la presente estrategia de desarrollo se presentan en la **Tabla 2-41**. Sin embargo, se precisa que el número máximo de locaciones (Locaciones Multipozo) es de dieciséis (16), de las cuales una (1) ya es existente y corresponde a la locación Leyenda Kimera, Además, en cada locación se proyecta un máximo de 15 pozos por plataforma.

Tabla 2-41 Número máximo de plataformas y pozos

TIPO DE ACTIVIDAD	MÁXIMO DE LOCACIONES MULTIPOZO	MÁXIMO DE POZOS A PERFORAR POR LOCACIÓN	MÁXIMO DE POZOS PRODUCTORES POR LOCACIÓN	NÚMERO MÁXIMO DE POZOS
Perforación de pozos Disposal	16	15	Los Restantes a los pozos Exploratorios NFE perforados	*Máximo ciento cinco (105) pozos totales que se solicitan para el Área de Desarrollo Bucare, de los cuales un máximo de dieciséis (16) pozos serán con objetivo Exploratorios NFE, y la cantidad restante podrán ser productores, inyectores o Disposal.*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.2.4.8 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad

La etapa de desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas se desarrollará de acuerdo con cinco (5) actividades que la conforman de forma general, así:

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida de maquinaria (A-46)
- ✓ Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación (A-47)
- ✓ Cierre y abandono del pozo y contrapozo (A-48)
- ✓ Demolición y Desmonte de infraestructura (A-49)
- ✓ Limpieza de áreas (A-50)
- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52)

Algunas de las consideraciones y acciones importantes son las siguientes:

- Retiro de equipos y personal: Al finalizar las operaciones de inyección, se debe proceder al retiro adecuado de todos los equipos utilizados y retirar el personal involucrado en las actividades de inyección.

- Evaluación de residuos industriales: Se debe realizar una evaluación detallada de los residuos industriales generados durante las operaciones de inyección, como cortes de perforación y aguas residuales. Estos residuos deben ser tratados y dispuestos de manera adecuada para minimizar su impacto en el medio ambiente.

- Clausura de instalaciones: Las instalaciones utilizadas durante las operaciones de inyección, como oficinas, torres y piscinas de cortes y tratamiento de aguas, deben ser debidamente clausuradas y restauradas a su estado original o a un estado seguro y ambientalmente adecuado.

- Monitoreo ambiental: Se debe implementar un programa de monitoreo ambiental para evaluar y controlar cualquier impacto ambiental potencial causado por las operaciones de inyección y el desmantelamiento del pozo. Este monitoreo debe continuar incluso después de finalizado el proceso de desmantelamiento.

- Restauración de áreas intervenidas: Las áreas intervenidas por la perforación y operaciones de inyección deben ser restauradas y rehabilitadas de acuerdo con un plan establecido previamente. Esto implica la restauración del paisaje, la revegetación de áreas afectadas y la mitigación de cualquier alteración ambiental causada por las actividades.

- Cumplimiento normativo: Todo el proceso de desmantelamiento de pozos de inyección debe cumplir con las regulaciones ambientales y normativas establecidas por las autoridades competentes. Esto garantiza que todas las acciones sean realizadas de acuerdo con estándares aceptados y que se minimice el impacto ambiental.

En el CAPÍTULO 10. PLAN DE ABANDONO Y RESTAURACIÓN FINAL, se describe con más detalle las actividades de plan de abandono y restauración final para las áreas intervenidas por la perforación, completamiento y pruebas de producción de los pozos.

2.2.2.2.4.9 Estimativo de mano de obra

El estimativo de mano de obra requerida para la ejecución de las actividades asociadas a esta estrategia de desarrollo se relacionaron anteriormente en el numeral 2.2.2.2.2.5 Organización típica y personal necesario.

2.2.2.2.4.10 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

La duración de las obras se estima a partir de las actividades a ejecutar en cada etapa de desarrollo y que se definen en la Tabla 2-3 Definición de actividades a desarrollar en el Área de Desarrollo Bucare, presentada en el subcapítulo 2.2.2 Estrategias de Desarrollo del presente estudio EIA. Este estimativo del cronograma se realiza teniendo en cuenta que, los tiempos podrán variar de acuerdo a las necesidades del proyecto, tiempos que se especificarán en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos (PMAE) que se presenten para cada proyecto y/o infraestructura a desarrollar.

A continuación, en la **Tabla 2-42** se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo Disposal.

Tabla 2-42 Duración estimada para la perforación de un (1) pozo Disposal

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
OPERATIVA	PERFORACIÓN DE POZOS (Productores, Inyectores y Disposal)	A-28	Instalación y operación de campamentos												
		A-29	Montaje del taladro y equipos de perforación												
		A-30	Perforación, completamiento y operación del pozo												
	MANTENIMIENTO	A-42	Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)												
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención											
		A-48	Cierre y abandono del pozo y contrapozo												
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura												
		A-50	Limpieza de áreas												
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización												
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		A-53	Contratación de mano de obra	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico											
		A-54	Adquisición de bienes y servicios												
		A-55	Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal												
		A-56	Instalación y operación de campamentos temporales												

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		A-58	*Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles*												
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*												
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*												
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*												
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*												
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*												

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025