

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA PERFORACIÓN RADIAL CON FLUÍDO
TIPO JET MEDIANTE LA TÉCNICA DE COILED TUBING APLICADO A CAMPO
COLORADO**



WILDBER FABIÁN SARMIENTO GARCÍA

JADER DAVID UPARELA ABAD

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2012

**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA PERFORACIÓN RADIAL CON FLUÍDO
TIPO JET MEDIANTE LA TÉCNICA DE COILED TUBING APLICADO A CAMPO
COLORADO**

WILDER FABIÁN SARMIENTO GARCÍA

JADER DAVID UPARELA ABAD

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de:

Ingeniero de Petróleos

Director

EDELBERTO HERNANDEZ TREJOS

Ingeniero de Petróleos

Codirector

EDISON ODILIO GACÍA NAVAS

Ingeniero de Petróleos

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2012

DEDICATORIA

- A mi madre Rosa Inés, por su apoyo incesante, constante e incondicional, factor fundamental en la consecución de este logro.*
- A mi padre Gabriel Alonso, aprendí que con trabajo y esfuerzo se alcanzan los objetivos en la vida.*
- A mis hermanos María Isabel y Diego Giovanni, motivadores permanentes en este largo camino.*
- A Ximena Mendoza, mi compañera y mi todo, gracias por tanto tiempo de aliento incondicional, siempre estuviste a mi lado para empujarme hacia adelante, has sido la locomotora de este tren victorioso.*
- A mis amigo(a)s Sergio Barajas “El Seko”, Patricia Flórez, Zulma Rodríguez y Linda Rocha, cuando la amistad es del corazón la vida se hace mejor.*
- A mi madrina Aminta Fuentes, tal vez será difícil conocer una persona tan linda, noble y servicial en mi mundo.*
- A mi compañero de tesis Jader Uparela por su paciencia y comprensión.*
- A la UIS por hacerse parte de mí y permitirme compartir gratos momentos, quedan muy buenos recuerdos, algún día volveré para retribuirle.*
- A familiares, amigos y compañeros que de una u otra forma me apoyaron y acompañaron en éste no tan fácil camino.*

WILDER FABIÁN SARMIENTO GARCÍA

DEDICATORIA

*A mi Dios por haberme ayudado a cumplir esta meta tan importante para
mi vida.*

*A la persona que ha sido la arquitecta de mi vida, siempre a pesar de la
adversidad me siguió apoyando, creyendo ciegamente en mí para seguir
adelante, gracias madre por tu apoyo.*

*Mis hermanos, gracias por toda la ayuda que recibí de ellos en los
momentos que más lo necesite.*

*A esa persona que se convirtió en mi ángel guardián y me ayudó a salir
adelante.*

*A todas esas personas maravillosas que me encontré en el camino y que de
una u otra forma me colaboraron, me guiaron y fueron mi luz en la
oscuridad.*

JADER DAVID UPARELA ABAD

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar sus sinceros agradecimientos a:

El ingeniero FERNANDO ENRIQUE CALVETE por su ayuda valiosa y fundamental para sacar adelante este proyecto.

Los ingenieros EDELBERTO HERNANDEZ, EDISON GARCÍA, OSCAR VANEGAS Y ERIK MONTES, sus consejos y apreciaciones fueron buenos aportes a nuestro trabajo.

A CAMPO ESCUELA COLORADO por abrirnos sus puertas y brindarnos la información existente necesaria para el desarrollo del proyecto.

A la Asociación Centro de Estudios de Ingeniería de Petróleos, ACEIP, por acogernos en su seno, espacio siempre disponible para nuestro diario trabajo.

A la Universidad Industrial de Santander, UIS, por los conocimientos adquiridos y la formación profesional, humana y política recibida. Siempre nos sentiremos orgullosos de ser ingenieros UIS.

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	21
1. PERFORACIÓN RADIAL	23
1.1 GENERALIDADES DE LA TECNOLOGÍA	23
1.2 METODOLOGÍA PARA LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA	25
1.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	31
1.3.1 Unidad	31
1.3.2 Accesorios	31
1.3.2.1 Anclaje	31
1.3.2.2 BHA (Sarta de fondo de pozo)	32
1.4 VENTAJAS DE LA PERFORACIÓN RADIAL	34
1.5 DESVENTAJAS DE LA PERFORACIÓN RADIAL	35
1.6 SELECCIÓN DEL POZO	35
1.6.1 Metodología a seguir	37
2. CAMPOS ESCUELA COLORADO	39
2.1 RELACIÓN UIS – CEC	39
2.2 UBICACIÓN	39
2.3 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA	41
2.3.1 Análisis Estratigráfico	41
2.3.1.1 Periodo Premesozoico	41
2.3.1.2 Periodo Jurásico	41
2.3.1.3 Periodo Cretáceo	41
2.3.1.4 Periodo Terciario	42
2.3.2 Análisis Estructural	43
2.4 GENERALIDADES DE CAMPO COLORADO	51

2.5	PROPIEDADES PETROFÍSICAS	53
2.6	MODELO DINÁMICO	55
2.6.1.	Contactos agua – aceite	55
2.7	HISTORIA DE DESARROLLO Y PRODUCCIÓN	59
3.	METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DEL POZO CANDIDATO	
	A INTEVENIR CON LA TÉCNICA DE PERFORACIÓN RADIAL	62
3.1	CONSIDERACIONES DE LA SELECCIÓN	62
3.2	SELECCIÓN POZO CAMPO COLORADO	67
3.3	GEOLOGÍA Y ESTADO MECÁNICO POZOS SELECCIONADOS	70
3.3.1	Colorado 27	70
3.3.1.1	Geología del pozo	70
3.3.1.2	Estado mecánico	70
3.3.2	Colorado 31	71
3.3.2.1	Geología del pozo	71
3.3.2.2	Estado mecánico	71
3.3.3	Colorado 35	73
3.3.3.1	Geología del pozo	73
3.3.3.2	Estado mecánico	73
3.4	ANÁLISIS DEL YACIMIENTO PARA DEFINIR APLICABILIDAD DE LA TÉCNICA	78
3.4.1	Geología	78
3.4.2	Estado mecánico de los pozos	78
3.4.3	Profundidad del yacimiento	78
3.4.4	Presiones del yacimiento	78
3.4.5	Trabajos adicionales y estimulaciones	79
3.5	DISMINUCIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN LA SELECCIÓN	79
4.	PERFIL DEL POZO COLORADO 27	81
4.1	GENERALIDADES	81
4.2	HISTORIA DEL POZO	82

4.2.1	Perforación	82
4.2.2	Completamiento	82
4.2.3	Prueba de formación	83
4.2.4	Fracturamiento	84
4.2.5	Cañoneo adicional	84
4.2.6	Estimulación	84
4.2.7	Limpieza de arena	85
4.2.8	Intervención por parte de la UIS	85
4.3	GRÁFICAS DE PRODUCCIÓN HISTÓRICA DE FLUIDOS COLORADO 27	85
4.4	ESTADO MECÁNICO DEL POZO	85
4.5	CÁLCULOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	85
4.5.1	Cálculo del daño	90
4.5.2	Cálculo del índice de productividad	92
4.5.3	Aumento de producción	94
4.5.4	Profundidad a perforar	97
4.5.5	Longitud de los laterales a perforar	97
4.5.6	Programa de trabajo	99
4.5.7	Tiempo de la operación	99
4.5.8	Costos de la operación	100
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PERFORACIÓN RADIAL	101
5.1	VARIABLES QUE COMPONEN EL ANÁLISIS ECONÓMICO	101
5.1.1	Valor Actual Neto (VAN)	101
5.1.2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	103
5.1.3	Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM)	103
5.1.4	Tiempo de repago	104
5.1.5	Flujo de caja	104
5.1.6	Margen neto	106
5.1.7	Margen antes de impuestos	106
5.1.8	Impuestos para la industria	106

5.1.9	Impuesto de renta	107
5.1.10	Margen operativo	108
5.1.11	Amortización	108
5.1.12	Ingresos	108
5.1.13	Barriles Netos	108
5.1.14	Predicción del precio del petróleo	109
5.1.15	Egresos	110
5.2	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO	110
5.3	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	117
6.	ANÁLISIS AMBIENTAL	118
6.1	MARCO LEGAL	118
6.2	LICENCIA AMBIENTAL	118
6.3	GESTIÓN AMBIENTAL	120
6.4	FUNDAMENTOS Y CRITERIOS DE LA EVALUACIÓN	120
6.5	GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS	121
6.6	MOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO	122
6.7	INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE CAMPAMENTOS	123
6.8	GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	123
6.8.1	Residuos sólidos más comunes en actividades de perforación.	124
6.9	PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	129
6.10	ANÁLISIS DE GESTIÓN AMBIENTAL DE PROYECTO	129
7.	CONCLUSIONES	131
8.	RECOMENDACIONES	133
	BLIBLIOGRAFÍA	134

LISTADO DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Longitud de laterales “Radial Drilling”	24
Figura 2. Diagrama perforación radial	24
Figura 3. PASO 1. Retirar la tubería de producción	25
Figura 4. PASO 2. Bajar zapato deflector - Verificar profundidad Orientar	26
Figura 5. PASO 3. Bajar el cortador de tubería	26
Figura 6. PASO 4. Correr el cortador de tubería y abrir una ventana en el casing	27
Figura 7. PASO 5. Sacamos el cortador de tubería.	27
Figura 8. PASO 6. Bajar el jetting y el limpiador de hoyos con el Coiled	28
Figura 9. PASO 7. Perforar los laterales hasta la longitud seleccionada	28
Figura 10. Perforar los laterales hasta la longitud seleccionada	29
Figura 11. PASO 8. Sacar el jet y limpiador de hoyos	29
Figura 12. PASO 9. Rotar zapato deflector hacia la siguiente dirección seleccionada.	30
Figura 13. PASO 10. Perforar el siguiente lateral	30
Figura 14. Esquema perforación radial	33
Figura 15. Esquema perforación radial	33
Figura 16. Metodología selección del pozo	37
Figura 17. Localización del Campo Colorado	40

Figura 18. Localización del Campo Colorado	40
Figura 19. Columna Estratigráfica Cuenca del Valle Medio del Magdalena.	44
Figura 20. Columna Estratigráfica Cuenca del Valle Medio del Magdalena.	45
Figura 21. Estructuras por bloques del Campo Colorado	47
Figura 22. Sistema de fallas Campo Colorado y aledaños	48
Figura 23. Línea Sísmica DM-89-1440. Sentido NW-SE	49
Figura 24. Línea Sísmica PMS 981700. Sentido SW-NE	49
Figura 25. Línea Sísmica PMS 98-370. Sentido SW-NE	50
Figura 26. Línea Sísmica DM 87-1470 E. Sentido NW-SE	50
Figura 27. Relación Porosidad – Permeabilidad Campo Colorado	54
Figura 28. Contacto Agua/Aceite Zona B1	56
Figura 29. Contacto Agua/Aceite Zona B2	56
Figura 30. Contacto Agua/Aceite Zona C1	58
Figura 31. Contacto Agua/Aceite Zona C2	58
Figura 32. Relación Producción (Declinación) vs Tiempo Campo Colorado.	61
Figura 33. Producción de aceite, agua y gas del Campo Colorado	61
Figura 34. Diagrama “Metodología de selección de pozos	68
Figura 35. Estado Mecánico Colorado 27	75
Figura 36. Estado Mecánico Col 31	75
Figura 37. Estado Mecánico Col 35	76

Figura 38. Estado mecánico Colorado 27	86
Figura 39. Curvas de producción Colorado 27	87
Figura 40. Producción acumulada de fluidos Colorado 27	88
Figura 41. Cortes fluidos Colorado 27	89
Figura 42. IPR Colorado 27 antes de intervención	93
Figura 43. Resultados incrementales de producción	95
Figura 44. Pronóstico IPR después de la perforación radial	96
Figura 45. Fluctuación del precio del crudo	112
Figura 46. Normatividad para el uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales.	119
Figura 47. Cadena de gestión de los recursos	122
Figura 48. Manejo sanitario de residuos sólidos domésticos	125
Figura 49. Manejo sanitario de residuos sólidos de perforación	126
Figura 50. Manejo sanitario de residuos sólidos especiales	127
Figura 51. Manejo ambiental aguas de lavado de equipo	128

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Datos básicos de las propiedades de las arenas	52
Tabla 2. Datos básicos del yacimiento	53
Tabla 3. Propiedades Petrofísicas por zonas Campo Colorado	53
Tabla 4. Propiedades Petrofísicas por zonas Campo Colorado	54
Tabla 5. Pozos prueba en la determinación de Contactos Agua - Aceite Zona B.	55
Tabla 6. Pozos de Prueba en determinación de los Contactos Agua - Aceite C.	57
Tabla 7. Estado actual de los pozos	63
Tabla 8. Resumen consolidado del campo	66
Tabla 9. Topes de estratos formación productora	70
Tabla 10. Estado Mecánico Colorado 27	70
Tabla 11. Topes de estratos formación productora	71
Tabla 12. Estado Mecánico Colorado 31	71
Tabla 13. Topes de estratos formación productora	73
Tabla 14. Estado Mecánico Colorado 35	73
Tabla 15. Caracterización pozos preseleccionados para perforación radial campo colorado.	77
Tabla 16. Resumen características caso Argentina	80

Tabla 17. Datos básicos COL 27	81
Tabla 18. Resumen completamiento COL 27	81
Tabla 19. Sistema de bombeo COL 27	82
Tabla 20. Registros COL 27	83
Tabla 21. Cañoneo inicial COL 27	83
Tabla 22. Valores de los parámetros	92
Tabla 23. Valores de corte con el Outflow	96
Tabla 24. Nuevos valores de daño	97
Tabla 25. Profundidad de los OWC para los pozos del “Bloque I”	98
Tabla 26. Tiempo por operación	99
Tabla 27. Escala para determinar las regalías en crudos livianos y semi – livianos.	107
Tabla 28. Variables económicas del proyecto	110
Tabla 29. Predicción precio del crudo a futuro	111
Tabla 30. Ajuste del precio crudo Campo Colorado	113
Tabla 31. Ingresos del proyecto	114
Tabla 32. Egresos del proyecto	114
Tabla 33. Margen Operativo	115
Tabla 34. Margen Antes de Impuestos	115
Tabla 35. Flujo de Caja	116
Tabla 36. Resultados de la evaluación final	116

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA PERFORACIÓN RADIAL CON FLUÍDO TIPO JET MEDIANTE LA TÉCNICA DE COILED TUBING. APLICADO A CAMPO COLORADO*.

AUTORES: WILDHER FABIAN SARMIENTO GARCÍA
JADER DAVID UPARELA ABAD****

PALABRAS CLAVES: Perforación Radial, Coiled Tubing, Fluido Jet, Campo Colorado.

Ante la situación de alta demanda energética debido al desarrollo de países emergentes y al elevado consumo de hidrocarburos para tal fin, esto sumado a la dificultad para encontrar nuevos campos gigantes que equilibren la declinación en que se encuentran los campos maduros actualmente, la técnica de PERFORACIÓN RADIAL se abre paso como una alternativa económica y eficiente para aumentar la producción en campos maduros y marginales, además de incrementar las reservas recuperables en el yacimiento.

En este trabajo, se presentan las ventajas y facilidades de la implementación de ésta tecnología desarrollada en los últimos años y los requerimientos necesarios para este fin, los resultados obtenidos en otras experiencias y la aplicación al Campo Escuela Colorado, campo desarrollado por la Universidad Industrial de Santander como parte de su actuar misional, objetivo fundamental en el planteamiento de este proyecto.

Para hacer una perforación radial el factor principal que debe tener la formación es que sea consolidada, se debe tener la mayor información posible de el o los pozos donde se vaya aplicar, el pozo puede llegar a incrementar su producción desde un 100% a 400% dependiendo del caso de aplicación. Se presentan los resultados obtenidos en esta experiencia así como su viabilidad técnica y financiera que en definitiva, permitirá hacer de éste proyecto una realidad alternativa para la optimización en el funcionamiento y desarrollo de éste campo marginal colombiano.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingeniería Físico Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Director: Ing. EdelbertoHernandez Trejos. Codirector: Ing. Edison Odilio García.

ABSTRACT

TITLE:FEASIBILITY ANALYSIS FOR RADIAL DRILLING WITH FLUID JET THROUGH COILED TUBING TECHNIQUE. APPLIED TO COLORADO FIELD*.

AUTHORS: WILDHER FABIAN SARMIENTO GARCÍA
JADER DAVID UPARELA ABAD****

KEYWORDS: Radial Drilling, Coiled Tubing, Jet Drilling, Colorado Field.

Given the situation of high energy demand due to the development of emerging countries and a higher consumption of oil for this purpose, this added to the difficulty of finding giant new fields that balance the decline of mature fields, the RADIAL DRILLING technique breaks through as an economic and efficient way to increase production in mature and marginal fields, and increase the recoverable reserves in the deposit.

This paper presents the advantages and facilities of the implementation of this technology developed in recent years and the requirements necessary for this purpose, the results of other experiments and the application to the Colorado School Field, field developed by the University Industrial Santander as part of its mission to act, a key objective in the approach to this project.

To make a radial drilling the main factor that should have the training is to be consolidated, they should have as much information as possible from the wells or where it will apply, the well can increase production from 100% to 400% depending on the particular application. In addition, we present the results obtained in this experiment and its technical and financial viability ultimately, will make this project a real alternative to optimize the functioning and development of this marginal field in Colombia.

* Degree Work.

**Physical - Chemical Engineering Faculty.Petroleum Engineering School.Director: Eng. EdelbertoHernandez Trejos. Codirector: Eng. Edison Odilio García.

INTRODUCCIÓN

“La era del petróleo fácil finalizó”, fueron las palabras de Ali Moshiri¹ durante un congreso de hidrocarburos en Venezuela, haciendo referencia a las dificultades que en los últimos años se han presentado para la incorporación de más reservas convencionales por parte de la industria petrolera.

Esto, sumado a la declinación constante de los grandes campos ya maduros y al aumento acelerado del consumo energético de un mundo que día a día exige más y más energía vital para su desarrollo.

Ante este panorama, la industria petrolera, pionera del desarrollo de la humanidad en el último siglo, se ha planteado nuevos retos que den solución a la problemática actual y que brinden alternativas que garanticen el suministro esencial de esos recursos que mueven al mundo de hoy.

Estas soluciones, que se presentan como recursos no convencionales y fuentes alternativas de energía, se encuentran en etapa de investigación, prueba e inversión económica y científica. Mencionamos las energías limpias y amigables del ambiente alternativas al petróleo, pero también, se destacan los yacimientos de gas shale, los hidratos de gas, los yacimientos de gas asociados a mantos de carbón y los crudos pesados, entre otros, como los recursos que dominarán el futuro de la explotación energética mundial.

¹ Presidente de Chevron para África y Latinoamérica.

“¿Y los campos maduros?” se preguntarán algunos. Aquellos campos que han sido la base de la explotación petrolera no se dejan de lado, por el contrario, gracias al avance de la tecnología y a la inversión en investigación, se plantean nuevos métodos de recuperación y extracción que permita “escurrir” un poco más lo que dentro de sí contienen.

Uno de esos métodos es el que este trabajo pretende mostrar. Denominada PERFORACIÓN RADIAL, ésta es una técnica que ha demostrado su eficacia en las aplicaciones realizadas, aumentando la producción en porcentajes considerables y con menor daño al ambiente, permitiendo así “sacarle el jugo” a los yacimientos en declinación, optimizando su producción a tasas elevadas, empleando solamente una unidad de “Coiled Tubing” y perforando radiales laterales que permiten avanzar más allá de la zona de daño y llegar directamente a la zona contenedora de hidrocarburos.

Este trabajo ha sido sugerido en particular para el Campo Colorado, operado por la Universidad Industrial de Santander, pero puede servir de base para nuevos desafíos en cuanto a recuperación de campos maduros y recientes se refiere. Además, trae consigo la metodología planteada, las variables empleadas para su estudio y los análisis económico y ambiental que dan viabilidad al proyecto y que lo convierten en importante documento para su análisis y puesta en práctica.

No se puede quedar atrás, lo que no evoluciona se rezaga, llegó el momento de romper paradigmas y avanzar hacia el futuro, planteando alternativas de desarrollo que sean la locomotora del progreso para la región y la industria.

1. PERFORACION RADIAL

1.1 GENERALIDADES DE LA TECNOLOGÍA

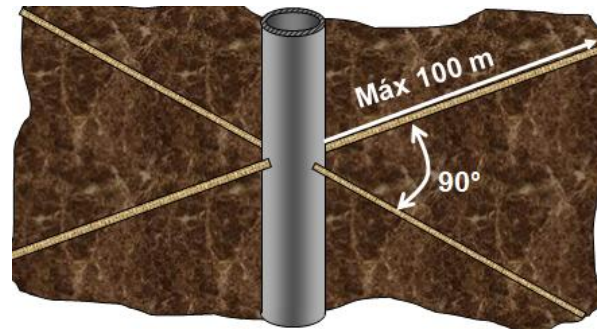
La tecnología de perforación radial de alta penetración consiste en **hacer perforaciones horizontales controladas a las formaciones por impacto hidráulico de una manera lateral al pozo, usando una unidad de “Coiled Tubing” y bombeando agua a alta presión, cuyo fluido pasa a través de unas boquillas que generan un fluido tipo “Jet” el cual perfora la formación.**

Para ello, se debe perforar primero una ventana al casing de revestimiento de 3/4 de pulgada de diámetro al nivel de la arena productora, seguido de la perforación de un túnel de hasta 300 pies de longitud y de un diámetro estimado entre 1 1/4 a 2 1/2 pulgadas dentro de la misma, radial y perpendicular al eje de la tubería de revestimiento, lo que permite una mejor y mayor comunicación de la zona productora con el pozo.

La tecnología se aplica por niveles de profundidad, haciendo regularmente la perforación de cuatro túneles radiales a un mismo nivel, separados cada uno por ángulos de 90 grados, o por radiales individuales a diferentes profundidades como se muestra en la figura 1. El número de túneles radiales que se pueden hacer en un pozo dependerá de las condiciones de la zona productora y del modelo geológico de cada yacimiento.

La aplicación de esta nueva tecnología permitiría incrementar sustancialmente la tasa de producción en pozos marginales y/o campos maduros, mediante la disminución del daño de formación, el aumento del espesor aparente, la eliminación de barreras de permeabilidad en el reservorio, y en el futuro posible direccionamiento de tratamientos.

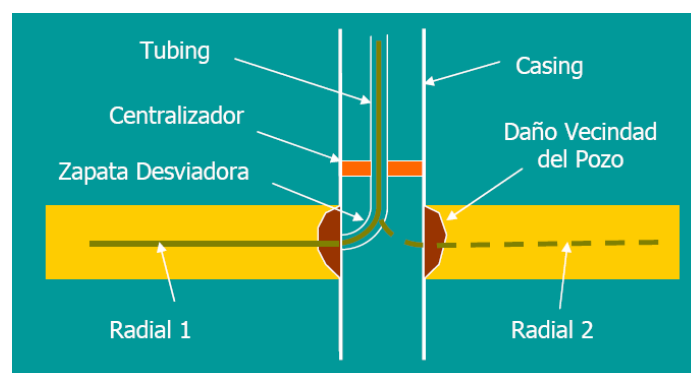
Figura 1. Longitud de laterales “Radial Drilling”



Fuente: Repsol YPF. Jornadas de Perforación, Reparación y Servicio de Pozos. 2006

Lo original de esta tecnología es que convierte un pozo productor vertical en un pozo multilateral radial, en el cual los túneles radiales pueden penetrar en algunos casos porciones no drenadas o deficientemente drenadas de la formación productora, dejando atrás la zona dañada alrededor del pozo. La figura 2 muestra de manera general como se realiza la perforación radial.

Figura 2. Diagrama perforación radial

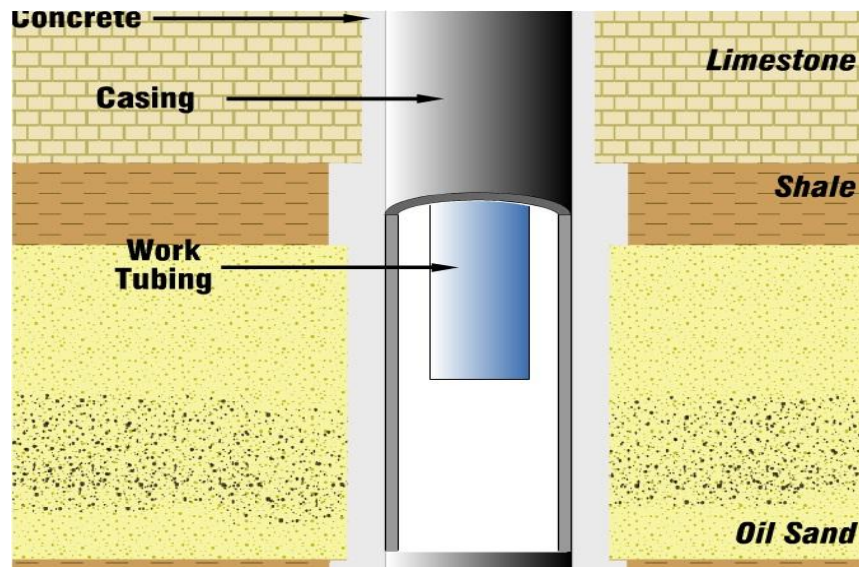


Fuente: Erick Lopez. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador. 2005.

1.2 METODOLOGÍA PARA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA²

Las figuras 3 a 13, muestran gráficamente el proceso que ocurre dentro del pozo cuando se perfora un radial con Coiled Tubing.

Figura 3. PASO 1. Retirar la tubería de producción.



Fuente: Radial Jet Enhancement Technology Information. <http://wes-ok.com/technology/>

² Radial Jet Enhancement Technology Information. <http://wes-ok.com/technology/>

Figura 4. PASO 2. Bajar zapato deflector - Verificar profundidad – Orientar.

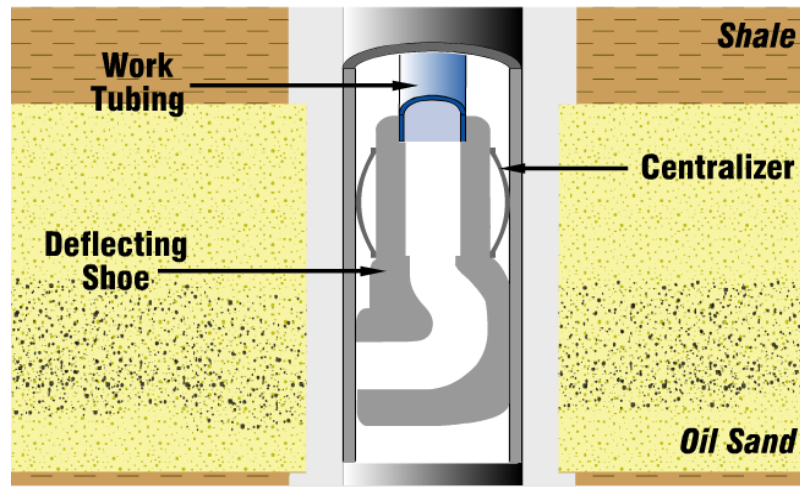
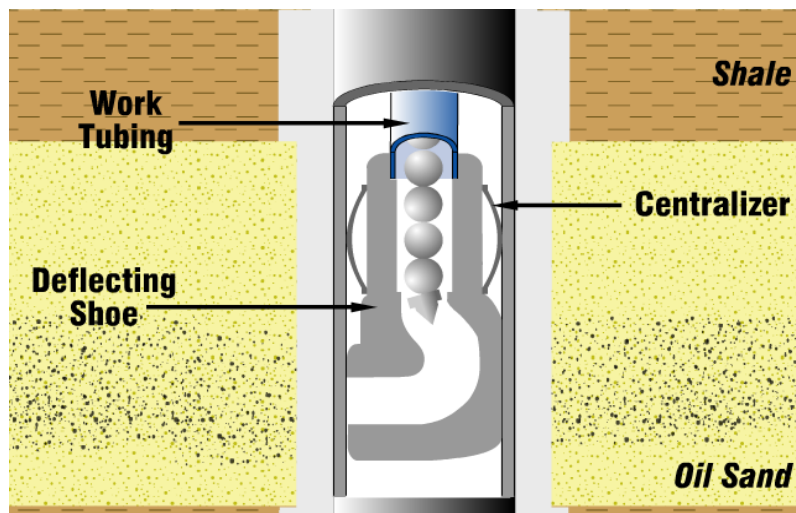


Figura 5. PASO 3. Bajar el cortador de tubería.



Fuentes: Radial Jet Enhancement Technology Information. <http://wes-ok.com/technology/>

Figura 6. PASO 4. Correr el cortador de tubería y abrir una ventana en el casing.

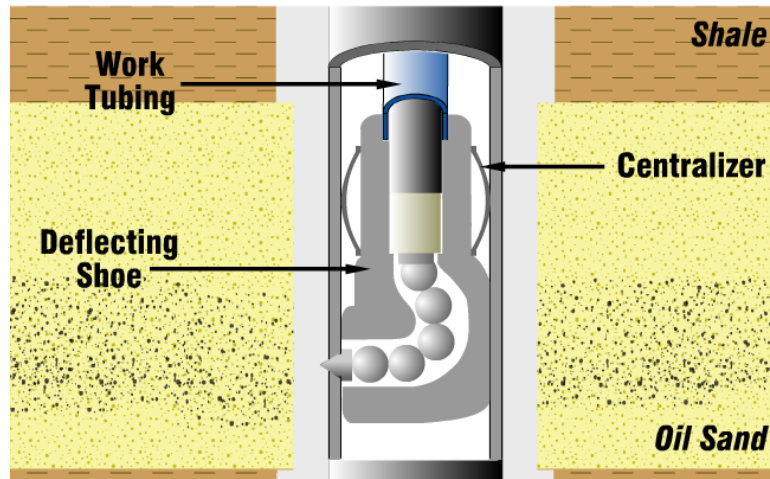
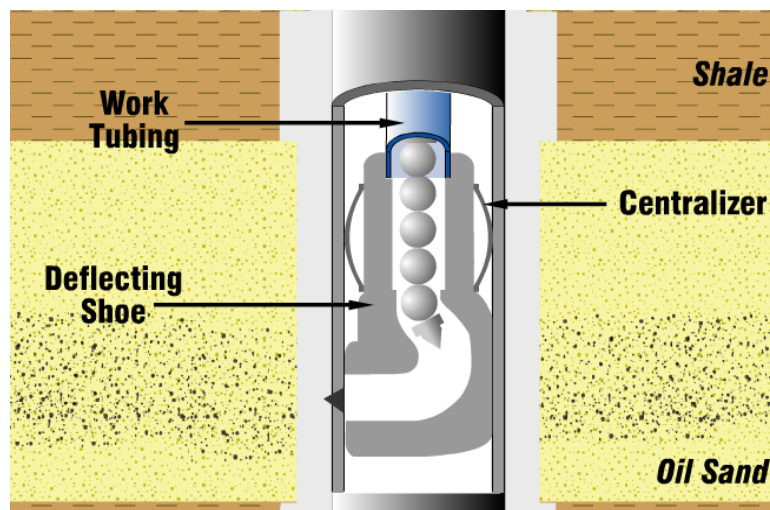


Figura 7. PASO 5. Sacamos el cortador de tubería.



Fuentes: Radial Jet Enhancement Technology Information. <http://wes-ok.com/technology/>

Figura 8. PASO 6. Bajar el jetting y el limpiador de hoyos con el Coiled Tubing.

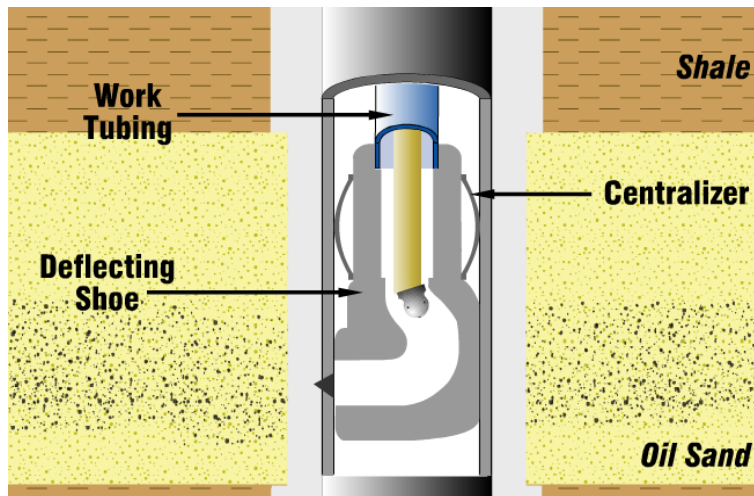
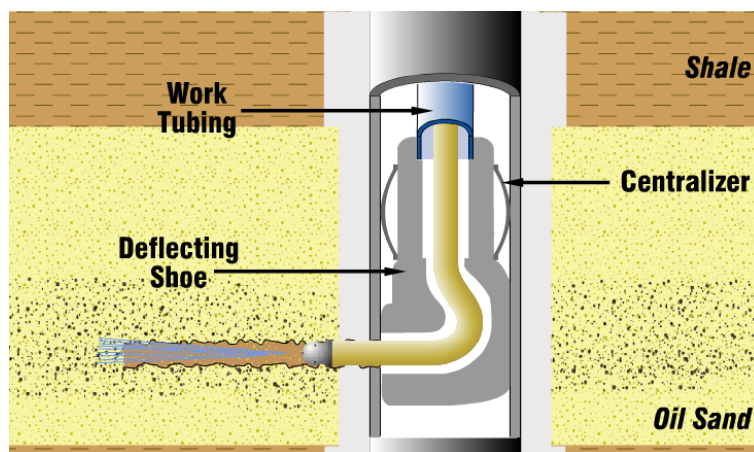


Figura 9. PASO 7. Perforar los laterales hasta la longitud seleccionada.



Fuentes: Radial Jet Enhancement Technology Information. <http://wes-ok.com/technology/>

Figura 10. Perforar los laterales hasta la longitud seleccionada.

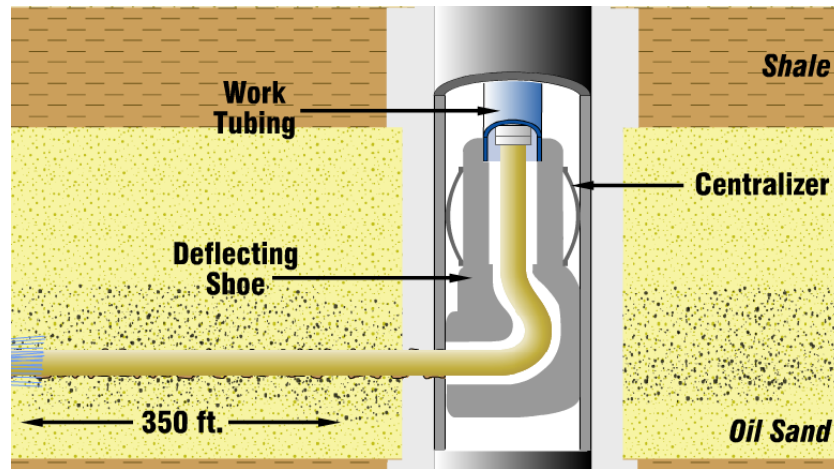
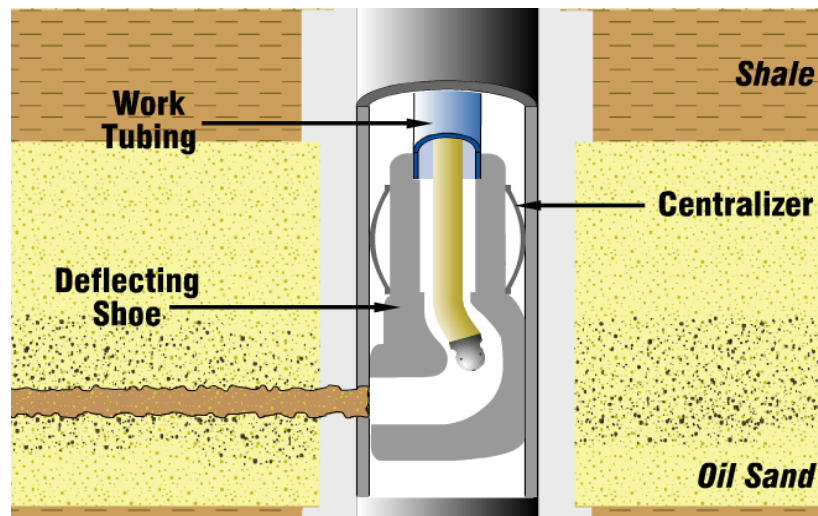


Figura 11. PASO 8. Sacar el jet y limpiador de hoyos.



Fuentes: Radial Jet Enhancement Technology Information. <http://wes-ok.com/technology/>

Figura 12. PASO 9. Rotar zapato deflector hacia la siguiente dirección seleccionada.

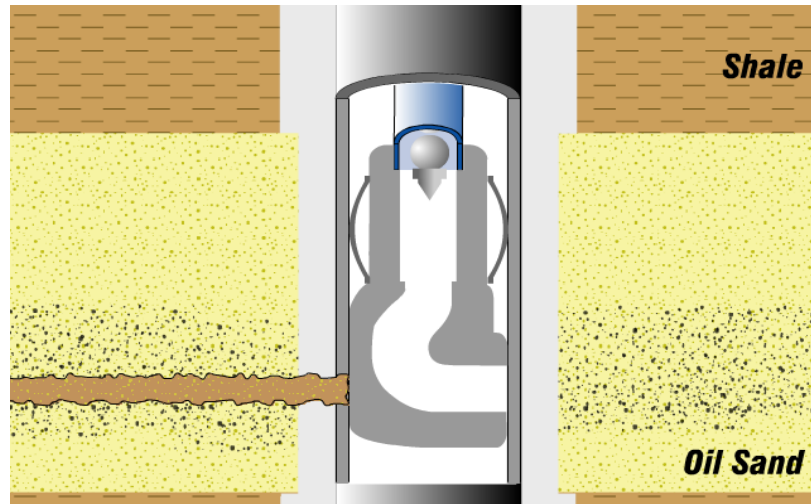
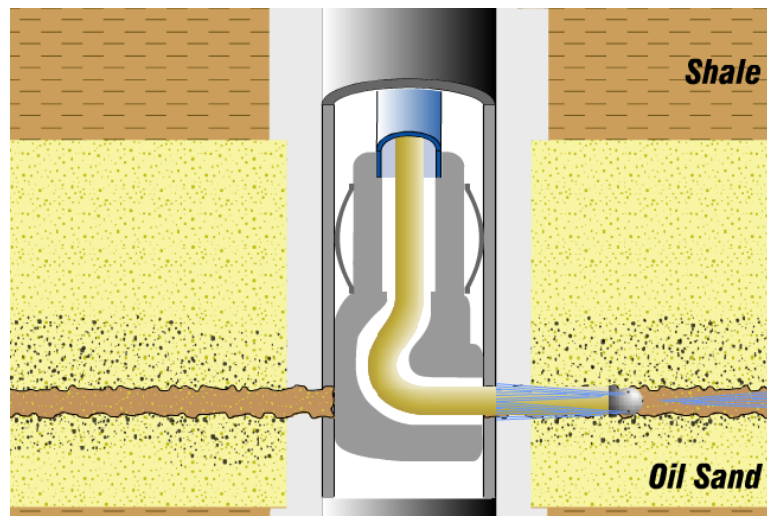


Figura 13. PASO 10. Perforar el siguiente lateral.



Fuentes: Radial Jet Enhancement Technology Information. <http://wes-ok.com/technology/>

1.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Básicamente, tiene una unidad especial de Coiled Tubing y accesorios.

1.3.1 Unidad. Equipo similar a un Coiled Tubing con las siguientes características:

- ◆ Tubería de media pulgada, hasta 13500 pies de longitud y 10000 psi de presión de trabajo
- ◆ Cabina de monitoreo y comando.
- ◆ Fuente de poder hidráulico.
- ◆ Bomba triplex (2-5 gpm) de baja rata de flujo y alta presión (10000 psi)
- ◆ Cabeza de inyección con accionamiento hidráulico (pull=10000 lbs) opcional, para unidades operativas a más de 6500 pies.

1.3.2 Accesorios.

1.3.2.1 Anclaje. Bajado con la cadena de trabajo de la unidad de workover y tiene 3 funciones:

- ◆ Mantener el orificio de salida de la herramienta en el lado del casing; el posicionamiento es solo con una presión simple generada por una banda localizada en el lado opuesto.
- ◆ Guiar la herramienta para ir de vertical a horizontal en un pie a través de un conducto formado en el interior.

- ◆ Prevenir torque reactivo del motor downhole mientras el casing es perforado, a través de guías longitudinales donde una ranura se encuentra en el cuerpo del motor.

1.3.2.2 BHA (Sarta de fondo de pozo). Utilizado para la perforación del casing y de la formación.

➤ **BHA del casing.**

- ◆ Fresa de $\frac{3}{4}$ " (1,905 cm).
- ◆ Codo o unión articulada.
- ◆ Boquilla con bloqueo.
- ◆ Motor de fondo 1 11/6" (4,29 cm).

➤ **BHA de la formación.**

- ◆ Jet con 3 orificios orientados hacia adelante y 3 hacia atrás.
- ◆ 328 pies de manguera flexible Kevlar de 1/1" (1,27 cm).

En las figuras 14 y 15 se puede apreciar el esquema del equipo usado en perforación radial con sus elementos.

Figura 14. Esquema perforación radial.

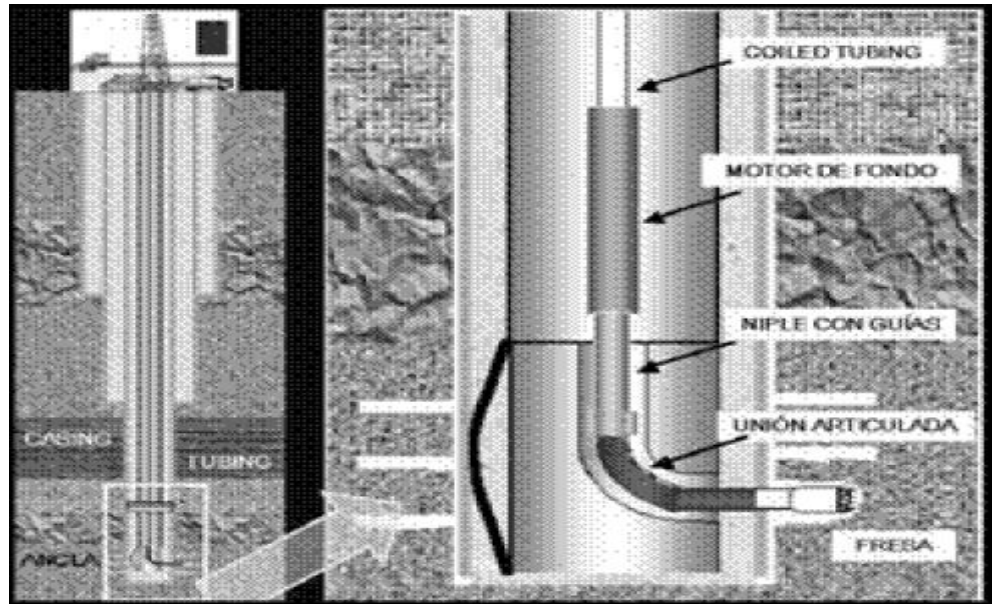
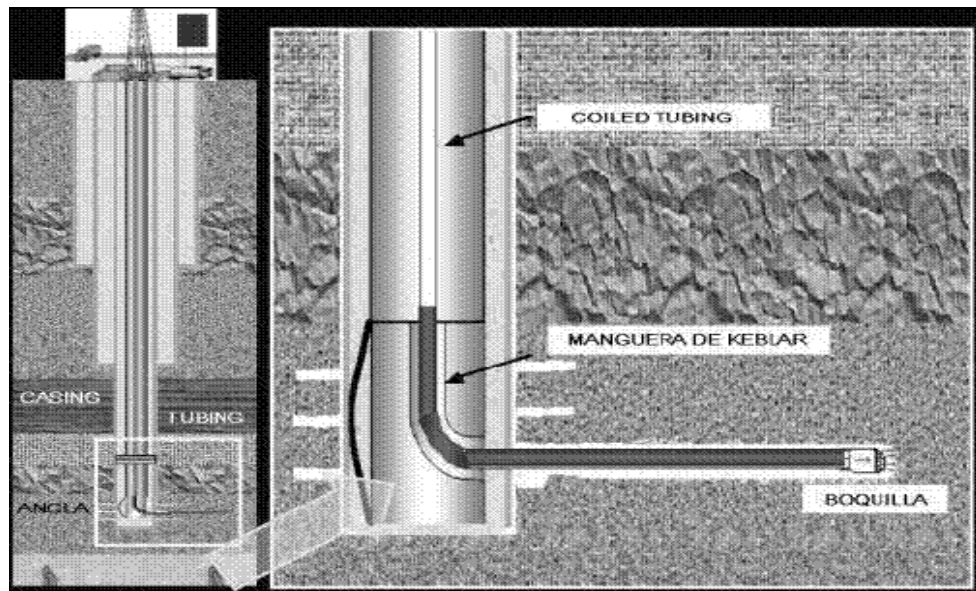


Figura 15. Esquema perforación radial.



Fuentes: Repsol YPF. Paper "Radial Drilling In Argentina". SPE 107382. 2007.

1.4 VENTAJAS DE LA PERFORACION RADIAL

- ◆ Bajos costos de operación.
- ◆ No hay necesidad de grandes equipos rotativos.
- ◆ No se requieren lodos de perforación.
- ◆ Ayuda a la movilización de los aceites viscosos.
- ◆ Se puede ir más allá de la zona de daño del pozo.
- ◆ Aumenta el área de producción en cada pozo.
- ◆ Conecta las áreas de mejores condiciones petrofísicas.
- ◆ Mejora la eficiencia del drenaje del yacimiento.
- ◆ Aumenta las reservas recuperables.
- ◆ Mejora la tasa de producción de los pozos de petróleo y gas.
- ◆ Se puede aplicar a pozos existentes, por tanto no es necesario perforar nuevos.
- ◆ Mayor rentabilidad, debido a menor inversión.
- ◆ Incrementa el espesor productor aparente.
- ◆ Elimina barrera de permeabilidad en el yacimiento.
- ◆ Puede reemplazar o complementar otras técnicas de estimulación convencional como fractura hidráulicas y estimulaciones de matriz.
- ◆ Bajo desarrollo vertical pudiendo intervenir en yacimientos limitados por acuíferos.

1.5. DESVENTAJAS DE LA PERFORACION RADIAL

- ◆ Solo se puede aplicar a formaciones consolidadas
- ◆ Esta técnica no puede ser aplicada a profundidades superiores a los 8000 pies.
- ◆ Solo puede ser aplicada cuando la presión actual del yacimiento esté por encima del 45% de la presión inicial.³
- ◆ No se tiene total control sobre la horizontalidad de la herramienta en la penetración lateral, pudiendo desviarse en algún ángulo.

1.6 SELECCIÓN DEL POZO

La selección de los pozos para aplicar ésta técnica se hace con base en las condiciones del yacimiento en sus propiedades petrofísicas y en especial, al estudio de la estructura geológica y de la zona productora, para cuantificar la cantidad de túneles necesarios que se harán en el pozo.

Para seleccionar el pozo o pozos candidatos se debe conocer la información disponible de:

- ◆ Historial del pozo.
- ◆ Registros eléctricos a hueco abierto.
- ◆ Estudios petrofísicos.
- ◆ Estado mecánico de los pozos.
- ◆ Estado de las perforaciones y cementación del pozo.

³ Paper "Radial Drilling In Argentina". YPF S.A. SPE 107382. 2007.

- ◆ Características del reservorio.
- ◆ Trabajos realizados como workover, tratamientos químicos, estimulaciones, acidificaciones.
- ◆ Evaluación de cantidades de arenas en pruebas para evaluar consolidación de la formación.
- ◆ Datos y pruebas de presión, teniendo en cuenta que la presión no debe estar por debajo del 45% de la presión inicial.
- ◆ Reconocer contactos Agua – Aceite y Gas – Aceite para evitar fluidos no deseados.

De esta información se identificarán pozos que tengan un alto potencial para la aplicación de la técnica.

Una vez identificado los posibles pozos candidatos, a estos se le hará un proceso que incluye:

- ◆ Determinación del potencial de producción del pozo, así como la producción acumulada presente.
- ◆ Identificación de la zona de interés.
- ◆ Determinar el daño del lateral dentro del pozo, ángulo, y dirección del hoyo.
- ◆ Selección del fluido de perforación compatible con la formación.
- ◆ Estado de la locación del pozo.

1.6.1 Metodología a seguir en la aplicación de la perforación radial.

Figura 16. Metodología selección del pozo.

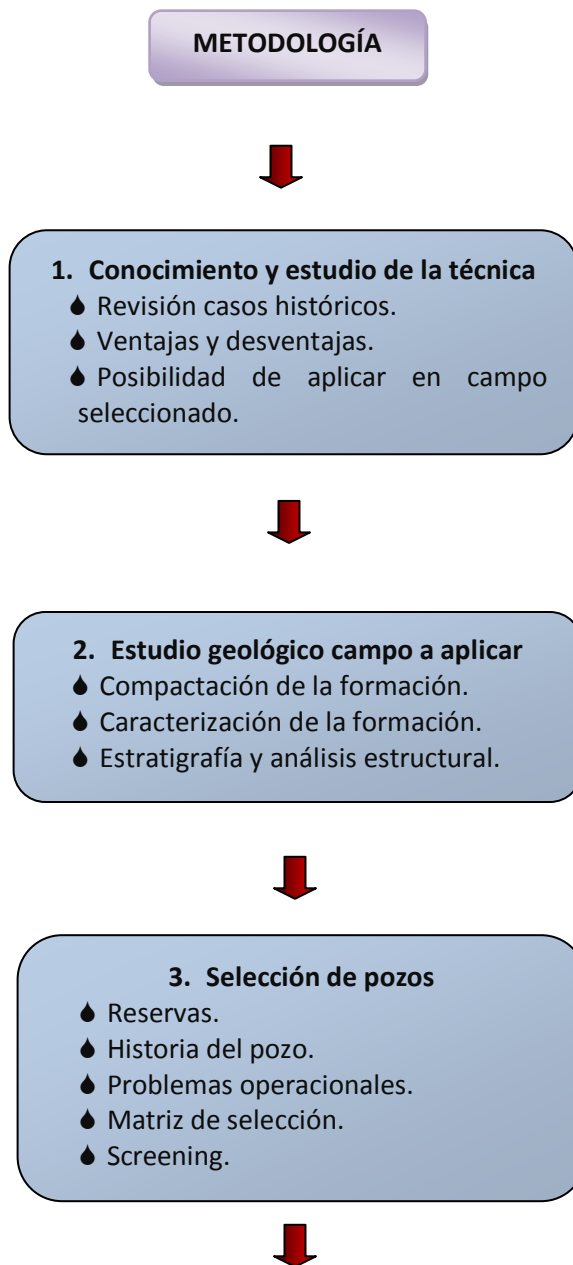
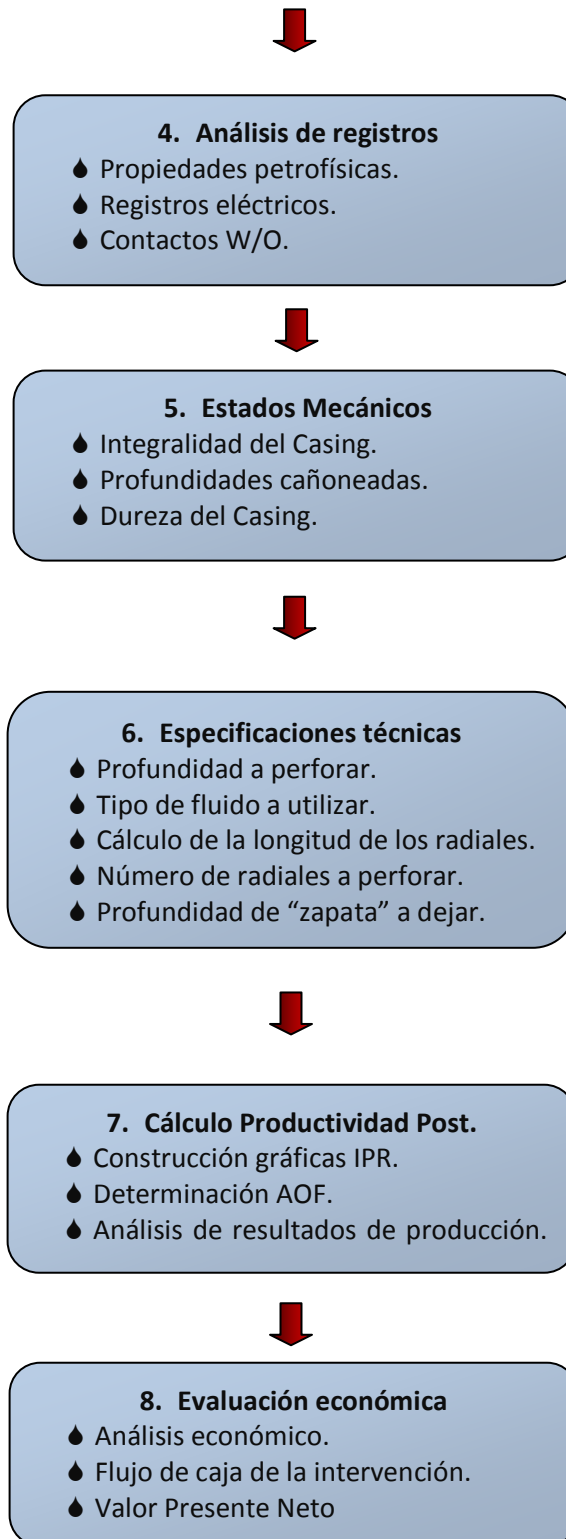


Figura 16. (Continuación).



Fuente: Autores del proyecto.

2. CAMPO ESCUELA COLORADO

2.1 RELACIÓN UIS – CAMPO ESCUELA COLORADO

El Campo Escuela Colorado es un convenio suscrito entre la Universidad Industrial de Santander y ECOPETROL S.A. que tiene como fin el desarrollo científico, tecnológico e investigativo aplicado al área de los hidrocarburos. Además provee a los alumnos, un espacio físico para la aplicación práctica de sus conocimientos. El objetivo principal de este convenio, es que la Universidad Industrial de Santander incorpore un componente práctico a su oferta académica, y que la industria petrolera nacional disponga de un laboratorio para la experimentación y desarrollo de nuevas tecnologías orientadas a aumentar la producción de crudo en el país.

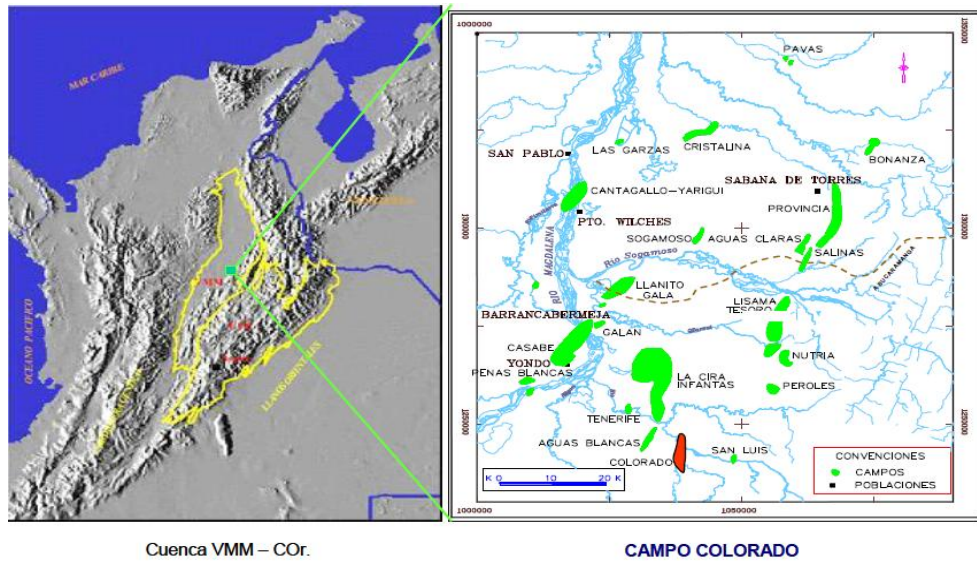
2.2 UBICACIÓN⁴

El Campo Colorado está localizado en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) en el municipio de San Vicente de Chucuri, en la provincia estructural del piedemonte occidental de la Cordillera Oriental, al sureste del municipio de Barrancabermeja (Santander), y al sur del Campo La Cira – Infantas, en el área de la antigua Concesión de Mares⁵.

⁴ Ver figuras 17 y 18.

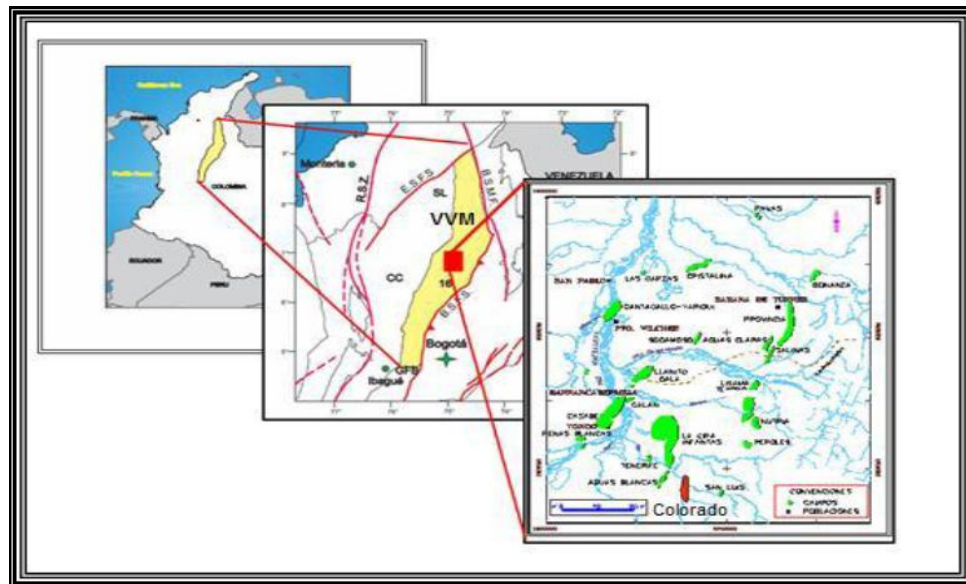
⁵ Informe Colorado 2003. “Diagnóstico y Estrategias de Recobro”. ECOPETROL S.A.

Figura 17. Localización del Campo Colorado.



Fuente: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. “Diagnóstico y Estrategias de Recobro”.

Figura 18. Localización del Campo Colorado



Fuente: ANH. Libro “Colombian Sedimentary Basins”. 2007.

2.3 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA⁶

El petróleo del Campo Colorado se extrae principalmente de la formación Mugrosa (Zonas B y C) y Esmeraldas (Zona D), de edad Oligoceno – Mioceno Inferior, depositada en un sistema fluvial meándrico, caracterizadas por intercalaciones de depósitos de areniscas y lodolitas continentales.

2.3.1 Análisis Estratigráfico. La secuencia estratigráfica del VMM fue inicialmente descrita por Morales et al. (1958) y modificada por Etayo et al. (1958). Abarca edades desde el Jurásico tardío hasta el Reciente (Ver Columna estratigráfica figuras 19 y 20). Los alcances de este estudio son específicamente las unidades productoras correspondientes a la sección del Terciario.

2.3.1.1 Periodo Premesozoico

- ◆ Basamento

2.3.1.2 Periodo Jurásico

- ◆ Formación Girón

2.3.1.3 Periodo Cretáceo

- ◆ Formación Tambor.
- ◆ Formación Rosablanca.
- ◆ Formación Paja.

⁶ Informe Colorado 2003. "Diagnóstico y Estrategias de Recobro". ECOPETROL S.A.

- ◆ Formación Tablazo.
- ◆ Formación Simití.
- ◆ Formación La Luna.
- ◆ Formación Umir.

2.3.1.4 Periodo Terciario

- ◆ Formación Lizama.
- ◆ Formación La Paz.
- ◆ Formación Esmeraldas.
- ◆ Formación Mugrosa.
- ◆ Formación Colorado.
- ◆ Formación Real.

Las formaciones Colorado, Mugrosa y Esmeraldas constituyen las principales unidades almacenadoras de hidrocarburos en el VMM, las cuales han sido probadas en diferentes campos a través de la cuenca.

➤ **Formación Esmeraldas.** La formación Esmeraldas se encuentra suprayaciendo la Formación La Paz y abarca la mayor parte del Eoceno tardío, con un espesor que puede alcanzar unos 1.500 pies. Litológicamente está compuesta de espesos intervalos de lodolitas y limolitas oscuras con delgados mantos de carbón depositados en ríos meándricos (Rubiano, 1995); el límite de la Formación Esmeraldas esta dado por un nivel rico en moluscos de agua dulce y palinomorfos denominado “Horizonte Fosilífero Los Corros”.

➤ **Formación Mugrosa.** La formación Mugrosa tiene un espesor que varía desde 1.900 a 2.400 pies y está compuesta por intercalaciones de areniscas de grano fino y lodolitas varicoloreadas, acumuladas dentro de un ambiente de

sistemas de ríos meándricos (Rubiano, 1995). Para Suárez (1996), ésta formación corresponde a la denominada tectonosecuencia cuyo tope está marcado por un nivel arcilloso rico en fósiles de agua dulce, restos de reptiles, peces y mamíferos que se conoce como el “Horizonte fosilífero de Mugrosa”.

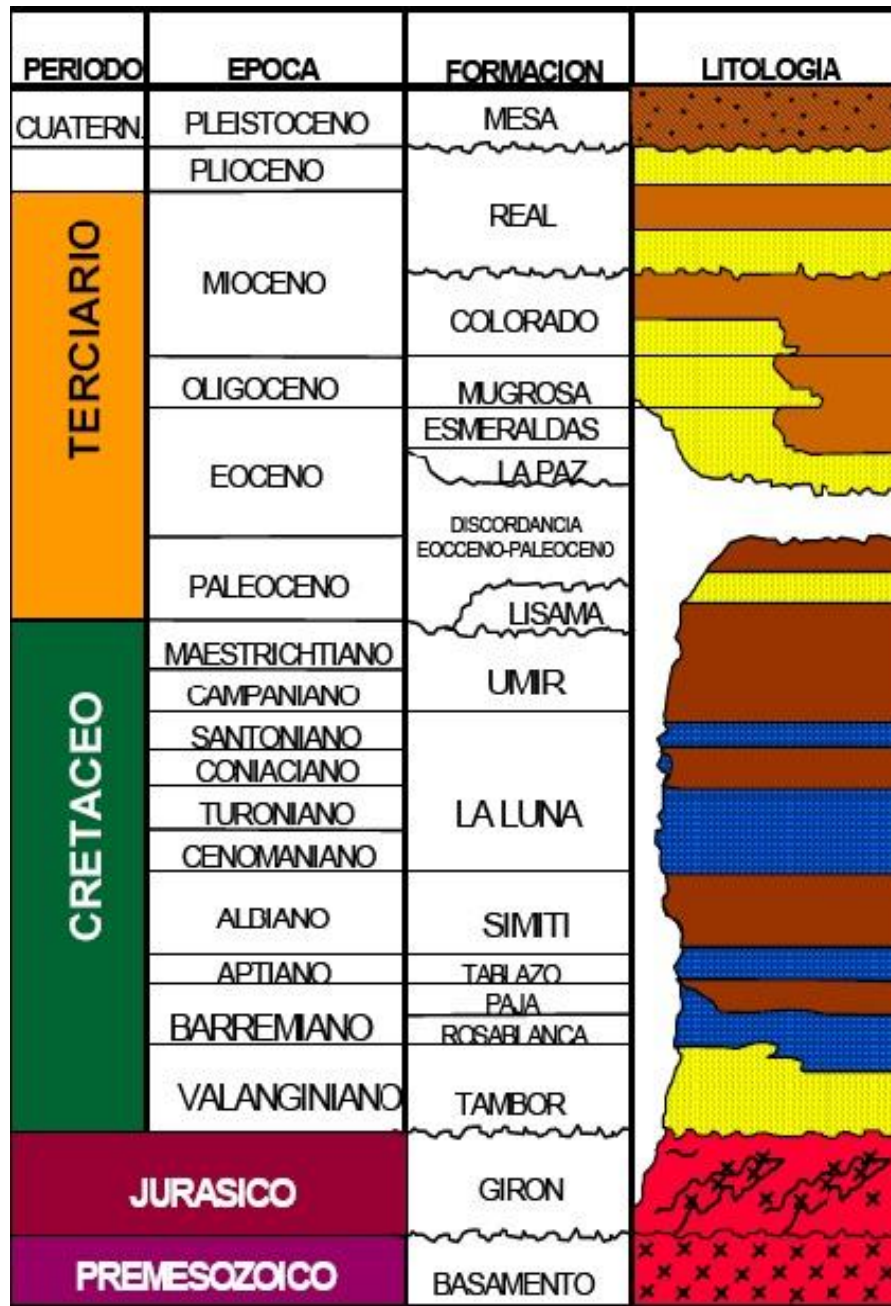
➤ **Formación Colorado.** La formación Colorado presenta un espesor de hasta 3.200 pies en el sector de los pozos Sogamoso-1 y El Dorado-1 (Campo Sogamoso hacia el norte del Campo Colorado). Está conformada por una serie de lodolitas masivas con intercalaciones de areniscas de grano fino a grueso de origen aparentemente fluvial, con presencia de barras puntuales y longitudinales (De La Cruz, 1988). Esta secuencia corresponde a la tectonosecuencia 3 de Suárez (1996), cuyo tope está marcado por la aparición de un nivel de lutitas carbonáceas y fosilíferas de edad Mioceno medio, conocido como “La Cira Shale”.

➤ **Formación Real.** La formación Real está constituida principalmente por conglomerados y areniscas de grano grueso con intercalaciones de arcillolitas varicoloreadas depositadas en ambientes continentales.

2.3.2 Análisis Estructural. La estructura del Campo Colorado está conformada por un anticlinal elongado asimétrico, cuyo flanco más extenso buza al oriente y el más corto hacia el occidente con inclinaciones entre 25 a 45°, con eje N-S y cabeceo hacia el norte, ubicado en el bloque colgante de una falla inversa homotética en sentido N-S y buzamiento al Este denominada como la Falla de Colorado, la cual es inversa.⁷

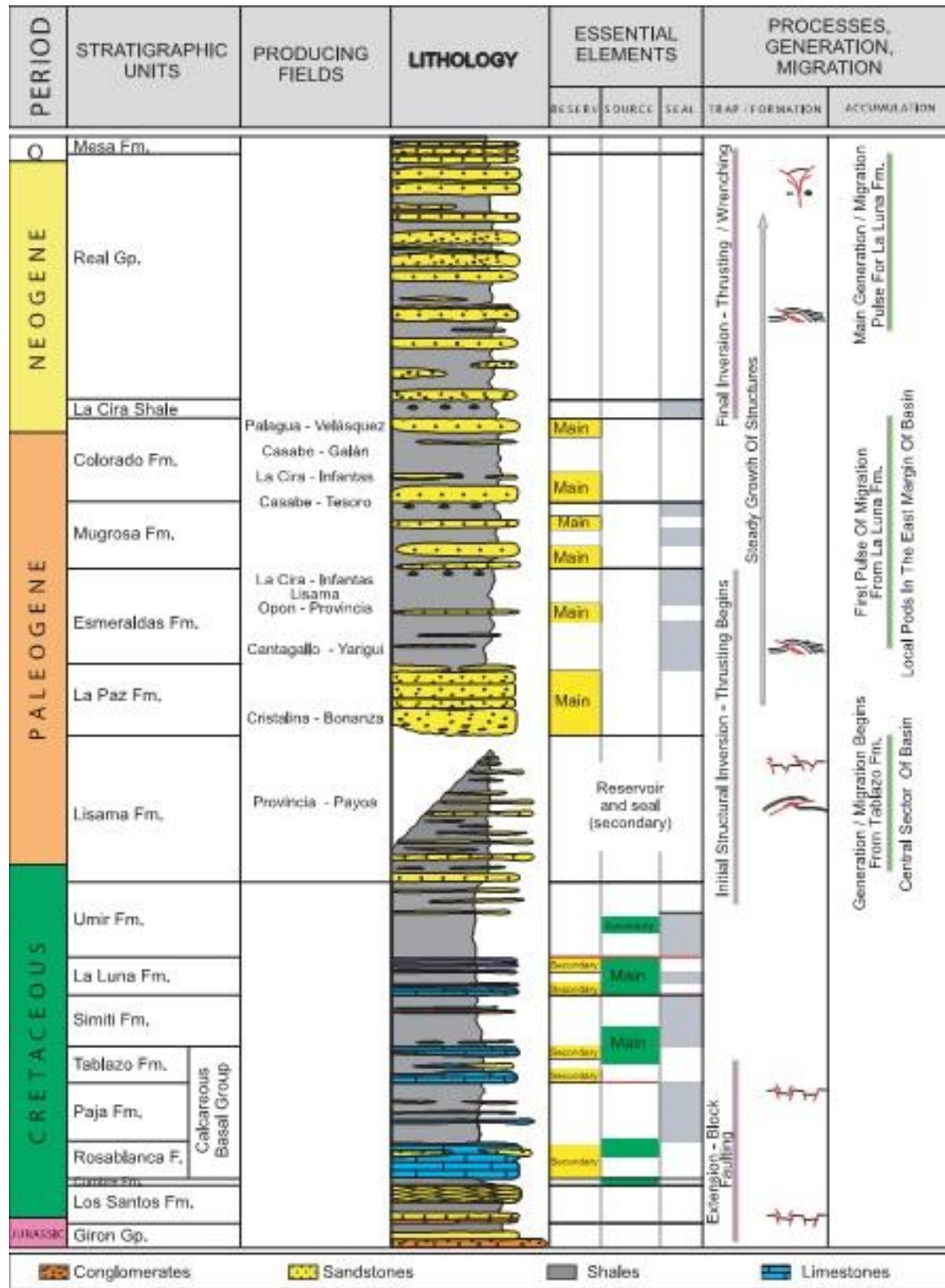
⁷ Informe Colorado 2003. “Diagnóstico y Estrategias de Recobro”. ECOPETROL S.A.

Figura 19. Columna Estratigráfica Cuenca del Valle Medio del Magdalena.



Fuente: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

Figura 20. Columna Estratigráfica Cuenca del Valle Medio del Magdalena.



Fuente: ANH. Libro "Colombian Sedimentary Basins". 2007.

Esta estructura fue definida principalmente a partir de la correlación de registros de pozo, identificándose un sistema de fallas satélite SW–NE en el bloque colgante de la Falla de Colorado; 6 fallas de tipo inverso y una normal que evidencia relajación del sistema de esfuerzos compresivos dominante, hacia el norte de la estructura. De la sísmica disponible en las áreas cercanas al campo (Figuras) se infiere una geometría anticlinal que corresponde a interpretaciones anteriores (Valencia y Castro, 1979).

El Anticlinal de Colorado está dividido en siete bloques por fallas locales en sentido W-E y SW-NE. De sur a norte en este trabajo se denominan los Bloques IB, I, II, III y IV están limitados por fallas inversas con buzamiento hacia el sur, cabalgándose unos a otros hacia el norte, de tal forma que el Bloque IB está más alto y el Bloque IV más bajo. Este último está limitado al norte por una falla inversa que buza hacia el norte y que lo separa del Bloque V, el cual a su vez está limitado por una falla normal que buza hacia el norte y que lo separa del Bloque VI en la parte norte del campo⁸.

El Anticlinal de Colorado está limitada regionalmente por rasgos estructurales en sentido N-S y SSW-NNE tales como: la Falla de Infantas al NNW, el Anticlinal de San Luis al ENE, el Sinclinal de Peña de Oro al N, el, la Falla de La Salina y el Sinclinal de Nuevo Mundo al NE⁹.

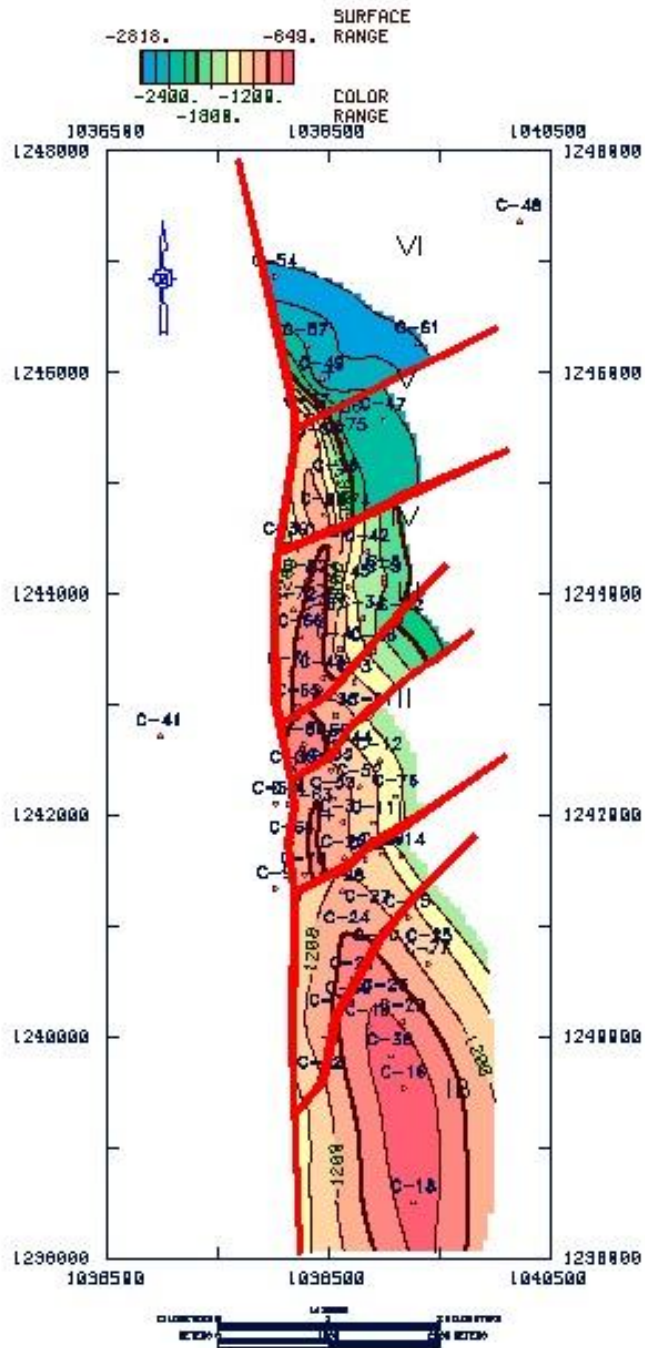
Soportado en la interpretación de registros de pozo y de la sísmica disponible para el área cercana al campo. Dichas interpretaciones evidenciaron un sistema de fallas satélites SW–NE en el bloque colgante de la Falla de Colorado; 6 fallas de tipo inverso y una normal que evidencia relajación del sistema de esfuerzos compresivos dominante hacia el norte de la estructura. De esta manera se infiere una geometría anticlinal¹⁰.

⁸ Ver figura 21.

⁹ Ver figura 22.

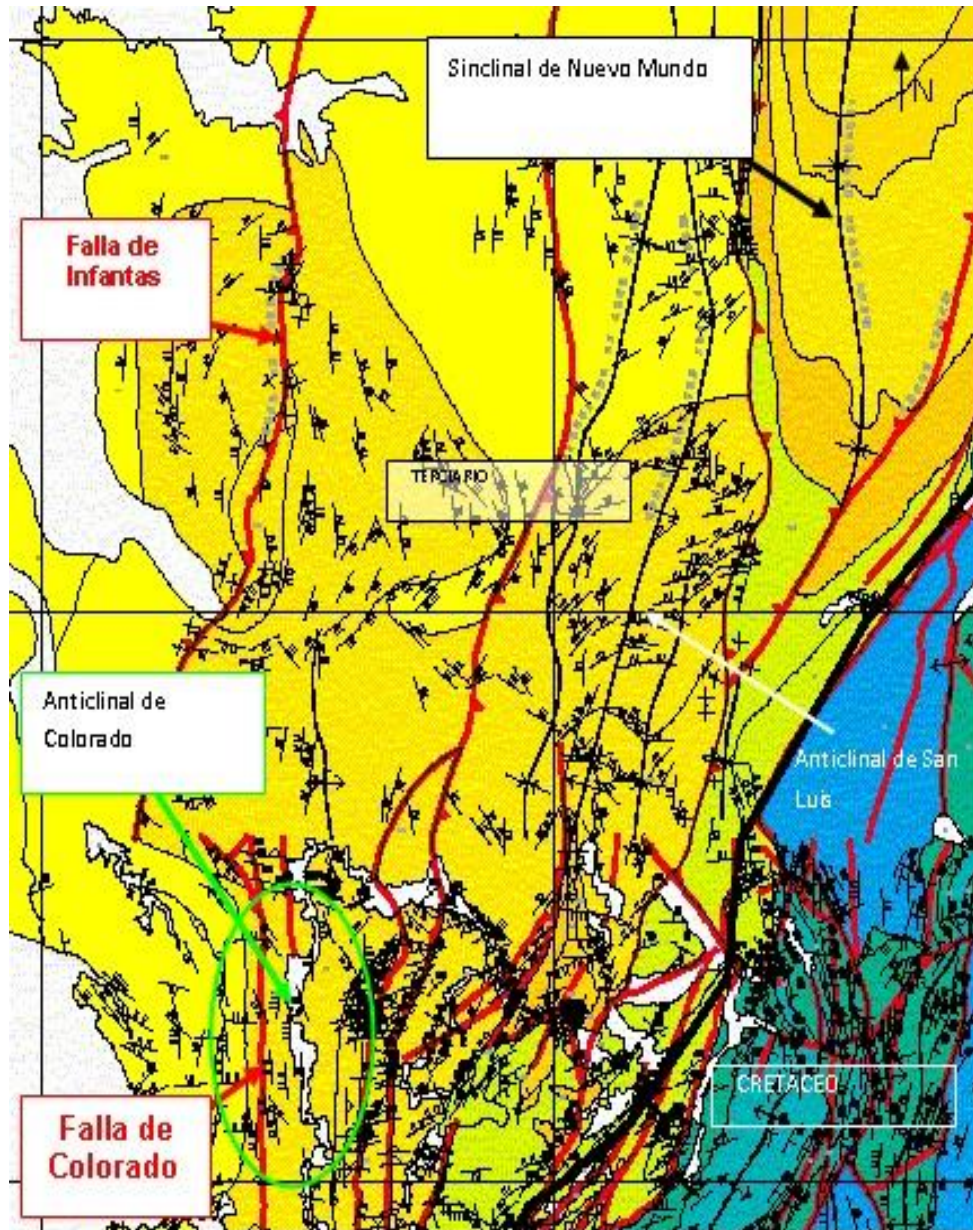
¹⁰ Ver figuras 23 a 26.

Figura 21. Estructuras por bloques del Campo Colorado.



Fuente: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

Figura 22. Sistema de fallas Campo Colorado y aledaños.



Fuente: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

Figura 23. Línea Sísmica DM-89-1440. Sentido NW-SE

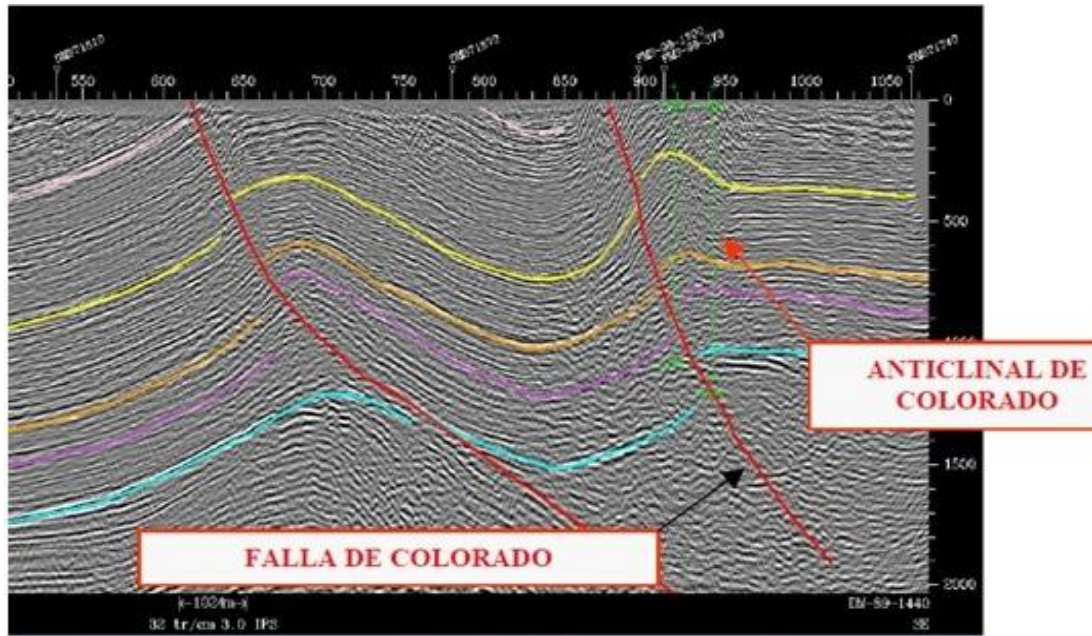
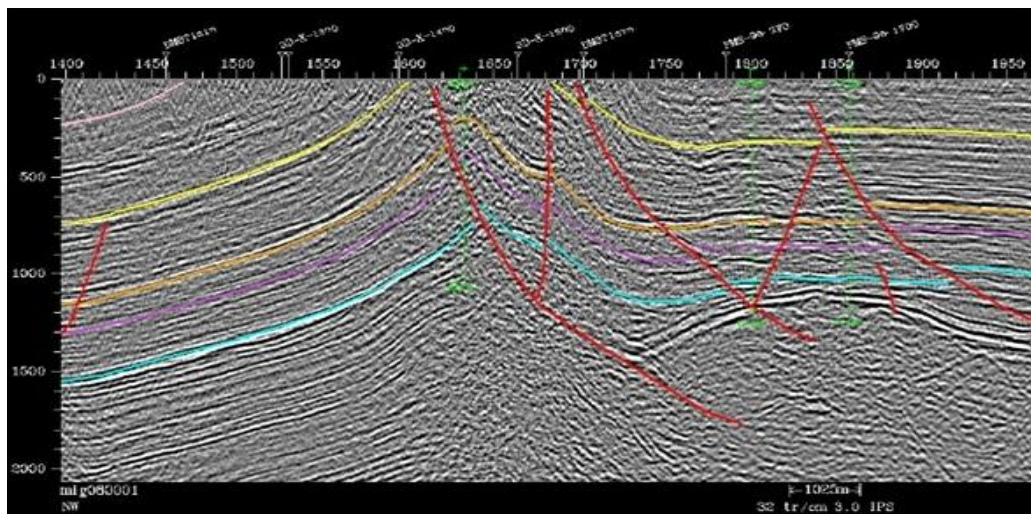


Figura 24. Línea Sísmica PMS 981700. Sentido SW-NE



Fuentes: Ecopetrol S.A. "Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro".

Figura 25. Línea Sísmica PMS 98-370. Sentido SW-NE.

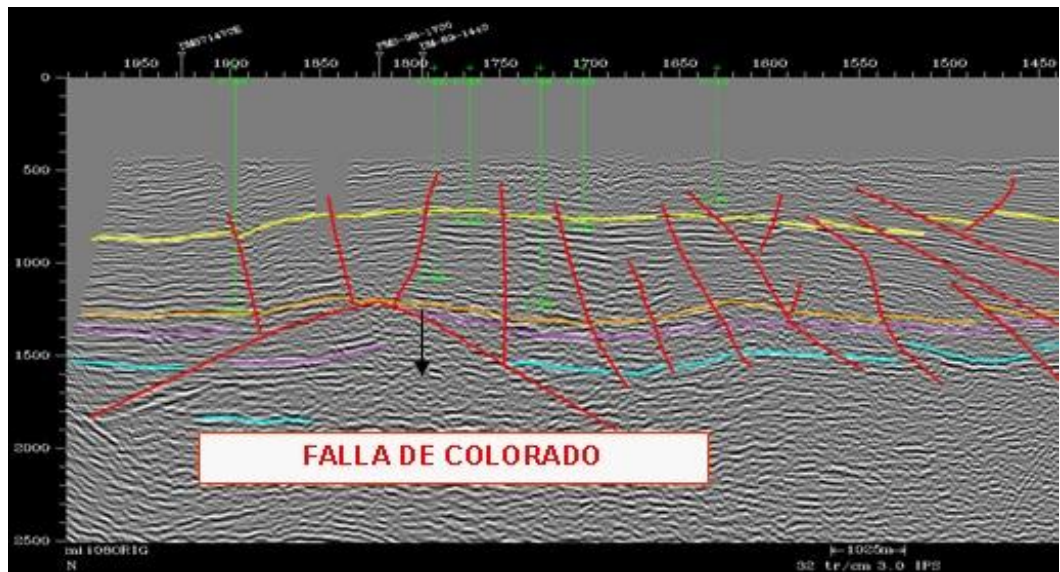
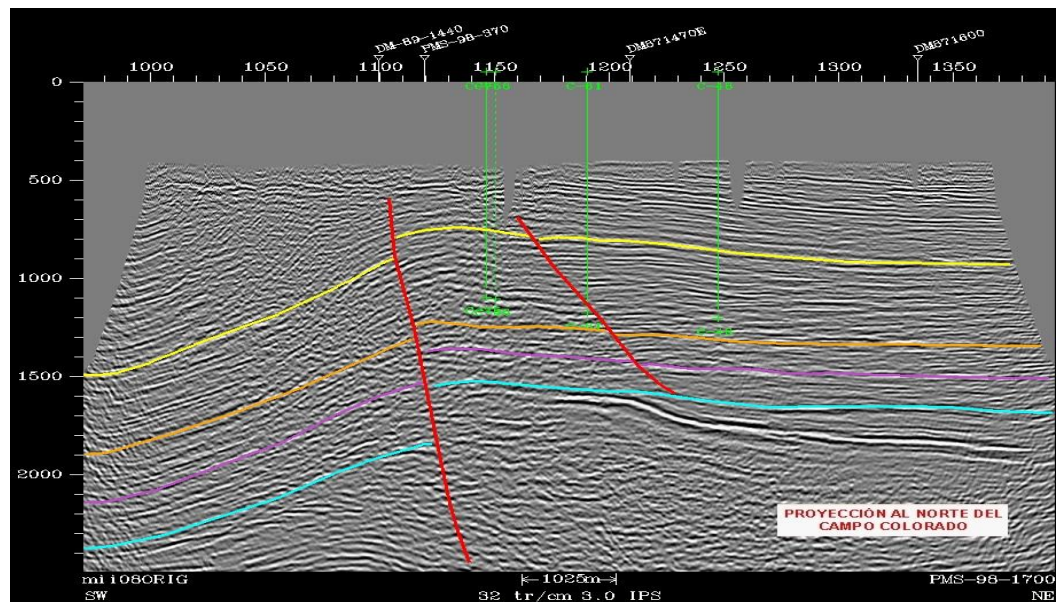


Figura 26. Línea Sísmica DM 87-1470 E. Sentido NW-SE.



Fuentes: Ecopetrol S.A. "Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro".

2.4 GENERALIDADES DEL CAMPO COLORADO

- ◆ Las areniscas de la Formación Mugrosa se dividen en cuatro unidades operacionales en el Campo Colorado con una porosidad promedio de 12.9% para la Zona B1, 13.5 % para la Zona B2, 15.7 % para la Zona C1 y 19.6 % para la Zona C2; con un espesor promedio de arena petrolífera de 21.8, 23.2, 24.9 y 42.3 pies, respectivamente.
- ◆ El Campo Colorado produce aceite liviano y gas con una gravedad entre los 36° API y 42 ° API. Se tiene reportada una presión inicial de 506 psia en la Zona B a 1900 pies MD y 2208 psia en la Zona C.
- ◆ La máxima producción fue de 1765 BOPD a Noviembre de 1961 hasta llegar a un valor de 430 BOPD a Junio de 1966. A diciembre de 2003 se habían extraído 857 MBO con un corte de agua mínimo, el mecanismo de producción predominante en el Campo Colorado es empuje por gas en solución.
- ◆ El aceite original estimado es de 121 MMBO y las reservas primarias producidas son de 857 MBO con un factor de recobro actual de 7,024 %.
- ◆ El yacimiento presenta poca continuidad lateral en los cuerpos arenosos, que unida a la baja energía del yacimiento y sus arenas delgadas (por debajo de los 20 pies de espesor), hacen que la producción acumulada de los pozos esté muy por debajo de los 300 MBO.
- ◆ El sistema de producción actual del Campo Colorado es de levantamiento artificial por Bombeo Mecánico, por lo cual se cuenta con una infraestructura de tuberías, varillas de producción, bombas de subsuelo y unidades de bombeo para la extracción del crudo.
- ◆ Los pozos del Campo Colorado fueron inicialmente cañoneados con una densidad de 1 – 2 spf (tiros por pie) aproximadamente, en intervalos de 10 pies – 15 pies de espesor, comprendido entre las arenas B, C y D.

- ◆ El tipo de carga utilizada para las perforaciones en los pozos del Campo Colorado son del cañonero Lane Wells cañones de cargas moldeadas desintegrables.
- ◆ En el campo se han realizado una serie de estudios básicos, donde se han determinado las características del yacimiento, expuestas en las siguientes tablas:

Tabla 1. Datos básicos de las propiedades de las arenas.

Parámetro	Arena B	Arena C	Arena D	Arena E	Unidad
Temperatura de yacimiento	114	174	186	186	°F
API @ 60 °F	41.2	39.7	40.1	40.1	%API
Profundidad promedio	1800	3500	4700	5600	Ft
Presión de Burbuja, Pb	648	2078	2958	2958	Psia
Viscosidad a Pb	1.64	0.462	0.441	0.441	Cp
Bo @ Pb	1.091	1.401	1.373	1.373	RB/STB
Porosidad	15.7	14.5	13	13	%
S _{wi}	40	40	50	50	%
Aceite original	20.062	37.336	0.507	1.157	MMBls
Rsb	140	648	667	667	pc/Bls
Espesor promedio de arena	50	57	25	25	Ft
Área	634	1083	---	---	Acres

Fuente: ECOPETROL S.A. Informe campo Colorado. "Calculo de reservas Ing. Jorge Camacho, Junio 1978".

Tabla 2. Datos básicos del yacimiento.

PARÁMETRO	VALOR
ESPACIAMIENTO/POZO	20 – 30 Acres
POZOS PERFORADOS	75
POZOS ACTIVOS	19
POZOS PRODUCIENDO	22
ACEITE ORIGINAL ESTIMADO, OOIP	121 MMBO
RESERVAS PRIMARIAS PRODUCIDAS, Np	857 MBO a 2003
FACTOR DE RECOBRO, %FR	7 %

Fuente: Campo Escuela Colorado

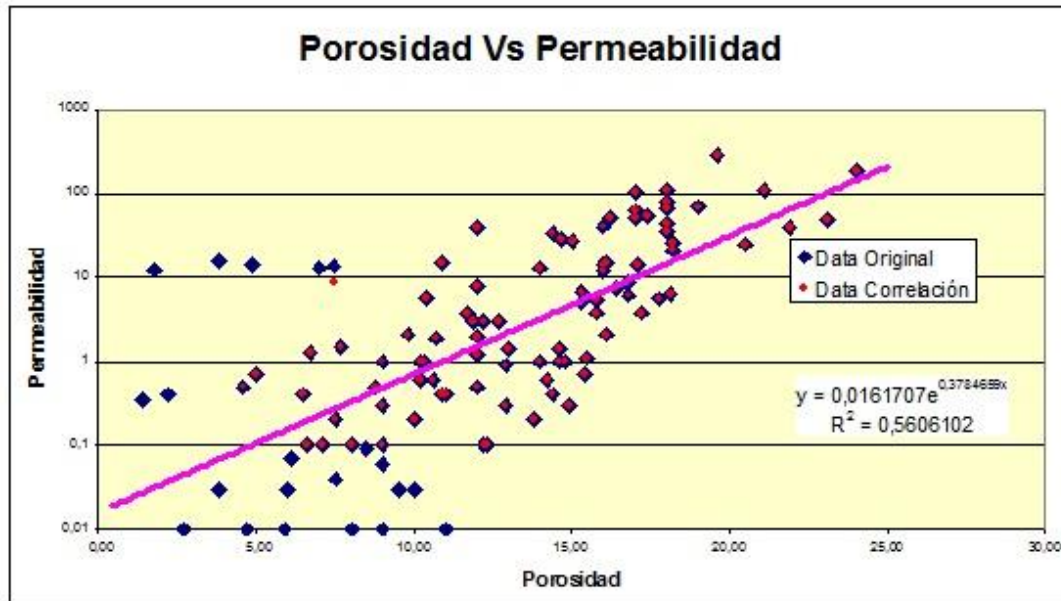
2.5 PROPIEDADES PETROFÍSICAS

Tabla 3. Propiedades Petrofísicas por zonas Campo Colorado.

CAMPO COLORADO – FM. MUGROSA	Propiedad	Promedio para el Campo
ZONA B1	SW	0,30
	PHIER	0,13
	NETPAY	22,96
ZONA B2	SW	0,32
	PHIER	0,14
	NETPAY	23,20
ZONA C1	SW	0,30
	PHIER	0,16
	NETPAY	24,23
ZONA C2	SW	0,30
	PHIER	0,20
	NETPAY	40,62

Fuente: Campo Escuela Colorado. Convenio UIS-ECOPETROL S.A. 2007

Figura 27. Relación Porosidad – Permeabilidad Campo Colorado.



Fuente: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

Tabla 4. Propiedades Petrofísicas por zonas Campo Colorado.

ZONA	B1	B2	C1	C2
Área (ft2)	7.448e + 007	5.747e + 007	7.954e + 007	5.758e + 007
Sw (Fracción)	0,304383	0,321683	0,291658	0,323993
Net Pay (Pies)	24,549	36,8255	21,4322	35,9026
So (Fracción)	0,695617	0,678317	0,708342	0,676007
Phie	0,113427	0,12517	0,128173	0,179208
OOIP (MMBls)	24,39	31,84	27,43	37,37
Total OOIP Colorado (MMBls) – Método volumétrico				121,03

Fuente: Campo Escuela Colorado. Convenio UIS-ECOPETROL S.A. 2007

2.6 MODELO DINÁMICO¹¹

2.6.1 Contactos agua – aceite (WOC). Los WOC se determinaron con datos de pruebas selectivas de producción, información petrofísica y el modelo estructural. Esta determinación no fue sencilla debido a la poca resolución de los registros resistivos y la ausencia de registros de porosidad, lo cual hace que la petrofísica sea casi conceptual.

Con base en los mapas estructurales con sus diferentes bloques los cuales se analizaron por separado, y tomando en cuenta las pruebas iniciales de formación de los pozos de cada uno de los bloques, se establecieron los WOC en cada formación por bloque. Para esto se escogió el nivel más bajo de aceite o el nivel más alto de agua de las pruebas iniciales de formación para cada subzona, estableciendo los siguientes contactos para las zonas agua- aceite:

Tabla 5. Pozos Prueba en la determinación de Contactos Agua/Aceite Zona B

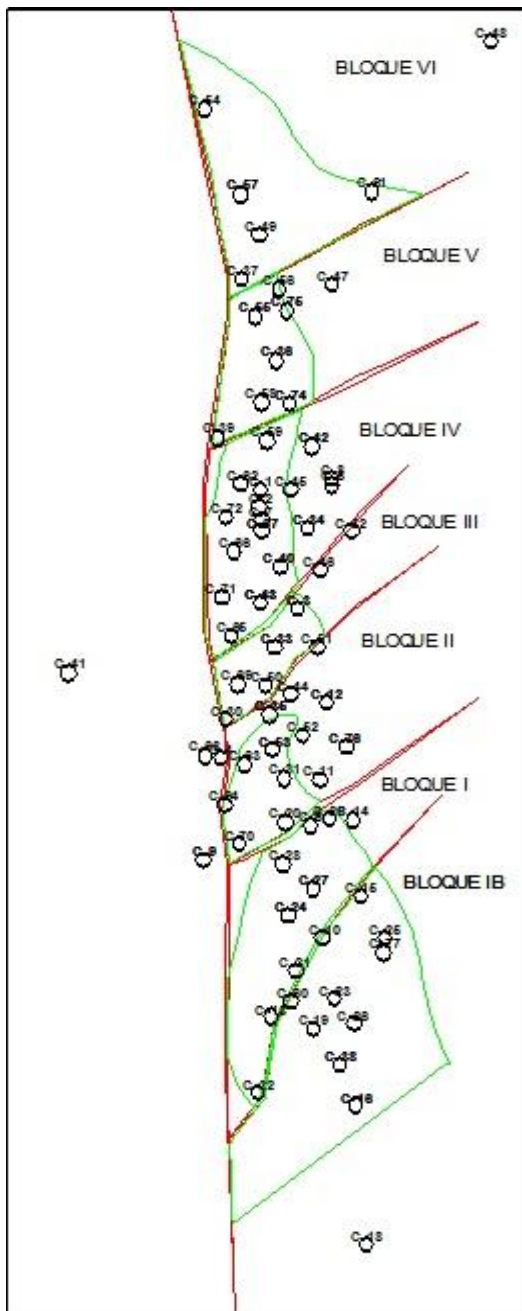
Bloque	Zona	Contacto	Profundidad TVD. (ft)	Pozo de la prueba
I	B1	OWC	1810	25
IB	B1	OWC	1748	22
II	B1	OWC	1456	70
III	B1	OWC	1847	30
IV	B1	OWC	1689	40
V	B1	OWC	2200	36
VI	B1	OWC	3200	57
I	B2	OWC	2141	23
IB	B2	OWC	2885	23
II	B2	OWC	2702	70
III	B2	OWC	2392	69
IV	B2	OWC	Todo la zona en agua por el 71	
V	B2	OWC	3200	36
VI	B2	OWC	4200	57

Fuente: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

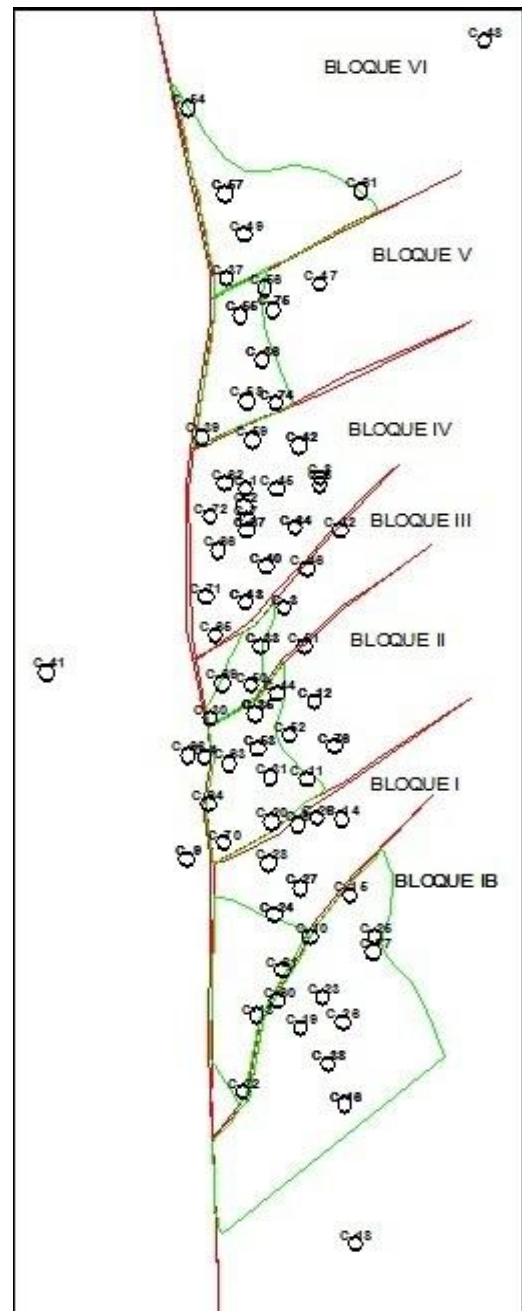
¹¹ Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro". Ecopetrol S.A.

Las figuras 28 y 29 presentan los mapas con los WOC en la zona B.

**Figura 28. Contacto Agua/Aceite
Zona B1**



**Figura 29. Contacto Agua/Aceite
Zona B2**



Fuentes: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

Tabla 6. Pozos de Prueba en determinación de los Contactos Agua/Aceite C

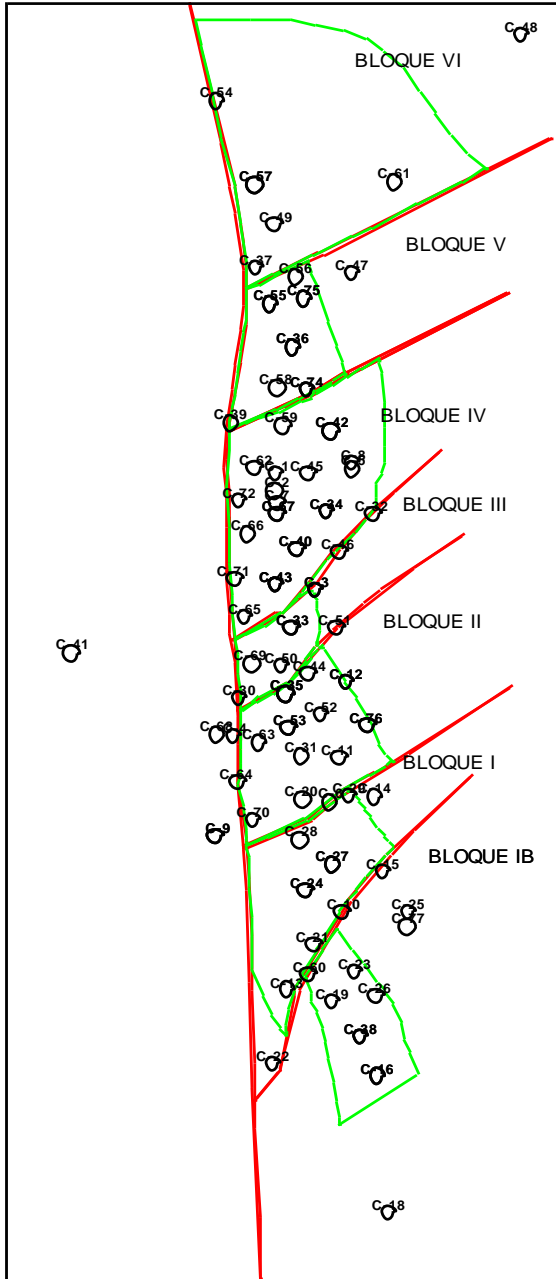
Bloque	Zona	Contacto	Profundidad TVD (ft)	Pozo de la prueba
I	C1	OWC	3215	38
IB	C1	OWC	3591	28
II	C1	OWC	3711	11
III	C1	OWC	3500	36
IV	C1	OWC	4180	42
V	C1	OWC	4400	36
VI	C1	OWC	5300	57
I	C2	OWC	3742	24
IB	C2	OWC	3567	60
IB	C2	OGC	3291	19
II	C2	OWC	4115	11
III	C2	OWC	3500	36
IV	C2	OWC	4550	34
V	C2	OWC	4600	36
VI	C2	OWC	5300	57

Fuente: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

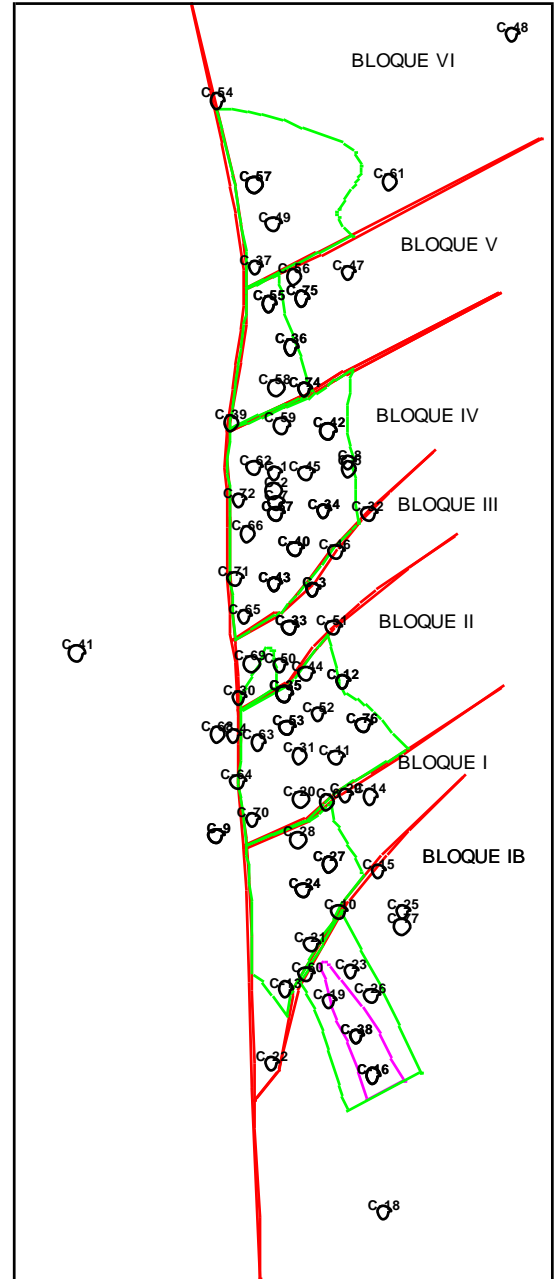
Para los casos de los bloques III y IV en las zonas C1, C2, ECOPETROL asumió el mismo contacto agua- aceite por el comportamiento similar que presentan estos dos bloques en las zonas y porque no se encontraban ningún dato de prueba inicial en esas zonas para esos bloques. Para la zona C2 en el bloque IB, encontraron una prueba gasífera en el pozo Colorado 19 que infiere un contacto Gas-Aceite a esa profundidad.

Las figuras 30 y 31 presentan los mapas con los WOC en la zona C.

**Gráfica 30. Contacto Agua/Aceite
Zona C1.**



**Gráfica 31. Contacto Agua/Aceite
Zona C2.**



Fuente: Ecopetrol S.A. "Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro"

2.7 HISTORIA DE DESARROLLO Y PRODUCCIÓN¹²

La etapa de exploración del Campo fue realizada entre 1923 y 1932 por la compañía TROPICAL OIL COMPANY – TROCO, con la perforación de 7 pozos de los cuales todos, excepto el C-7, fueron abandonados por problemas mecánicos. Posteriormente, entre 1945 y 1946 la compañía inició una segunda fase exploratoria perforando un total de 8 pozos adicionales.

Entre los años de 1953 a 1964, ECOPETROL desarrolló completamente el campo, mediante la perforación de 60 pozos para un total de 75 pozos perforados en la estructura.

Las acumulaciones son de aceite liviano y gas con gravedad de 36 a 42 °API. Se tiene reportada una presión inicial de 506 psi en la Zona B a 1900 pies MD y 2208 psi en la Zona C.

El Campo Colorado inició producción oficialmente en el año de 1945 con una tasa de 300 BOPD y alcanzó su producción máxima, en noviembre de 1961 con un caudal de 1765 BOPD, declinando rápidamente, llegando así a un caudal de 430 BOPD a junio de 1966, caracterizándose este período por la pérdida de pozos productores debido a diferentes problemas mecánicos, como el taponamiento de las líneas por parafinas.

A diciembre de 2003, se habían extraído 8,57 MBO con un corte de agua mínimo. El mecanismo de producción predominante es empuje por gas en solución.

A partir de 1966 y hasta el año 1976 se mantuvo con una producción promedio de 670 BOPD. Desde 1976 se empezó a notar un aumento en la declinación, pasando de 692 BOPD en 1976 a 47 BOPD en 1989, desde entonces se ha

¹² Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

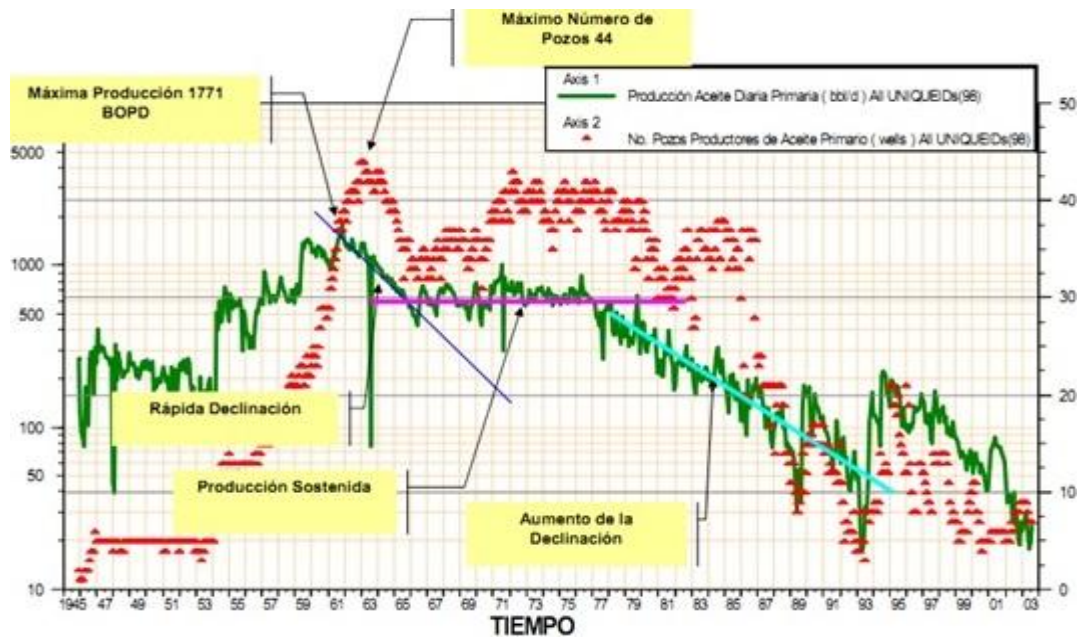
mantenido en un promedio de 20 a 30 BOPD. El máximo número de pozos activos simultáneamente se alcanzó en 1963 con un total de 44 pozos. La producción de aceite en el Campo Colorado se ha visto afectada por problemas de parafinas a lo largo de su desarrollo, malas propiedades petrofísicas del yacimiento y mínimo soporte de presión proporcionado por empuje de gas en solución.

El Campo Colorado tiene una muy baja producción de agua en su comportamiento histórico, siendo esto típico de un campo con una influencia mínima o nula de algún tipo de acuífero.

Los mejores pozos productores de aceite se encuentran en la parte central del anticlinal, donde están los mejores desarrollos de arenas B. Estos pozos se encuentran rodeados por pozos con bajos acumulados, denotando una marcada lenticularidad en el campo o problemas de tipo mecánico en los pozos o líneas de producción.

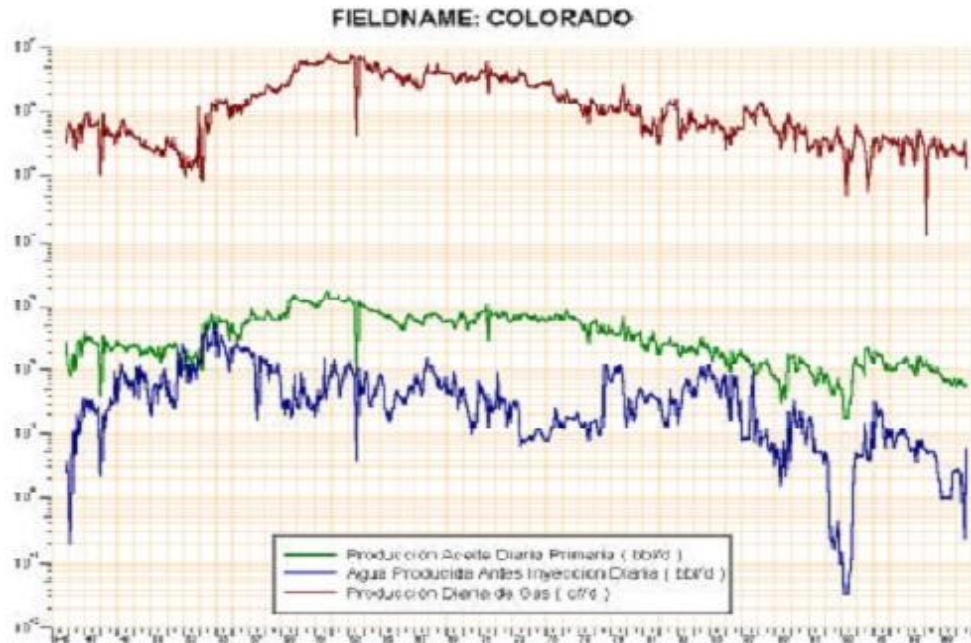
Las figuras 32 y 33 presentan las relaciones de declinación y producción de fluidos respectivamente, ambas en función del tiempo.

Figura 32. Relación Producción (Declinación) vs Tiempo Campo Colorado



Fuente: Campo Escuela Colorado. Convenio UIS - ECOPETROL S.A. 2007.

Figura 33. Producción de aceite, agua y gas del Campo Colorado.



Fuente: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

3. METODOLOGÍA PARA SELECCIÓN DEL POZO CANDIDATO A INTERVENIR CON LA TÉCNICA DE PERFORACIÓN RADIAL

Una evaluación a las características y condiciones del universo de pozos existentes en el Campo Colorado, tanto físicas como operativas, conlleva a diseñar una metodología que permita brindar una herramienta para la selección exitosa del pozo candidato a intervenir, tras un análisis detallado de dichas condiciones. A continuación, las consideraciones pertinentes.

3.1 CONSIDERACIONES DE LA SELECCIÓN

El proceso de selección de la locación debe ser detallado teniendo en cuenta los aspectos más relevantes que permitan disminuir el factor de incertidumbre en el trabajo a realizar. Estos aspectos son:

- ◆ Características y composición geológica del yacimiento, estratos productores y pozos cercanos a fallas, con el fin de evaluar la consolidación de la formación, evitando aquellos pozos que indiquen arenas poco consolidadas o friables.
- ◆ Propiedades petrofísicas del yacimiento y pozo.
- ◆ Registros que permitan conocer el estado de la cementación.
- ◆ Valores de presión promedio actual, considerando que la lectura de presión debe ser como mínimo un 45 % de la presión original.
- ◆ Historial del pozo.
- ◆ Determinación de potencial del pozo y producción acumulada del mismo.
- ◆ Estado mecánico del pozo y estado de locación y acceso.

- ◆ Zonas de contacto Agua-Petróleo y Gas-Petróleo con el fin de no conectar con fluidos no deseados.
- ◆ Datos de estimulación, fracturas y acidificación, si hubo.
- ◆ Estado mecánico del casing para evitar el colapso, ya que se realizarían cuatro orificios en un mismo nivel.

Para cumplir con el objetivo en Campo Colorado se hizo una depuración partiendo del total de pozos existentes (75), eliminando primero los pozos que están abandonados definitivamente y los que aún no han sido intervenidos por la universidad. De los pozos restantes, los que están produciendo en cantidad considerable no se tomaron en cuenta para no interferir su normal funcionamiento quedando en definitiva los pozos que tienen actualmente una producción baja o intermitente, encontrando en ellos un alto potencial para mejorar su efectividad en producción sin consecuencias negativas para el desarrollo del campo.

Tabla 7. Estado actual de los pozos¹³.

POZO	ESTADO	ACEITE (BPD)	AGUA (BPD)
COL 1	Abandonado		
COL 2	Abandonado		
COL 3	Produciendo	50	0
COL 4	Abandonado		
COL 5	Abandonado		
COL 6	Abandonado		
COL 7	Sin intervención		
COL 8	Abandonado		

¹³ A diciembre de 2011.

Tabla 7. Continuación.

POZO	ESTADO	ACEITE (BPD)	AGUA (BPD)
COL 9	Sin intervención		
COL 10	Sin intervención		
COL 11	Parado		
COL 12	Arenado		
COL 13	Sin intervención		
COL 14	Abandonado		
COL 15	Abandonado		
COL 16	Sin intervención		
COL 18	Sin intervención		
COL 19	En espera		
COL 20	Abandonado		
COL 21	Sin intervención		
COL 22	Sin intervención		
COL 23	Produciendo	0	21
COL 24	Produciendo	5	1
COL 25	Produciendo	4	0
COL 26	Sin intervención		
COL 27	Produciendo	7	0
COL 28	Sin intervención		
COL 29	Abandonado		
COL 30	Sin intervención		
COL 31	Intermitente	8	0
COL 32	Abandonado		
COL 33	Produciendo	13	0
COL 34	Parado		
COL 35	Produciendo	2	0
COL 36	Produciendo	17	0
COL 37	Produciendo	3	5

Tabla 7. Continuación.

POZO	ESTADO	ACEITE (BPD)	AGUA (BPD)
COL 38	En observación	9	5
COL 39	En observación		
COL 40	Produciendo	24	0
COL 41	No registro		
COL 42	En espera		
COL 43	Sin intervención		
COL 44	Produciendo	40	0
COL 45	Produciendo	28	0
COL 46	Abandonado		
COL 47	Abandonado		
COL 48	Abandonado		
COL 49	Agua		
COL 50	Sin intervención		
COL 51	Pegado		
COL 52	Produciendo	8	15
COL 53	Sin intervención		
COL 54	Sin intervención		
COL 55	Produciendo	23	4
COL 56	Produciendo	7,3	1,5
COL 57	Sin intervención		
COL 58	Produciendo	14	5
COL 59	Produciendo	15	4
COL 60	Sin intervención		
COL 61	Sin intervención		
COL 62	Sin intervención		
COL 63	Sin intervención		
COL 64	Sin intervención		
COL 65	Sin intervención		
COL 66	Sin intervención		

Tabla 7. Continuación.

POZO	ESTADO	ACEITE ¹	AGUA ¹
COL 67	Produciendo	78	22
COL 68	Sin intervención		
COL 69	Produciendo	2	10
COL 70	Produciendo	2	0
COL 71	Abandonado		
COL 72	Sin intervención		
COL 73	Sin información		
COL 74	Produciendo	29	0
COL 75	Produciendo	5	2
COL 76	Intermitente	2	0
COL 77	Abandonado		

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 8. Resumen consolidado del campo.

TOTAL POZOS PERFORADOS	75
ABANDONADOS DEFINITIVAMENTE	17
CON PROBLEMAS OPERACIONALES	9
SIN INTERVENCIÓN POR PARTE DE LA UIS	25
PRODUCTORES DE ACEITE	22
PRODUCCIÓN INTERMITENTE	2

Fuente: Autores del proyecto

3.2 SELECCIÓN POZO CAMPO COLORADO

De los 75 pozos perforados, 17 están abandonados definitivamente y son obviados para la aplicación, otros 9 pozos se encuentran con problemas operacionales y 25 más aún no han sido intervenidos por la universidad y su aliado estratégico, por lo que se dejan de lado por razones económicas, ya que el costo operativo sería mayor al tener que hacer primero la intervención para luego aplicar la técnica de perforación radial.

De los 24 pozos restantes, se encuentran 11 de mediana producción que no se tocarán por razones prudenciales, por lo que restan 11 pozos de baja productividad y 2 con producción intermitente para hacer un análisis previo.

De estos 13 pozos, se excluyen COL 23, COL 37, COL 52 y COL 69 por su alto corte de agua del 100, 62, 65 y 89% respectivamente¹⁴. Adicional a esto, se excluyen también los pozos COL 24, COL 56 y COL 75 porque aunque el corte de agua no es tan alto, su sola producción aumenta la incertidumbre sobre el éxito de la aplicación.

De los 6 pozos restantes, se excluyen los pozos COL 25 y COL 70 por encontrar acuíferos en la misma formación productora, lo que eleva en gran medida el riesgo de conificar en agua dichos pozos al no tenerse el total control sobre la horizontalidad de la dirección de la herramienta; y el pozo COL 76, por encontrarse seco en la mayoría de sus perforaciones, lo que aumenta la incertidumbre y disminuye el pronóstico de encontrar más aceite para mejorar la producción en dicha formación.

Al final de éste análisis, quedan como posibles candidatos para aplicar la técnica con un menor riesgo los pozos COL 27, COL 31 y COL 35. Entre estos pozos, se estudiarán las condiciones geológicas, de producción, mecánicas y tecnológicas para decidir de todos ellos, cuál o cuáles serían los mejores y posibles candidatos a intervenir.

¹⁴ Informe "Liquidación de producción y estado de pozos productores Campo Colorado". Enero 2012

Figura 34. Diagrama “Metodología de selección de pozos”.

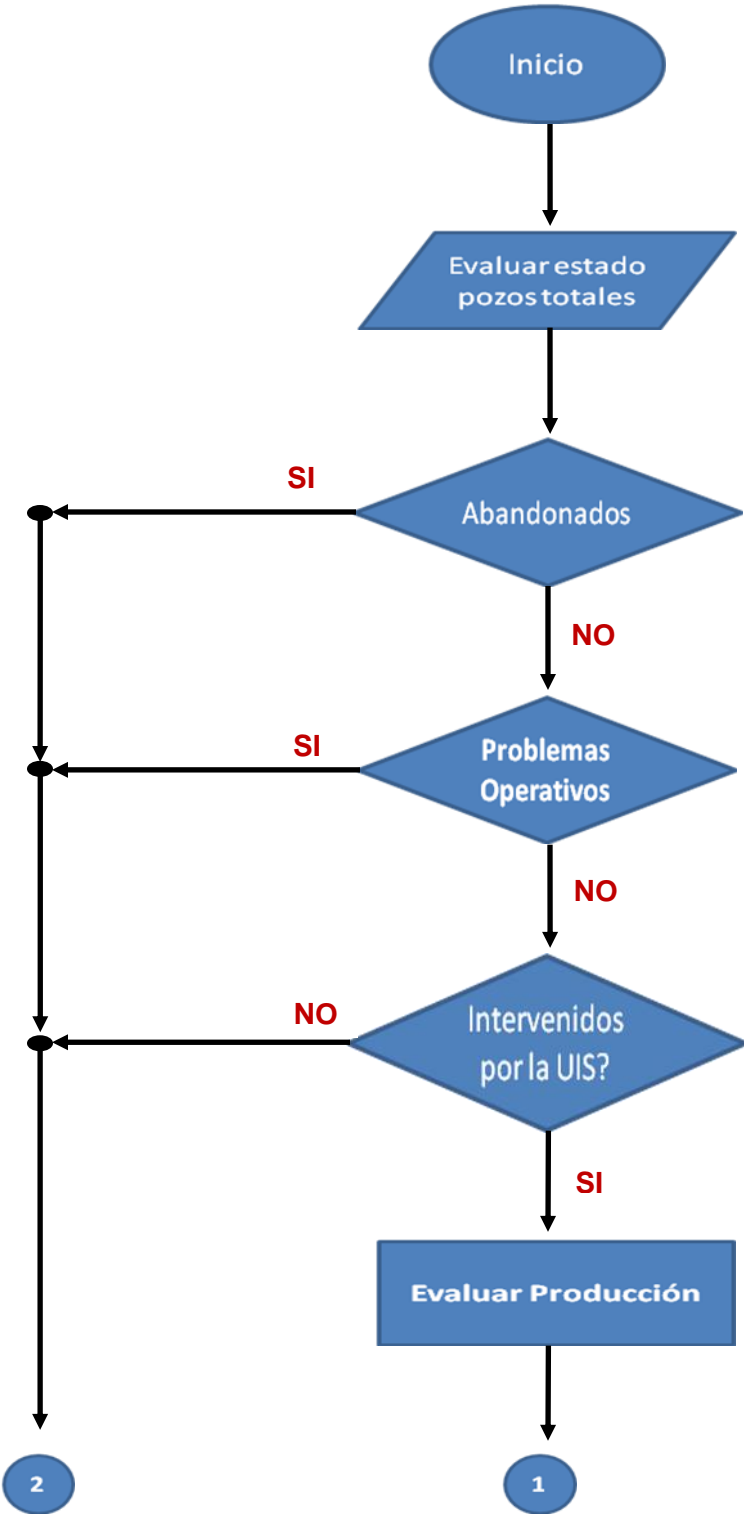
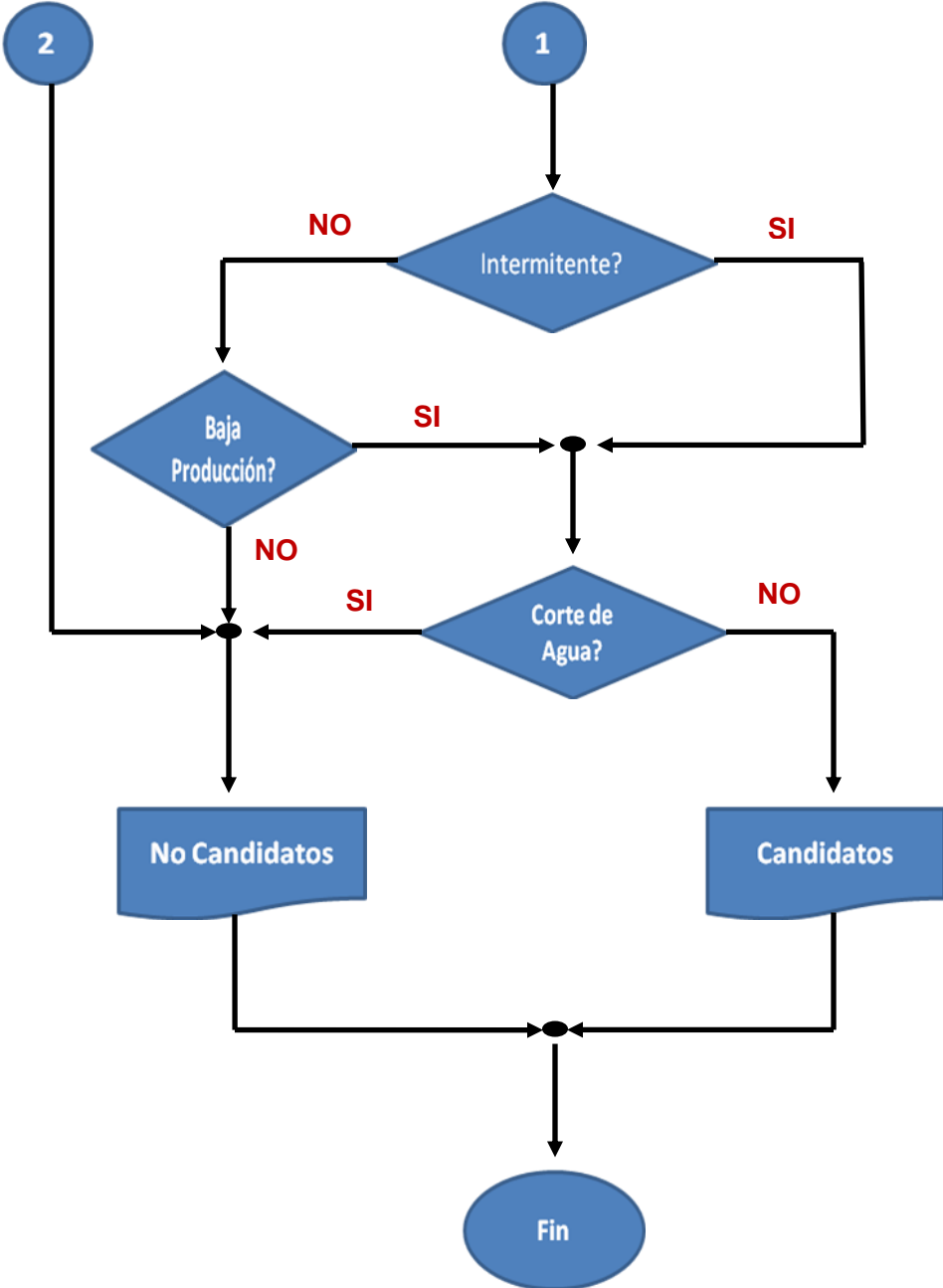


Figura 34. Continuación.



Fuente: Autores del proyecto.

3.3 GEOLOGÍA Y ESTADO MECÁNICO POZOS SELECCIONADOS

3.3.1 COLORADO 27.

3.3.1.1 Geología del pozo. Ver “Anexo A”

3.3.1.2 Estado Mecánico. “Ver figura 35”.

Tabla 9. Topes de estratos formación productora.

	Tope (ft)	Base (ft)
Mugrosa B	1501,1	3486,31
Mugrosa C	3486,31	4568,13
Esmeraldas	4568,13	

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 10. Estado Mecánico Colorado 27.

Corrida	Intervalo (ft)		Formación	Size	SPF	Estado
1	3500	3488	C1	12	2 TPP	Sin manifestación
2	3672	3660	C1	12	2 TPP	Sin manifestación
3	3920	3905	C2	15	2 TPP	Petrolífero
4	3845	3826	C2	19	2 TPP	Petrolífero
5	4040	4030	C2	10	2 TPP	Sin manifestación
6	4120	4106	C2	14	2 TPP	Petrolífero

Fuente: Autores del proyecto.

3.3.2 COLORADO 31.

3.3.2.1 Geología del pozo. Ver “Anexo B”.

3.3.2.2 Estado Mecánico. Ver figura 36.

Tabla 11. Topes de estratos formación productora.

	Tope (ft)	Base (ft)
Mugrosa B	1668,72	3799,94
Mugrosa C	3799,94	4559,48
Esmeraldas	4559,48	5239

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 12. Estado Mecánico Colorado 31.

Corrida	Intervalo (ft)		Formación	Size	SPF	Estado
1	1993	1984	B1	9	2 TPP	Abierto-Petrolífero
2	2170	2158	B1	12	2 TPP	Abierto-Petrolífero
3	2418	2408	B2	10	2 TPP	Abierto-Petrolífero
4	2653	2642	B2	11	2 TPP	Abierto-Petrolífero
5	3816	3809	C1	7	2 TPP	Abierto-Petrolífero

Tabla 12. Continuación.

Corrida	Intervalo (ft)		Formación	Size	SPF	Estado
6	3833	3827	C1	6	2 TPP	Abierto-Petrolífero
7	3972	3964	C1	8	2 TPP	Abierto-Petrolífero
8	4043	4023	C2	21	2 TPP	Abierto-Petrolífero
9	4115	4095	C2	20	2 TPP	Abierto-Petrolífero
10	4170	4158	C2	12	2 TPP	Abierto-Petrolífero
11	4197	4175	C3	22	2 TPP	Abierto-Petrolífero
12	4409	4399	C3	10	2 TPP	Abierto-Petrolífero
13	4452	4438	C3	14	2 TPP	Abierto-Petrolífero
14	4468	4458	C3	10	2 TPP	Abierto-Petrolífero
15	4486	4482	C3	4	1 TPP	Abierto-Petrolífero
16	4487	4478	C3	9	2 TPP	Abierto-Petrolífero
17	4546	4536	C3	10	2 TPP	Abierto-Petrolífero
18	4551	4547	C3	4	1 TPP	Abierto-Petrolífero
19	4780	4774	Esmeraldas	6	2 TPP	Abierto-Petrolífero
20	4921	4916	Esmeraldas	5	2 TPP	Abierto-Petrolífero
21	5273	5268		5	2 TPP	SECO
22	5284	5270		14	4 TPP	SECO

Fuente: Autores del proyecto.

3.3.3 COLORADO 35.

3.3.3.1 Geología del pozo. Ver Anexo C.

3.3.3.2 Estado Mecánico. Ver figura 37.

Tabla 13. Topes de estratos formación productora.

	Tope (ft)	Base (ft)
Mugrosa B	1667,95	3472,07
Mugrosa C	3472,07	4358,1
Esmeraldas	4358,1	5170

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 14. Estado Mecánico Colorado 35.

Corrida	Intervalo (ft)		Formación	Size	SPF	Estado
1	3828	3823	C2	5	4 TPP	Abierto-Petrolífero
2	4006	3996	C2	10	4 TPP	Abierto-Petrolífero
3	4078	4072	C2	6	4 TPP	Abierto-Petrolífero
4	4085	4082	C2	3	4 TPP	Abierto-Petrolífero

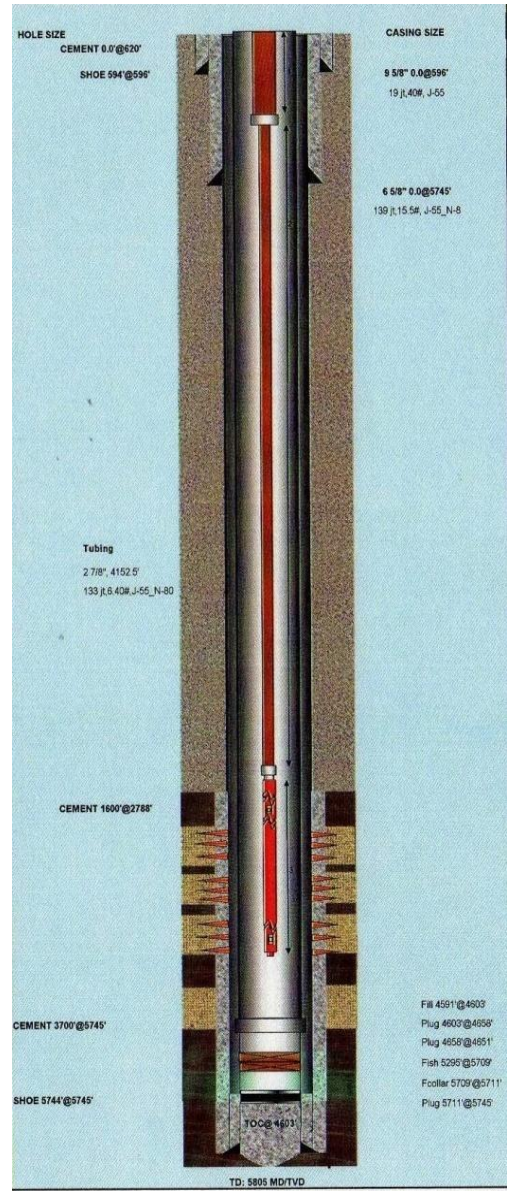
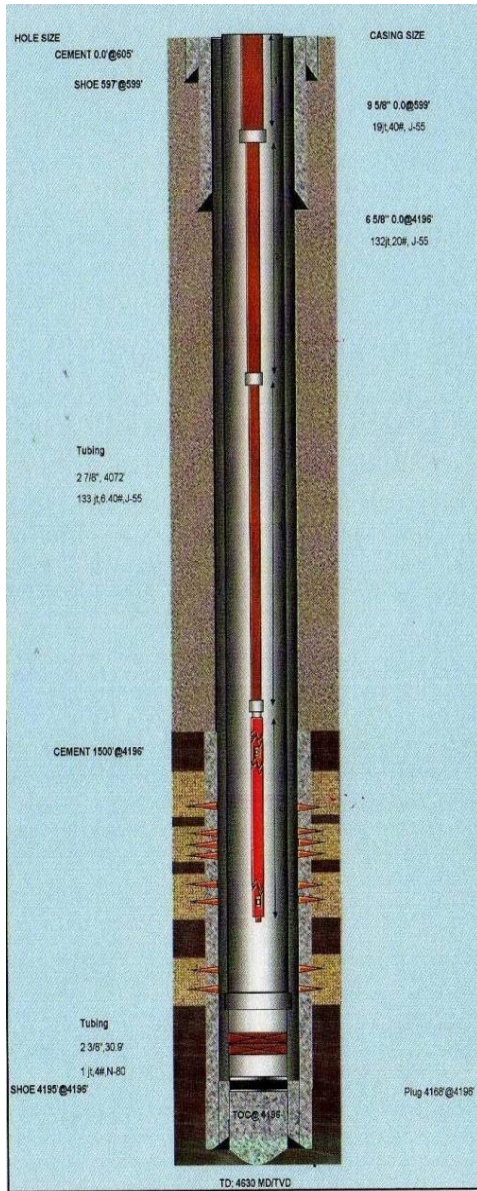
Tabla 14. Continuación.

Corrida	Intervalo (ft)		Formación	Size	SPF	Estado
5	4090	4088	C2	2	4 TPP	Abierto-Petrolífero
6	4257	4244	C3	13	4 TPP	Abierto-Petrolífero
7	4293	4284	C3	9	3 TPP	Abierto-Petrolífero
8	4340	4322	C3	18	2 TPP	Abierto-Petrolífero
9	4356	4344	C3	12	4 TPP	Abierto-Petrolífero
10	5235	5233	Sin Análisis	2	2 TPP	Abierto-Petrolífero
11	5241	5229	Sin Análisis	12	2 TPP	Abierto-Petrolífero
12	5312	5310	Sin Análisis	2	2 TPP	Abierto-Petrolífero
13	5318	5301	Sin Análisis	17	2 TPP	Abierto-Petrolífero
14	5386	5379	Sin Análisis	7	2 TPP	Abierto-Petrolífero
15	5438	5426	Sin Análisis	12	2 TPP	Abierto-Petrolífero
16	5449	5441	Sin Análisis	8	2 TPP	Abierto-Petrolífero
17	5475	5471	Sin Análisis	4	2 TPP	Abierto-Petrolífero
18	5602	5592	Sin Análisis	10	2 TPP	Abierto-Petrolífero
19	5627	5617	Sin Análisis	10	2 TPP	Abierto-Petrolífero

Fuente: Autores del proyecto.

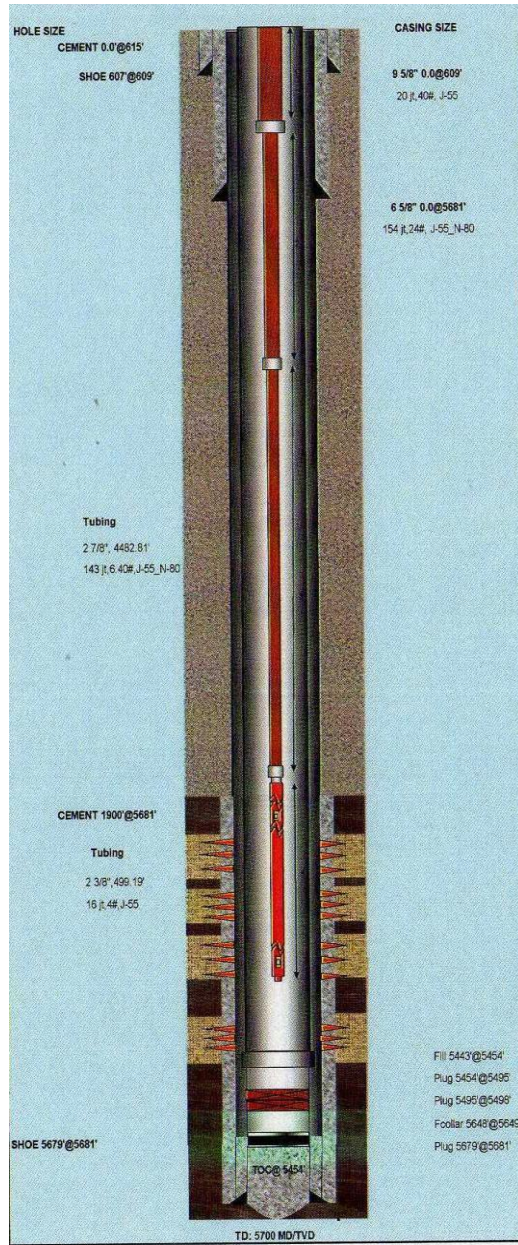
Figura 35. Estado Mecánico Col 27.

Figura 36. Estado Mecánico Col 31.



Fuente: Well Files. Campo Escuela Colorado.

Figura 37. Estado Mecánico Col 35



Fuente: Well Files Campo Escuela Colorado

TABLA 15. CARACTERIZACIÓN POZOS PRESELECCIONADOS PARA PERFORACIÓN RADIAL CAMPO COLORADO.

Pozo	Tipo	Año Perf.	TD (ft)	Casing		Estado Mecánico	Np (Bbls)	Estratos Productores	Propiedades Petrofísicas			
				R ¹⁵ (ft)	P ¹⁶ (ft)				φ	K (md)	Swi	h neto (ft)
27	Productor Aceite	1954	4630	9 5/8"	6 5/8"	Disponible	136117,9	C2	0,23	0,5	0,23	28
31	Intermitente Aceite	1956	4603	9 5/8"	6 5/8"	Disponible	164726	B1-B2-C1-C2-C3-E				
B1								0,11	1,14		17,26	
B2								0,1	0,63	0,35	7	
C1								0,2	27,66	0,33	23,5	
C2								0,2	26,13	0,31	110	
B2								0,11	1,05	0,34	18,7	
35	Productor Aceite	1957	5454	9 5/8"	6 5/8"	Disponible	129779,3	C2-C3				
								C2	0,17	9,41	0,28	38
								C3				

Fuente: Autores del proyecto tomado de los files de Campo Colorado.

¹⁵ Revestimiento.

¹⁶ Producción.

3.4 ANÁLISIS DEL YACIMIENTO PARA DEFINIR APLICABILIDAD DE LA TÉCNICA

3.4.1 Geología. Después de hacer un análisis de geología¹⁷ a los estratos de las formaciones que constituyen el yacimiento en los pozos seleccionados previamente, se concluye que dichas formaciones son bien consolidadas permitiendo aplicar la técnica y eliminando el riesgo de un posible desmoronamiento o cedencia de la estructura.

3.4.2 Estado mecánico de los pozos. Como se presentó anteriormente, los estados mecánicos de los pozos preseleccionados se encuentran en óptimas condiciones de funcionamiento y su cementación y estado de las perforaciones son buenas. Además, se encuentran en estado normal de operación ya que fueron intervenidos recientemente por la Universidad Industrial de Santander para su puesta en marcha, por lo que se descarta algún problema operacional normal, lo que facilita la aplicación la técnica de perforación radial en cualquiera de ellos.

3.4.3 Profundidad del yacimiento. En cuanto a la profundidad, la literatura indica que la técnica no es recomendable a partir de profundidades superiores a los 8000 pies. En los pozos preseleccionados, no se presenta alguno que supere dicha profundidad, por lo que en este sentido, es factible aplicar la técnica a cualquiera de ellos.

3.4.4 Presiones del Yacimiento. Aunque no existen pruebas de presiones en el pozo, los valores tomados para el análisis de la aplicación, tanto de presión

¹⁷ Anexos A, B y C.

estática como de fondo fluyendo, fueron extraídos de las pruebas sonolog¹⁸ realizadas, obteniéndose como resultado importante, que la diferencia entre la presión inicial y la actual, no supera el 55 % como se indicó al comienzo de este estudio.

3.4.5 Trabajos adicionales y estimulaciones. Después de la intervención a la fecha, no se han realizado trabajos de Workover aunque se tiene estimado hacer en el presente año.

Se han realizado tratamientos químicos pero solo a nivel de sarta de producción, sin intervenir las arenas productoras, con el objetivo de prevenir de depósitos de parafina en sarta de producción.

3.5 DISMINUCIÓN DE INCERTIDUMBRE EN LA SELECCIÓN

Una razón de disminución de la incertidumbre es la comparación con yacimientos y estructuras de similares características y condiciones en otros campos petroleros.

Haciendo un análisis previo de los casos reportados sobre la aplicación de ésta técnica, se encuentra una experiencia en Argentina realizada por la empresa “Repsol YPF” a pozos en las cuencas San Juan y Neuquén, en donde se expone a continuación las características principales del yacimiento.

Correlacionando las características y propiedades de los pozos preseleccionados con las del piloto en Argentina, haciendo un análisis detallado de la información recopilada y teniendo en cuenta que en los pozos COL 31 y COL 35 no se encontraron disponibles los datos de presión, tanto en yacimiento como en fondo,

¹⁸ Pruebas realizadas con el Software “TWM” por parte del operador. Archivo CEC.

se decidió seleccionar el pozo COL 27 para hacer la aplicación de la técnica buscando mejorar considerablemente su productividad, alcanzando niveles óptimos de desarrollo.

Tabla 16. Resumen características caso Argentina.¹⁹

CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES YCTO			
ESTRATOS GEOLÓGICOS	POZOS	PETROFÍSICAS	
Buena posición estructural	Tipo Vertical	Espesor promedio	6 – 20 ft
Continuidad lateral	Levantamiento Artificial	Espesor neto promedio útil	10 ft
Correlación estratos productores	Producción Multi-estrato	Porosidad promedio	24 %
Control de contacto Agua/Aceite	Intervenciones periódicas para mantener producción	Permeabilidad promedio	100 md
Formación lenticular generados en ambientes de depositación continental		Saturación de agua promedio	45 %

Fuente: Autores del proyecto.

¹⁹ Paper “Radial Drilling in Argentina”. Respsol YPF. SPE 107382. 2007.

4. PERFIL DEL POZO COLORADO 27

4.1 GENERALIDADES

Tabla 17. Datos básicos COL 27.

Coordenadas	N 1'241.124,6
	E 1'038.855,5
Ubicación	Bloque I
Tipo Pozo	Intermitente
Profundidad Total	4630 ft
Elevación Mesa Rotaria	386,40 ft

Tabla 18. Resumen completamiento COL 27.

	Revestimiento		Tubería de producción		Sarta de Varillas		
	9 5/8"	6 5/8"	2 7/8"	2 3/8"		3/4"	5/8"
RANGO			II	II	Nº VARILLAS	126	35
TIPO	J-55	J-55	J-55	N-80	LONGITUD	3150'	875'
Nº JTS	19	132	133	1	Nº AJUSTES		14
LONGITUD	599 ft	4196 ft	4072 ft	30,9 ft			

Fuentes: Autores del proyecto basados en "files" CEC.

Tabla 19. Sistema de bombeo COL 27.

UNIDAD DE BOMBEO		BOMBA	
TIPO	Lufkin 3-22 B	DIMENSIONES	2X1 ¼X10X12
RECORRIDO	40,5"	PROF. ASENTAMIENTO	4068 ft
SPM	12		
MOTOR	15 HP		

Fuente: Autores del proyecto

4.2 HISTORIA DEL POZO²⁰.

4.2.1 Perforación. 11 de noviembre de 1954. Pozo perforado normalmente hasta 4630', se tomaron registros eléctricos de Microlog y Deepmeter, se tomaron 22 corazones entre 3439'-4515'. Se bajó y sentó revestimientos de 9 5/8" a 599' y de 6 5/8" a 4163' cementado con 540 sacos. Tope de la zona C a 3430'.

4.2.2 Completamiento. 20 de enero de 1955. Se Perforó normalmente hasta 4630' y se corrieron registros²¹. Se tomaron 22 corazones entre 3439' – 4515'. Se bajaron y sentaron los revestimientos²². El Casing de 6 5/8" se cemento con 540 sacos. Tope de la zona C a 3430'. Se cañonearon a 6" de separación los

²⁰ Tomado de "Well Files" Colorado 27. Campo Escuela Colorado.

²¹ Ver tabla 20.

²² Ver tabla 18.

siguientes intervalos de la zona C; Fluyendo por Bean de ¼” con 127 BAPD, GOR de 1220 pc/bbl y 0.2% de agua. Puesto en bombeo en Abril de 1956.

Tabla 20. Registros COL 27.

TIPO DE REGISTRO	INTERVALOS (ft)	ESCALAS
ELECTRICO	4630 - 600	1:1200-1:240
MICROLOG	4600 - 3442	1:240
	2700 - 1676	
DIPMETER	4600 - 1980	

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 21. Cañoneo inicial COL 27.

INTERVALOS (ft)	Nº TIROS	PRUEBA
4120 - 4106	29	Petrolíferos
3920 - 3905	31	Petrolíferos
3845 - 3826	39	Petrolíferos

Fuente: Autores del proyecto.

4.2.3 Prueba de formación. 25 de abril de 1956. Se probó el intervalo 4120-4106' fluyendo con 87 BAPD de 37.6 °API con 0.9% agua y GOR de 1600 pc/bbl con 1900 psi de presión de fondo estática a 4100'.

4.2.4 Fracturamiento. 01 de junio de 1956. Se verificó fondo a 4164', bien. Se sentó retractible a 4100' y se fracturó el intervalo 4106'-4120' así: se rompió la formación a 3900 psi con mezcla de aceite y MORFLO (16 barriles de mezcla). Se inyectaron 189 barriles de aceite con 10000 libras de arena OTTAWA grado Flint Shot, con presiones entre 3500 y 4200 psi, a una rata de 2.4 BPM y una relación arena/aceite de 1.28 lbs/galón, se desplazó con 45 barriles de aceite. Se sacó empaque y el pozo retornó a bombeo. Antes del tratamiento el pozo producía a una tasa de 47 BAPD, RGA de 2500 PC/B y 1.5% de agua con un nivel de fluido de 1050' sobre la bomba. Después del trabajo de fracturamiento tuvo una producción promedio de 70 BAPD, 240.1 MPC de gas, una RGA de 3400 PC/B y 0.8% de agua.

4.2.5 Cañoneo adicional. 24 de septiembre de 1961. Se sacó sarta de producción, se tumbaron 36 tubos llenos de parafina, se limpió el Casing de parafina hasta 800' y se cañonearon los siguientes intervalos en la zona C; 4040'-4030', 3672'-3660', 3500'-3488', no hubo manifestación de fluido. El pozo quedo en bombeo produciendo 23 BAPD.

4.2.6 Estimulación. 29 de junio de 1972. Se sacó varillas y tubería (parafinados). Se bajó tubería de 2 7/8" con raspador de 6 5/8" hasta 4161' (7' de sucio). Con BP a 4080', FB a 3470' y 568' de cola de 2 7/8' se succionó continuamente hasta seco el intervalo 4040'-3488' (nivel del liquido 1875') recuperando aceite hasta 2750' y desde esta profundidad hasta fondo agua sucia (tiempo succionadas continuas 30 horas). Después de cada hora se recuperaban 120' de fluido (60%) de agua. Se preparó baño de 700 galones de MCA al 7.15%, se desplazo con 123 pies cúbicos de agua y se forzó con 90 pies cúbicos a una presión máxima de 400 psi, cayendo a cero psi. Se circuló en reversa retornado ácido y aceite; se dejó descargar. Con BP a 4080', FB a 3470' y 568' de cola de 2 7/8" se succionó continuamente el

intervalo 4040'-3488' (nivel líquido a 700') recuperando 38 barriles de agua y 16 barriles de aceite. Se soltó FB y se pescó FB. El pozo retorno a producción con separador, zapato, bomba RWT de 2" * 1 ½" y tubería de producción de 2 7/8".

4.2.7 Limpieza de arena. 16 de junio de 1977. Se sacó sarta de producción. Limpiaron por circulación en directa desde 4045' hasta fondo, 4168'. Sé probo tubería con 900 psi, el pozo quedo en producción con calado y zapato de 2", 4117' de tubería y bomba RWTC de 2" x 1 ½" x 10'.

Este pozo estuvo inactivo desde el año 1986 hasta cuando la Universidad Industrial de Santander en el marco del acuerdo de operación suscrito con Ecopetrol, lo intervino para ponerlo en funcionamiento en el año 2008.

4.2.8 Intervención por parte de la UIS. Información en anexos "D, E y F".

4.3 GRÁFICAS DE PRODUCCIÓN HISTÓRICA DE FLUIDOS COLORADO 27

En las figuras 39, 40 y 41 se observan las curvas de producción de aceite, gas y agua, su producción acumulada y los respectivos cortes de dichos fluidos.

4.4 ESTADO MECÁNICO DEL POZO.

Ver figura 38.

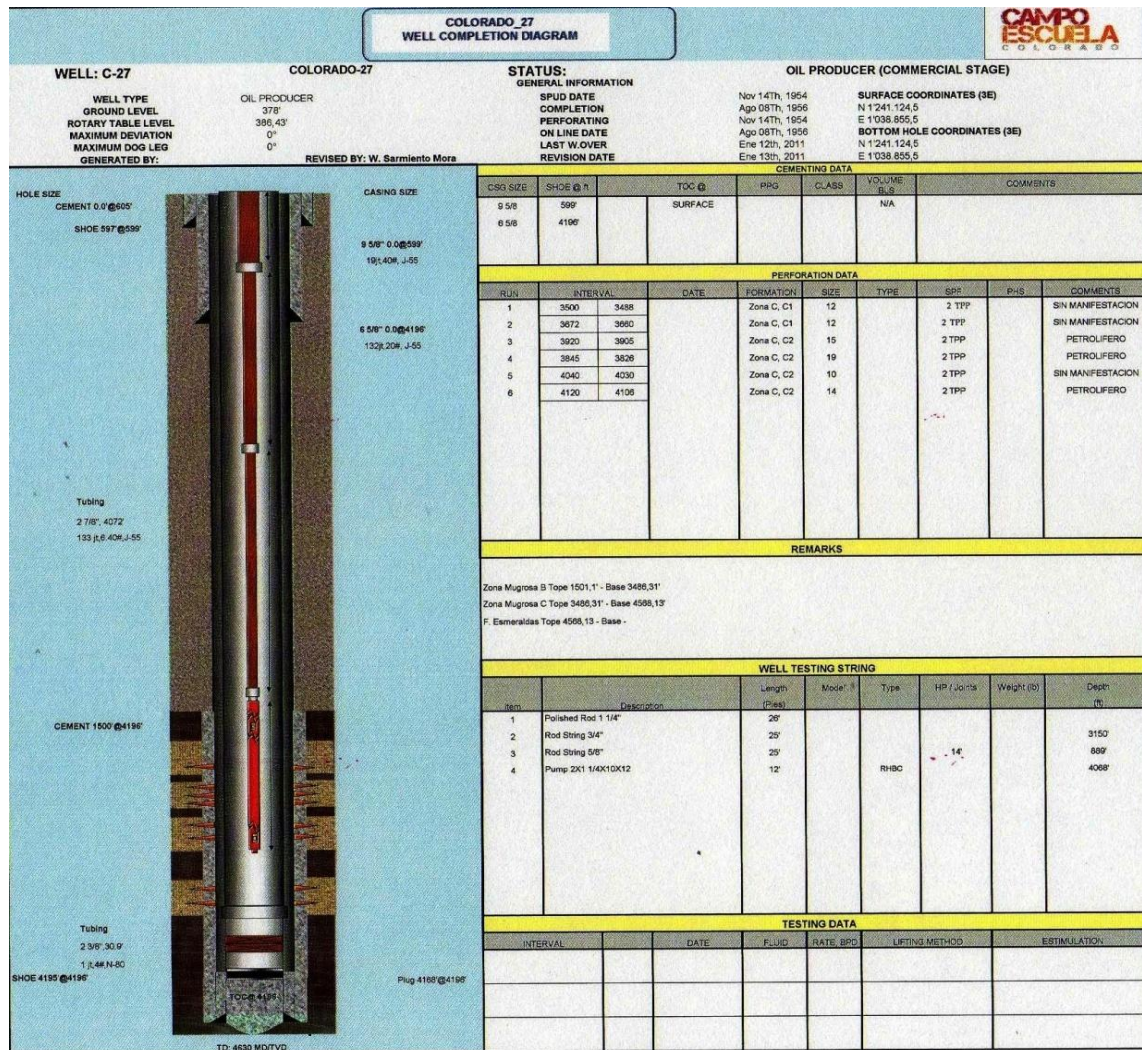
4.5 CÁLCULOS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Al aplicar la tecnología, el objetivo petrofísico es la variación de la zona de daño para facilitar la entrada de los fluidos a la tubería de producción. Por ende, se

presenta a continuación los cálculos necesarios realizados que garanticen el éxito de su puesta en práctica. Se debe tener en cuenta que en el yacimiento se encuentran diferentes tipos de regímenes de flujo que son función de comportamiento de presión.

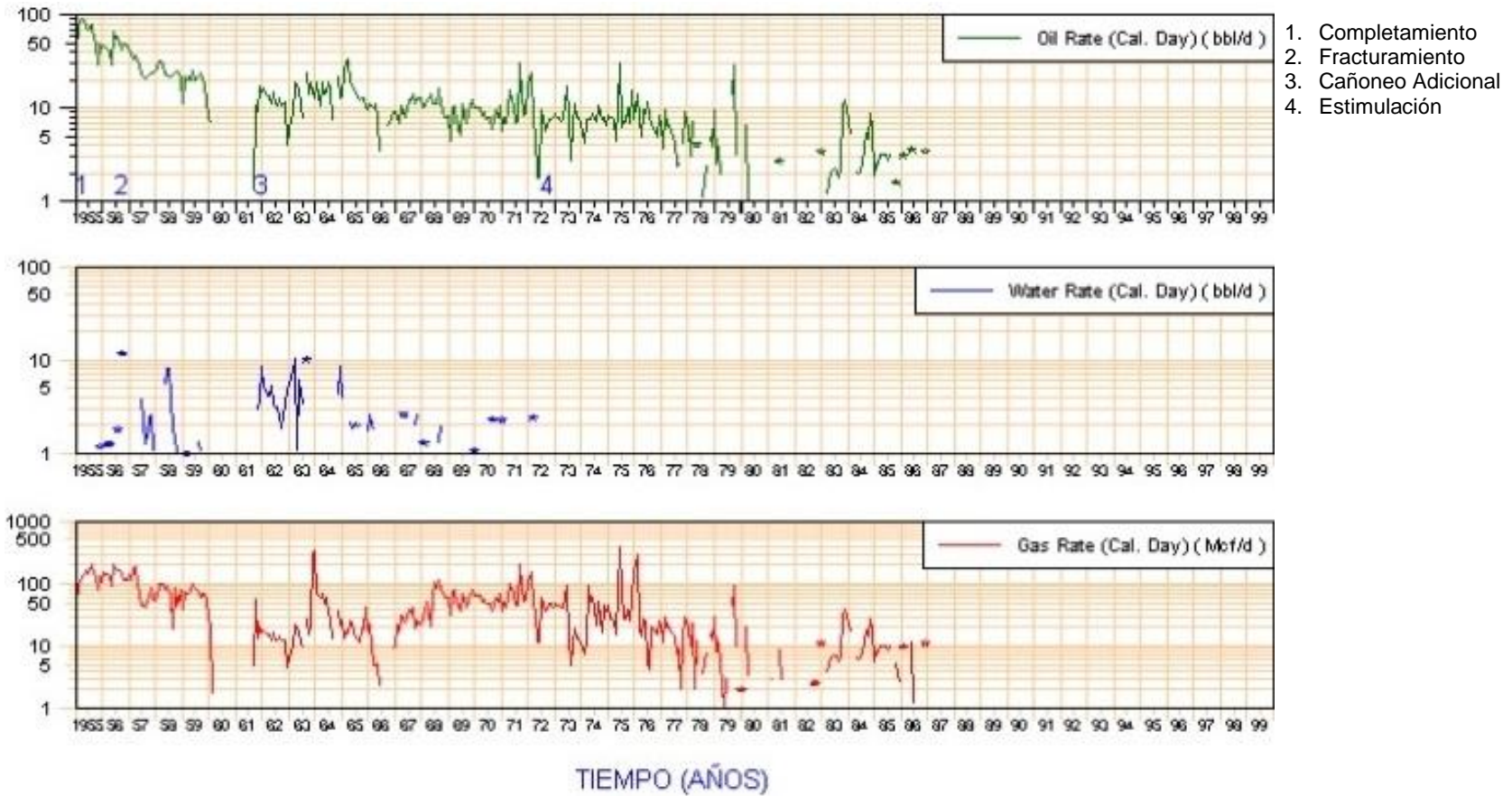
Los regímenes son: Transitorio o Transiente, Pseudo Estable y Estable.

Figura 38. Estado mecánico Colorado 27.



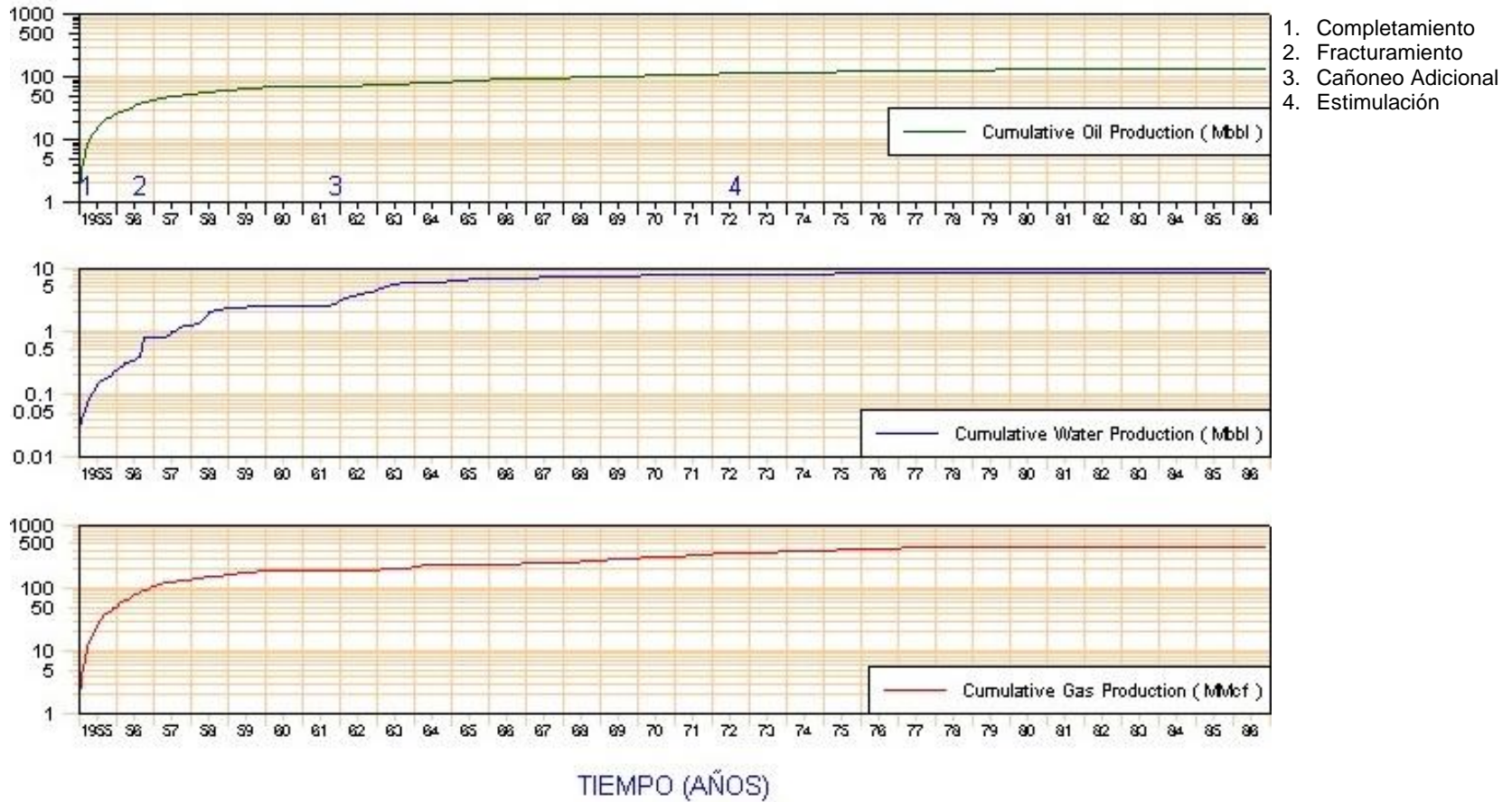
Fuente: Well Files. Campo Colorado.

Figura 39. Curvas de producción Colorado 27.



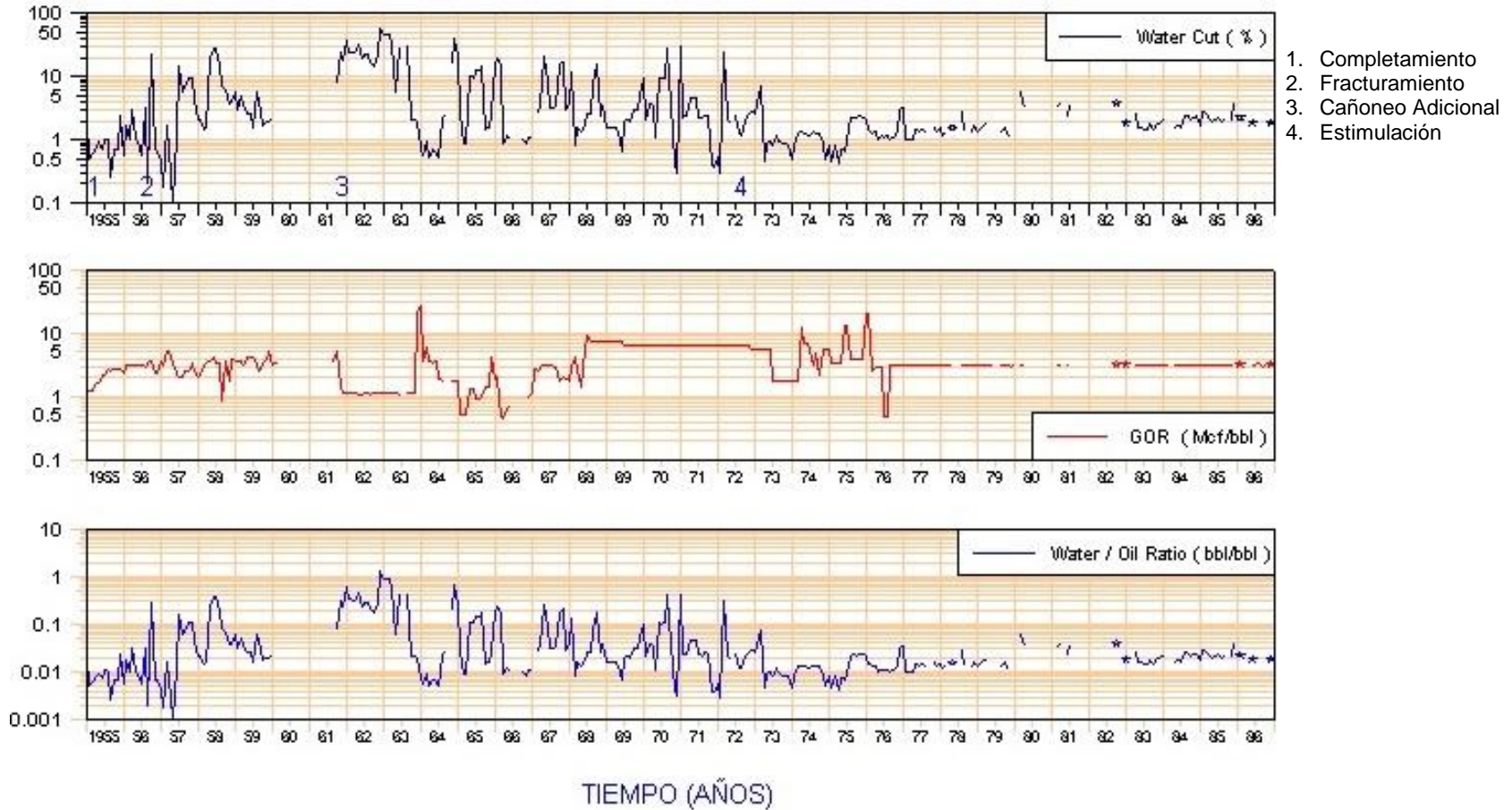
Fuente: Ecopetrol S.A. "Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro".

Figura 40. Producción acumulada de fluidos Colorado 27.



Fuente: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

Figura 41. Cortes fluidos Colorado 27.



Fuente: Ecopetrol S.A. Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro.

◆ **Régimen Transitorio o Transiente.** Ocurre desde la perforación del pozo hasta que el cambio de presión (causado por la salida de fluidos del yacimiento al pozo), llegue a los límites de la zona de drenaje.

◆ **Régimen Pseudo Estable.** Ocurre cuando el yacimiento está produciendo por la zona de drenaje y la presión va cayendo. (No hay acuífero que soporte presión).

◆ **Régimen Estable:** Ocurre cuando al llegar el cambio de presión al radio de drenaje, y existe un acuífero activo, la presión no va a caer de dicho punto.

El Campo Colorado ha tenido un comportamiento de caída de presión a lo largo de su historia, por lo que se cataloga como de “**Régimen Pseudo Estable**”, de allí, se calcula el daño presente en la formación y los caudales que se podrían obtener a determinadas presiones de fondo para construir las gráficas IPR que permita la toma de las decisiones respectivas teniendo en cuenta la viabilidad económica y operacional.

4.5.1 Cálculo del Daño. El daño de la formación usualmente hace referencia a reducción en permeabilidad de una formación alrededor de un pozo causada por partículas sólidas extrañas en los intersticios de una arena de formación, roca, partículas y asfalto. El daño es evaluado por medio de un factor de daño el cual puede ser calculado de un análisis de datos de ascenso o caída de presión.

El factor de daño determinado en este modo puede incluir factores que no sea simple daño de formación.

Para calcular este daño, se parte de la ecuación de “Régimen Pseudo Estable”, en base a los valores de los parámetros²³ del pozo Colorado 70.

²³ Ver tabla 22.

$$Q_o = \frac{k \cdot h \cdot P_e \cdot \left[1 - 0,2 \left(\frac{P_{wf}}{P_e} \right) - 0,8 \left(\frac{P_{wf}}{P_e} \right)^2 \right]}{254,2 \cdot \beta \cdot \mu \cdot \left[\ln \left(\frac{0,472 \cdot r_e}{r_w} \right) + S \right]} \quad (1)$$

Donde:

P_e = Presión estática, en (Psi).

P_{wf} = Presión de fondo fluyendo en el pozo, en (Psi).

K = Permeabilidad de la formación, en (mD).

h = Espesor neto de la formación, en (pies).

β = Factor Volumétrico de formación del aceite, en (RB/STB).

μ = Viscosidad, en (cp).

r_e = Radio de drenaje del pozo, en (pies).

r_w = Radio del pozo, en (pies).

S = Valor del daño, (Adimensional).

Despejando el daño “S” de ésta ecuación, obtenemos:

$$S = \frac{k \cdot h \cdot P_e \cdot \left[1 - 0,2 \left(\frac{P_{wf}}{P_e} \right) - 0,8 \left(\frac{P_{wf}}{P_e} \right)^2 \right]}{254,2 \cdot \beta \cdot \mu \cdot Q_o} - \left[\ln \left(\frac{0,472 \cdot r_e}{r_w} \right) \right] \quad (2)$$

Tabla 22. Valores de los parámetros.

Propiedad	Valor
Pe (psi)	1385
Pwf (psi)	323,7
Qo (Bls)	8,7
B (Bls/STB)	1,401
μ (cp)	0,462
K (md)	0,5
h (ft)	28
r_e (ft)	117,23
r_w (ft)	0,25

Fuente: Autores del proyecto en base a información de CEC.

$$S = \frac{0,5 * 28 * 1385 * \left[1 - 0,2 \left(\frac{323,7}{1385} \right) - 0,8 \left(\frac{323,7}{1385} \right)^2 \right]}{254,2 * 1,401 * 0,462 * 8,7} - \text{Ln} \left(\frac{0,472 * 117,23}{0,25} \right)$$

$$S = 6,92$$

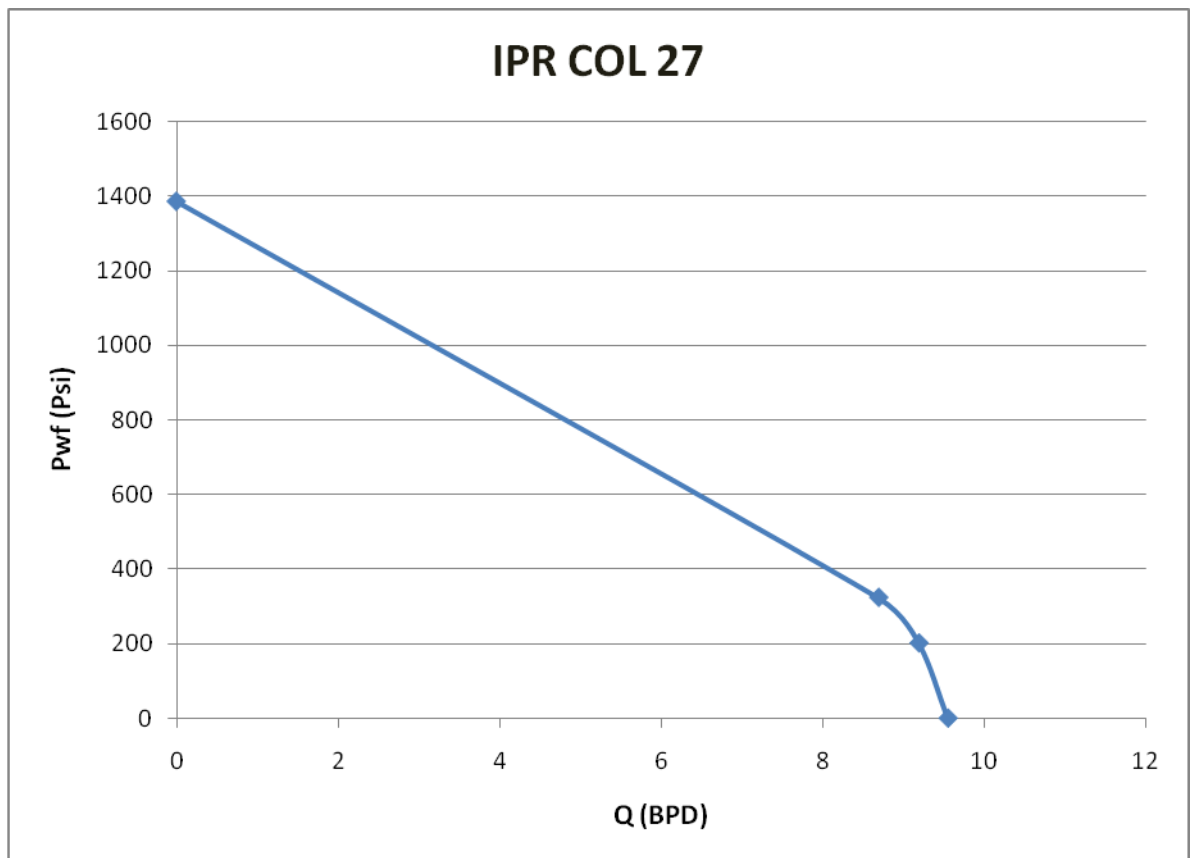
4.5.2 Cálculo del Índice de Productividad. Es una relación que modela el comportamiento del influjo del pozo, es decir, la capacidad que posee un pozo para aportar fluido. Relación directa entre el caudal y el diferencial de precio.

$$IP = J = \frac{Q}{P_e - P_{wf}} \quad (3)$$

Reemplazando se tiene,

$$IP = J = \frac{8,7}{1385 - 323,7} = 0,008197 \frac{STB}{D * psi}$$

Figura 42. IPR Colorado 27 antes de intervención.



Fuente: Autores del proyecto

Con el análisis anterior, se halló el daño que tiene este pozo en la cara de la formación, obteniendo como resultado un valor muy alto que impide facilidad en el flujo de producción. La aplicación de ésta técnica permite avanzar más allá de la zona de daño para aumentar el flujo hacia el pozo y por ende, la productividad del mismo.

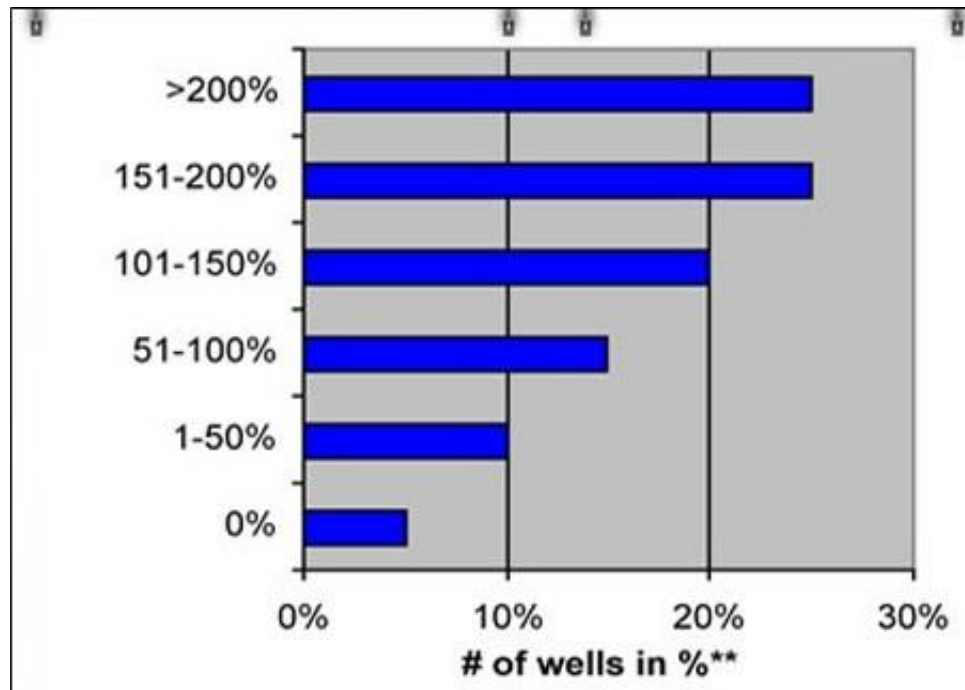
En la figura 42 se pudo apreciar la gráfica IPR actual del pozo según cálculos realizados, para mostrar luego, como aplicando la tecnología de perforación radial, el índice de productividad aumenta su valor hallando el nuevo AOF que muestre la mejora de producción.

4.5.3 Aumento de producción. Como se ha explicado con anterioridad, una gran ventaja de esta técnica es el aumento de la productividad hasta en un 400%, según las condiciones presentes en el yacimiento.

Revisando los casos prácticos estudiados y experiencias en distintos campos donde se ha aplicado esta técnica, se ha encontrado que el porcentaje de aumento de la productividad ha sido similar a los resultados que la teoría muestra. Algunos han ido desde un 100%, 200%, 300%, llegando hasta el 400% de efectividad en producción de fluidos del yacimiento. En la figura 43 se observa los resultados que la empresa “Radial Drilling Services” ha obtenido en sus aplicaciones globales.

En esta evaluación que se hace al pozo Colorado 27 y con base en los resultados comprobados de las diversas experiencias estudiadas, se construyen los gráficos IPR para cada aumento porcentual de la producción, y así realizar posteriormente el análisis económico necesario que defina la viabilidad técnica y financiera del proyecto.

Figura 43. Resultados incrementales de producción.



Fuente: <http://www.radialdrilling.com/technology.htm>

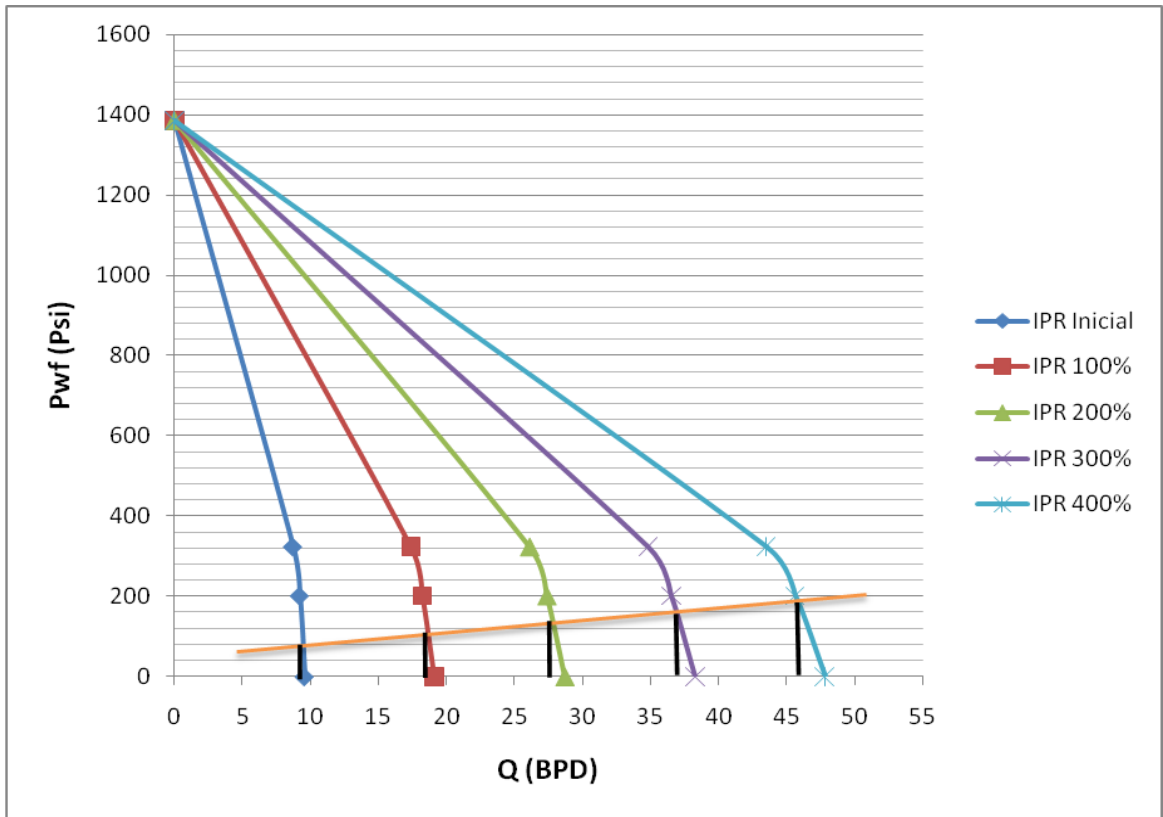
Después de la intervención, se grafica el pronóstico IPR que resultaría después de la perforación radial, para cada posibilidad de aumento de producción que brinda ésta tecnología.

Como indica la figura 44, se construye dicha IPR para un aumento de 100, 200, 300 y 400 % en producción. A cada IPR graficado la cruza un corte de producción que es considerablemente mayor al corte antes de la intervención.

Observando de nuevo la figura 43, se da una tendencia de aumento de productividad en un valor de 200% posterior a la aplicación en la mayoría de los pozos.

En la tabla 23 se observa los nuevos valores de los parámetros modificados.

Figura 44. Pronóstico IPR después de la perforación radial.



Fuente: Autores del proyecto

Tabla 23. Valores de corte con el Outflow.

IPR	Pwf (psi)	Qo (Bls)	IP
100 %	100	17,5	0,0136
200 %	130	28	0,0223
300 %	160	37	0,0302
400 %	190	46	0,0384

Fuente: Autores del proyecto

Con base en el análisis realizado a la tabla 23, se pudo apreciar un aumento en el índice de productividad (J) para cada IPR a cada valor de Pwf y Qo.

Tomando los valores de los parámetros en el pronóstico IPR después de la perforación radial para cuando las Pwf = 0, se obtendrá una significativa reducción en el daño como se muestra a continuación en la tabla 24.

Tabla 24. Nuevos valores de daño.

IPR	Inicial	100%	200%	300%	400%
Q (BIs)	9,56	19,12	28,68	38,24	47,8
S	6,92	0,76	-1,29	-2,31	-2,93

Fuente: Autores del proyecto.

4.5.4 Profundidad a perforar. La profundidad a operar es un factor que se debe decidir con la menor incertidumbre posible. Con base en registros y en la profundidad de los contactos Agua – Aceite²⁴, de los 3 intervalos productores existentes se sugiere perforar en el intervalo **(3905’ – 3920’)**, debido a que posee un espesor considerable (15’) y que no solo se encuentra distante del contacto agua – aceite, sino que entre éste contacto y el intervalo definido, encontramos otro intervalo productor, lo que nos reduce el riesgo de que por causas en la estructura de la formación, la herramienta se dirccione hacia un posible intervalo contenedor de agua.

4.5.5 Longitud de los laterales a perforar. La herramienta brinda la posibilidad de perforar un lateral hasta una longitud de 300 pies, pero no se quiere que ésta

²⁴ Ver tabla 25.

perfore una zona no deseada que pueda dificultar la operación. Dado que en el campo no se cuenta con sísmica 3D que permita conocer mucho más a fondo la estructura, se sugiere perforar un poco más allá de la zona de daño hasta tanto no se cuente con mayor información de geología del yacimiento.

Tabla 25. Profundidad en “pies” de los OWC para los pozos del “Bloque I”.

POZO	Bloque	KBELEVATION	OWC B1	OWC B2	OWC C1	OWC C2
C-10	I	443.95	-1748	-2141	-3591	-3742
C-13	I	437.88	-1748	-2141	-3591	-3742
C-14	I	478.46	-1748	-2141	-3591	-3742
C-15	I	471.00	-1810	-2885	-3215	-3567
C-16	I	373.10	-1810	-2885	-3215	-3567
C-18	I	500.70	-1810	-2885	-3215	-3567
C-19	I	424.74	-1810	-2885	-3215	-3567
C-21	I	416.92	-1748	-2141	-3591	-3742
C-22	I	363.05	-1748	-2141	-3591	-3742
C-23	I	471.67	-1810	-2885	-3215	-3567
C-24	I	381.78	-1748	-2141	-3591	-3742
→ C-25	I	405.20	-1810	-2885	-3215	-3567
C-26	I	463.90	-1810	-2885	-3215	-3567
C-27	I	386.43	-1748	-2141	-3591	-3742
C-28	I	415.39	-1748	-2141	-3591	-3742
C-29	I	492.91	-1748	-2141	-3591	-3742
C-38	I	508.67	-1810	-2885	-3215	-3567
C-60	I	442.23	-1810	-2885	-3215	-3567
C-77	I	443.46	-1810	-2885	-3215	-3567

Fuente: ECOPETROL. Primer Informe Campo Colorado. Ing. Karen Pachano. 2007.

4.5.6 Programa de trabajo. El programa de trabajo y la planificación del mismo es importante para garantizar el éxito de la operación. Se sugiere seguir el programa de perforación radial diseñado por las compañías “**Intergas y RadTech International Inc**” en donde se tienen en cuenta los factores evaluados en este proyecto, incluidos el de la seguridad y preparación, el manejo de fluidos y las especificaciones de los equipos a utilizar en su desarrollo.

4.5.7 Tiempo de la operación. La tabla 26 muestra el tiempo de operación que se emplea en una perforación radial.

Tabla 26. Tiempo por operación.

OPERACIÓN	TIEMPO
Montaje de equipo Workover	8 horas
Sacada instalación de producción	16 horas
Acondicionamiento del pozo	15 horas
Ensayo inicial	18 horas
Montaje de unidad	3 horas
Corte de casing para 4 laterales	20 horas
Jetting en formación para 4 laterales	20 horas
Desmontaje de unidad	3 horas

Tabla 26. Continuación.

OPERACIÓN	TIEMPO
Ensayo de formación	20 horas
Bajada de instalación final	16 horas
Desmontaje de equipo Workover	7 horas
TIEMPO TOTAL	146 horas (6 días)

Fuente: Programa de Perforación Radial “Intergas - RadTech International Inc”

4.5.8 Costos de la operación. Este tipo de operaciones tiene un costo variable debido a factores como localización del pozo, profundidad a perforar, número de radiales a realizar, equipos presentes en el campo, entre otros. Este proyecto tiene un costo total estimado de USD 200.000²⁵.

²⁵ Costo estimado por la compañía “GOW E&S”.

5. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PERFORACIÓN RADIAL

En toda actividad de la vida diaria y aún más en el ámbito de la industria, donde su puesta en marcha requiere de inversiones de grandes cantidades de dinero que no solamente suplan los costos en el mercado de elementos, insumos, tecnología, mano de obra, etc., sino que además, se espera un retorno del dinero invertido agregado de una ganancia esperada por realizar dicha inversión; se requiere de un análisis económico y financiero detallado que nos brinde las herramientas necesarias para decidir si es viable realizar un proyecto y si le va a traer consecuencias positivas para las finanzas de la empresa, o si por el contrario, va a resultar en grandes pérdidas que desequilibren la solidez financiera de la misma llevándola incluso al punto de quiebra.

Un análisis económico, además de valorar la situación económica y financiera existente, evalúa los riesgos implícitos de corto a medio plazo en la interacción de la oferta y la demanda en el mercado de los hidrocarburos.

Se presta la debida atención a la necesidad de identificar la naturaleza de las perturbaciones que afectan a la economía, sus efectos sobre el comportamiento de los costos y precios, y las perspectivas de corto a medio plazo referidas a su propagación en la economía.

5.1 VARIABLES QUE COMPONEN EL ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1.1 Valor Actual Neto (VAN). El Valor Actual Neto de un proyecto a una tasa de interés (i), es la ganancia extraordinaria que genera el proyecto dada en valores monetarios actuales, es decir, el VAN refleja el valor de la inversión y el retorno de la misma en términos actuales al tener en cuenta tasas de interés que

afectan el proyecto durante su tiempo de ejecución; muestra en dólares actuales todos los ingresos y egresos, presentes y futuros, que constituyen el proyecto.

Es el valor agregado del proyecto luego de cubrir todos los costos.

$$VAN = \frac{V_t}{(1+i)^n} \quad (4)$$

Donde:

VAN = Valor Actual Neto del flujo de caja realizado.

V_t = Flujos de caja en cada periodo t .

i = Interés de capitalización del dinero por periodo.

n = Número de periodos existentes entre el periodo descontado y el presente.

Para la toma de decisiones se debe tener en cuenta:

- ◆ Si el **VPN > 0**, el proyecto es atractivo y debe ser aceptado, implica que el proyecto arroja un beneficio aún después de recuperar el dinero invertido.
- ◆ Si el **VPN < 0**, el proyecto no es atractivo ya que existen alternativas de inversión que arrojan mayor beneficio, es decir, que necesariamente no hay ingresos positivos netos, sino que ellos no alcanzan a compensar los costos de oportunidad de dejar de lado las alternativas de inversión.
- ◆ Si el **VPN = 0**, es indiferente realizar el proyecto o escoger otras alternativas, puesto que arroja el mismo beneficio, es decir, que los beneficios alcanzan tan solo a compensar el capital invertido.

5.1.2 Tasa Interna de Retorno (TIR). Índice que representa el equilibrio entre el valor presente de los ingresos con el valor presente de los egresos, o la tasa que rinden los dineros que al final de cualquier período, aún continúan invertidos en el proyecto. Un trabajo tiene un TIR bueno siempre y cuando, éste supere el valor de la tasa de interés mínima a la cual la empresa está dispuesta a invertir.

$$0 = -C + \sum_{n=0}^N \frac{S}{(1+i)^n} \quad (5)$$

Donde:

C = Inversión inicial

S = Flujos de caja.

i = Interés de capitalización del dinero por período.

n = Número de periodos existentes entre el periodo descontado y el presente.

5.1.3 Tasa Interna de Retorno Modificada (TIRM)²⁶. La TIRM es aquella tasa de descuento a la cual el desembolso inicial incremental de un proyecto es igual al valor presente de un valor terminal, y donde el valor terminal se obtiene como la suma de los valores futuros de los flujos de fondos, calculando su valor compuesto al costo de capital de la empresa. En pocas palabras, es la rentabilidad real del proyecto.

$$TIRM = \sqrt[4]{\frac{V_t}{\Delta DI}} - 1 \quad (6)$$

²⁶ MARTINEZ, Victor René. Gestión financiera a largo plazo. UCJSC. 2008.

Donde:

Vt: Flujos en caja en el tiempo.

Δ DI: Desembolso inicial incremental.

5.1.4 Tiempo de repago. Se define como el mínimo período de tiempo teóricamente necesario para recuperar la inversión original en forma de los flujos de caja del proyecto. Generalmente, la inversión original significa sólo la inversión fija inicial depreciable.

Para calcular el tiempo de repago se procede a acumular los sucesivos flujos netos de caja, hasta alcanzar suma igual a la de la inversión inicial. Cuando se llegue a este punto, el número de períodos utilizados, entero o fraccionado, será el plazo necesario para recuperar la inversión. En el caso en que los rendimientos son constantes de periodo a periodo el cálculo se hace sencillo.

$$\text{Tiempo de Repago} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Ingreso (neto) por periodo}} \quad (7)$$

5.1.5 Flujo de caja. Son todos los flujos de entradas y salidas de dinero en efectivo, en un período dado. Es la acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado y, por esta razón constituye un indicador importante para medir la liquidez de una empresa en un periodo determinado. Se puede clasificar en:

◆ **Flujos de caja operacionales:** Efectivo recibido o expendido como resultado de las actividades económicas de base de la compañía.

◆ **Flujos de caja de inversión:** Efectivo recibido o expendido considerando los gastos en inversión de capital que beneficiarán el negocio a futuro, como inversiones o adquisiciones.

◆ **Flujos de caja de financiamiento:** Efectivo recibido o expendido como resultado de actividades financieras, tales como recepción o pago de préstamos, emisiones o recompra de acciones y/o pago de dividendos.

El estudio de los flujos de caja ayuda a los responsables de una empresa a:

◆ **Identificar problemas de liquidez:** El ser rentable no significa necesariamente poseer liquidez. Una compañía puede tener problemas de efectivo, aun siendo rentable. De esta manera, permite anticiparse a los problemas y a buscar soluciones para el mismo, como la solicitud de un crédito o la reasignación de partidas.

◆ **Analizar la viabilidad de proyectos de inversión:** los flujos de fondos son la base de cálculo del **VAN y de la TIR**. Con ambos valores los responsables de la empresa pueden ver la conveniencia o no de un proyecto.

◆ **Medir la rentabilidad o crecimiento de un negocio:** cuando se entienda que las normas contables no representan adecuadamente la realidad económica y lo que prime es el desembolso o ingresos de dinero.

$$\text{Flujo de Caja} = \text{Margen Neto} + \text{Deducciones} - \text{Inversiones} \quad (8)$$

Entre las deducciones están, la amortización, la depreciación, inversiones productivas, entre otras.

5.1.6 Margen Neto. El margen neto representa el porcentaje de la utilidad neta remanente de las ventas, después de haber reducido a éstas los costos, gastos e impuestos.

$$\text{Margen Neto} = \text{Margen antes de impuestos} - \text{Impuestos} \quad (9)$$

5.1.7 Margen antes de impuestos. Es la diferencia entre el margen operativo y la amortización.

$$\text{Margen Antes de Impuestos} = \text{Margen Operativo} - \text{Amortización} \quad (10)$$

5.1.8 Impuestos para la industria. En la industria petrolera en Colombia, se tienen en cuenta solamente dos impuestos, los cuales son: las regalías y el impuesto de renta.

Son los recursos económicos que reciben las entidades territoriales donde se explotan los recursos naturales no renovables, como el petróleo. Se establece sobre el valor de la producción en boca de pozo, y es igual al porcentaje que resulte de aplicar la escala que se presenta en la tabla 26. Para la explotación de hidrocarburos pesados de una gravedad API igual o menor a quince grados (15°), las regalías serán del setenta y cinco por ciento (75%) de la regalía aplicada para hidrocarburos livianos y semi-livianos. Esta disposición se aplicará a la producción

proveniente de nuevos descubrimientos, contratos de producción incremental o a los campos descubiertos no desarrollados.

Tabla 27. Escala para determinar las regalías en crudos livianos y semi - livianos.

ESCALA PARA DETERMINAR LAS REGALÍAS CRUDOS LIVIANOS Y SEMI-LIVIANOS	
Producción diaria promedio mes	Porcentaje
Para una producción igual o menor a 5 KBPD	8 %
Para una producción >5 KBPD y ≤125 KBPD.	X %**
Para una producción >125 KBPD ≤400 KBPD	20 %
Para una producción >400 KBPD y ≤600 KBPD	Y %**
Para una producción mayor a 600 KBPD	25 %

Fuente: Colombia. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 756. Ley de Regalías. Bogotá D. C., 2002.

** $X = 8 + (\text{producción KBPD} - 5 \text{ KBPD}) * (0.10)$.

** $Y = 20 + (\text{producción KBPD} - 400 \text{ KBPD}) * (0.025)$.

5.1.9 Impuesto de renta. Es un impuesto de orden nacional, directo y de periodo. Esto se debe a que tiene cobertura en todo el país y su recaudo está a cargo de la nación, a través de bancos y entidades financieras autorizadas, grava los rendimientos a las rentas del sujeto o empresa que responde por su pago ante el estado y tiene en cuenta los resultados económicos durante un período determinado; en consecuencia, para su cuantificación se requiere establecer la utilidad (renta) generada por el desarrollo de actividades durante un año. Este impuesto es la principal fuente de recaudación impositiva en la actividad de producción de petróleo, en Colombia es alrededor del **33%**. Este impuesto se aplica al total de los ingresos, menos los costos de operación y mantenimiento y la depreciación.

5.1.10 Margen Operativo. El margen operativo representa el porcentaje de utilidad de operación remanente de las ventas después de haber reducido a éstas los costos y los gastos de operación, incluyendo la depreciación.

$$\textit{Margen Operativo} = \textit{Total Ingresos} - \textit{Total Egresos} \quad (11)$$

5.1.11 Amortización. Se define amortización como la representación contable de la depreciación monetaria que en el transcurso del tiempo sufren los activos inmovilizados. La amortización tiene un sentido económico muy claro para el proyecto, ya que si ésta no recogiera la pérdida de valor experimentada por sus activos, el beneficio resultaría ficticio y la empresa se iría descapitalizando.

$$\textit{Amortización} = \frac{\textit{Inversión}}{\textit{Producción total (n meses)}} * \textit{Producción mensual} \quad (12)$$

5.1.12 Ingresos. En un proyecto de inversión petrolera, los ingresos son las cantidades de dinero que la empresa va a recibir producto de la venta de los barriles netos extraídos en función del precio internacional de referencia del crudo al que se cotice diariamente. Allí se define el total de los ingresos de la compañía según su producción diaria de hidrocarburos.

$$\textit{Total Ingresos} = \textit{Barriles Netos} * \textit{Precio del crudo estimado} \quad (13)$$

5.1.13 Barriles Netos

$$\textit{Barriles Netos} = \textit{Producción mensual} - \textit{Regalias} \quad (14)$$

5.1.14 Predicción del precio del petróleo. Para el cálculo del precio del petróleo se utilizan métodos de predicción, debido a la volatilidad del mismo. Dentro de estos se pueden encontrar los métodos convencionales de predicción, los cuales consideran tres casos para cuantificar la incertidumbre: el pesimista, el más probable y el optimista. Estas predicciones de precios se refieren comúnmente como *hockey stick*, en las cuales el precio declina por algún periodo y luego incrementa paulatinamente.

También se utilizan métodos probabilísticos como el *bootstrap*, los cuales son tediosos de calcular; y métodos estadísticos, como la simulación secuencial gaussiana, que utiliza la distribución y variabilidad histórica del precio.

En la industria, se hace un manejo de la incertidumbre que tiene el precio futuro del crudo, comúnmente con el método de simulación de Montecarlo, el cual hace un análisis de sensibilidad, análisis de escenarios y probabilidad.

Además, hay que tener en cuenta que el crudo se valora inicialmente dependiendo de su sitio de origen y el mercado en que se va a negociar o entregar, seguidamente se cotiza según algunas propiedades físicas y químicas que a la larga determinan su precio. La primera, es la gravedad API y la segunda, es el contenido de azufre. De acuerdo a la primera, se determina si el crudo es liviano, medio, pesado o extra pesado; y de acuerdo a la segunda, se valora como dulce si el contenido de H₂S y CO₂ es menos al 0,5%, y ácido si sobrepasa el 0,5%.

Las transacciones de los volúmenes de crudo producidos a nivel mundial, se valoran en base a un número reducido de crudos que son referencia, para calcular precios y fijar contratos de compra y entrega de crudo. Como se mencionó anteriormente, de acuerdo al lugar de origen del crudo y el mercado en que se mueve, su precio se establece de acuerdo al lugar de origen del crudo y el mercado en que se mueve, su precio se establece de acuerdo a los principales crudos de referencia, entre los cuales encontramos el West Texas Intermediate (WTI), Brent Blend, Dubai y el Cesta OPEP.

Cabe notar que, al calcular el precio de un crudo específico se toma un crudo de referencia de acuerdo a las negociaciones en la comercialización de este. Para Colombia, el crudo de referencia es el WTI y el precio de cada uno se toma como una prima o un descuento sobre el valor base dado diariamente en la Nymex, de acuerdo a las características del crudo a negociar comparado con las características básicas del crudo WTI.

5.1.15 Egresos. Son los desembolsos de dinero que se hacen por concepto de inversiones y costos operativos que la compañía espera recuperar en el menor tiempo posible, de los ingresos por la venta de sus activos, en este caso, los hidrocarburos.

$$\text{Total Egresos} = \text{Inversiones} + \text{Costos Operativos} \quad (15)$$

5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

Tabla 28. Variables económicas del proyecto.

VARIABLES INICIALES DEL PROYECTO	
Moneda	USD
Inversión Inicial ²⁷	200.000 USD
Lifting por Barril ²⁸	8 USD

²⁷ Costo estimado por la compañía "GOW E&S".

²⁸ Estimado por los autores en base al promedio para campos con características similares a Colorado.

Tabla 28. Continuación.

VARIABLES INICIALES DEL PROYECTO	
Regalías²⁹	8 %
Impuesta a la Renta³⁰	33 %
Tasa de Descuento³⁰	10 %
Inversiones Productivas	0 %

Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 29. Predicción precio del crudo a futuro³¹.

Mes	Fecha	Precio Pronóstico	50% Corregir +/-	80% Corregir +/-
0	Enero	102,4	2,0	4,5
1	Febrero	104,6	2,6	5,8
2	Marzo	100,0	3,0	6,7
3	Abril	94,9	3,3	7,5
4	Mayo	89,4	3,6	8,1
5	Junio	95,1	3,9	8,7
6	Julio	100,0	4,1	9,2
7	Agosto	103,7	4,3	9,7

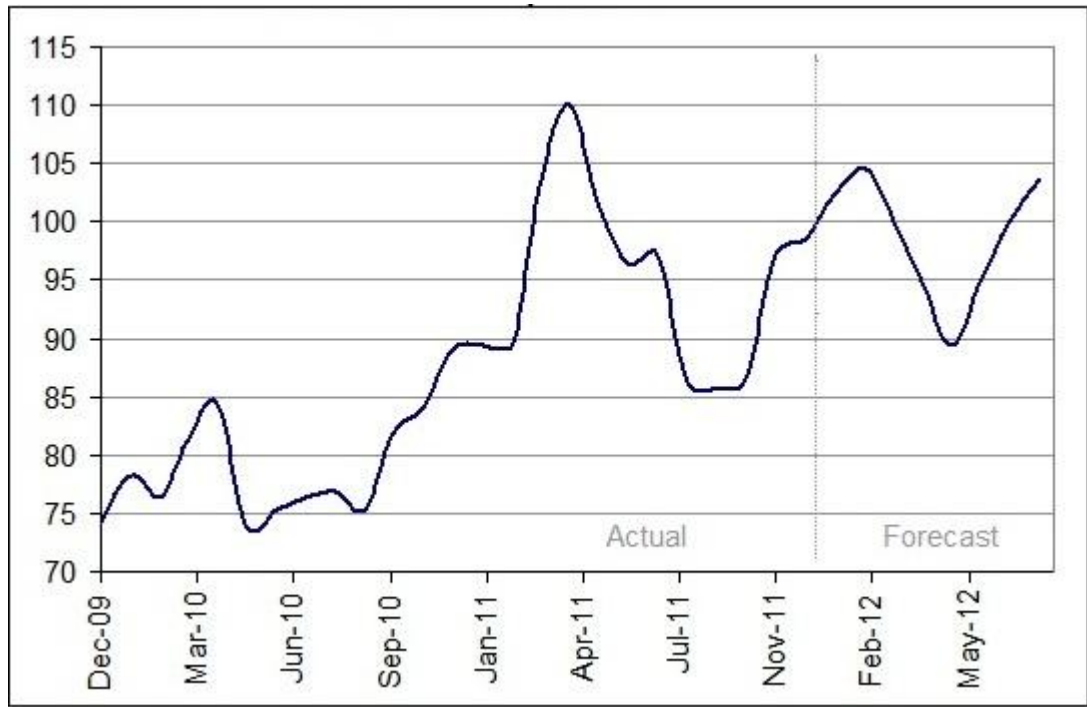
Fuente: Página web de la compañía “Financial Forecast Center”. www.forecast.org/oil

²⁹ Definidos por el gobierno nacional.

³⁰ Regida por el mercado financiero.

³¹ Basado en el pronóstico de precios de la web de la compañía “Financial Forecast Center” del crudo “West Texas Intermediate (WTI)”, referencia para Colombia.

Figura 45. Fluctuación del precio del crudo³².



Fuente: Página web de la compañía “Financial Forecast Center”. www.forecast.org/oil

◆ **Ajuste del precio al crudo de Campo Colorado.** A partir de este valor base del WTI se ajustó el precio del crudo de Caño limón que es base de referencia para los ajustes del crudo de Colorado.

Los ajustes aplicados se hicieron por calidad, transporte, tratamiento y por exportación. En la tabla 30 se observan los ajustes realizados para obtener el precio del crudo de Campo Escuela Colorado.

Con el pronóstico del valor del petróleo por barril mensual y la producción estimada después de la intervención, se determinan los ingresos que recibirá la compañía debido a las nuevas condiciones productivas de operación en los próximos 7 meses.

³² Precio WTI en dólares por barril.

Tabla 30. Ajuste del precio crudo Campo Colorado.

Meses	Factor	0	1	2	3	4	5	6	7
Precio Promedio WTI (US\$/Bbl)		102,4	104,6	100	94,9	89,4	95,1	100	103,7
Precio Promedio Crudo Caño Limón (US\$/Bbl)	0,96	98,3	100,4	96	91,1	85,82	91,296	96	99,552
Ajuste por Calidad	1,16	99,46	101,6	97,16	92,26	86,98	92,456	97,16	100,71
Tarifa de Transporte									
Galán - Ayacucho	-0,64	98,82	100,9	96,52	91,62	86,34	91,816	96,52	100,07
Ayacucho - Coveñas	-1,73	97,09	99,21	94,79	89,89	84,61	90,086	94,79	98,342
Impuesto de Transporte									
Galán - Ayacucho	-0,03	97,06	99,18	94,76	89,86	84,58	90,056	94,76	98,312
Ayacucho - Coveñas	-0,09	96,97	99,09	94,67	89,77	84,49	89,966	94,67	98,222
Tarifa por Tratamiento	-0,6	96,37	98,49	94,07	89,17	83,89	89,366	94,07	97,622
Tarifa por Exportación	-1,5	94,87	96,99	92,57	87,67	82,39	87,866	92,57	96,122
Precio Crudo Colorado (US\$/Bbl)		94,87	96,99	92,57	87,67	82,39	87,866	92,57	96,122

Fuente: BALLESTA, Marta y ARAMBULA, Yenny. "Metodología para la selección, diseño y ejecución de trabajos de estimulación de pozos de bajo potencial. Aplicación al Campo Colorado". UIS. 2009.

Tabla31. Ingresos del proyecto.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	TOTAL
Prom. Mes (B/d)	38	38	38	38	38	38	38	38	
Total Mes	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	1.140	9.120
Regalías	91,2	91,2	91,2	91,2	91,2	91,2	91,2	91,2	729,6
Barriles Netos	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	1.048,8	8390,4
Precio Barril³³	102,4	104,6	100	94,9	89,4	95,1	100	103,7	
Total Ingresos³⁴	107.397,12	109.704,48	104.880	99.531,12	93.762,72	99.740,88	104.880	108.760,56	828.656,88

Tabla 32. Egresos del proyecto.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
Inversiones	200.000								200.000
Costos Operativos	9120	9120	9120	9120	9120	9120	9120	9120	72960
Total Egresos (USD)	209.120	9.120	9.120	9.120	9.120	9.120	9.120	9.120	272.960

Fuentes: Autores del proyecto.

³³ En dólares USD.

Tabla 33. Margen Operativo.

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
MARGEN OPERATIVO	-101.723	100.584	95.760	90.411	84.643	90.621	95.760	99.641	555.697
DEDU. FISCALES									
Amortización ³⁴	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	25000	200000
Depreciación ³⁵									
Inversiones productivas ³⁵									

Tabla 34. Margen Antes de Impuestos.

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
M.A.I.³⁵	-126.723	75.584	70.760	65.411	59.643	65.621	70.760	74.641	355.697
Impuestos³⁵	0	24.942,88	23.350,80	21.585,67	19.682,10	21.654,89	23.350,80	24.631,38	159.198,52
Margen Neto³⁵	-126.723	50.642	47.409	43.825	39.961	43.966	47.409	50.009	196.498
M.N.³⁶ + Ded. Fiscal.³⁵									

Fuentes: Autores del proyecto.

³⁴ En dólares USD.

³⁵ Margen Antes de Impuestos.

³⁶ Margen Neto.

Tabla 35. Flujo de Caja.

PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Total
FLUJO DE CAJA	-301.723	75.642	72.409	68.825	64.961	68.966	72.409	75.009	196.498
VPN (Descontado)³⁷	(301.722,88)	68.765,09	59.842,31	51.709,58	44.368,98	42.822,45	40.873,11	38.491,57	45.150,21
VPN (Descontado Acumulado)³⁸	(301.722,88)	(232.957,79)	(173.115,47)	(121.405,89)	(77.036,91)	(34.214,46)	6.658,64	45.150,21	
	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	NEGATIVO	6	7	

Tabla 36. Resultados de la evaluación final.

Tiempo de repago	6
VPN @ 10% (USD)	45.150
TIR	14%
TIR.M (Modificado --> Rentabilidad Proyecto)	12%

Fuentes: Autores del proyecto.

³⁷ En dólares (USD).

5.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Las tablas 31 a 36 mostraron el proceso de análisis económico realizado al proyecto teniendo en cuenta los ingresos y egresos del mismo, los márgenes operativos y antes de impuestos que se maneja y el flujo de caja que se obtendría como resultado.

Analizando los resultados arrojados de este análisis a la tasa de producción que resultaría después de la perforación radial, con base en los valores obtenidos de VPN, TIR y rentabilidad económica de este proyecto, y observando un tiempo de repago positivo y cercano, la perforación radial en el pozo Colorado 27 se considera viable puesto que los valores resultantes alentarían una toma de decisión a favor de su puesta en marcha.

En el aspecto operativo, las experiencias en la intervención de pozos en diferentes campos mundiales en que se ha aplicado la técnica de perforación radial ha sido más que comprobada, como lo mostró el caso “Argentina” a cargo de “Repsol YPF” sustentando en el paper “Radial Drilling in Argentina” y la implementación en los campos Petrólea y Sardinata en Norte de Santander (Colombia) a cargo de “Ecopetrol S.A.”, sustentadas en la tesis “Piloto de la aplicación de la tecnología Radial Drilling en los pozos de los campos Petrólea y Sardinata pertenecientes a la coordinación de producción norte, de la gerencia regional norte de Ecopetrol S.A.” como el caso más cercano.

6. ANÁLISIS AMBIENTAL

El análisis ambiental de este proyecto tiene como objetivo hacer una evaluación de los posibles riesgos que en materia ambiental pueda tener la aplicación de esta tecnología, así como una posible afectación negativa al mismo.

En la época actual, este tipo de análisis son muy importantes para la puesta en marcha de proyectos que en años anteriores, no cumplían con las especificaciones requeridas destinadas a evitar cualquier clase de consecuencias negativas al ecosistema y todo su entorno, procurando siempre aplicar tecnologías amigables con nuestro planeta y el ambiente en que vivimos, para que el proceso de desarrollo económico y social se oriente según los principios del desarrollo sostenible.

6.1 MARCO LEGAL

El marco legal de los estudios ambientales están contenidos en la “Constitución Política de 1991”, la “Ley 99 de 1993” donde se organiza el Sistema Nacional Ambiental “SINA” y se crea el Ministerio del Medio Ambiente, el decreto “1753” de 1954 y las resoluciones “655 y 1137” de 1996 donde se definen los procedimientos para la gestión ambiental de los proyectos de perforación de pozos.

6.2 LICENCIA AMBIENTAL

Para este tipo de intervenciones, no se hace necesaria una nueva solicitud de licencia ambiental porque el campo posee una licencia global.

Figura 46. Normatividad para el uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales.



Fuente: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

Esto debido a que el pozo se encuentra dentro de una zona autorizada y la tecnología es aplicada dentro del mismo pozo productivo, por lo que no genera un impacto negativo representativo. Por mismo y tanto, no es necesario la evaluación del componente social.

6.3 GESTIÓN AMBIENTAL.

Los indicadores de gestión del desempeño ambiental deben relacionarse principalmente con:

- ◆ La eficiencia del uso de los recursos naturales comprometidos por el proyecto, medida en términos de cantidad o de cambios en la calidad.
- ◆ La minimización de residuos, entendida como la disminución de la cantidad que va a disposición final o el mejoramiento de la calidad.
- ◆ La reducción de los impactos ambientales no previstos.
- ◆ La atenuación de las características de magnitud, permanencia, etc., de los impactos ambientales significativos establecidos en el estudio de impacto ambiental.
- ◆ El mantenimiento de la calidad de las relaciones proyecto – comunidad.

6.4 FUNDAMENTOS Y CRITERIOS DE LA EVALUACIÓN

La localización debe conciliar:

- ◆ Los objetivos y requerimiento del proyecto.
- ◆ La preservación de la calidad ambiental del área.
- ◆ Normas ambientales aplicables y otras disposiciones.
- ◆ Obligación de restaurar el área afectada.

Los criterios a tener en cuenta son:

- ◆ Topografía y facilidades constructivas.
- ◆ Estabilidad y capacidad portante del terreno.
- ◆ Disponibilidad de área y ocupación del espacio.
- ◆ Características bióticas e importancia ecológica del área. (La distancia del pozo a un cuerpo de agua no debe ser inferior a 10 metros).

6.5 GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS

Un aspecto de particular interés en los proyectos de la industria petrolera es la gestión de residuos, la cual deberá orientarse por los conceptos de la producción más limpia.

Consecuentemente, se buscará en primer lugar la minimización (disminución de la cantidad y/o mejoramiento de la calidad) de los residuos que van a disposición final, y en segundo término la disposición adecuada de aquellos desechos que necesariamente se van a producir en la operación. La cadena de gestión de residuos se puede observar en la figura 45.

Figura 47. Cadena de gestión de los residuos.



Fuente: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

6.6 MOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Es necesario establecer las condiciones necesarias en la movilización de maquinaria, equipo y materiales para prevenir y disminuir la afectación de los recursos.

Se deben prevenir y mitigar los posibles impactos ambientales y riesgos que puedan ser producidos por:

- ◆ Incremento de tráfico vehicular y carga movilizada que pongan en riesgo la seguridad vial y causen afectación a esta infraestructura.
- ◆ Deterioro de la calidad del aire y agua, debido a circulación de maquinaria en condiciones mecánicas deficientes.
- ◆ Emisión de materiales granulares y particulado transportado.
- ◆ Labores de limpieza y mantenimiento de los mismos.
- ◆ Control de la contaminación atmosférica producido por generación de altos niveles de ruido y emisión de gases contaminantes debido a combustión motor.

6.7 INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE CAMPAMENTOS

El objetivo principal es el de minimizar el daño ambiental ocurrido durante la adecuación del sitio para instalar el campamento, así como se hace necesario reducir las necesidades de restauración del área afectada.

En esta caso, se cuenta con un campamento ya previamente instalado y que reúne las condiciones requeridas para tal fin, evitando las necesidades de restauración posterior.

6.8 GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

Se debe hacer una disposición adecuada de los residuos sólidos que prevengan o mitiguen los impactos mencionado a continuación:

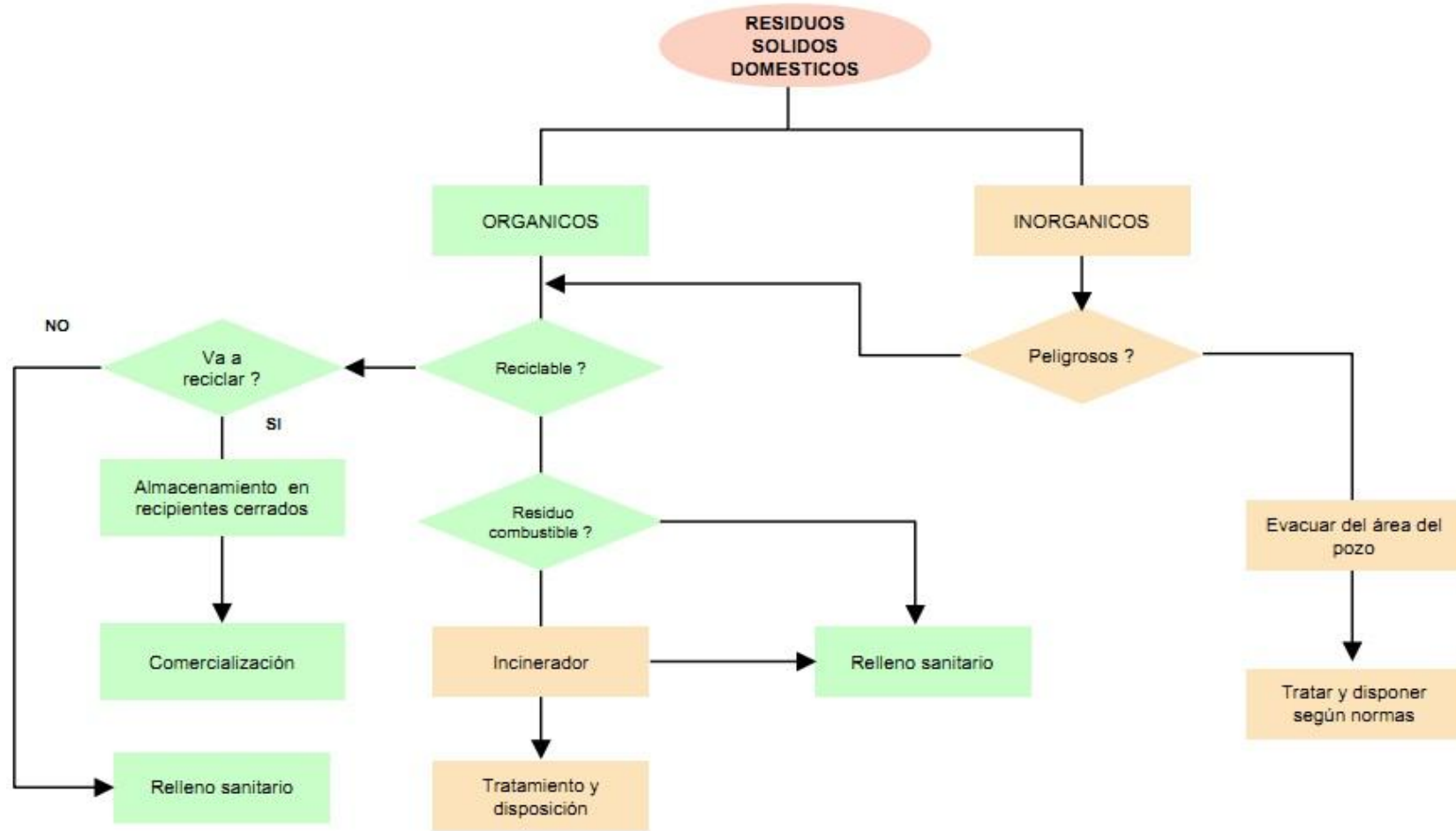
- ◆ Uso ineficiente de recursos naturales que lleve a su agotamiento.
- ◆ Contaminación del suelo.
- ◆ Deterioro de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- ◆ Daño a los recursos naturales asociados al suelo.

6.8.1 Residuos sólidos más comunes en actividades de perforación.

- ◆ Lodos aceitosos y otros lodos.
- ◆ Suelos contaminados.
- ◆ Chatarra, canecas y empaques.
- ◆ Toda clase de baterías.
- ◆ Basuras domésticas.
- ◆ Filtros, textiles contaminados y partes eléctricas.
- ◆ Cortes de perforación.
- ◆ Grasa mecánica, escombros y residuos de laboratorio.

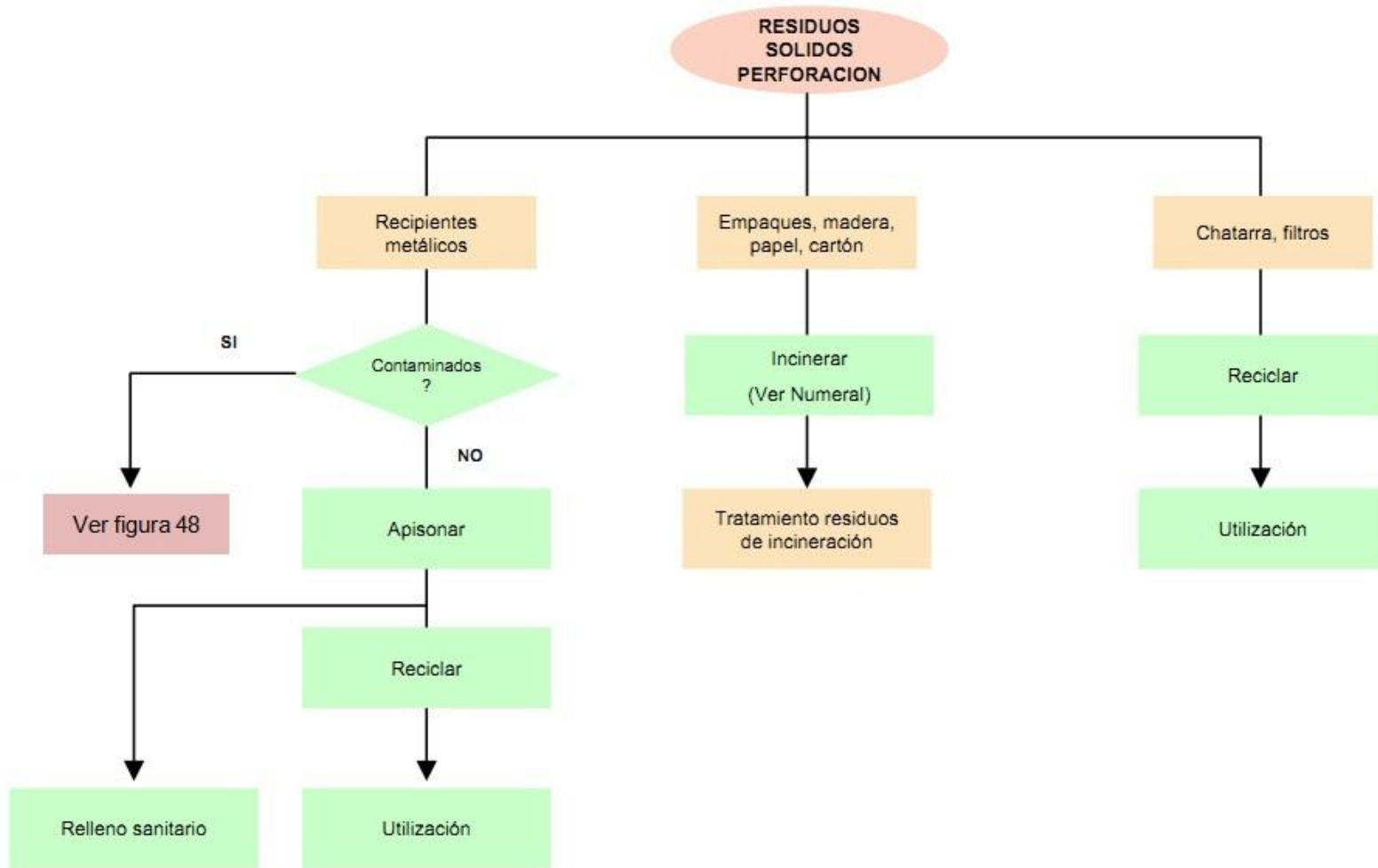
La disposición y manejo sanitario de los residuos sólidos domésticos y de perforación se deben hacer según diagrama presentado en las figuras 46, 47 y 48.

Figura 48. Manejo sanitario de residuos sólidos domésticos.



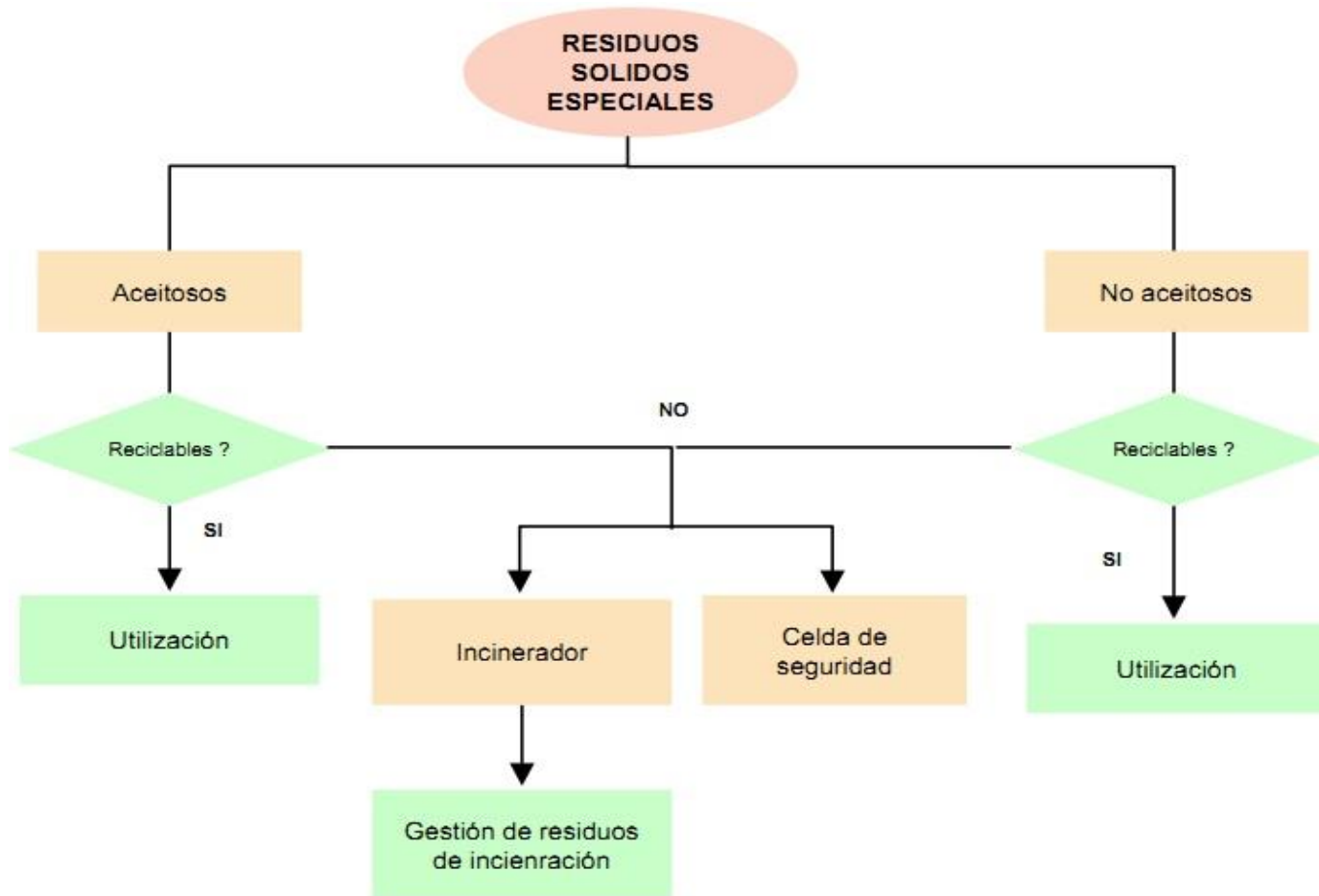
Fuente: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible

Figura 49. Manejo sanitario de residuos sólidos de perforación.



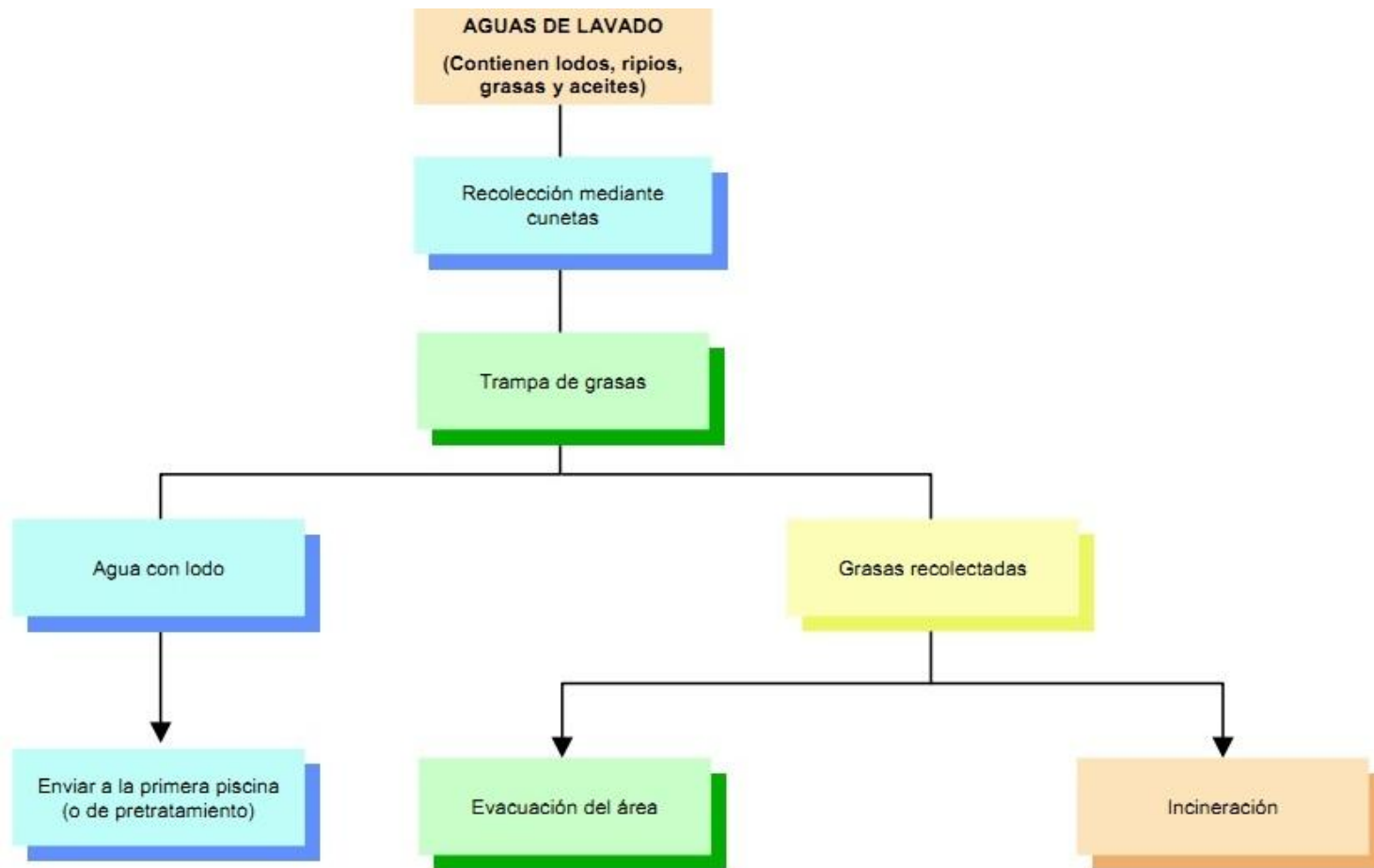
Fuente: Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible.

Figura 50. Manejo sanitario de residuos sólidos especiales.



Fuente: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

Figura 51. Manejo ambiental aguas de lavado de equipo.



Fuente: Ministerio del ambiente y desarrollo sostenible

6.9 PRUEBAS DE PRODUCCIÓN

Entre los impactos que se deben prevenir y mitigar se encuentran:

- ◆ Contaminación del suelo y del agua generada por la disposición inadecuada de residuos o por el manejo de los fluidos extraídos durante la prueba.
- ◆ Contaminación del aire por la incineración de los hidrocarburos producidos o por el venteo de gases a la atmósfera.
- ◆ Contaminación generada en incidentes tecnológicos (derrames, otros) que puedan ocurrir durante la prueba.

6.10 ANÁLISIS DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO

- ◆ Una de las ventajas de la aplicación de la tecnología de perforación radial con coiled tubing como se menciona al inicio, es la menor y poca emisión de agentes contaminantes en comparación con una perforación convencional.
- ◆ Aquí se dispone de baja generación de residuos al trabajar sobre un pozo ya perforado y completado, lo que evita las consecuencias ambientales de la perforación convencional. Adicional a esto, se previene el riesgo de residuos líquidos contaminantes al no utilizarse algún tipo de lodo, aditivos químicos o fluidos contaminantes que generan un impacto negativo sobre el entorno.
- ◆ En este caso, el único fluido involucrado es agua pura que como se conoce, no produce riesgo al estar a condiciones normales de superficie. La prevención a tener en cuenta sería una adecuada disposición según normas, del agua residual que no fluye dentro de la formación y permanece en el fondo del pozo.

- ◆ En cuanto a residuos sólidos, se deben seguir los protocolos de disposición mostrados en este estudio para mitigar posibles impactos, y una adecuada disposición de residuos de perforación según gráfico de manejo sanitario de residuos sólidos y especiales, teniendo en cuenta el subsuelo desprendido de la formación.
- ◆ Se sugiere seguir en detalle las normas establecidas que conllevan a una prevención y mitigación de impactos ambientales, regidas y publicadas por el “Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible” del estado colombiano.
- ◆ No está de más resaltar el monitoreo permanente a los factores de riesgo así como la capacitación del personal a trabajar.

7. CONCLUSIONES

- ◆ La aplicación de la técnica de perforación radial al pozo Colorado 27 optimizaría su funcionamiento como lo muestra los resultados del estudio hecho en este proyecto, aumentando así su producción, resultando en la generación de mayores ingresos.
- ◆ Técnica y operativamente, las características de Colorado 27 hacen factible su intervención con la tecnología evaluada debido a que están acorde a las condiciones que de geología y estado de la formación, valores de presión, profundidad del pozo y propiedades petrofísicas se requieren.
- ◆ Esta técnica podría ser utilizada también en otros pozos de Campo Colorado siempre y cuando se mejore la data existente y se realicen las pruebas necesarias de presión, registros del pozo y sísmica 3D que permita tomar determinaciones con bajo grado de incertidumbre.
- ◆ Financieramente es una opción viable ya que al hacer el respectivo análisis, el proyecto presentan un VPN y TIR que alentarían una decisión para su puesta en marcha, con una rentabilidad óptima y un tiempo de repago positivo y cercano. Además, se presenta como una opción económica al no requerir grandes equipos y montajes operativos, reduciendo costos y días de intervención.

- ◆ Teniendo en cuenta el aspecto ambiental, la perforación radial al pozo Colorado 27 mitigaría el impacto negativo que generan las intervenciones destinadas a recuperación mejorada al no utilizar lodos de perforación ni fluidos contaminantes, ya que es agua a alta presión el fluido a trabajar. También, al no generar mayor cantidad de desechos más que residuos de formación con baja contaminación y residuos domésticos propios de la actividad humana.

- ◆ Está comprobada la eficiencia y el éxito de la perforación radial con Coiled Tubing en distintas experiencias alrededor del mundo, como las mostradas en el análisis de éste proyecto, asegurando la eficacia de la aplicación en Campo Colorado.

8. RECOMENDACIONES

- ◆ Se recomienda mejorar la data existente en Campo Colorado con la realización de pruebas de presión, la toma de registros eléctricos y la implementación de un programa de sísmica 3D para analizar con bajo nivel de incertidumbre la aplicación de la perforación radial a otros pozos del campo.
- ◆ Con base en la data necesaria y acertada, se recomienda hacer un análisis comparativo de la técnica de perforación radial con las técnicas convencionales empleadas en recuperación secundaria, para definir la mejor opción a aplicar en la optimización de la producción en Campo Colorado.
- ◆ Para evitar los errores documentados en experiencias de aplicaciones de la técnica, es recomendable siempre hacer primero un análisis de pre o factibilidad, detallando aplicadamente las condiciones sobre las que se va a trabajar, para asegurar así un mayor éxito en cuanto a recuperación de fluidos se refiere.
- ◆ Se recomienda hacer el estudio para la posible aplicación de ésta técnica con su eficacia probada, en los campos maduros y marginales colombianos, destinado a optimizar la producción nacional de hidrocarburos.
- ◆ Atendiendo a los requerimientos actuales, se recomienda realizar los análisis de factibilidad ambiental en los proyectos aplicados a Campo Colorado, de manera que prevengan y mitiguen las graves afectaciones al ambiente que la industria pueda generar.

BIBLIOGRAFIA

- ◆ BRUNI, M.; BIASOTTI, H. and SALOMONE, G. YPF. “Radial Drilling in Argentina”. SPE 107382. Buenos Aires, Argentina. 2007.

- ◆ CORREA, Fabio Ricardo. “Desarrollo de una metodología para interpretar pruebas de presión tomadas con herramientas convencionales. Aplicación Campo Colorado”. Trabajo de grado ingeniero de petróleos. Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. 2008.

- ◆ DE LA HOZ, Maty María y ORTIZ, Diana Patricia. “Metodología para la selección, diseño y ejecución del cañoneo y/o recañoneo de pozos de bajo potencial. Aplicación al Campo Colorado”. Trabajo de grado ingeniera de petróleos. Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. 2009.

- ◆ DIAZ, Ricardo José. “Análisis nodal en la optimización de la producción de los pozos de Campo Colorado”. Trabajo de grado ingeniero de petróleos. Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. 2009.

- ◆ DICKINSON, W. and DICKINSON R.W. Petrolphysics Ltd. “Horizontal Radial Drilling System”. SPE 13949. Richardons, Texas, EE.UU. 1985.

- ◆ DICKINSON, W.; DICKINSON, R.; HERRERA, A.; DYKSTRA, H.; and NEES, J. "Slim Hole Multiple Radials Drilled with Coiled Tubing". SPE 23639. Caracas, Venezuela. 1992.

- ◆ DICKINSON, Wade; DYKSTRA, Herman; NORDLUND, Robert and DICKINSON, Wayne. Petrophysics Inc. "Coiled-Tubing Radials Placed by Water-Jet Drilling: Field Results, Theory, and Practice". SPE 26348. Richardons, Texas, EE.UU. 1993.

- ◆ ECONOMIDES, Michael J.; HILL, Daniel and EHLIG-ECONOMIDES, Christine. "Petroleum Production Systems". Ed. Prentice-Hall PTR. 1994.

- ◆ ECOPETROL S.A. "Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de Recobro Campo Colorado". Barrancabermeja, Santander. 2003.

- ◆ GARCIA, Edison Odilio. "Piloto de la aplicación de la tecnología Radial Drilling en los pozos de los campos Petrólea y Sardinata pertenecientes a la coordinación de producción norte, de la Gerencia Regional Norte de Ecopetrol S.A.". Trabajo de grado ingeniero de petróleos. Bucaramanga, Santander. Universidad Industrial de Santander. 2008.

- ◆ MEDINA, Uriel. "Evaluación financiera de un campo petrolífero, con fines de comercialidad. Monografía Especialista en Gerencia de Hidrocarburos. Bucaramanga, Santander. 2011.

- ◆ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. “Guía de manejo ambiental para proyectos de perforación de pozos de petróleo y gas”. Bogotá. 1999.

- ◆ NORDHAUS, Samuelson. “Economía”. Ed. Mc Graw Hill. 2006.

- ◆ PACHANO, Karen Linnete. “Informe final. Apoyo técnico para la selección de pozos prospectos Campo Escuela Colorado”. Bogotá. 2008.

- ◆ RADTECH INTERNATIONAL INC. “Programa de perforación radial”.

- ◆ UIS – ECOPETROL. “Campo Escuela Colorado, Convenio UIS - ECOPETROL S.A.”. Bucaramanga, Santander. 2007.

- ◆ Well Files. Campo Escuela Colorado.

ANEXOS

A. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA POZO COLORADO 27

Geología de los intervalos productores perforados de la formación productora en el pozo COLORADO 27.

Profundidad (ft)	Porcentaje	Características
3439 - 3495	75 - 80	Arcillolita variada, blanda.
	15 - 20	Limolita gris, algo con arena, débilmente calcárea. Arenisca, verde a grisosa, muy fina, débilmente cementada, calcárea, limosa, friable, no fluor.
	Trazas	Anhidrita y pirita.
3495 - 3515		CORAZÓN N° 2 Recup. 20', Tope 5'. ARENISCA, verde clara a verdosa, muy fina a fina, no calcárea, pirítica, dura, cementada, compacta, olor de aceite cuando roto, regular a buena flúor. 15', ARCILLOLITA verde, dura, algo abigarrada.
3515 - 3522		No muestras
3522 - 3542		Core N° 3 Recup. 15'10". ARCILLOLITA y LIMOLITA, como anterior.
3542 - 3600	65 - 100	Arcillolita gris, rojo, algunas verdes, blanda.
	25	LIMOLITA trazas. Gris, algo arenosa y algo calcárea. ARENISCA, verde a grisosa, muy fina, débilmente cementada, calcárea, limolítica, friable, no fluor. 3550'. Fragmentos de fósiles.
	65 - 100	Arcillolita y arenisca.

3600 - 3660	10	Trazas limolita.
	25	Trazas como anterior.
3660 - 3670	60	ARENISCA, verde a blanca, grisosa, mediana a muy fina, no calcárea, algo arcillosa a finamente micácea, algo dura, friable, no fluorescencia.
	40	Arcillolita como anterior. Elementos calcáreos.
3670 - 3680	80 - 100	Arcillolita.
	15	Limolita
	5	Arenisca, trazas como anteriores, elementos calcáreos.
3685 - 3717	85 - 100	ARCILLOLITA gris, roja, algunas verdosas, variedad de color, blanda.
	15	LIMOLITA gris, algunas ligeramente arenosas, algo calcárea.
	5	ARENISCA, verde a grisosas, muy fina, débilmente cementada, calcárea, limosa, friable, ligeras trazas de flúor. Elementos calcáreos.
3717' - 3727'		Corazón N° 6. Recuperado 3-1/2 LIMOLITA muy arenosa, verde dura, bien compactada, algunos granos de mica intercalados, no calcáreos.
3746 - 3760	95 - 100	ARCILLOLITA verde violeta, varicolor, blanda, algo abigarrada, algo limosa a arenosa.
	5	ARENISCA verde a verdosa blanca, mediana a muy fina, calcárea, algo arcillosa a micácea, algo pirítica, débilmente cementada, friable, non flúor. Elementos calcáreos. Yeso, Shale trazas.
3760 - 3780		Corazón N° 7. Recuperado 3'4". ARCILLOLITA 4'4", verde a algo violeta, algo abigarrada, dura, bien compactada. LIMOLITA verde algo calcárea, algo pirítica.
3811 - 3831		Corazón N° 9. Recuperado 9'

		<p>ARCILLOLITA 6" como anterior.</p> <p>ARENISCA # 3' como anterior, tr. De fluor.</p>
3831 - 3851		<p>Corazón N° 10. Recuperado 18'</p> <p>ARENISCA 11' morena, fina a muy fina, no a calcárea, algo dura, bien compactada, algo friable, olor de aceite regular a buena flúor.</p> <p>ARCILLOLITA 7' como anterior.</p>
3851 - 3853		No se recogieron muestras. A 3853' se comenzó a corazonar.
3853 - 3873		<p>Corazón N° 11. Recuperado. 18'</p> <p>LIMOLITA 7', verde oscuro, duro, bien compactada, no calcárea con algunas venas de arenisca verde.</p> <p>ARENISCA 2' verde oscura, muy fina, pirítica, dura, compactada, no flúor.</p> <p>ARCILLOLITA 9' verde a algunas abigarradas, blanda a algo dura, algo limosa.</p>
3888 - 3908		<p>Corazón N° 12. Recuperado 15'4"</p> <p>ARCILLOLITA, verde, algo abigarrada, blanda a dura, compactada, pirítica con concreciones, calcárea arenisca intercalada</p>
3908 - 3928		<p>Corazón N° 13. Recuperado 17'8"</p> <p>ARENISCA 11'; blancuzca a morena, fina a muy fina, algo calcárea, micácea dura, compacta, algo friable, olor a aceite, buena flúor.</p> <p>ARCILLOLITA 6'8", como anterior.</p>
3939 - 3950	90 - 100	ARCILLOLITA verde, rojiza, violeta, varicolor, blanda, abigarrada, algo limosa a arenosa.
	10	ARENISCA verde, a verduzca, media a muy fina, angular, arcillosa, micácea calcárea, débilmente cementada, friable, no flúor. Elementos calcáreos.
3954 - 3972		<p>Corazón N° 14. (18') Recuperado. 15'1". Arcillolita y Arenisca.</p> <p>3962'3", 3069'(1') blancuzca a marrón claro, media a fina, no</p>

		calcárea, regular a dura, compacta, algo con arcillolita, olor de aceite y gas, regular flúor.
3972 - 3992		Corazón N° 15. (20') Recuperado 16'11" Algo arenisca verdosa, arcillolita 16'10", verde, algo abigarrada, dura a blanda, no calcárea a calcárea, poco micácea.
3992 - 4000		No muestras
4000 -4032	90 - 100	ARCILLOLITA, variada, blanda, algo abigarrada, limolita a arenosa.
	10	Trazas, como antes, no flúor.
4032 - 4052		Corazón N° 16. (20'). Recuperado 9'10" ARENISCA 7-1/2 marrón clara, algo verdosa, fina a muy fina, ni calcárea, dura, compactada, regular flúor. ARCILLOLITA 2'4", como anterior.
4052 - 4066		Corazón N° 17. Recuperado 10'11" ARCILLOLITA 8'6", verde algo abigarrada, blanda a compacta, no calcárea a calcárea. ARENISCA 2'52 blancuzca a algo negra, media a muy fina, no calcárea, regular compacta, non flúor.
4080 - 4100	100	ARCILLOLITA verde, amarilla, rojiza, varicolor, blanda, algo abigarrada, limosa a arenosa.
	Trazas	ARENISCA. Verdosa, blanda, mediana a muy fina, angular, calcárea arcillosa, micácea débilmente cementada, friable, pirítica, no a tr. Fluor. Elementos calcáreos y Yeso.
4109 - 4129		Corazón N° 18. Recuperado 6'1" ARENISCA 2'3", morena a blancuzca, fina a muy fina, no a ligeramente calcárea, dura, bien cementada, algo friable, olor de aceite, regular a buena flúor. ARCILLOLITA 3'10" como anterior.
4129 - 4161	45 - 100	ARCILLOLITA

	15	ARENISCA como el día 19. Elementos calcáreos y yeso.
4161 - 4268	70 - 100	ARCILLOLITA verde, amarilla, varicolor, blanda, algo abigarrada, limosa a arenosa.
	30	ARENISCA verdosa, blanca, mediana a muy fina, angular, calcárea, arcillosa a micácea, pirítica, débilmente cementada, friable, trazas de flúor. Elementos calcáreos y yeso. Trazas.
4268 - 4356	70 - 100	ARCILLOLITA verde, amarillas, rojizas, varicolor, blanda, algo abigarrada, limosa a arenosa.
	Trazas	ARENISCA verdosa, blanca, mediana a muy fina, angular, calcárea, arcillosa a micácea, débilmente cementada, friable, algo pirítica, no flúor a trazas. Elementos calcáreos y yeso.
4356 - 4439	70 - 100	ARCILLOLITA gris, amarilla, rojiza, varicolor, blanda, algo abigarrada, limosa a arenosa.
	30	ARENISCA verde, blanca, morena, mediana, a muy fina, angular, calcárea arcillosa, micácea, débilmente cementada, friable, pirítica, tr. a regular flúor.
	10	ARENA clara a transluciente, mediana, angular a subredondeada. Elementos calcáreos y yeso trazas.
4424 - 4440	100	ARCILLOLITA verde, amarilla, rojiza, varicolor, blanda, algo abigarrada, limosa a arenosa.
	Trazas	ARENISCA verdosa, blanca, mediana a muy fina, angular, calcárea, arcillosa a micácea, pirítica, débilmente cementada, friable, no flúor. Elementos calcáreos y yeso trazas.
4449 - 4469		Corazón N° 19. Recuperado 7'2" ARCILLOLITA 7'2", verde blancuzca, dura a blanda, bien

		compactada, con arenisca intercalada en venas, blanca, parda, al fondo con 2" arenisca.
4469 - 4473		Corazón Nº 20. Recuperado 2'10" ARCILLOLITA como anterior.
4473 - 4493		Corazón Nº 21. Recuperado 20'. ARCILLOLITA, como anterior.
4493 - 4519		Corazón Nº 22. Recuperado 15'. ARCILLOLITA, como anterior.
4522 - 4600	75 - 100	ARCILLOLITA gris, amarilla, rojiza, varicolor, blanda, algo abigarrada, limosa a arenosa.
	15	ARENISCA morena a morena blanca, verdosa, mediana a muy fina, angular, algo arcillosa, no calcárea a ligeramente calcárea, débilmente cementada, friable, tr. a regular flúor.
	10	ARENA clara a trasluciente, mediana angular a sudredondeada, elementos calcáreos y yeso tr.
4600 - 4630	85 - 100	ARCILLOLITA gris, amarilla, rojiza, varicolor, blanda, algo abigarrada, algo limosa a arenosa.
	15	ARENISCA morena a morena blancuzca, verdosa, mediana a fina, angular, algo arcillosa, no a ligeramente calcárea, débilmente cementada, friable, no flúor a trazas.
	Tazas	ARENA, clara a trasluciente, mediana, angular a subredondeada. Elementos calcáreos y yeso.

MUESTRAS DE ZANJA COLORADO 27

Profundidad (ft)	Porcentaje	Características
3330' – 3360'	100-90%	Arcillas como el anterior.
	Tr. 10%	Arenisca como anterior a limo verdoso, (10% 3330', 40') no flúor. Material Calcáreo.
3360' – 3490'	80-75%	Arcillas gris, rojo, algo verdosa, varicolor, blanda.
	20-15%	Limolita, gris, algo arenoso, calcáreo.
	10-5%	Arenisca, verde a grisosa, muy fina, débilmente cementada, limosa calcárea, friable, no flúor.
3550' – 3660'	100-65%	Arcilla, como anterior.
	Tr. 10%	Arenisca, como anterior. No flúor.
	Tr. 25%	Limolita, como anterior. Fragmentos fósiles 3550'
3660' – 3670'	60 %	Arenisca, verdosa a blanca grisosa, mediana a muy fina, angular, no calcárea, ligeramente arcillosa a finamente micácea, bien cementada, friable, no flúor.
	40 %	Arcillolita, como anterior.
	Tr.	Material calcáreo
3670' – 3710'	100-80%	Arcillolita, como anterior.
	Tr. 15%	Limolita, como anterior.
	Tr. 5%	Arenisca, como anterior. Ligeramente trazas flúor. Material Calcáreo
3710' – 3750'	95 - 100%	Arcillolita, verde, violácea, amarilla, varicolor, blanda, algo abigarrado, limosa a arenosa
	5% tr.	Tr. Material Calcáreo
	Tr.	Yeso, 3720', 30'.
	Tr	Shale verde, blanda con fragmentos fósiles 3740'

3930' – 3950'	90 - 100	Arcillolita verde, roja, marrón, violeta, varicolor, blanda, algo abigarrada, algo limosa a arenosa.
	10	Tr. Arenisca, verde a blanca verdosa, mediana a muy fina, angular, arcillosa a finamente micácea, calcárea, débilmente cementada, friable, no flúor
	Tr.	Yeso y Pirita
4000' – 4030'	90 - 100	Arcillolita, marrón rojizo, verde, amarillo, varicolor, blanda, algo abigarrado, ligeramente limosa a arenosa.
	10	Tr. Arenisca, verde, blancuzca, verde, mediana a muy fina, angular, arcillosa a finamente algo calcárea, micácea, débilmente cementada, friable, no flúor.
	Tr.	Material Calcáreo.
4070' – 4470'	70 - 100	Arcillo lita, verde, amarillo, marrón rojizo, varicolor, blanda, algo abigarrada, limosa a arenosa (excepto 4110'-4120').
	30	Arenisca, verdosa, blanca, mediana a muy fina, angular, calcáreo, arcilloso a micáceo, débilmente cementado, friable, ligeramente pirítica (15% en 4130', 4230', 30% 4250'), Tr. 4090', 4130', 4140', 4170', 4180', 4190', 4230', 4250', 4350, 4360'.
	Tr.	Material Calcáreo. Yeso
4550' – 4630'	75 - 100	Arcillolita, gris, amarilla, marrón rojizo, varicolor, blanda, algo abigarrada, algo limosa a arenosa.
	15	Arenisca, blancuzca, verdosa, mediana a fina, angular, algo arcillosa, no calcárea a ligeramente calcárea, débilmente cementada, friable. 15% en 4570', 4600', tr. fluor 4540', 4560', 4590', 4600', 4620', flúor 4520', 4530', 4570', 80'.
	Tr	Material Calcáreo. Yeso. Arena, clara a transluciente, mediana, angular a subredondeada 10% en 4580', tr. 4590', 600'.

INFORMES DE CORAZONAMIENTO HECHOS POR HUGHES EN 1954

CORAZÓN N° 1

Buzamiento estrato: No

Indicaciones de Petróleo: No

3439' – 3440'11"	Limolita, gris, arcillosa, dura a algo densa, caliza, blanzuzco disperso a lo largo, calcáreo.
3440'11" – 3443'10"	Arcillolita, gris oscuro, dureza considerable, laminar a irregular, algo abigarrado disperso, marrón amarillo oscuro, caras de fricción ocasional.
3443'10" – 3447'11"	Limolita, gris a verde, con algunos granos dispersos erosionados dando un efecto salado, arcilloso, duro, últimos 2" muy calcáreos a calado.
3447'11" – 3448'	Arcillolita, gris oscuro, dúctil, irregular, cara inferior tiene superficies fraccionadas.

CORAZÓN N° 2

Indicaciones de Petróleo: Olor a gas en superficies fracturadas, muy leve a no flúor.

3495' – 3500'3"	Arenisca, verde pálido a verdoso, fino a muy fino, arcilloso, débilmente cementado, algunos granos erosionados o desgastados, muy levemente micáceo, blanca, algunos granos oscuros presentes, leve olor a gas en superficie, muy leve a no flúor.
3500'3" – 3511'5"	Limolita, gris, arcilloso, bueno a regular, no calcáreo.
3511'5" – 3514'8"	Arcillolita, gris violeta a gris verdosa, blando a regular, rastros de perforaciones.

CORAZÓN Nº 3

Buzamiento del estrato: 18°

Indicaciones de Petróleo: No

3522' – 3523'2" Arcillas, gris a gris verdosa, marrón oscura abigarrada, levemente limosa, levemente dura a regular.

3523'2" – 3525'3" Arcillas, gris, limosa, ocasionalmente marrón abigarrada a marrón amarillosa, levemente dura a regular, muy levemente calcárea en partes.

3525'3" – 3533'3" Limolita, gris, arcillosa, algunas inclusiones calcáreas, inclinado 18°, inclinación cruzada, con finos "largueros" de arena, blancuzca, muy fina, calcáreo, pirita ocasional.

3533'3" – 3538'3" Arcillas, violeta grisáceo, colores variados, muy abigarrado, flay a grumosa, blanda a regular.

CORAZÓN Nº 4

Indicaciones de Petróleo: No

3600' – 3618'1" Arcillas, marrón rojo, algo abigarrada, marrón amarilloso, blanda a algo dura, intercaladas con arcillas verdes a grises, limosa, unos pocos granos calcáreos presentes, un poco con superficies friccionadas presentes en parte inferior del núcleo.

CORAZÓN Nº 5

Indicaciones de Petróleo: No

3670' – 3674'11" Arcillas, clasificación violeta e intercalada a marrón rojizo y verdosa, blanda, algo levemente abigarrada, en 3673', hay 2" a 3" que está limosa a muy finamente arenoso, verde.

CORAZÓN Nº 6

3717' – 3717'3,7" Limolita, gris a gris verdosa, micácea (blanca, flackes negros), no calcárea, bien compactada, dura.

CORAZÓN N° 7

Indicaciones de Petróleo: No

3760' – 3761'7" Arcilla, rojo marrón, algo abigarrada, amarillosa, blanda, escamoso.

3761'7" - 3765'2" Arcilla clasificada a limolita, verde arenosa y levemente calcárea hacia el fondo, blanda a dura, irregular ocasional forma nodal de material calcáreo.

3765'2"-3765'4" Arenisca, verdosa grisosa, muy fina, arcillosa, algunas partes altamente calcárea, bien cementada, micácea, algunas trazas manchadas.

3765'4" – 3766' Arcillas a Limolitas, gris, duras, compactas, arenosa en tope 1".

CORAZÓN N° 8

Buzamiento del estrato: 13° en parte superior.

Indicaciones de Petróleo: Leve traza de flúor.

3780' – 3785'9" Limo, azul grisosa, arenosa, micácea, dura, entremezclada a apenas intercalada 13°, con arenas, blancuzcas a grisesas, fina, débil a regular cementación, friable, arcillosa, no calcárea a calcárea hacia el fondo, levemente micácea, leves rastros de flúor.

3785'9" – 3792'10" Arcilla, roja marrón entremezclada a abigarrada con verde grisosa, escamoso, blanda, algo gris violeta.

CORAZÓN N° 9

3811' – 3813' Arcilla rojo marrón, levemente abigarrada, blanda, grumosa, algunas superficies friccionadas presentes, leves rastros de pirita.

3813' – 3822' Limolita, gris, arcillosa, nada a algo calcárea, dura compacta a regular clasificación a arena, grisosa, hacia fondo, fina a muy fina, angular, algún cristal, faces, calcárea, buena a regular cementación, levemente micácea, algunos granos oscuros presente.

CORAZÓN Nº 10

Indicaciones de Petróleo: Reportaron algo de sangrado en superficie de lodo, olor a gas en superficie fracturada, muy leve rastro de flúor.

3831' – 3842'1" Arenisca, blancuzca, a algo **TANNISH** hacia inferior, (posibles manchas leves de aceite), fina, angular, arcillosa, cementación regular, levemente calcárea a no calcárea, friable, olor a gas en superficies frescas, leve a regular flúor.

3842'1" – 3845'8" Limolita, gris a verdosa, compacta, dura, algunas entremezclas calcáreas a no calcáreas (irregular) inferior 6", tiene poca pirita. Nódulos.

3845'8" – 3849' Arcilla, gris a gris verde, blanda, nódulos de pirita a partículas presentes en parte superior, planos de fractura irregular presentes.

CORAZÓN Nº 11

Buzamiento del estrato: 12°

Indicaciones de Petróleo: No, núcleo no era fluorescente.

3853' – 3853'7" Limolita, gris, muy arcillosa, dura, nódulos algo calcáreos, blancuzca.

3853'7" – 3854'4" Arcillosa, gris, limosa, dura, **FLAY CALCAREOUS NODUALS**, blancuzca.

3854'4" – 3858'1" Limolita a Arénisca, verde grisosa a blancuzca, fina a muy fina, dura, bien cementada, compacta, arcillosa calcárea a no calcárea, ocasionalmente nódulos de material calcáreo, muy levemente micáceo.

3858'1" – 3858'4" Arcillolita, gris, limosa a arena fina.

3858'4" – 3861'2" Arenisca, verde grisosa, arcillosa muy fina, nada a débilmente calcárea, dura, algo levemente micácea, con una posible estratificación plana en fondo de 12°.

3861'2" – 3863'4" Arcillolita, oscura rojiza, violeta, dura, abigarrada, amarillosa, marrón, mal fracturada, con superficies friccionadas presentes, convirtiendo de laminar a escamoso hacia el fondo.

3863'4" – 3870' Arcillolita a arcillolita limosa, gris a gris verdosa, dura, fracturada en varias direcciones con ángulos diferentes.

CORAZÓN Nº 12

Indicaciones de Petróleo: Algo leve a rastros de flúor, leves rastros de olor a gas en las partes más bajas.

3888' – 3889'3" Arcillolita, con lodo, gris violeta abigarrada, amarillosa, suave mal fracturada a fracturada.

3889'3" – 3895'11" Arcillolita a arcillolita, nódulos limosos calcáreos, muy nodular hacia el fondo, dura a regular, partículas ocasionales de pirita.

3895'11" – 3897'6" Limolita, blancuzca a grisácea, dura, entre estratificada a estratificación cruzada con arcillolita, limosa, como anterior.

3897'6" – 3898'3" Arenisca, blancuzca a grisácea, muy fina, arcillosa dura, muy calcárea, compacta, algo micácea.

3898'3" – 3898'8" Arcillolita, azul verdosa dura, con algo de limosa a rayas limolitas.

3898'8" – 3903'4" Limolita, estratificación cruzada con arcillolita como anterior, clasificación baja a arenisca grisácea, a color azulado, dura, compacta, algo micácea calcárea, bien cementada, leves rastros de flúor, leves rastros de olor a gas.

CORAZÓN Nº 13

Buzamiento del estrato: 20°

Indicaciones de Petróleo: Reportaron leve sangrado en superficie de lodo, leve olor a gas en superficies expuestas.

3908' – 3918'7" Arenisca, grisácea, clasificado a blancuzco apagado, fina a muy fina, algo de estratificación cruzada, abundantes minerales oscuros calcáreos a levemente calcáreos, una sección calcárea dura de 6" en 3910' arcillosa en parte, friable, leve olor a gas en superficie fresca, regular flúor.

3918'7" – 3926'6" Limolita, gris verdosa, pirita arcillosa, arriba de 1 pie, dura, con algunas secciones calcáreas en partes con algo de estratificación cruzada a inclusiones hacia el fondo, algunas superficies friccionadas y algunos estratos planos en +/- 20° hacia el fondo.

CORAZÓN N° 14

Buzamiento del estrato: 15 - 18°

Indicaciones de Petróleo: Reportaron leve sangrado de aceite y olor a gas.

3954' – 3957' Limolita, verdosa a arcillosa, algunos nódulos calcáreos, blancuzca, compacta.

3957' – 3963'4" Limolita a arenisca, verdosa a blancuzca, muy fina, entre estratificado 15 a 18°, calcáreo a no calcáreo, algo arenosa.

3963'4" – 3969' Arenisca, blancuzca a verdosa, algo opacada, muy fina a fina, algunos granos calcáreos a no calcáreos, cementación débil a regular, levemente micáceo, friable, clasificada arcillosa a media, algo tosco hacia el fondo con 3" veta arcillosa 6" de fondo que es pirita, olor a gas reportado, leves rastros de flúor.

CORAZÓN N° 15

Indicaciones de Petróleo: No

3972' – 3972'11" Arenisca blancuzca a gris verdosa, mediana a fina, no calcárea, arcillosa, dura, friable pero bien cementada, granos angulares, leves rastros de pirita.

3972'1" – 3983'9" Limolita, gris verdosa, arcillosa, dura, compacta, inclusiones calcáreas a largas, arriba de 4' y superficies friccionadas y fracturas en fondo.

3983'9" – 3988'11" Arcillolita, verdosa, violeta amarillosa abigarrada, blanda a algo regular, clasificada a limosa, laminar a escamosa, quebrado a fracturado con superficies friccionadas.

CORAZÓN N° 16

Buzamiento del estrato: 13-15°

Indicaciones de Petróleo: Reportaron olor a gas y leve olor a aceite en superficies expuestas y rastro de flúor.

4032' - 4032'4" Limolita, gris azulada, dura, algo inter estratificado a estratificación cruzada +/- 13° con limolita, blancuzca, arena muy fina, levemente micácea.

4032'4" – 4039'10" Arenisca, blancuzca a leve opacada, fina, abundantes granos oscuros, dura a regular friable, caras de cristal en algunas superficies quebradas, nada a levemente calcárea, convirtiéndose en calcárea y densa a 4037'2", algo micácea con unas 2" de arcilla y banda en 4037', 4037'2", con algunos granos medios en 4038', 4038'7", con 15°, leve a regular flúor.

4039'10" – 4041'10" Limolita, gris a amarillosa, blanda a regular, algo abigarrada, quebrada a algo fracturada con superficies friccionadas.

CORAZÓN Nº 17

Indicaciones de Petróleo: Ninguno

4052' – 4060' Limolita, a limolita, limosa gris a verde grisácea, dura a regular, pirita abundante, con nódulos calcáreos a largos hacia el fondo.

4060' – 4061'6" Liolita, gris a verdosa, dura, calcáreo a levemente calcáreo, leves rastros de pirita arcillosa.

4061'6" – 4062'11" Arenisca, grisácea a blancuzca, muy fina a fina, arcillosa, nada calcárea, friable, dura a regular, micácea a levemente micácea, toscamente fracturado a estratificado 20°, algunas inclusiones arcillosas, gris azulada, nada de flúor.

CORAZÓN Nº 18

Buzamiento del estrato: 18-21°

Indicaciones de Petróleo: Ninguna. Reportaron olor a aceite en superficies expuestas, regular a buen flúor.

4109' – 4110'10" Arenisca, inter estratificada a estratificación cruzada con limolita, blancuzca a grisácea, muy fina a algo fina, nada calcárea, dura, regular a bien cementada, friable, nada de flúor.

4110'10" – 4112'5" Arenisca, blancuzca a grisácea, fina a algo medio, arcillosa en parte, dura, friable, regular a bien cementada, nada calcárea a granos algo calcáreos, leves trazos de pirita, rastros a muy levemente micácea, muy levemente a nada de flúor.

4112'5" – 4112'10" Limolita a arcillolita, grisácea, dura a regular entremezclada con arena a arenisca, blanca, fina, calcárea, piritina fina y algunas con nódulos con manchas de hierro (óxidos) en núcleos.

4112'10" – 4115'1" Limolita, grisáceo entreestratificado con arenisca, blancuzca, muy fina, nada calcáreo, trazas levemente calcáreas, dura, friable, ocasionalmente micácea muy fina, nada a muy levemente flúor.

CORAZÓN N° 19

4449' – 4456'6" Limolita a limolita, arena algo fina, gris a blancuzca opaca estratificación cruzada a entremezclada, irregular, dura, compacta, nada calcárea a levemente calcárea, muy levemente trazas de flúor a nada flúor.

CORAZÓN N° 20

4469' – 4471'10" Arcillolita, gris violeta, clasificación a gris verdoso abigarrado, amarillento, marrón, laminar a escamoso, nada calcáreo, blanda a regular, algunos planos de fractura presentes.

CORAZÓN N° 21

Indicaciones de Petróleos: Ninguna. Muy leves rastros de flúor.

4473' – 4474' Arcillolita gris violeta algo verdoso, abigarrada, marrón amarillento, dura a regular, algunas fracturas con superficies friccionadas.

4474' – 4479'9" Limolita, azulado a azul gris, arcilloso, compacta dura, bien cementada, algunos nódulos calcáreos, incrustado, clasificado a azul blancuzco hacia el fondo nada calcáreo.

4479'9" – 4482'9" Limolita, blancuzco a muy levemente opaco, alguna arena muy fina, dura, compacta, muy levemente calcárea, arcillosa en parte, muy leve flúor.

4482'9" – 4487'10" Arcillolita, limosa gris violeta oscura, clasificación más ligera Downard con algunos nódulos calcáreos a granos en superior, dura, compacta.

4487'10" – 4490'1" Limolita a limolita, arenosa, blancuzca a gris azulada, dura, compacta, nada a muy levemente calcárea, estratificación cruzada a estratificado irregular 15°, flúor.

4490'1" – 4493' Shale, grisáceo a verdoso a negro, alguna obstrucción blancuzca, grumoso, arenoso a limoso, nada calcáreo, blanda con algunas rayas limosas duras.

CORAZÓN 22

Indicaciones de Petróleo: Manchas de flúor irregulares en fondo del núcleo.

4499' – 4505'6" Arcillolita, limosa a arcillolita, gris a verdosa y abigarrada, amarillosa algo rojiza, dura a regular, laminar a escamoso.

4505'6" – 4510'1" Limolita, azul gris a gris verdoa, dura, nada calcárea.

4510'1" – 4514' Limolita clasificada a Arena Limolita y arenisca, muy fina, blancuzca a verdosa, dura, algunos planos de fractura, nada calcárea, nada flúor.

INTERPRETACIÓN REGISTROS

Intervalo 1:

3488' – 3500' Espesor neto: 12',
Porosidad Regular, Saturación Aceite: 58%
Porosidad: 12% (Rxo 34,6)
Posiblemente producción de aceite

Intervalo 2

3668' – 3672' Espesor neto: 4'
Porosidad regular = 15%
Saturación de aceite: 59%, Rxo: 34
Posiblemente productor de aceite

Intervalo 3

3825' – 3846' Espesor neto: 11'
Buena porosidad = 14%
Saturación de Aceite: 58%, Rxo: 23,75
Posiblemente productor de aceite

Intervalo 4

3907' – 3924' Espesor neto: 17'
Buena Porosidad. Porosidad: 11%
Saturación de aceite: 61% (Rxo: 35,8)
Posiblemente productor de aceite.

Intervalo 5

4081" – 4093" Espesor neto: 12'
Buena Porosidad.
Productor de aceite.

Intervalo 6

4106' – 4120' Espesor neto: 14'
Buena Porosidad. Porosidad: 15%
Saturación de aceite: 67% (Rxo: 37,5)
Posiblemente productor de aceite.

Intervalo 7

4122' – 4134' Espesor neto: 12'

Buena a regular porosidad. Porosidad: 12%

Saturación de aceite: 50%

Posiblemente productor de aceite.

Intervalo 8

4174' – 4183' Espesor neto: 9'

Regular porosidad. Porosidad: 11%

Saturación de aceite: 78% (Rxo: 28)

Posiblemente productor de aceite.

Intervalo 9

4243' – 4256' Espesor neto: 13'

Buena Porosidad. Porosidad: 14%

Saturación de aceite: 58% (Rxo: 22,5)

Posiblemente productor de aceite.

ANEXO B. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA POZO COLORADO 31

MUESTRA DE ZANJA

1900'- 2010'

70% ARCILLAS amarilla, violáceas y rojizas.

30% ARENISCAS verdosas como anterior.

Tr. Pirita.

2010' – 2050'

80% ARENISCA blanca y algo verdosa media, subangular, regular compactación y ligeramente calcárea, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, glauconita.

20% ARCILLAS magras violáceas, rojizas y amarillosas, escasos fragmentos de gris oscuras.

Tr. Yeso (2030', 2050')

Tr. LIMOLITA, gris verdosa. Muy buena fluorescencia.

2050'- 2080'

70% ARCILLAS magras y bolaceas, pardo rojizas y amarillosas, fragmentos grisosos y blancuzcos.

20% LIMOLITA gris azulosa.

10% ARENISCA blanca y verdosa como anterior con algo de arena suelta, fragmentos piritosos.

2080'- 2100'

70% ARCILLAS violáceas con algo de amarillas y rojizas, fragmentos abigarrados,

30% ARENISCA blanca y verdosa, fina a media subangular, regular compactación, fragmentos de LIMOLITA blanca.

Tr. PIRITA.

2100'- 2120'

60% ARENA, blanca cuarzosa suelta, fina a gruesa, y conglomerática, subangular, a subredondeada, cuarzo cristalino, hipo, ahumado, fragmentos de arenisca blanca y verdosa, fragmentos limolita blanca.

40% ARCILLAS violáceas, amarillas y pardo rojizas

Tr. PIRITA.

2120'- 2130'

60% ARCILLAS como anteriores.

40% ARENA como anterior con fragmentos de arenisca y limolita.

Tr. PIRITA.

2130'- 2140'

50% ARENISCA gris verdosa, fina a media, subangular, regular compactación, cuarzo cristalino, hipo, clorita, algo de arena suelta.

50% ARCILLAS, violáceas amarillas y rojizas. Trazas fluorescencia.

2140'- 2170'

70% ARENISCA gris verdosa como anterior y algo calcárea y arena suelta, fina a gruesa, subangular, pirita.

30% ARCILLAS, como anterior.

Tr. Yeso. PIRITA, fragmentos de fósiles calcáreos

2170'- 2180'

95% ARENISCA gris verdosa y blancuzca, media, subangular, regular compactación cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, biotita con arena suelta fina a media, subangular.

5% ARCILLAS violáceas, amarillas y rojizas. Excelente fluorescencia.

2180'- 2190'

70% ARENA suelta y ARENISCA como anterior.

30% ARCILLAS, como anterior
Tr. PIRITA

2190'- 2220'

70% ARCILLAS violáceas, pardo amarillas y pardo rojizas, con fragmentos gris oscuros.
30% ARENISCA, gris verdosa y blancuzca fina a media, regular compactación.
Tr. PIRITA

2220'- 2250'

70% ARCILLAS violáceas, pardo rojizas y amarillosas, fragmentos gris oscuros.
30% ARENISCA gris verdosa y blancuzca, fina a media, regular compactación, con arena suelta fina a gruesa y conglomerática, sub-redondeada, cuarzo cristalino, hipo.
Tr. YESO, PIRITA.

2250'- 2280'

80% ARCILLAS como anteriores, abundantes fragmentos abigarrados.
20% ARENISCA gris verdosa como anterior.

2280 – 2310'

70% ARENISCA gris verdosa como anterior con fragmentos medio y grueso granular, regular compactación, ligeramente calcáreos, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, biotita.
30% ARCILLAS como anteriores
Tr. PIRITA (2310')

2310'- 2320'

70% ARENISCA gris verdosa y blanca, fina a media, regular compactación, débilmente calcáreo, con arena suelta, media a gruesa, subredondeada.
30% ARCILLAS violáceas, rojizas y amarillosas, fragmentos abigarrados. Regular fluorescencia.

2320'- 2360'

70% ARENISCA verdosa con fragmentos blancos, fina regular compactación, débil calcáreo y ARENA suelta verdosa y blanca cuarzosa, cuarzo cristalino, hipocristalino.
ARCILLAS violáceas, pardo amarillas y pardo rojiza, amarillas, fragmentos con planos de deslizamiento (2320')

2360'- 2370'

70% ARENA blanca, cuarzosa suelta, media a gruesa, subangular, buena escogencia, cuarzo cristalino, hipo, lidita y fragmentos de arenisca, gruesa poco compactación y verdosas finas regular compactación.

30% ARCILLAS violáceas, pardo rojizas y amarillosas.

Tr. PIRITA.

2370'- 2380'

60% ARCILLAS violáceas, amarillosas y rojizas, fragmentos abigarrados.

40% ARENISCA verdosa y blanca, fina, regular, compactación y arena suelta, blanca cuarzosa fina a gruesa, sub-redondeada.

Tr. PIRITA.

2380'- 2390'

70% ARENISCA, verdosa con fragmentos blancuzcos fina, regular compactación y algo calcárea cuarzo cristalino, hipo, clorita, biotita, arena suelta fina y algo de gruesa y conglomeratica, sub-redondeada.

30% ARCILLAS violáceas, pardo rojizas y amarillas, fragmentos abigarrados.

Tr. PIRITA.

2390'- 2440'

60% ARENA suelta blanca gruesa a conglomeratica, sub-redondeada, cuarzo cristalino, hipo, lidita y fragmentos de arenisca y verdosa fina y blanca fina a media regular compactación, fragmentos limolita blanca.

40% ARCILLAS violáceas, pardo rojizas y amarillosas con algo de grisosas, fragmentos abigarrados.

Tr. PIRITA en agregados y en fragmentos de arenisca.

Tr. YESO (2430', 2440'). Débiles trazas de fluorescencia 2420.

2440'- 2570'

70% ARENISCA verdosa y blanca fina con arena suelta gruesa y conglomeratica, como anterior.

30% ARCILLAS como anterior y gris oscuras.

Tr. PIRITA agregados y en fragmentos de arenisca.

2470'- 2490'

60% ARENISCA muy fina gris verdosa y blancuzca regular compactación.

40% ARCILLAS gris y blancuzca. LIMOLITA gris y blancuzca.

Tr. PIRITA.

2490'- 2520'

70% ARENISCA gris verdosa fina y blanca fina a media, regular compactación, ligeramente calcárea, escasos granos de arena suelta cuarzosa media a gruesa subangular, escasos fragmentos de carbón.

30% ARCILLAS violáceas, amarillas y rojizas y grisosas oscuras escasas.

Tr. PIRITA en agregados y pequeños fragmentos en arenisca

Tr. YESO

2520'- 2530'

90% ARENISCA blanca media poca compactación, cuarzo cristalino, hipo, clorita, pequeñas intercalaciones carbonosas, lidita y gris verdosa, fina regular compactación fina, fragmentos de limolita blanca.

10% ARCILLAS violáceas, rojizas, amarillas, algo arenosas.

Tr. PIRITA, muy buena fluorescencia.

2530'- 2560'

70% ARENISCA, verdosa fina regular compactación y pequeños fragmentos blancos media, cuarzo cristalino, hipo, clorita, arena suelta fina a media subangular.

30% ARCILLAS violáceas, rojizas, amarillosas

Tr. PIRITA. Fluorescencia (2540', 2560):

2560'- 2600'

70% ARENISCA blanca y gris verdosa, media y fina, regular a poca compactación, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, pequeños intercalaciones carbonosas con arena suelta fina a media, subangular.

Tr. LIMOLITA, blanca,

30% ARCILLAS violáceas, rojizas y amarillosas algo de amarillo verdosas

Tr. PIRITA (abundante 5% 2600')

2600'- 2620'

70% ARENISCA blanca como anterior con fragmentos verdosos finos y arena suelta.

- 30% ARCILLAS pardo rojizas amarillas y violáceas.
- 10% PIRITA

2620'- 2650'

- 100% ARENISCA grisosa y blanca, fina a media, regular compactación, fragmentos arcillosos, trazas limolita blanca.
- Tr. ARCILLAS violáceas, rojizas y amarillas.
- Tr. PIRITA en intercalaciones y cristales agregados
- Tr. YESO.

2650'- 2670'

- 90% ARENISCA grisosa y blanca con arena suelta como anteriores, intercalaciones carbonosas
- 10% ARCILLAS pardo rojizas, violáceas y amarillosas, como anterior.
- Tr. PIRITA
- Tr. YESO

2670'- 2690'

- 60% ARCILLAS violáceas, rojizas y amarillosas fragmentos arenosos.
- 40% ARENISCA gris verdosa y blanca, con arena suelta media a gruesa, subangular.
- Tr. PIRITA

2690'- 2700'

- 95% ARENISCA gris verdosa, fragmentos blancos fina, regular compactación y algo calcárea, cuarzo cristalino, hipo, clorita, pequeñas intercalaciones carbonosas, algo de arena suelta fino a media sub-angular.
- 5% ARCILLAS violáceas, rojizas, amarillosas.
- TR. PIRITA.

2700'- 2710'

- 80% ARENISCA blanca, cuarzosa, media, subangular, regular compactación, y algo calcárea, fragmentos finos gris verdosos, cuarzo cristalino, hipo, clorita, arena suelta fina a media subangular.
- 10% ARCILLAS violáceas, rojizas y amarillosas.
- 10% PIRITA. Fluorescencia buena.

2710'- 2720'

- 60% ARENISCA blanca y grisosa, fina algo arcillosa, fragmentos medios.
- 40% ARCILLAS grisesas, oscuras, violáceas, rojizas y amarillosas
- Tr. PIRITA. Fluorescencia regular

2720'- 2730'

- 60% ARENISCA blanca y grisosa como anterior y con arena suelta.
- 40% ARCILLAS amarillas violáceas y rojizas
- Tr. PIRITA. Trazas de fluorescencia

2730'- 2740'

- 60% ARCILLAS violáceas, pardo rojizas, amarillosas y grisesas.
- 40% ARENISCA gris verdosa, fina regular compactación y algo de arena suelta.

2740'- 2780'

- 90% ARENISCA gris verdosa fina regular compactación, fragmentos blancos medios, poca arena suelta, fina a media subangular, fragmentos limolita blanca.
- 10% ARCILLAS violáceas, rojizas y amarillosas.
- Tr. PIRITA. Regular fluorescencia 2770', 2780; tr. 2760'.

2780'- 2800'

- 90% ARCILLAS violáceas amarillosas y gris verdosas.
- 10% ARENISCA blanca y verdosa fina a media con arena suelta fina a gruesa.

2800'- 2810'

- 70% ARENISCA blanca y gris verdosa, fina a media, regular a poco compactación y algo calcáreas, algo de arena suelta fina a gruesa subangular.
- 30% ARCILLAS violáceas, amarillosas y rojizas.

2810'- 2830'

- 60% ARCILLAS violáceas, amarillas y pardo amarillas,
- 40% ARENISCA blanca y gris verdosa como anteriores. Débiles trazas de fluorescencia

2830'- 2850'

- 80% ARENISCA gris verdosa fina regular compactación
- 20% ARCILLAS violáceas, amarillas y grisesas y pardo rojizas.

2850'- 2870'

80% ARENISCA gris verdosa fina como anterior y blanca de poco compactación, abundante arenisca suelta, fina a media, subangular.

20% ARCILLAS violáceas, pardo rojizas y amarillosas.

Tr. PIRITA.

2870'- 2880'

60% ARCILLAS violáceas, amarillas, rojizas y grisosas.

40% ARENISCA gris verdosa y blanca fina como anterior.

2880'- 2920'

90% ARCILLAS amarillas, violáceas, rojizas y grisosas, fragmentos abigarrados.

10% ARENISCA gris verdosa y blanca como anteriores.

Tr. PIRITA en fragmentos calcáreos.

2920'- 2930'

60% ARENISCA blanca, fragmentos grisosos, fina, regular compactación y algo de arena suelta.

40% ARCILLAS violáceas, amarillosas y rojiza

Tr. PIRITA

2930'- 2950'

70% ARCILLAS como anteriores.

30% ARENISCA con arena suelta como anterior.

2950' – 2960'

70% ARENISCA gris verdosa y blanca, fina a media, regular compactación y débilmente calcárea, poca arena blanca suelta, fina a media, subangular.

30% ARCILLAS violáceas, pardo rojizas y amarillosas

2960'- 2970'

70% ARCILLAS violáceas y amarillosas.

30% ARENISCA como anterior.

2970'- 2980'

50% ARENISCA gris y blanca fina, regular compactación, algo de arena suelta fina a conglomerática, sub-redondeada.

50% ARCILLAS violáceas, amarillas y rojizas.
Tr. PIRITA.

2980'- 3010'

70% ARCILLAS violáceas, amarillas y rojizas
30% ARENISCA gris verdosa fina y arena suelta blanca, media subangular.

3010'- 3020'

70% ARENISCA blanca media y gris a verdosa fina, poca compactación, algo calcárea y arena suelta fina a media subangular, cuarzo cristalino, hipo, clorita.
30% ARCILLAS violáceas, amarillas y rojizas
Tr. PIRITA en cristales e intercalados en fragmentos de arenisca. Trazas de fluorescencia

3020'- 3100'

50% ARENISCA blanca y verdosa y arena suelta como anterior.
50% ARCILLAS, como anterior
Tr. PIRITA

3100'- 3110'

55% ARENISCA gris verdosa y blanca fina, regular compactación y arena suelta fina a media, subangular.
40% ARCILLAS violáceas amarillosas y rojizas, fragmentos arenosos.
5% PIRITA

3110'- 3150'

60% ARCILLAS violáceas amarillosas y rojizas, fragmentos abigarrados.
40% ARENISCA gris verdosa y blanca fina, con algo de arena suelta fina a media y subangular.

3150'- 3180'

90% ARCILLAS violáceas, amarillosas, rojizas y gris blancuzcas, fragmentos con planos de deslizamiento.
10% ARENISCA blanca y verdosa, fina a media, regular compactación y escasos granos de arena cuarzosa, suelta, media, subangular.
Tr. PIRITA. No fluorescencia

3180'- 3230'

70% ARENISCA gris verdosa, fragmentos blancos fina a media, regular compactación y débilmente calcárea, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, intercalaciones carbonosas.

30% ARCILLAS violáceas, rojizas y amarillosas, fragmentos abigarrados.

Tr. PIRITA a 3200' en agregados con material calcáreo 3210' agregados en fragmentos de arenisca. No fluorescente

NOTA: Las muestras 3170 a 3230' se encontraron llenas de aceite proveniente de un tanque cercano.

3230'- 3210'

70% ARCILLAS violáceas, grisosas y amarillosas fragmentos abigarrados.

30% ARENISCA gris, fina regular compactación. Muestra contaminada de aceite del sistema de lodo, fluorescencia amarillo verdosa.

3210'- 3230'

50% ARENISCA blanca grisosa y gris verdosa, fina regular compactación, débilmente calcárea, arena suelta, fina a media sub-angular cuarzo cristalino, hipo, clorita.

50% ARCILLAS violáceas, rojizas, amarillosas y grisosas, fragmentos abigarrados. Manchas de aceite posiblemente debido a contaminación.

3230'- 3280'

60% ARENISCA blanca grisosa y gris verdosa fina con algo de arena suelta como anterior; abundancia de arenisca gris verdosa.

40% ARCILLAS violáceas, rojizas, amarillas y grisosas como anteriores.

Tr. PIRITA en fragmentos de arenisca

Tr. YESO 3280'.

3280'- 3300'

50% ARENISCA blanca y gris verdosa, fina, regular compactación, arena suelta fina a media, subangular.

50% ARCILLAS, violáceas, pardo rojizas y grisosas, fragmentos abigarrados. Yeso 3300.

3300'- 3310'

60% ARCILLAS violáceas, amarillas, pardo rojizas, y grisosas.

40% ARENISCA blanca y gris verdosa como anterior arena suelta fina a media subangular.

Tr. PIRITA suelta y un fragmento de arenisca

3310'- 3350'

- 70% ARENISCA blanca y verdosa, fina regular compactación, con arena suelta como anteriores.
- 30% ARCILLAS amarillas, violáceas y pardo rojizas grisosas.
- Tr. PIRITA suelta y en fragmentos de arenisca.

3350'- 3360'

- 60% ARCILLAS grisosas con violáceas y amarillosas, fragmentos arenosos
- 40% ARENISCA blanca y verdosa, fina regular compactación, arena suelta, fina a media subangular.

3360'- 3370'

- 70% ARENISCA gris blanca y verdosa, fina, regular compactación y arena suelta, cuarzo fina a media, subangular, cuarzo cristalino, hipo, ahumado, lidita.
- 30% ARCILLAS grisosas, violáceas y amarillas.

3370'- 3390'

- 70% ARCILLAS grisosas algo arenosas y violáceas y amarillosas abigarradas.
- 30% ARENISCA blanca grisosas y gris verdosa, fina arena suelta fina a media,

3390'- 3410'

- 75% ARENISCA grisosa, blanca, y gris verdosa, fina regular compactación y poco calcárea arena suelta, fina a media, subangular,
- 25% ARCILLAS violáceas, grisosas, pardo rojizas y amarillosas, fragmentos abigarrados.

3410'- 3440'

- 50% ARENISCA blanca y gris verdosa muy fina a fina, regular compactación, poco arena suelta.
- 50% ARCILLAS violáceas grisosas y amarillosas, fragmentos abigarrados.

3440'- 3450'

- 70% ARENISCA, grisosa, blanca y verdosa, fina regular compactación. Arena suelta fina a media subangular
- 30% ARCILLAS, violáceas grisosas y amarillosas

3450'- 3460'

- 90% ARENISCA blanca y grisosa verdosa muy fina a fina, regular compactación, débilmente calcárea poca arena suelta.

10% ARCILLAS violáceas, grisesas y amarillosas
Tr. PIRITA en agregados de arenisca.

3460'- 3500'

75% ARENISCA blanca y grisosa verdosa como anterior
25% ARCILLAS, como anteriores.
Tr. PIRITA como anteriores y en cristales sueltos, 2500; débil fluorescencia a 3460.

3500'- 3530'

50% ARENISCA blanca, grisosa y verdosa, fina, regular compactación.
50% ARCILLAS violáceas, grisesas y amarillosas fragmentos abigarrados, fragmentos arenosos

3530'- 3540'

70% ARCILLAS violáceas, grisesas y amarillosas, fragmentos abigarrados.
30% ARENISCA blanca grisosa y verdosa, fina, regular compactación, arena suelta fina a media, subangular.

3540'- 3560'

60% ARENISCA blanca grisosa y verdosa, fina a media, regular a poco compactación, algo calcárea, arena suelta fina a media, subangular.
40% ARCILLAS violáceas, grisesas, amarillosas y rojizas.

3560'- 3600'

75% ARENISCA blanca y gris verdosa fina a media como anterior con arena suelta fina a media subangular.
25% ARCILLAS violáceas amarillosas y rojizas
Tr. YESO 3580'.
Tr. PIRITA 3590', 3600

3600'- 3620'

60% ARENISCA blanca y gris verdosa como anteriores, fragmentos blanco cristalino calcáreo en contacto con lamina ferruginosa.
40% ARCILLAS violáceas, grisesas, amarillosas, con algo de gris oscura y rosa,

Muestra de 3200'- 3620', contaminadas de aceite del sistema de lodo.

3620'- 3630'

- 90% ARCILLAS violáceas, amarillosas y grisosas fragmentos rojizos, fragmentos abigarrados.
- 10% ARENISCA gris blancuzca y verdosa fina a media, regular compactación, escasa arena suelta fina a media subangular.

3630'- 3660'

- 60% ARENISCA blanca y grisosa, con fragmentos verdes, fina a media, regular compactación, fragmentos arcillosos; arena suelta fina a media subangular.
- 40% ARCILLAS violáceas, amarillosas, grisosas y rojizas, fragmentos arenosos, fragmentos abigarrados.

3660'- 3670'

- 90% ARCILLAS grisosas, violáceas con amarillos y rojizas, fragmentos abundantes arenosos y limolíticos.
- 10% ARENISCA blanca y verdosa fina, regular compactación.
- Tr. PIRITA en cristales sueltos y en fragmentos de arenisca y arcilla arenosa.

3670'- 3690'

- 70% ARENISCA grisosa con fragmentos verdosos y blancos, muy fina a fina, regular compactación, arena suelta fina a media subangular.
- 30% ARCILLAS violáceas, amarillas y rojizas, fragmentos abigarrados.
- Tr. PIRITA

3690'- 3710'

- 60% ARCILLAS grisosas, violáceas, amarillas y rojizas, fragmentos arenosos.
- 40% ARENISCA grisosa y blanca, fragmentos verdosos, muy fina a fina y media, regular compactación, arena fina suelta a media subangular.
- Tr. PIRITA
- Tr. YESO fibroso, 3700

3710'- 3730'

- 50% ARCILLAS grisosas, violáceas, amarillas y rojizas como anterior.
- 50% ARENISCA grisosa y blanca como anterior con arena suelta, limolita blanca.
- Tr. PIRITA
- Tr. YESO fibroso 3730.

3730'- 3800'

60% ARCILLAS grisesas, violáceas, amarillas y rojizas, fragmentos bandeados.

40% ARENISCA grisosa, verdosa y blanca, muy fina a media, regular compactacion, arena suelta fina a media subangular, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita.

Tr. PIRITA. Pequeñas esféricas silíceas, a 3760', 3770', 3780'.

3800'- 3810'

90% ARENISCA Pardo grisosa y gris verdosa, media, poca compactación, débilmente calcárea, cuarzo cristalino, hipo, clorita, arena cuarzosa, suelta fina a media subangular.

10% ARCILLAS violáceas, grisesas y amarillosas. Excelente fluorescencia

3810'- 3820'

70% ARENISCA blanca y gris verdosa fina a media, regular a poca compactación, débilmente calcárea, fragmentos marrones, cuarzo cristalino, hipo, clorita.

30% ARCILLAS violáceas, grisesas, amarillas y rojizas, fragmentos arenosos.

Tr. PIRITA en fragmentos de arenisca y arcillas, Tr. De fluorescencia

3820'- 3830'

90% ARENISCA como anterior y fragmentos blanco grisesos y verdosos gruesos y conglomeraticos, poca compactación y calcárea arena suelta fina a media y gruesa subangular

10% ARCILLAS como anteriores, fragmentos abigarrados.

Tr. PIRITA en fragmentos de arenisca y cristales sueltos, Buena fluorescencia.

3830'- 3840'

70% ARENISCA blanca y gris verdosa, muy fina a gruesa y conglomeratica, regular a poca compactación, fragmentos calcáreos.

30% ARCILLAS violáceas, grisesas, pardo amarillas y pardo rojizas.

Tr. PIRITA en cristales sueltos y en fragmentos de arenisca y arcilla. Regular fluorescencia.

3840'- 3920'

60% ARENISCA blanca, grisosa y verdosa, muy fina a fina, fragmentos media y gruesa, calcárea, regular a poca compactación.

40% ARCILLAS violáceas, grisesas, amarillosas y pardo rojizas, fragmentos arenosos.

Tr. PIRITA cristales sueltos y en fragmentos de arenisca y arcilla

Tr. YESO. Débil ttraza de fluorescencia.

3920'- 3980'

60% ARENISCA blanca y verdosa, fina a media, regular a poca compactación, fragmentos regularmente calcáreos; arena suelta fina a media, subangular, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita.

40% ARCILLAS violáceas, grisosas, amarillosas, y pardo rojizas.

Tr. YESO 3930. PIRITA en fragmentos de arenisca, escasas esferitas silíceas 3980. Débiles trazas de fluorescencia 3930', 3980'.

3980'- 4010'

50% ARENISCA blanca y verdosa, fragmentos pardo violáceos, fina a media, regular compactación, fragmentos regularmente calcáreos.

50% ARCILLAS, violáceas, amarillosas, grises y pardo rojizas.

Tr. PIRITA.

4010'- 4050'

70% ARENISCA gris verdosa fina regular compactación y blanca media a gruesa, poco compactación, algo calcárea; abundante arena suelta, media a gruesa y conglomerática, subangular, a subredondeada, cuarzo cristalino, hipo, lidita, glauconita, biotita.

30% ARCILLAS violáceas, pequeñas intercalaciones carbonosas, amarillosas y pardo rojizas.

Tr. PIRITA

Tr. YESO 4030'. Planos de deslizamiento en arcillas violáceas, 4030'. Fluorescencia regular 4020', 4030', 4030', débil 4040', 4050'.

4050'- 4060'

60% ARENISCA gris verdosa, fina y blanca media a gruesa como anterior, arena suelta, media a conglomerática, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, pequeñas intercalaciones carbonosas, glauconita.

40% ARCILLAS violáceas, amarillosas y pardo rojizas.

Tr. PIRITA, YESO. Débil trazas de fluorescencia

4060'- 4070'

70% ARCILLAS violáceas, tintes amarillosos y rojizos, fragmentos amarillos y pardo rojizos, grisosas.

30% ARENISCA gris verdosa y blanca, fina a media, regular compactación y arena cuarzosa, blanca, fina a media y gruesa.

Tr. PIRITA

4070'- 4110'

70% ARENISCA blanca, poca compactación y calcárea fragmentos gris verdosos finos regular compactación; arena suelta fina a media y gruesa, subangular a subredondeado, cuarzo cristalino, hipo, lidita, negra, fragmentos de limolita blanca.

30% ARCILLAS violáceas, tintes amarillos y rojizos, fragmentos amarillos y pardo rojizos.

Tr. PIRITA, YESO 4080'. Regular fluorescencia.

3810'- 4110'

NOTA: En este intervalo las muestras están muy contaminadas de aceite del sistema de lodo. En la fluorescencia se ha tratado de considerar la causada por la contaminación del aceite.

4110'- 4120'

70% ARENISCA gris verdosa, fina regular compactación, débilmente calcárea y blanca media gruesa, subangular, poca compactación, arena suelta, cuarzosa, fina a gruesa, subangular, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, biotita.

30% ARCILLAS violáceas con tintes amarillos y rojizos, grisosas y verdosas, fragmentos arenosos.

Tr. PIRITA. Regular fluorescencia.

4120'- 4150'

70% ARENISCA gris verdosa y blanca, fina regular a poca compactación, débilmente calcárea, arena suelta fina a media, subangular a subredondeada, fragmentos de limolita blanca.

30% ARCILLAS violáceas, amarillosas y rojizas, grisosas oscuras.

Tr. PIRITA. Trazas de fluorescencia, fragmentos de fósil no calcáreo en arcilla gris oscura 4140'.

4150'- 4170'

70% ARENISCA blanca fina a media, poca compactación, y gris verdosa fina, regular compactación, fragmentos limolita blanca, poca arena suelta fina a media.

30% ARCILLAS violáceas, grisosas, tintes amarillos, rojizos.

Tr. PIRITA. Trazos de fluorescencia.

4170'- 4180'

70% ARENISCA blanca cuarzosa media poca compactación y gris verdosa fina, regular compactación, arena suelta fina a media subangular, cuarzo cristalino, hipo clorita, pequeños fragmentos de carbón.

30% ARCILLAS amarillosas y violáceas, tintes rojizos, fragmentos grisosos.

Tr. PIRITA

4180'- 4210'

80% ARENISCA gris verdosa fina regular compactación y blanca media, poco consolidada, arena muy fina a media, subangular, cuarzo cristalino, hipo clorita, biotita, fragmentos de limolita blanca.

20% ARCILLAS amarillas, violáceas y pardo rojizas.

Tr. PIRITA

4210'- 4260'

70% ARENISCA gris verdosa y blanca, fina, regular compactación fragmentos débilmente calcáreos, arena suelta fina a media subangular cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, pequeñas escasas esferas silíceas y ferruginosas.

30% ARCILLAS violáceas, amarillosas y rojizas.

Tr. PIRITA, 4230', 4260'.

4260'- 4280'

60% ARENISCA gris verdosa y blanca, fina a media, regular a poca compactación, fragmentos débilmente calcáreos, arena suelta, fina a media, subangular, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita.

40% ARCILLAS violáceas, tintes amarillosos, pardo rojizos.

Tr. PIRITA

4280'- 4290'

60% ARCILLAS violáceas, tintes amarillosos, amarillas y pardo rojizas, fragmentos con planos de deslizamiento.

40% ARENISCA blanca media poca compactación y fina verdosa regular compactación, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, pequeñas intercalaciones carbonosas.

4290'- 4300'

60% ARENISCA blanca, grisosa y verdosa fina, regular compactación, poca arena suelta fina.

40% ARCILLAS violáceas, tintes amarillosos, pardo rojizas.

Tr. PIRITA

4300'- 4330'

80% ARENISCA gris verdosa y blanca fina a media, regular compactación, débil calcárea, fragmentos limolita blanca.

20% ARCILLAS como anteriores

Tr. PIRITA

Tr. YESO 4330'.

4330'- 4360'

100% ARCILLAS violáceas, tintes amarillos, pardo rojizos y grisosos.

Tr. ARENISCA blanca y verdosa, fina.

4360'- 4380'

90% ARCILLAS como anterior.

10% ARENISCA blanca y gris verdosa muy fina a fina, regular compactación.

Tr. PIRITA

4380'- 4400'

60% ARCILLAS, como anteriores

40% ARENISCA blanca, parda muy fina, fragmentos, verdosos, regular compactación fragmentos de limolita blanca.

Tr. PIRITA. Débiles trazas de fluorescencia.

4400'- 4420'

90% ARENISCA blanca muy fina a fina, fragmentos verdosos, regular a poca compactación, débilmente calcárea, fragmentos limolita blanca.

10% ARCILLAS violáceas, tintes amarillos y pardo rojizas.

Tr. PIRITA en fragmentos de arenisca. Débiles trazos de fluorescencia.

4420'- 4430'

90% ARENISCA gris, blanca y verdosa, fina a media, regular a buena compactación débilmente calcárea fragmentos arcillosos.

10% ARCILLAS violáceas, tintes amarillos, pardo rojizos.

Tr. PIRITA

4430'- 4450'

95% ARENISCA gris parda y blanca media, poca compactación débil calcárea, pequeñas intercalaciones carbonosas, fragmentos gris verdosas, fragmentos limolita blanca.

5% ARCILLAS violáceas, amarillas y rojizas algo de grisosas arenosas.

Tr. YESO. Regular a buena fluorescencia.

4450'- 4460'

80% ARENISCA gris parda, blanca y verdosa como anterior.

20% ARCILLAS grisosas arenosas, amarillosas y rojizas y violáceas. Buena fluorescencia.

4460'- 4470'

80% ARENISCA blanca fina a media, poca compactación y gris parda y verdosa.

20% ARCILLAS violáceas, rojizas y grisosas.

Tr. PIRITA

4470'- 4510'

90% ARENISCA blanca media, tintes pardos, poca compactación débil calcárea, pequeñas intercalaciones carbonosas, fragmentos verdosos y blancos finos; limolita blanca.

10% ARCILLAS violáceas, rojizas y grisosas.

Tr. YESO, 4570'. Fragmentos de fósiles 4480'. PIRITA, trazos de fluorescencia buena 4480'.

4510'- 4530'

70% ARCILLAS violáceas, tintes amarillos y pardo rojizos.

30% ARENISCA blanca, grisosa y verdosa, fina a media, regular compactación, arena suelta fina a media, subangular.

Tr. PIRITA, YESO.

4530'- 4570'

95% ARENISCA blanca grisosa, media, buen grado de escogencia, calcárea, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, biotita, pequeñas intercalaciones carbonosas, fragmentos de arenisca verde fina, limolita blanca.

5% ARCILLAS violáceas con tintes amarillos y pardo rojizas.

Tr. PIRITA 4550', 4560'. Muy buena fluorescencia 4540'

4570'- 4610'

60% ARENISCA blanca y grisosa, fragmentos verdosos, muy fina a fina, regular a poca compactación, arena suelta, fina subangular, limolita blanca, oxido de Fe.

40% ARCILLAS violáceas, tintes amarillos, amarillosas y pardo rojizas.

Tr. PIRITA.

4610'- 4660'

60% ARCILLAS violáceas, tintes amarillos, amarillos, y pardo rojizas, grisosas.

40% ARENISCA blanca, gris y verdosa, fina regular compactación, arena suelta fina a media y gruesa, subangular, limolita blanca.

Tr. PIRITA.

4660'- 4680'

80% ARCILLAS violáceas, amarillas, pardo rojizas, fragmentos abigarrados.

20% ARENISCA blanca grisosa y verdosa fina, regular compactación arena suelta fina a media, subangular.

Tr. PIRITA.

4680'- 4700'

60% ARENISCA blanca y grisosa, fragmentos verdosos, muy fina a fina subredondeada, regular a poca compactación, arena suelta en agregados redondeados, fragmentos de calcita.

40% ARCILLAS violáceas, amarillas y rojizas.

Tr. PIRITA

4700'- 4720'

70% ARENISCA grisosa como anterior y limolita blanca y calcita.

30% ARCILLAS, como anterior.

Tr. PIRITA.

4720'- 4730'

70% ARENISCA gris parda y blanca grisosa fina a media, poca compactación, regularmente calcita, arena suelta fina a media subangular.

30% ARCILLAS violáceas, amarillas, pardo rojizas y grisosas.

Tr. PIRITA

4730'- 4740'

80% ARCILLAS violáceas, amarillas y rojizas, grisosas.

20% ARENISCA grisosa y blanca fina, regular a poca compactación.

Tr. PIRITA. Fragmentos fósil no calcáreo, 4740'. Buena fluorescencia, 4730.

4740'- 4770'

70% ARENISCA blanca y gris parda fina a media regular a poca compactación arena suelta fina a media, subangular, fragmentos de limolita.

30% ARCILLAS violáceas, amarillosas y rojizas. Buena fluorescencia.

4770'- 4780'

90% ARENISCA blanca, parda, gris verdosa, fina a media, poca compactación, buena escogencia, regular calcárea, arena suelta fina a media, subangular, cuarzo cristalino, hipo, lidita, clorita, limolita blanca.

10% ARCILLAS violáceas, pardo rojizas, tintes amarillos, grisosas, pequeñas y escasas esferitas ferruginosas.

Tr. PIRITA

4780'- 4800'

70% ARCILLAS violáceas, tintes amarillos amarillas y grisosas algo arenosas, fragmentos con planos de deslizamiento.

30% ARENISCA BLANCA, gris parda y gris verdosa, fina a media, regular compactación fragmentos muy compactados y duros.

Tr. PIRITA. Débiles trazas de fluorescencia.

4800'- 4820'

50% ARCILLAS violáceas tintes amarillos, amarillas, rojizas y grisosas.

50% ARENISCA BLANCA, fina y arena suelta, fina en agregados esféricos pequeños fragmentos arenisca gris verdosa y limolita blanca, cuarzo cristalino, hipo, lidita, mica.

Tr. PIRITA.

4820'- 4840'

70% ARENISCA y arena como anterior, fragmentos pardos.

30% ARCILLAS como anterior, fragmentos rojizos, fragmentos abigarrados.

Tr. PIRITA

4840'- 4850'

50% ARENISCA y arena como anteriores y esferita pequeñas y escasos ferruginosas.

50% ARCILLAS como anteriores y gris verdosas algo arenosas, fragmentos con esferitas silíceas intercaladas.

Tr. PIRITA.

4850'- 4870'

50% ARCILLAS, violáceas, amarillas y rojizas, tintes variados.

50% ARENISCA, blanca, grisosa, y gris verdosa, muy fina a fina, regular compactación. Arena suelta, fina a media y gruesa, subangular, cuarzo cristalino, hipo, clorita, pequeños agregados esféricos silíceos.

Tr. PIRITA. Trazos de fluorescencia a 4870'.

4870'- 4880'

60% ARCILLAS violáceas, grisosas, y amarillas, tintes amarillos.

40% ARENISCA, blanca y gris verdosa fina a media regular a poca compactación, regularmente calcárea, cuarzo cristalino, hipo lidita, clorita.

Tr. PIRITA

4880'- 4900'

60% ARENISCA blanca, gris verdosa, fina a media, regular compactación y arena suelta cuarzosa, blanca, fina a media y gruesa, subangular a subredondeada.

40% ARCILLAS violáceas, rojizas, amarillosas, y grisosas arenosas.

Tr. PIRITA

4900'- 4910'

80% ARENISCA blanca, gris parda y gris verdosa, fina a media, regular a poca compactación regularmente calcárea, arena suelta cuarzosa, fina a media, y gruesa, subangular, agregados esféricos.

20% ARCILLAS violáceas, y rojizas, tintes amarillos.

Tr. PIRITA, regular fluorescencia.

4910'- 4930'

70% ARENISCA y arena como anterior, abundancia de pardas, y fragmentos impregnados de aceite.

30% ARCILLAS violáceas y grisosas fragmentos y tintes de amarillos.

Tr. PIRITA. Buena fluorescencia.

ANEXO C. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA POZO COLORADO 35

3828 – 5627

MUESTRAS DE ZANJA

3820'- 3840'

70% ARCILLAS grisosas, claras, y oscuras limolíticas, tintes amarillos, fragmentos rojizos y violáceos duros y rosados blandos (lodo), fragmentos gris oscuros, laminados y fosilíferos.

30% ARENISCA grisosa y gris verdosa, fina a media, poco consolidada, fragmentos arcillosos; arena blanca, suelta fina a media, angular.

Tr. PIRITA. Trazas de fluorescencia.

3840'- 3850'

60% ARCILLAS gris azulosas, fragmentos violáceos y rojizos, tintes amarillos.

40% ARENA blanca, suelta, fina, angular, regular escogencia y arenisca grisosa y gris verdosa fina, micácea, parcialmente arcillosa. Traza de fluorescencia.

3850'- 3860'

70% ARENISCA y arena como anterior.

30% ARCILLAS como anterior.

3860'- 3890'

70% ARCILLAS como anterior

30% ARENISCA como anterior, fragmentos blancos, medio granulares, arena como anterior.

Tr. PIRITA.

3890'- 3910'.

75% ARCILLAS como anteriores.

25% ARENISCA grisosa y gris verdosa, fina, parcialmente arcillosas; arena suelta como anterior. Débiles trazas de fluorescencia.

3910'- 3930'

60% ARENISCA y arena como anteriores, fragmentos blancos calcáreos.

40% ARCILLAS gris azulosas, pardo rojizas y violáceas.

3930'- 3950'

70% ARENISCA grisosa y gris verdosa, fina a media, micácea, parcialmente arcillosa, arena blanca, suelta, fina a media, angular.

30% ARCILLAS grisosas, gris azulosas, violáceas, rojizas y amarillosas.

Tr. PIRITA. Regular fluorescencia.

3950'- 3990'

70% ARENISCA grisosa y gris verdosa, fina a media, micácea, parcialmente calcárea, poco consolidada, fragmentos arcillosos; arena suelta, blanca, fina a media, angular.

30% ARCILLAS grisosas, gris azulosas, violáceas, y rojizas, tintes amarillos.

Tr. PIRITA. Abundante fragmentos rosados de lodo. Regular a buena fluorescencia.

3990'- 4000'

60% ARENISCA y arena como anterior.

40% ARCILLAS como anterior. Abundantes fragmentos rosados blandos de lodo.

Tr. PIRITA. Débil fluorescencia

4000'- 4010'

70% ARENISCA y arena como anteriores, predominan fino granular.

30% ARCILLAS como anterior.

Tr. PIRITA. Abundante fragmentos rosados y grisosos de lodo. Trazas de fluorescencia.

4010'- 4030'

70% ARCILLAS como anteriores.

30% ARENISCA y arena como anteriores. Trazas de fluorescencia

4030'- 4050'

60% ARCILLAS como anteriores

40% ARENISCA y arena como anterior.

Tr. PIRITA. Abundante fragmentos de lodo. Débil fluorescencia a 4040'.

4050'- 4080'

70% ARCILLAS como anteriores, predominan grisosas.

30% ARENISCA y arena como anteriores, oxido de Fe.

4080'- 4090'

60% ARENISCA grisosa y gris verdosa, fina, micácea, ocasionalmente calcárea, fragmentos gris pardos, manchados de aceite y con olor, poca arena suelta, fina, angular.

40% ARCILLAS como anteriores. Trazas de fluorescencia

4090'- 4120'

80% ARENISCA como anterior regular consolidada y abundante fragmentos. Medio granulares, predominan grisosas, olor, arena fina a media angular.

20% ARCILLAS como anteriores.

Tr. PIRITA. Trazas de fluorescencia (amarilla opaca.)

4120'- 4150'

70% ARENA suelta y abundante arenisca como anteriores, predominan gris verdosas, fragmentos gris verdosos, arcillosos. Fragmentos con olor.

30% ARCILLAS como anteriores. Abundantes fragmentos rosados blandos del lodo. Trazas de fluorescencia (amarilla opaca).

4150'- 4160'

70% ARENISCA grisosa y gris verdosa, fina, micácea, ocasionalmente calcárea y poco consolidada, parcialmente arcillosa, arena suelta, blanca, fina, angular.

30% ARCILLAS grisosas claras y oscuras, limolíticas, violáceas y rojizas, tintes amarillos. Abundante fragmentos rosados blandos del lodo.

Tr. PIRITA.

4160'- 4200'

60% ARENISCA y arena como anteriores

40% ARCILLAS como anteriores.

Tr. PIRITA. Abundantes fragmentos rosados y rojizos blandos del lodo.

4200'- 4220'

70% ARCILLAS como anteriores, predominan grisosas limolíticas.

30% ARENISCA y arena como anteriores.

Tr. PIRITA

4220'- 4240'

70% ARENISCA y arena como anteriores, abundantes esferitas silíceas.

30% ARCILLAS grisosas, violáceas y rojizas, tintes amarillos.

Tr. PIRITA. Tr. A débil fluorescencia.

4240'- 4260'

60% ARENISCA y arena como anteriores, esferitas silíceas, fragmentos de calcita blanca.

40% ARCILLAS como anteriores.

Tr. PIRITA. Débil fluorescencia.

4260'- 4270'

70% ARCILLAS como anteriores.

30% ARENISCA y arena como anteriores, óxidos de Fe.

Tr. PIRITA. Trazas de fluorescencia

4270'- 4280'

60% ARENA suelta y arenisca como anteriores, abundantes esferitas silíceas.

40% ARCILLAS como anteriores, predominan grisosas limolíticas. Abundantes fragmentos rosados de lodo.

Tr. PIRITA. Regular fluorescencia.

4280'- 4290'

70% ARENISCA grisosa y parda fina, regular a poco consolidada, ocasionalmente manchas de aceite y olor, y gris verdosa, fina a media, fragmentos arcillosos.

30% ARCILLAS como anteriores.

Tr. PIRITA. Regular fluorescencia

4290'- 4300'

60% ARCILLAS como anteriores, predominan grisosas y grisosas azulosas.

40% ARENA suelta y arenisca como anteriores, manchas de aceite, regular fluorescencia.

4300'- 4330'

75% ARENISCA grisosa y parda, fina con manchas de aceite y gris verdosa, abundante arena blanca, fina, angular, buena escogencia.

25% ARCILLAS como anteriores.

Tr. PIRITA. Pequeños fragmentos de arenisca impregnada de asfalto a 4330', muy buena fluorescencia.

4330'- 4340'

60% ARENA suelta y arenisca gris verdosa y grisosa.

40% ARCILLAS como anteriores y abundantes fragmentos rojizos blandos del lodo. Regular fluorescencia.

4340'- 4370'

80% ARENISCA grisosa y parda, fragmentos gris verdosos y arena suelta, fina angular, ocasionales fragmentos impregnados de asfalto (4350') y otros manchados de aceite (4370').

20% ARCILLAS como anteriores. Muy buena fluorescencia

4370'- 4380'

70% ARENISCA y arena como anterior, un fragmento impregnado de asfalto.

30% ARCILLAS como anteriores

Tr. PIRITA. Buena fluorescencia

4380'- 4390'

80% ARENISCA y arena como anteriores, ocasionales fragmentos medio granulares, manchas de aceite.

20% ARCILLAS como anteriores. Regular fluorescencia.

4390'- 4430'

70% ARCILLAS grisosas y gris azulosas, limolíticas y arenosas, fragmentos rojizos y violáceos, tintes amarillos.

30% ARENA suelta, fina y arenisca grisosa y gris verdoso, muy fino y fino parcialmente arcillosas.

Tr. PIRITA. Fragmentos de fósiles no calcificados gastropodos (los corros), 4420 trazas a débil fluorescencia

4430'- 4450'

65% ARCILLAS como anteriores.

35% ARENA blanca, suelta, fina a media, subangular, fragmentos de arenisca grisosa y gris verdosa como anteriores.

Tr. PIRITA. Débiles trazas de fluorescencia a 4440'

4450'- 4470'

50% ARCILLAS como anteriores

50% ARENA suelta y arenisca como anteriores.

Tr. PIRITA. Débiles trazas de fluorescencia.

4470'- 4480'

80% ARENA blanca y grisosa media, subangular, fragmentos de arenisca grisosa y parda, media, poco consolidada, débiles manchas de aceite fragmentos gris verdosos arcillosos, micaceas, fino.

20% ARCILLAS grisesas, violáceas y rojizas, tintes amarillos.

Tr. PIRITA

4480'- 4510'

60% ARENISCA gris verdosa arcillosa y fragmentos grisesos fino granulares; arena suelta como anterior; abundante óxidos de Fe.

40% ARCILLAS como anteriores. Abundantes fragmentos rojizos de lodo. Trazos de fluorescencia.

4510'- 4530'

60% ARCILLAS como anteriores

40% ARENISCA y arena como anterior

4530'- 4540'

70% ARCILLAS como anteriores

30% ARENISCA y arena como anteriores, óxidos de Fe. Débiles trazas de fluorescencia.

4540'- 4560'

75% ARCILLAS grisesas limolíticas, gris azulosas, violáceas, tintes amarillos.

25% ARENISCA grisosa y gris verdosa, fina, parcialmente arcillosas; arena blanca, suelta, fina a media, angular, esferitas silíceas; óxido de Fe.

Tr. PIRITA

4560' – 4570'

70% ARENISCA grisosa, fina, regular a poco consolidada, calcárea, con manchas de aceite, fragmentos gris verdosos arcillosos; arena suelta, fina, angular, óxido de Fe.

30% ARCILLAS como anteriores. Trazas de fluorescencia.

4570'- 4590'

85% ARCILLAS grisesas, limolíticas, gris verdosas, rojizas y violáceas, tintes amarillos.

15% ARENISCA grisosa y gris verdosa fina a arcillosa, poca arena suelta, fina, angular, óxidos de Fe.

4590'- 4610'

50% ARENISCA y arena como anterior, esferitas silíceas.

50% ARCILLAS como anteriores, abundantes aditivos del lodo. Trazas de débil fluorescencia.

4610'- 4620'

70% ARENISCA grisosa, muy fina, regular a poco consolidada, manchas de aceite, fragmentos gris verdosos arcillosos; arena suelta fina, angular, esferitas silíceas.

30% ARCILLAS como anteriores.

Tr. PIRITA

4620'- 4640'

70% ARCILLAS grisesas claras y oscuras, limolíticas, fragmentos rojizos y violáceos, tintes amarillos.

30% ARENISCA y arena como anterior, manchas de aceite esferitas silíceas.

Tr. PIRITA

4640'- 4660'

80% ARCILLAS como anteriores y abundantes grisesas azulosas.

20% ARENISCA y arena como anterior, esferitas silíceas.

4660'- 4690'

60% ARCILLAS grisesas limolíticas, grises azulosas, violáceas y rojizas, tintes amarillos.

40% ARENISCA blanca y grisosa, fina, ligeramente calcárea, y micáceas, ocasionales manchas de aceite y gris verdosa muy fina, arcillosa; poca arena suelta blanca, muy fina a fina, angular. Abundante fragmentos rojizos del lodo. Débil fluorescencia 4670', 4680'.

4690'- 4700'

70% ARCILLAS como anteriores.

30% ARENA blanca, suelta muy fina a fina, media, angular, esferitas silíceas, escasos fragmentos de arenisca grisosa fina y gris verdosa arcillosa.

Tr. PIRITA. Débil fluorescencia.

4700'- 4710'

80% ARCILLAS grisesas azulosas y grisesas limolíticas, tintes amarillos.

20% ARENA blanca suelta, muy fina a fina, angular, abundantes esferitas silíceas, fragmentos de arenisca grisosa, manchas ocasionales de aceite, y gris verdosas arcillosas.

Tr. PIRITA

4710'- 4740'

60% ARCILLAS como anteriores

40% ARENISCA como anteriores. Manchas de aceite y arena suelta como anteriores.

TR. PIRITA. Trazos de fluorescencia.

4740'- 4770'

70% ARENISCA como anteriores, predominan grisesas, regular consolidadas, ocasionales manchas de aceite y arena suelta como anterior.

30% ARCILLAS como anteriores.

Tr. PIRITA. Regular a buena fluorescencia.

4770'- 4790'

60% ARCILLAS como anteriores, fragmentos rojizos y violáceos.

40% ARENISCA y arena como anteriores, ocasionales manchas de aceite.

Tr. PIRITA. Trazas a débil fluorescencia.

4790'- 4810'

70% ARCILLAS como anteriores y predominan grisesas limolíticas.

30% ARENISCA grisosa, fragmentos gris verdosos arcillosos y arena suelta como anteriores.

Tr. PIRITA. Débiles trazas de fluorescencia

4810'- 4820'

- 60% ARENISCA y arena como anteriores, manchas de aceite, óxido de Fe.
- 40% ARCILLAS como anteriores. Débiles trazas de fluorescencia.

4820'- 4860'

- 80% ARCILLAS como anteriores predominan grisosas azulosas y grises limolíticos.
- 20% ARENISCA y arena suelta como anteriores, abundantes óxidos de Fe.
- Tr. PIRITA

4860'- 4870'

- 60% ARCILLAS como anteriores
- 40% ARENISCA grisosa, fragmentos gris verdosos como anteriores, arena blanca suelta, fina a media, angular.
- Tr. PIRITA

4870'- 4880'

- 90% ARCILLAS grisosas y grises azulosas, tintes rojizos y amarillos.
- 10% ARENA blanca, suelta, fina a media, subangular escasos fragmentos de arenisca grisosa, óxidos de Fe.
- Tr. PIRITA

4880'- 4900'

- 70% ARCILLAS grisosas limolíticas, grises azulosas y rojizas, tintes amarillos.
- 30% ARENA blanca, suelta, fina a media angular. Fragmento de arenisca blanca y grisosa fina regular a poco consolidado, ocasionalmente calcáreo y gris verdosa, fino, arcilloso, óxido de Fe.
- Tr. PIRITA. Débiles trazas de fluorescencia

4900'- 4930'

- 95% ARCILLAS como anteriores.
- 5% ARENA suelta con fragmentos de arenisca grisosa como anteriores, óxidos de Fe.
- Tr. PIRITA

4930'- 4960'

- 85% ARCILLAS como anteriores
- 15% ARENA y arenisca como anterior. Fragmentos micáceos, óxidos de Fe.

Tr. PIRITA

4960'- 4980'

95% ARCILLAS como anteriores.

5% ARENA y arenisca como anteriores, y fragmentos gris verdosos, finos arcillosos, óxido de Fe.

4980'- 5000'

70% ARCILLAS grisosas, grises azulosas, violáceas y rojizas, tintes amarillos, ocasionalmente arenosos.

30% ARENA blanca, suelta, fina, angular, fragmentos de arenisca grisosa, fina y gris verdosa, fina, parcialmente arcillosa, óxidos de Fe. Esferitas silíceas.

Tr. PIRITA. Trazas de fluorescencia.

5000'- 5020'

80% ARCILLAS como anteriores.

20% ARENISCA y poca arena suelta como anteriores, abundantes óxidos de Fe.

Tr. PIRITA

5020'- 5040'

90% ARCILLAS como anteriores, predominan grisosas claras limolíticas.

10% ARENA blanca, suelta, muy fina a fina, angular, fragmentos de arenisca grisosa fina, poco consolidada. Fragmentos de fósil no calcificados (5030')

Tr. PIRITA. Débiles trazas de fluorescencia.

5040'- 5080'

85% ARCILLAS como anteriores.

15% ARENA suelta como anteriores, fragmentos de arenisca grisosa y gris verdosa, parcialmente arcillosas, abundantes óxidos de Fe.

5080'- 5090'

75% ARCILLAS como anteriores

25% ARENA suelta como anteriores, escasos fragmentos de arenisca grisosa, fina, abundantes óxidos de Fe.

5090'- 5105'

70% ARCILLAS grises azulosas, violáceas y rojizas, tintes amarillos, fragmentos gris verdosos laminados.

30% ARENISCA grisosa y gris verdosa, fina, parcialmente arcillosa y micáceas; arena suelta fina a media, angular, óxido de Fe.

Tr. PIRITA, YESO (5095')

5105'- 5120'

90% ARCILLAS como anteriores, parcialmente arenosa.

10% ARENISCA y poca arena suelta como anteriores abundantes óxido de Fe.

5120'- 5130'

70% ARCILLAS como anteriores, predominan grisosas y grises azulosas, limolíticas y parcialmente arenosas.

30% ARENA suelta, fina angular, fragmentos de arenisca grisosa, muy fina y poco consolidada abundantes óxidos de Fe.

5130'- 5140'

55% ARCILLAS como anteriores, predominan grisosas y grises azulosas, limolíticas y parcialmente arenosas.

45% ARENA suelta, muy fina a fina, escasos fragmentos de arenisca como anterior, óxidos de Fe.

5140'- 5145'

75% ARCILLAS como anteriores

25% ARENA suelta con escasos fragmentos de arenisca como anteriores.

5145'- 5150'

50% ARENA blanca suelta, muy fina a fina angular, escasos fragmentos de arenisca grisosa y gris verdosa, muy fina a fina y media poco consolidada, óxidos de Fe.

50% ARCILLAS como anteriores.

5150'- 5175'

60% ARENA y arenisca como anterior, abundantes óxidos de Fe.

40% ARCILLAS como anteriores.

5175'- 5180'

70% ARCILLAS como anteriores.

30% ARENA suelta y arenisca como anteriores, abundantes óxidos de Fe.

5180'- 5230'

80% ARCILLAS, grisosas claras y oscuras, grises, azulosas, violáceas, tintes amarillos y rojizos, fragmentos arenosos.

20% ARENA blanca suelta, fina a media, subangular y arenisca grisosa y gris verdosa, fina, parcialmente micácea, calcárea, y arcillosas, óxidos de Fe.

Tr. PIRITA, YESO (5200'). Débiles trazas de fluorescencia.

5230'- 5240'

80% ARENA suelta, blanca, fina a media, angular, arenisca grisosa, muy fina a fina, fragmentos pardos y gris verdosos; muy abundantes esferitas silíceas.

20% ARCILLAS grisosas, grises azulosas y violáceas, tintes amarillos y rojizos.

Tr. PIRITA

5240'- 5255'

85% ARENA y arenisca como anterior, fragmentos de arenisca manchados de aceite, muy abundantes esferitas silíceas.

15% ARCILLAS como anteriores.

Tr. PIRITA. Regular a buena fluorescencia

5255'- 5265'

90% ARENA suelta y arenisca como anterior, abundantemente impregnadas de aceite, esferitas silíceas.

10% ARCILLAS como anteriores.

Tr. PIRITA. Regular fluorescencia.

5265'- 5270'

50% ARENA, suelta, compuesta por esferitas silíceas y ferruginosas y cuarzo fino a medio granular angular.

30% ARENISCA, café, fino a medio granular, angular, calcárea, friable. Micácea, buena impregnada de aceite y buena fluorescencia.

20% ARCILLA como anterior.

5270'- 5275'

- 50% ARENISCA como anterior. Buena fluorescencia
- 30% ARCILLA como anterior
- 20% ARENA como anterior.

5275'- 5280'

- 80% ARENISCA como anterior. Buena fluorescencia
- 20% ARCILLA como anterior.

5280'- 5290'

- 95% ARENISCA como anterior. Muy buena fluorescencia y manchas de aceite.
- 5% ARCILLA como anterior.

5290'- 5295'

- 70% ARCILLA verde, magro, fino arenosa, micácea, semidura.
- 30% ARENISCA como anterior. Débil fluorescencia.

5295'- 5305'

- 60% ARCILLA como anterior y arcilla grasa gris.
- 20% ARENISCA como anterior. Buena fluorescencia
- 20% ARENA, suelta, fino a medio granular, angular, esferitas silíceas.

5305'- 5315'

- 80% ARCILLA arenosa, verde, micácea, semidura.
- 10% ARENA como anterior.
- 10% ARENISCA como anterior, fluorescente.

5315'- 5320'

- 95% ARCILLA grasa, gris, tintes, rojizos y amarillos, blanda.
- 5% ARENISCA como anterior.

5320'- 5350'

- 80% ARCILLA COMO ANTERIOR
- 20% ARENISCA como anterior. Buena fluorescencia.

5350'- 5360'

- 90% ARCILLA como anterior.
- 10% ARENISCA como anterior. Débil fluorescencia.

5360'- 5380'

- 100% ARCILLA, verde clara, muy arenosa, blanda abundante residuo calcáreo del lodo calado.

5380'- 5405'

- 90% ARCILLA como anterior.
- 10% ARENA, suelta, fino granular, angular, esferitas silíceas y ferruginosas.

5405'- 5410'

- 80% ARCILLA como anterior
- 10% ARENA como anterior
- 10% ARENISCA como anterior. Débil fluorescencia.

5410'- 5415'

- 75% ARCILLA como anterior.
- 20% ARENA como anterior.
- 5% ARENISCA como anterior.
- Tr. Fluorescencia

5415'- 5420'

- 90% ARCILLA como anterior.
- 10% ARENA, suelta, como anterior con abundantes esferitas ferruginosas.

5420'- 5425'

- 80% ARCILLA, grasa, violáceas, gris, chocolate blanda y arcilla verde fino arenosa.
- 20% ARENA como anterior.

5425'- 5445'

- 90% ARCILLA grasa, azul, violácea, gris con tintes amarillos, blanda.
- 10% ARENA suelta como anterior con esferitas ferruginosas.

5445'- 5450'

100% ARCILLA como anterior con trazas de arcilla magra, gris y pardo rojiza.

5450'- 5460'

80% ARCILLA como anterior.

10% ARENA suelta, fino granular, angular, con esferitas silíceas.

10% ARENISCA, café clara, fino granular, angular, micácea, poco calcárea, muy friable. Arcillosa. Regular fluorescencia.

5460'- 5470'

50% ARENISCA como anterior. Regular fluorescencia.

50% ARCILLA como anterior.

5470'- 5490'

70% ARCILLA como anterior

30% ARENICA como anterior. Regular fluorescencia.

5490'- 5505'

100% ARCILLA, grasa, azul, tintes amarillos y pardo rojizos blanda.

5505'- 5510'

90% ARCILLA como anterior.

10% ARENISCA, café, fino a medio granular, angular, poco calcárea, muy micácea, friable. Débiles manchas de aceite y buena fluorescencia.

5510'- 5525'

80% ARCILLA como anterior.

20% ARENA, suelta, blanca, fino granular, angular.

5525'- 5560'

90% ARCILLA como anterior.

5% ARENA como anterior.

5% ARENISCA, café, fino granular, calcárea, fluorescencia y con débiles manchas de aceite.

5560'- 5575'

80% ARCILLA como anterior.

20% ARENISCA como anterior. Regular fluorescencia.

5575'- 5585'

100% ARCILLA grasa, friz, azul, tintes amarillos y pardo rojizos, arcilla; verde, fino arenosa.

Tr. SHALE gris oscuro "fissile", blando, carbonaceo.

Tr. PIRITA.

Tr. ARENISCA como anterior.

5585'- 5600'

70% ARCILLA, magra, gris, azul, tintes amarillos, blanda. "slicken – sides".

30% ARENISCA café clara, muy fino a medio granular, calcárea, arcillosa, friable a dura, muy micácea. Débil a regular fluorescencia.

5600'- 5605'

50% ARCILLA como anterior.

40% ARENISCA, café, fino granular, calcárea, dura. Buena fluorescencia.

10% SHALE gris oscuro, finamente laminado abundantemente materia orgánica, semidura.

5605'- 5615'

100% ARCILLA, grasa, gris, azul, violácea, verde, tintes amarillos y rojizos, "slicken – sides".

Tr. ARENISCA como anterior.

5615'- 5620'

80% ARCILLA como anterior

20% ARENISCA, verde a café, fino granular, arcillosa y friable a calcárea y dura. Regular fluorescencia.



5620'- 5630'

60% ARCILLA como anterior.

20% ARENISCA como anterior. Buena fluorescencia



20% ARENA suelta, fino a medio granular, angular, con trazas de pirita.

ANEXO D. INTERVENCIÓN DE CAMPO COLORADO POR PARTE DE LA UIS

	UIS WEIL GROUP REPORTE FINAL DE TRABAJO EN LOS POZOS PRODUCTORES TRABAJOS DE VARILLEO Y REACONDICIAMIENTO																																																																					
POZO: <u>C-27</u> AREA: <u>Colorado</u> FECHA INICIO: <u>17-dic-10</u> FINALIZACIÓN: <u>19-dic-10</u>	OBJETIVO: <u>Cambio de Bomba</u> OBJETIVO TRABAJO ANTERIOR: _____ FECHA: <u> / / </u>																																																																					
PROFUNDIDAD TOTAL: <u>4630</u> INTERVALOS FONDO ENCONTRADO: <u>4154</u> TOPE: <u>3488</u> LIMPIADO HASTA: _____ BASE: <u>4120</u> NIVEL DE FLUIDO: <u>1380</u>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">VARILLA PARTIDA</th></tr> <tr><td>N° VAR.:</td><td> </td></tr> <tr><td>PROF.:</td><td> </td></tr> <tr><td>CAUSA:</td><td> </td></tr> </table>	VARILLA PARTIDA		N° VAR.:		PROF.:		CAUSA:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">TUBERÍA ROTA / COLAPSADA</th></tr> <tr><td>N° TUBO:</td><td> </td></tr> <tr><td>PROF.:</td><td> </td></tr> <tr><td>CAUSA:</td><td> </td></tr> </table>	TUBERÍA ROTA / COLAPSADA		N° TUBO:		PROF.:		CAUSA:																																																					
VARILLA PARTIDA																																																																						
N° VAR.:																																																																						
PROF.:																																																																						
CAUSA:																																																																						
TUBERÍA ROTA / COLAPSADA																																																																						
N° TUBO:																																																																						
PROF.:																																																																						
CAUSA:																																																																						
ESTADO MECÁNICO FINAL:																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="3">REVESTIMIENTO</th></tr> <tr><td>6 5/8</td><td>5 1/2</td><td> </td></tr> <tr><td>RANGO:</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>TIPO:</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N° JTS:</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>SENTADO:</td><td> </td><td> </td></tr> </table>	REVESTIMIENTO			6 5/8	5 1/2		RANGO:			TIPO:			N° JTS:			SENTADO:			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="4">TUBERÍA DE PRODUCCIÓN</th></tr> <tr><td>2 7/8</td><td>2 7/8</td><td>2 3/8</td><td> </td></tr> <tr><td>RANGO:</td><td>I</td><td>II</td><td>II</td></tr> <tr><td>TIPO:</td><td>J-55</td><td>J-55</td><td>J-55</td></tr> <tr><td>N° JTS:</td><td>8</td><td>125</td><td>1</td></tr> <tr><td>LONG.:</td><td>184</td><td>3857</td><td>30.5</td></tr> </table>	TUBERÍA DE PRODUCCIÓN				2 7/8	2 7/8	2 3/8		RANGO:	I	II	II	TIPO:	J-55	J-55	J-55	N° JTS:	8	125	1	LONG.:	184	3857	30.5	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="3">SARTA DE VARILLAS</th></tr> <tr><td>7/8</td><td>3/4</td><td>5/8</td></tr> <tr><td>N° VAR.:</td><td>126</td><td>35</td></tr> <tr><td>LONG.:</td><td>3170</td><td>875</td></tr> <tr><td>N° AJUSTES:</td><td>14'</td><td> </td></tr> </table>	SARTA DE VARILLAS			7/8	3/4	5/8	N° VAR.:	126	35	LONG.:	3170	875	N° AJUSTES:	14'		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">UNIDAD DE BOMBEO</th></tr> <tr><td>TIPO:</td><td>Lufkin 3-22</td></tr> <tr><td>RECORRIDO:</td><td>36"</td></tr> <tr><td>SPM:</td><td>10</td></tr> <tr><td>MOTOR:</td><td>10 HP</td></tr> </table>	UNIDAD DE BOMBEO		TIPO:	Lufkin 3-22	RECORRIDO:	36"	SPM:	10	MOTOR:	10 HP
REVESTIMIENTO																																																																						
6 5/8	5 1/2																																																																					
RANGO:																																																																						
TIPO:																																																																						
N° JTS:																																																																						
SENTADO:																																																																						
TUBERÍA DE PRODUCCIÓN																																																																						
2 7/8	2 7/8	2 3/8																																																																				
RANGO:	I	II	II																																																																			
TIPO:	J-55	J-55	J-55																																																																			
N° JTS:	8	125	1																																																																			
LONG.:	184	3857	30.5																																																																			
SARTA DE VARILLAS																																																																						
7/8	3/4	5/8																																																																				
N° VAR.:	126	35																																																																				
LONG.:	3170	875																																																																				
N° AJUSTES:	14'																																																																					
UNIDAD DE BOMBEO																																																																						
TIPO:	Lufkin 3-22																																																																					
RECORRIDO:	36"																																																																					
SPM:	10																																																																					
MOTOR:	10 HP																																																																					
ANCLA DE TUBERÍA MODELO: _____ DIMENSIÓN: _____ PROFUND.: _____	SEPARADOR DE GAS DIÁMETRO: _____ LONGITUD: _____ MARCA: _____	BARRA LISA DIÁMETRO: <u>1 1/4</u> LONGITUD: <u>26</u>	BOMBA (DIMENSIONES): <u>2X1 1/4X10X12</u> PROF. ASENTAMIENTO: <u>4072</u> <input checked="" type="checkbox"/> RHBC <input type="checkbox"/> RHAC <input type="checkbox"/> RWTC <input type="checkbox"/> RWBC <input type="checkbox"/> NUEVA <input type="checkbox"/> REPARADA																																																																			
<input checked="" type="checkbox"/> TUBO DE COLA: DIÁMETRO: <u>2 3/8</u> LONGITUD: <u>30</u>		<input checked="" type="checkbox"/> Zapato <u>2"X12"</u>																																																																				
OBSERVACIONES: <u>Se desancla bomba de subsuelo. Se saco sarta de varillas 163 varillas de 3/4"X25', 14' de ajustes de 3/4" mas bombade subsuelo, se desempaco el pozo se instalaron BOP de tuberia, mangueras del acumulador y se rprobo mecanismo ok. Se saco sarta de tuberia 126 tubos de 2 7/8 rosca 8 Rango II y 8 tubos de 2 7/8 rosca 8 rango I, zapato de 2X12" y tubos de cola de 2 3/8 rosca 8 rango II. Se armo barra de suabeo se toco fondo a 4154' y nivel de liquido a 1380'. Se bajo 1 tubo de cola de 2 3/8 R8 Rango II zapato de 2X12 1 tubo de 2 3/8 R8 Rango II, botella 2 3/8X 2 7/8, 8 tubos de 2 7/8 R8 RI y 125 de 2 7/8 R8 Rango II que miden hasta el zapato 4072' punta de cola 4103'. Se prbo mecanismo y disparo de la bomba en superficie en superficie con ACPM ok se agrego tratamiento quimico se cerro el pozo y se dejo en remojo. Se bajo bomba RHBC 2X1 1/4X10X12 con niple de 5/8X2' mas 35 varillas de 5/8"X25' y 126 varillas de 3/4"X25 y 14' de ajustes de 3/4 barra lisa de 1 1/4X26', total varillas 161, se anclo y espacio bomba, se prbo la tuberia con 200 psi ok. Se prbo disparo con el equipo ok</u>																																																																						
EQUIPO: <u>Frank 350</u> <u>Company Man</u> <u>Luis Benítez</u> <u>Jefe de Equipo</u> <u>Efraín Molina</u>																																																																						

Fuente: Well Files. Campo Escuela Colorado.

ANEXO F. INTERVENCIÓN DE CAMPO COLORADO POR PARTE DE LA UIS

 CONSTRUIMOS FUTURO	UIS WEIL GROUP REPORTÉ FINAL DE TRABAJO EN LOS POZOS PRODUCTORES TRABAJOS DE VARILLO Y REACONDICIONAMIENTO																																																									
POZO: <u>COL 27</u> AREA: <u>Colorado</u> FECHA INICIO: <u>08-ene-11</u> FINALIZACIÓN: <u>12-ene-11</u> OBJETIVO: <u>Cambio de bomba</u> OBJETIVO TRABAJO ANTERIOR: _____ FECHA: <u> / / </u>																																																										
PROFUNDIDAD TOTAL: <u>4630</u> INTERVALOS FONDO ENCONTRADO: <u>4154</u> TOPE: <u>3488</u> LIMPIADO HASTA: _____ BASE: <u>4120</u> NIVEL DE FLUIDO: <u>956</u>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">VARILLA PARTIDA</th></tr> <tr><td>N° VAR.:</td><td> </td></tr> <tr><td>PROF.:</td><td> </td></tr> <tr><td>CAUSA:</td><td> </td></tr> </table>	VARILLA PARTIDA		N° VAR.:		PROF.:		CAUSA:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">TUBERÍA ROTA / COLAPSADA</th></tr> <tr><td>N° TUBO:</td><td> </td></tr> <tr><td>PROF.:</td><td> </td></tr> <tr><td>CAUSA:</td><td> </td></tr> </table>	TUBERÍA ROTA / COLAPSADA		N° TUBO:		PROF.:		CAUSA:																																									
VARILLA PARTIDA																																																										
N° VAR.:																																																										
PROF.:																																																										
CAUSA:																																																										
TUBERÍA ROTA / COLAPSADA																																																										
N° TUBO:																																																										
PROF.:																																																										
CAUSA:																																																										
ESTADO MECÁNICO FINAL:																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">REVESTIMIENTO</th></tr> <tr><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>RANGO:</td><td> </td></tr> <tr><td>TIPO:</td><td> </td></tr> <tr><td>N° JTS:</td><td> </td></tr> <tr><td>LONG.:</td><td> </td></tr> </table>	REVESTIMIENTO				RANGO:		TIPO:		N° JTS:		LONG.:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="3">TUBERÍA DE PRODUCCIÓN</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>RANGO:</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>TIPO:</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N° JTS:</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>LONG.:</td><td> </td><td> </td></tr> </table>	TUBERÍA DE PRODUCCIÓN						RANGO:			TIPO:			N° JTS:			LONG.:			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="3">SARTA DE VARILLAS</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N° VAR.:</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>LONG.:</td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>N° AJUSTES:</td><td> </td><td> </td></tr> </table>	SARTA DE VARILLAS						N° VAR.:			LONG.:			N° AJUSTES:			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><th colspan="2">UNIDAD DE BOMBEO</th></tr> <tr><td>TIPO:</td><td> </td></tr> <tr><td>RECORRIDO:</td><td> </td></tr> <tr><td>SPM:</td><td> </td></tr> <tr><td>MOTOR:</td><td> </td></tr> </table>	UNIDAD DE BOMBEO		TIPO:		RECORRIDO:		SPM:		MOTOR:	
REVESTIMIENTO																																																										
RANGO:																																																										
TIPO:																																																										
N° JTS:																																																										
LONG.:																																																										
TUBERÍA DE PRODUCCIÓN																																																										
RANGO:																																																										
TIPO:																																																										
N° JTS:																																																										
LONG.:																																																										
SARTA DE VARILLAS																																																										
N° VAR.:																																																										
LONG.:																																																										
N° AJUSTES:																																																										
UNIDAD DE BOMBEO																																																										
TIPO:																																																										
RECORRIDO:																																																										
SPM:																																																										
MOTOR:																																																										
ANCLA DE TUBERÍA MODELO: _____ DIMENSIÓN: _____ PROFUND.: _____	SEPARADOR DE GAS DIÁMETRO: _____ LONGITUD: _____ PROFUND.: _____	BARRA LISA DIÁMETRO: <u>1 1/4"</u> LONGITUD: <u>26'</u>	BOMBA (DIMENSIONES): <u>2X1 1/4X10X12</u> PROF. ASENTAMIENTO: <u>4068</u> <input checked="" type="checkbox"/> RHBC <input type="checkbox"/> RHAC <input type="checkbox"/> RWTC <input type="checkbox"/> RWBC <input checked="" type="checkbox"/> NUEVA <input type="checkbox"/> REPARADA																																																							
<input checked="" type="checkbox"/> TUBO DE COLA: DIÁMETRO: <u>2 3/8"</u> LONGITUD: <u>31,32'</u>		<input checked="" type="checkbox"/> Zapato <u>2"X10"</u>																																																								
OBSERVACIONES: <u>Se Movilizo el equipo se paro torre y se nivelo. se arranco la bomba y se saco. Se conecto Bomba RHBC de 2X1 1/4X10X12 se bajo con 126 varillas de 3/4, 35 varillas de 5/8. 14 ft de ajustes, barra lisa de 1 1/4X26 y se anclo a 4072 ft, tubo de cola a 4103. Se Saco sarta de produccion : 126 varillas de 3/4, 35 varillas de 5/8, 14 ft de ajustes y barra lisa de 1 1/4X26, se sacaron 126tubos de 2 7/8 R8 RII, 8 tubos R8 RI y un tubo de 2 3/8, se tomo fondo con sand line encontrando nivel de liquido a 956 ft y fondo real a 4154, se cambio zapato, se anclo bomba RHBC 2X1 1/4X 10X12, y se bajo tuberia probando cada 10 tubos, encontrando que se caia la presion a cero en la botella de de 2 3/8 a 2 7/8, se tumbaron los 8 tubos R8 RI y se cambiaron por 2 7/8 R8 RII, se continuo bajando probando OK , asentando el zapato a 4068 y punta de tuberia a 4100 ft, Se bajaron 126 varillas de 3/4, 35 varillas de 5/8 con 14 pies de ajustes, barra lisa de 1 1/4X26, con la bomba RHBC de 2X 1 1/4X10X12 + 70 , se realizo prueba de espejo OK, se engancho unidad y el pozo quedo trabajando.</u>																																																										
EQUIPO: <u>Frank 350</u> OPERADOR: _____ SUPERVISOR: _____																																																										

Fuente: Well Files. Campo Escuela Colorado.