

**OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL CAMPO ESCUELA COLORADO
MEDIANTE UN ANÁLISIS DE DESEMPEÑO UTILIZANDO SOFTWARE
ESPECIALIZADO**

KARENT YULEISY JEREZ ROJAS



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2014

**OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL CAMPO ESCUELA COLORADO
MEDIANTE UN ANÁLISIS DE DESEMPEÑO UTILIZANDO SOFTWARE
ESPECIALIZADO**

KARENT YULEISY JEREZ ROJAS

Trabajo de Grado Presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERA DE PETRÓLEOS

DIRECTOR

FERNANDO ENRIQUE CALVETE GONZÁLEZ

Ingeniero de Petróleos M.Sc.

CODIRECTOR

JOSE LUIS FONSECA CASTRO

Ingeniero de Petróleos

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

*A Dios, mi padre celestial por todas las bendiciones y las oportunidades
brindadas durante mi vida.*

*A mi familia querida que hizo parte de este hermoso proceso por su apoyo
incondicional, buenas enseñanzas y valores dados; gracias a todo esto soy
una persona llena de metas y ganas de afrontar el futuro.*

*A cada uno de los ingenieros e ingenieras que hicieron parte de mi proceso
de aprendizaje en mi querida alma mater, infinitamente agradecido por
todo el conocimiento que me impartieron en cada una de sus asignaturas.*

*A mis compañeros de universidad, con los cuales pude compartir muchas
alegrías y tristezas, con los que aprendí el verdadero valor de una amistad,
Jhon Jarver Benavides, Rafael Eduardo Téllez, Julián Alarcón y Pedro
Jaimes.*

Karent Yuleisy Jerez Rojas

AGRADECIMIENTOS

El autor de este proyecto expresa sus agradecimientos a:

La UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, mi alma máter, por toda la formación académica y personal recibida durante todo el proceso de formación.

La ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS y todos sus maravillosos maestros.

Al ingeniero Fernando Enrique Calvete González, mi director de proyecto, por su guía, tiempo y dedicación.

A todas las personas que hacen parte del CAMPO ESCUELA COLORADO, por brindarme toda la información y la oportunidad de realizar mi proyecto de grado.

RESUMEN

TÍTULO: OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL CAMPO ESCUELA COLORADO MEDIANTE UN ANÁLISIS DE DESEMPEÑO UTILIZANDO SOFTWARE ESPECIALIZADO.*

AUTOR: KARENT YULEISY JEREZ ROJAS**

PALABRAS CLAVES: OPTIMIZACIÓN, OILFIELD MANAGER (OFM), DESEMPEÑO, PRODUCTIVIDAD, PROYECCIÓN.

DESCRIPCIÓN

Algunos de los temas más importantes en la industria de los Hidrocarburos en el proceso de explotación de un campo son la productividad, optimización y mejoramiento de la tasas de aceite, lo cual permite determinar la productividad de los pozos; con el tiempo la energía natural del yacimiento se depleta y junto con otros problemas asociados; causan una disminución de la producción, siendo éste un factor importante para tomar decisiones que incrementen la producción del campo.

Sin embargo, existen técnicas que permiten el mejoramiento y optimización de la producción de los campos petroleros, para que estos campos se puedan establecer técnicos y económicamente viables.

Con este proyecto se busca realizar un análisis de los datos de producción utilizando software especializado OilField Manager (OFM), del Campo Escuela Colorado con el fin de determinar la producción actual, los trabajos que se pueden realizar para optimizar el campo y los pronósticos de producción que genere el software para su posterior análisis con el objetivo de implementar técnicas para la optimización y el mejoramiento de las tasas de producción del campo.

Con las técnicas implementadas; verificar si los trabajos planteados mediante el Software son económicamente viables para su desarrollo en el Campo Escuela Colorado.

* Trabajo de Grado.

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de ingeniería de Petróleos. Director: Fernando Enrique Calvete González. Ingeniero de Petróleos

ABSTRACT

TITLE: PRODUCTION OPTIMIZATION OF COLORADO SCHOOL FIELD PERFORMANCE BY AN ANALYSIS USING SPECIAL SOFTWARE.*

AUTHOR: KARENT YULEISY JEREZ ROJAS**

KEYWORDS: OPTIMIZATION, OILFIELD MANAGER (OFM), PERFORMANCE, PRODUCTIVITY, PROJECTION.

DESCRIPTION

Some of the most important industry of Hydrocarbons in the process of operating a field issues are productivity, optimization and improved oil rates , which determines the productivity of the wells ; over time the natural energy of the reservoir depletes and is associated with other problems ; cause a decline in production , this being an important decision to increase the field's production factor .

However, there are techniques that allow the improvement and optimization of the production of oil fields, so that these fields can be established technical and economically feasible .

This project seeks to conduct an analysis of production data using specialized software Oilfield Manager (OFM), Colorado School Field in order to determine the current production , the work that can be performed to optimize field production and forecasts generated by the software for further analysis in order to implement techniques to optimize and improve production rates in the game.

With the implemented techniques; verify whether the work raised by the Software are economically viable for development in the Countryside School Colorado

* Trabajo de Grado.

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de ingeniería de Petróleos. Director: Fernando Enrique Calvete González. Ingeniero de Petróleos

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| 1 GENERALIDADES DEL CAMPO ESCUELA COLORADO | 17 |
| 1.1 LOCALIZACIÓN | 17 |
| 1.2 ESTRATIGRAFÍA DE LA CUENCA DEL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA | 18 |
| 1.3 FORMACIONES PRODUCTORAS | 19 |
| 1.3.1 Formación Colorado | 20 |
| 1.3.2 Formación Mugrosa | 20 |
| 1.3.3 Formación La Paz | 21 |
| 1.3.4 Formación Esmeralda | 21 |
| 1.3.5 Formación Umir | 22 |
| 1.4 CARACTERÍSTICAS DEL YACIMIENTO CAMPO COLORADO | 22 |
| 1.5 MODELO ESTRUCTURAL | 23 |
| 1.6 RESEÑA HISTÓRICA DEL CAMPO ESCUELA COLORADO | 24 |
| 1.7 HISTORIA DE PRODUCCIÓN DEL CAMPO ESCUELA COLORADO | 25 |
| 1.7.1 Análisis de las Anomalías en la Producción | 27 |
| 2 ACTUALIZACIÓN Y MIGRACIÓN DE LA BASE DE DATOS DEL CAMPO ESCUELA COLORADO AL SOTFWARE OILFIELD MANAGER (OFM) | 29 |
| 2.1 TABLAS FUNDAMENTALES EN ACCES | 29 |
| 2.1.1 Tabla HEADERID | 29 |
| 2.1.2 Tabla MONTHLYPROD | 30 |
| 2.1.3 Tabla ANNOTATE | 33 |
| 2.1.4 Tabla SORTCATEGORY | 34 |
| 2.2 ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTADOS MECÁNICOS DEL CEC | 35 |
| 2.3 SOTFWARE OILFIELD MANAGER (OFM) | 36 |
| 2.3.1 Creación del Proyecto | 36 |
| 2.3.2 Ventana Principal de OFM | 37 |
| 3 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CAMPO ESCUELA COLORADO UTILIZANDO OFM | 38 |

| | |
|---|----|
| 3.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL CAMPO ESCUELA COLORADO | 39 |
| 3.2 DATOS BÁSICOS DE POZO | 39 |
| 3.3 DATOS DE PRODUCCIÓN MENSUAL..... | 39 |
| 3.4 FACTOR DE RECOBRO..... | 39 |
| 3.5 HISTORIA DE EVENTOS..... | 41 |
| 3.6 ANÁLISIS EN OFM | 42 |
| 3.7 ÍNDICE DE HETEROGENEIDAD..... | 43 |
| 3.8 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES PETRÓFISICAS..... | 48 |
| 3.9 ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN | 52 |
| 3.10 CÁLCULO DE RESERVAS..... | 57 |
| 3.11 PORCENTAJE DE DEPLETACIÓN..... | 66 |
| 4 PLANTEAMIENTOS DE LOS TRABAJOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL CAMPO ESCUELA COLORADO | 67 |
| 4.1 ESCENARIO 1. PLANTEAMIENTOS DE TRABAJOS WEI GROUP | 67 |
| 4.1.1 Reactivación de Pozos..... | 67 |
| 4.1.2 Trabajos de Workover WEI GROUP | 70 |
| 4.2 ESCENARIO 2. PLANTEAMIENTOS DE TRABAJOS POR LA UIS | 70 |
| 4.2.1 Reactivación de Pozos UIS..... | 71 |
| 4.2.2 Trabajos de Workover UIS | 72 |
| 4.2.3 Pozos Candidatos para los Trabajos de Workover: Escenario 2..... | 78 |
| 5 EVALUACIÓN FINANCIERA..... | 80 |
| 5.1 VALOR PRESENTE NETO (VPN) | 80 |
| 5.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) | 81 |
| 5.3 TASA INTERNA DE OPORTUNIDAD (TIO)..... | 81 |
| 5.4 TIEMPO DE REPAGO O PAYBACK..... | 81 |
| 5.5 RELACIÓN COSTO-BENEFICIO (RCB) | 81 |
| 5.6 DÓLAR (\$US)..... | 82 |
| 5.7 PRECIO DEL CRUDO [\$US/BLS]..... | 83 |
| 5.8 ANÁLISIS ECONÓMICO REACTIVACIÓN DE POZOS WEI – ESC 1..... | 86 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 5.8.1 | Reactivación Pozo Colorado 07 | 86 |
| 5.8.2 | Flujo de Caja Neto (FCN) | 88 |
| 5.8.3 | Regalías | 89 |
| 5.8.4 | Inversiones | 92 |
| 5.8.5 | Reactivación Pozo Colorado 10 | 95 |
| 5.8.6 | Reactivación Pozo Colorado 30 | 97 |
| 5.8.7 | Reactivación Pozo Colorado 60 | 99 |
| 5.9 | ANÁLISIS ECONÓMICO REACTIVACIÓN DE POZOS UIS – ESC 2 | 102 |
| 5.9.1 | Reactivación pozo Colorado 07..... | 102 |
| 5.9.2 | Reactivación Pozo Colorado 10 | 102 |
| 5.9.3 | Reactivación pozo Colorado 12..... | 103 |
| 5.9.4 | Reactivación Pozo Colorado 64 | 105 |
| 5.10 | ANÁLISIS FINANCIERO DE LOS TRABAJOS DE WORKOVER - RECAÑONEO..... | 108 |
| 5.10.1 | Análisis Financiero Colorado 55..... | 115 |
| 5.10.2 | Inversión..... | 115 |
| 5.10.3 | Análisis Financiero Colorado 67..... | 116 |
| 5.10.4 | Análisis Financiero Colorado 69..... | 117 |
| 5.11 | ANÁLISIS FINANCIERO ADICIONAL – CONVENIO ECOPETROL- UIS .. | 118 |
| 5.11.1 | Reactivación Pozos Escenario 1 – WEI | 119 |
| 5.11.2 | Reactivación Pozos Escenario 2 – UIS | 120 |
| 5.11.3 | Campaña de Recañoneo escenarios WEI – UIS..... | 120 |
| | CONCLUSIONES | 122 |
| | RECOMENDACIONES..... | 124 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 125 |
| | ANEXO A..... | 127 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Localización Geográfica del Campo Escuela Colorado | 17 |
| Figura 2. Columna Estratigráfica del Valle Medio del Magdalena..... | 19 |
| Figura 3. Estructura del Campo Escuela Colorado | 24 |
| Figura 4. Histórica de Producción del Campo Escuela Colorado..... | 26 |
| Figura 5. Producción de Aceite, Agua y Gas del Campo Escuela Colorado | 27 |
| Figura 6. Tabla Headerid | 30 |
| Figura 7. Linealización de la Producción de Gas y Aceite COL 34 | 32 |
| Figura 8. Tabla MonthlyProd..... | 33 |
| Figura 9. Tabla Annotate | 34 |
| Figura 10. Tabla SortCategory..... | 34 |
| Figura 11. Estado Mecánico COL 03 | 36 |
| Figura 12. Ventana Principal de OFM..... | 37 |
| Figura 13. Ventana de Creación de Nuevo Proyecto..... | 37 |
| Figura 14. Historial de Eventos del Campo Escuela Colorado | 41 |
| Figura 15. Mapa Base del Campo Escuela Colorado | 42 |
| Figura 16. Índice de Heterogeneidad del Agua Acumulada vs Índice de Heterogeneidad del Aceite Acumulado del Campo Escuela Colorado | 46 |
| Figura 17. Mapa Porosidad Campo Escuela Colorado | 48 |
| Figura 18. Mapa Permeabilidad Campo Escuela Colorado | 49 |
| Figura 19. Mapa Espesor Neto Campo Escuela Colorado | 50 |
| Figura 20. Mapa de Capacidad de Flujo | 51 |
| Figura 21. Mapa de Capacidad de Almacenamiento | 52 |
| Figura 22. Mapa Comportamiento de la Producción del Campo Colorado | 53 |
| Figura 23. Mapa de Comportamiento de la Producción Actual del Campo Escuela Colorado | 55 |
| Figura 24. Mapa de Burbuja de la Producción Acumulada del Campo Escuela Colorado | 56 |
| Figura 25. Gráfica Comportamiento de la Producción | 57 |
| Figura 26. Curva de Declinación del Campo Escuela Colorado | 61 |
| Figura 27. Mapa de Distribución del EUR Campo Escuela Colorado | 62 |
| Figura 28. Mapa Distribución Índice de Declinación Campo Escuela Colorado | 63 |
| Figura 29. Mapa Distribución de Caudal Inicial en el Campo Escuela Colorado ... | 64 |
| Figura 30. Mapa de Distribución de Reservas en el Campo Escuela Colorado..... | 65 |
| Figura 31. Mapa de Porcentaje de Depletación del Campo Escuela Colorado | 66 |
| Figura 32. Reactivación de Pozos Campo Escuela Colorado..... | 69 |
| Figura 33. Promedio Mensual del Dólar en el año 2013 | 83 |
| Figura 34. Promedio mensual del Precio del Crudo WTI durante el 2013 | 84 |

| | |
|---|-----|
| Figura 35. Comportamiento del Caudal pozo Col 07 | 87 |
| Figura 36. Comportamiento del Caudal Col 10 | 95 |
| Figura 37. Comportamiento del Caudal COL 30 | 98 |
| Figura 38. Comportamiento del Caudal COL 60 | 100 |
| Figura 39. Comportamiento del Caudal COL 12 | 103 |
| Figura 40. Comportamiento del Caudal COL 64 | 106 |
| Figura 41. Comportamiento de la Producción de Aceite Antes y Después del Recañoneo- COL 55 | 112 |
| Figura 42. Comportamiento de la Producción de Aceite Antes y Después del Recañoneo- COL 67 | 112 |
| Figura 43. Comportamiento de la Producción de Aceite Antes y Después del Recañoneo- COL 69 | 113 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Características del Yacimiento Campo Escuela Colorado | 23 |
| Tabla 2. Porcentaje de Producción de Aceite por Arenas..... | 31 |
| Tabla 3. Cálculo del Gas COL 34 | 32 |
| Tabla 4. Cálculo de la Producción de Agua | 33 |
| Tabla 5. OOIP y Np del Campo Escuela Colorado | 40 |
| Tabla 6. Índice de Heterogeneidad para la Producción de Aceite y Agua del Campo Escuela Colorado | 44 |
| Tabla 7. Clasificación de los Pozos del CEC según su desempeño | 47 |
| Tabla 8. Resultados de Predicción | 58 |
| Tabla 9. Estado y cantidad de Pozos en el Campo Escuela Colorado | 68 |
| Tabla 10. Pozos candidatos a Reactivación en el Campo Escuela Colorado | 68 |
| Tabla 11. Pozos seleccionados para Reactivar propuesta WEI | 69 |
| Tabla 12. Pozos candidatos a Trabajos de Workover..... | 70 |
| Tabla 13. Pozos candidatos a Reactivación UIS | 71 |
| Tabla 14. Clasificación de los Pozos según su Capacidad de Flujo | 72 |
| Tabla 15. Clasificación de los Pozos según su Capacidad de Almacenamiento ... | 73 |
| Tabla 16. Clasificación de los Pozos según su Espesor Neto | 73 |
| Tabla 17. Clasificación de los Pozos según su Tasa Máxima de Producción..... | 73 |
| Tabla 18. Comportamiento de las Propiedades petrofísicas para los Pozos del Campo Escuela Colorado | 75 |
| Tabla 19. Selección de Pozos Candidatos a Trabajos de Workover: Escenario 2. | 79 |
| Tabla 20. Promedio Mensual del Dólar en el año 2013 | 82 |
| Tabla 21. Promedio mensual del precio del Crudo WTI en el año 2013 | 83 |
| Tabla 22. Requerimientos para la venta del Crudo Campo Escuela Colorado | 85 |
| Tabla 23. Indicadores Económicos | 85 |
| Tabla 24. Variables para la predicción de la Producción de COL 07 | 86 |
| Tabla 25. Aceite producido por Mes en el pozo COL 07..... | 88 |
| Tabla 26. Calculo del Flujo de Caja Neto (FCN)..... | 90 |
| Tabla 27. Costos Reactivación de Pozo | 92 |
| Tabla 28. Indicadores de Rentabilidad..... | 94 |
| Tabla 29. Variables para la predicción de la Producción de COL 10 | 95 |
| Tabla 30. Aceite producido por Mes en el pozo COL 10..... | 96 |
| Tabla 31. Inversiones Reactivación Colorado 10..... | 97 |
| Tabla 32. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 10 | 97 |
| Tabla 33. Variables para la predicción de la Producción de COL 30 | 97 |
| Tabla 34. Aceite producido por Mes en el pozo COL 30..... | 98 |
| Tabla 35. Inversiones Reactivación Colorado 30..... | 99 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 36. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 30 | 99 |
| Tabla 37. Variables para la predicción de la Producción de COL 60 | 99 |
| Tabla 38. Aceite producido por Mes en el pozo COL 60..... | 100 |
| Tabla 39. Inversiones Reactivación Colorado 60..... | 101 |
| Tabla 40. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 60 | 101 |
| Tabla 41. Indicadores de Rentabilidad..... | 102 |
| Tabla 42. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 10 | 103 |
| Tabla 43. Variables para la predicción de la Producción de COL 12 | 103 |
| Tabla 44. Aceite producido por Mes en el pozo COL 12..... | 104 |
| Tabla 45. Inversiones Reactivación Colorado 12..... | 104 |
| Tabla 46. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 12 | 105 |
| Tabla 47. Variables para la predicción de la Producción de COL 64 | 105 |
| Tabla 48. Aceite producido por Mes en el pozo COL 64..... | 106 |
| Tabla 49. Inversiones Reactivación Colorado 64..... | 107 |
| Tabla 50. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 64 | 107 |
| Tabla 51. Incremento de la Producción de los pozos candidatos a Recañoneo .. | 108 |
| Tabla 52. Variables para la Predicción de los Trabajos de Recañoneo..... | 109 |
| Tabla 53. Comportamiento de la Producción Antes y Después del Recañoneo .. | 110 |
| Tabla 54. Producción Acumulada de Aceite Incremental..... | 113 |
| Tabla 55. Inversiones Trabajos de Recañoneo Colorado 55 | 115 |
| Tabla 56. Indicadores de Rentabilidad Colorado 55 | 116 |
| Tabla 57. Inversiones Trabajos de Recañoneo Colorado 67 | 116 |
| Tabla 58. Indicadores de Rentabilidad Colorado 67 | 117 |
| Tabla 59. Inversiones Trabajos de Recañoneo Colorado 69 | 117 |
| Tabla 60. Indicadores de Rentabilidad Colorado 69 | 118 |
| Tabla 61. Indicadores Económicos establecidos en el Convenio | 119 |
| Tabla 62. Resultados Análisis Financiero para la Campaña de Reactivación en el Escenario 1 – WEI | 119 |
| Tabla 63. Resultados Análisis Financiero para la Campaña de Reactivación en el Escenario 2 – UIS | 120 |
| Tabla 64. Resultados Análisis Financiero para la Campaña de Recañoneo WEI - UIS..... | 120 |
| Tabla 65. Reporte del Pronóstico generado por OFM | 127 |

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como tema principal la producción, optimización y mejoramiento de las tasas de aceite producidas en un campo petrolero. La producción de aceite de un campo de petróleo disminuye a través del tiempo; como resultado de la disminución de la presión del yacimiento. La caída de presión dificulta obtener las tasas de aceite constantes, lo que genera trabajos que permitan la optimización de la producción en el campo.

Para analizar esta problemática se cuenta con herramientas computacionales que permiten realizar un trabajo más eficiente y cercano para representar estos procesos con el fin de obtener la mayor cantidad de producción posible.

El Campo Escuela Colorado (CEC), es centro de investigación en este proyecto; presenta un mecanismo de empuje por gas en solución que no tiene mayor eficiencia al mantener la presión del yacimiento, por consiguiente el Campo ha presentado una declinación bastante marcada desde sus inicios de producción. Sin embargo el CEC ha sido motivo de investigación en proyectos anteriores, generando un base de datos cargada con la producción mensual de los fluidos totales y de los trabajos realizados en cada pozo, con el fin de realizar un estudio más detallado de la producción y características generales del yacimiento.

La finalidad de este trabajo es actualizar la base de datos existente del CEC hasta la última fecha de producción junto con los trabajos realizados actualmente; ésta información cargada será objeto de estudio en el Software OilField Manager para generar el estado actual de la producción y los posibles trabajos que incrementan el desarrollo del campo, generando pronósticos de producción y mapas que permitan evidenciar las características del campo hasta el año 2016, fecha en la que se termina el convenio UIS-ECOPETROL S.A. Finalmente se realizará un análisis económico con el fin de obtener diferentes propuestas de trabajos a realizar en el campo, tomando la mejor decisión viable económicamente.

1 GENERALIDADES Y ANTECEDENTES DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

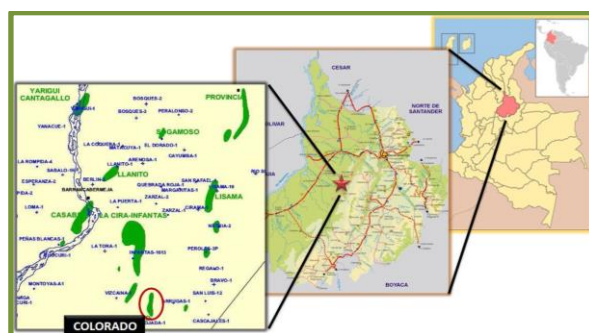
El Campo Escuela Colorado se ha establecido como un centro de aprendizaje a nivel académico y administrativo en las áreas de operación y explotación de Hidrocarburos, con el fin de poner en marcha el convenio entre la Universidad Industrial de Santander y ECOPETROL S.A.¹

Para incrementar la producción del Campo Escuela; la Universidad Industrial de Santander, realizó un convenio con la Empresa WEI Ltda, quién sería la encargada de realizar las operaciones para optimizar la producción del Campo Escuela utilizando nuevas tecnologías y contribuyendo a vincular la academia con la industria petrolera.

1.1 LOCALIZACIÓN

El Campo Escuela se encuentra ubicado sobre la cuenca Valle Medio del Magdalena (VMM), en la Provincia Estructural del Piedemonte Occidental de la Cordillera Oriental; geográficamente en la Vereda Los Colorados en el corregimiento de Yarima, en el municipio de San Vicente de Chucuri, ubicado al sureste del municipio de Barrancabermeja en el departamento de Santander y al sur del Campo La Cira-Infantas.²

Figura 1. Localización Geográfica del Campo Escuela Colorado



Fuente: ECOPETROL – ICP 2003

¹ Informe propuesta Weil Group 2010

² Plan de Explotación Campo Escuela Colorado 2013

1.2 ESTRATIGRAFÍA DE LA CUENCA DEL VALLE MEDIO DEL MAGDALENA

La evolución tectónica del VMM ha estado caracterizada por eventos tectónicos que tuvieron lugar en el Triásico Tardío y el Cretácico Tardío con algunas interrupciones, comenzando con un graben supracontinental limitado por fallas normales cuya subsidencia causada por tectónica de bloques, está ligada a la depositación de los sedimentos pre-Cretáceos de las formaciones Bocas, Jordán, Girón y los Santos.³

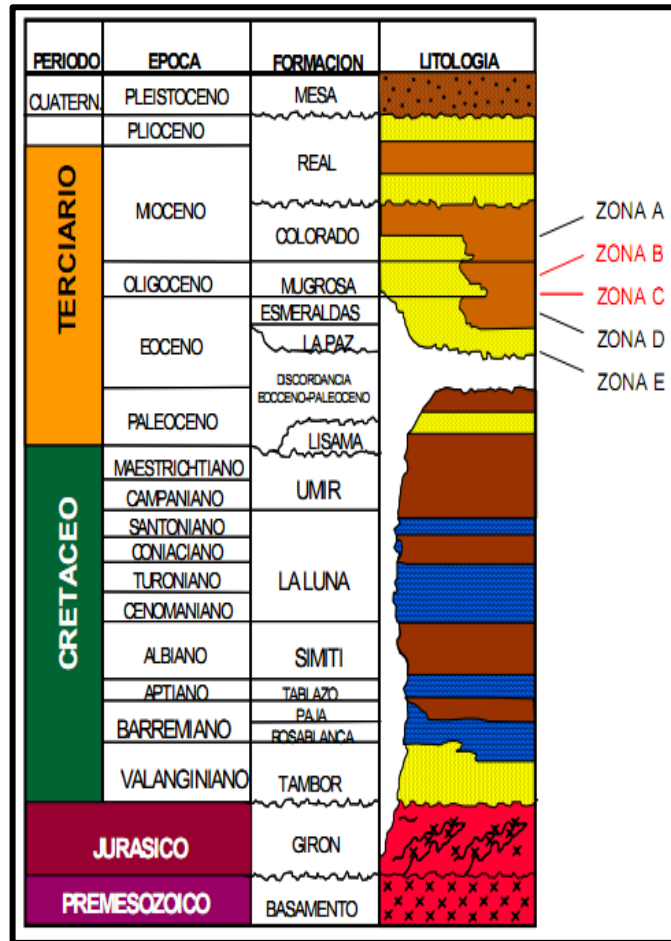
La fase tectónica compresiva del VMM habría comenzado a formarse a finales del Cretáceo e inicios del Paleoceno y se extiende hasta el Reciente, adquiriendo su forma actual en el Mioceno. Durante el Paleoceno medio ocurre el levantamiento del Macizo de Santander-Floresta y desde el Eoceno hasta el Mioceno se depositaron las Formaciones La Paz, Esmeralda, Mugrosa y Colorado en ambientes continentales.

Las formaciones productoras de las cuales se extrae principalmente el petróleo del Campo Escuela Colorado son: formación Mugrosa (Zona B y C), Esmeralda (E) y La Paz (D) de edad Oligoceno-Mioceno inferior, depositadas en un sistema fluvial meándrico, con intercalaciones de areniscas y lodolitas continentales.⁴

³ Informe Final Consolidado Campo Colorado 2009

⁴ Informe Consolidado Campo Escuela Colorado Diciembre de 2009

Figura 2. Columna Estratigráfica del Valle Medio del Magdalena



Fuente: Informe Colorado 2003. Diagnóstico y Estrategias de recobro. ECOPETROL S.A

1.3 FORMACIONES PRODUCTORAS.

Es la principal formación productora del Campo Colorado y se divide en las zonas A, B y C, éstas se subdividen en B1, B2, C1 y C2, poseen un espesor que varía aproximadamente desde 1800 a 4500 ft y se caracteriza por intercalaciones de areniscas de grano fino y lodolitas acumuladas en un ambiente meándrico.⁵

Ésta formación comprende areniscas con una porosidad promedio y un espesor de arena neta petrolífera respectivamente:

⁵ Informe final Consolidad CEC 2009

- B1:12,9 % y 21,8 Pies
- B2:13,5% y 23,2 Pies
- C1:15,7% y 24,9 Pies
- C2: 19,6% y 42,3 Pies

Las acumulaciones son de aceite liviano y gas con gravedad 36° a 42° API, el mecanismo de producción predominante es el empuje por gas en solución.

El aceite original estimado es de 121 MMBls y las reservas primarias producidas son de 8,59 MMBls con una Factor de Recobro de 14.6%.

1.3.1 Formación Colorado

Corresponde al Oligoceno con un espesor aproximado de 2.700 pies. En la parte superior se encuentra la Cira Shale que es importante en todo el Valle Medio del Magdalena por considerarse como el principal estrato guía para la exploración.

A los 250 Ft por debajo de la Cira Shale se encuentra el tope de la Zona A, que se caracteriza por espesores que varían desde 0 hasta 210 Ft.⁶

La parte intermedia de la formación está constituida por arcillas púrpuras moteadas intercaladas con delgadas arenas de color gris azulado algunas veces petrolíferas.

La parte inferior de la formación está constituida por arenas grises, azules o pardas pobremente clasificadas, aunque es muy común encontrar altas saturaciones de agua en algunas arenas intercaladas en intervalos petrolíferos.

1.3.2 Formación Mugrosa

Corresponde también al Oligoceno con espesor promedio de 1.800 Ft. La formación se reconoce por el marcador denominado Fósiles de Mugrosa que se encuentra en el tope de la formación. Después de los Fósiles de Mugrosa se encuentra la Zona B que comprende areniscas blanquecinas y grises, pobremente

⁶ Informe Consolidado CEC 2009

clasificadas, más compactas que en la Zona A. las arenas están intercaladas entre arcillas violáceas, gis o verdosas generalmente compactas.

En la parte intermedia de la formación se encuentra constituida por arcillas y arcillolitas abigarradas en diferentes tonos de gris. La zona inferior de la formación mugrosa se ha denominado Zona C, comprende areniscas de color blanquecino y gris en diferentes tonos, en algunas ocasiones calcáreas, tamaños de grano medio a grueso generalmente compactos, intercalados con arcillas gris verdosas o gris oscuras.⁷

1.3.3 Formación La Paz

La secuencia está compuesta por areniscas grises conglomeráticas, conglomerados, limolitas y grandes paquetes de lutitas grises. (MORALES, et al., 1958). El depósito de los sedimentos de esta unidad se desarrolló en un ambiente de sistemas fluviales trenzados a meándricos de baja sinuosidad. En el Campo Colorado la unidad descansa discordantemente sobre la Formación **Umir** del Cretácico. Las áreas fuente de sedimentos para la Formación La Paz fueron la Cordillera Central, el Paleo-macizo de Santander y el Paleo-alto de Sogamoso. El contacto superior con la Formación Esmeraldas es concordante y transicional. Conforme a su posición estratigráfica, la unidad se considera del Eoceno Medio a Superior. El espesor de esta unidad puede alcanzar hasta los (600 m) 1970 pies.⁸

1.3.4 Formación Esmeralda

Esta unidad se compone de areniscas grises y verdosas, de grano fino, con intercalaciones de limolitas y lutitas, contiene algunas capas delgadas de carbón. (MORALES, et al., 1958). Litológicamente está compuesta de espesos intervalos de lodolitas y limolitas oscuras con delgados mantos de carbón depositados en ríos meándricos (Rubiano, 1995); El ambiente deposicional fue bajo condiciones

⁷ Plan de explotación Campo Escuela Colorado 2013

⁸ TORRES L. Jorge Wilson y RANGEL S. Willian Alberto, Análisis de datos de producción a nivel de completamientos para la asignación de la producción del campo Colorado

lagunares deltaicas. El contacto inferior con la Formación La Paz es concordante, mientras que el contacto superior está determinado por una posible discordancia con la Formación Mugrosa. La unidad abarca la mayor parte del Eoceno tardío. El límite de la Formación Esmeraldas está dado por un nivel rico en moluscos de agua dulce y palinomorfos denominado “Horizonte Fosilífero Los Chorros”. El espesor se ha calculado en unos 457 m (1.500 ft).⁹

1.3.5 Formación Umir

Descrita por Huntley (en JULIVERT, et al., 1968). La Formación Umir presenta de base a techo cuarzoarenitas de grano fino de color grises, lodolitas limoarenosas de colores grises, concreciones ferruginosas mantos de carbón bituminoso a sub-bituminoso. Esta formación descansa discordantemente sobre la Formación La Luna, aunque en otros sitios del Valle Medio del Magdalena se ha descrito el contacto como gradacional. Se considera que esta unidad fue depositada en un ambiente litoral–deltaico a nerítico. La Formación Umir descansa en discontinuidad estratigráfica sobre el miembro Galembo de la Formación La Luna. El contacto superior con la suprayacente Formación Lisama es concordante.

1.4 CARACTERÍSTICAS DEL YACIMIENTO CAMPO ESCUELA COLORADO

La siguiente tabla presenta un resumen de las propiedades de yacimiento para las zonas productoras del campo.

De acuerdo con la revisión de las pruebas iniciales de los pozos, presiones de fondo fluyendo y presiones estáticas, se estimó un valor de presión inicial para cada una de las unidades del campo.¹⁰

⁹ Plan Consolidado CEC 2013

¹⁰ Informe final consolidado CEC 2009

Tabla 1. Características del Yacimiento Campo Escuela Colorado

| PARAMETRO | Unidad | Arena B | Arena C | Arena D | Arena E |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Temperatura de Yto | °F | 114 | 174 | 186 | 186 |
| API | °API | 41.2 | 39.7 | 40.1 | 40.1 |
| Profundidad Promedia | Ft | 2000 | 4000 | 5000 | 5600 |
| Presión de Burbuja | psi | 648 | 2078 | 2958 | 2958 |
| Presión Inicial | psi | 600 | 2100 | 2970 | 3590 |
| Viscosidad a Pb | Cp | 1.64 | 0.462 | 0.441 | 0.441 |
| Bo a Pb | Rb/Stb | 1.091 | 1.401 | 1.373 | 1.373 |
| Rs a Pb | Scf/Stb | 140 | 648 | 667 | 667 |
| Porosidad | % | 13.26 | 15 | 13 | 13 |

Fuente: Informe “Información Técnica Campo Escuela Colorado”. Proyecto Campo Escuela Colorado – UIS

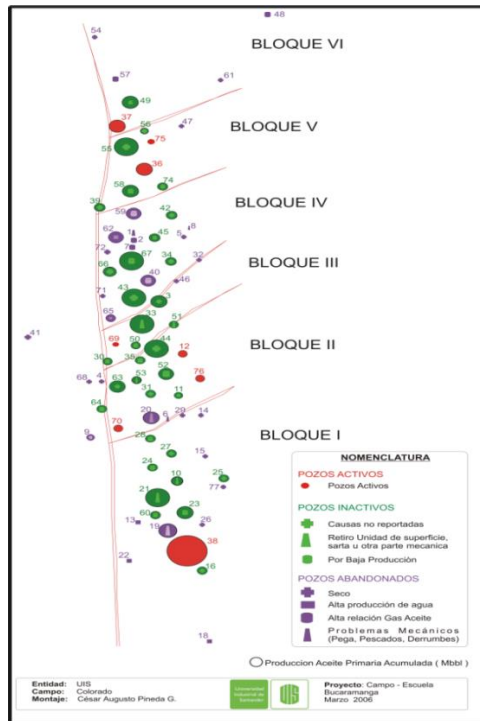
1.5 MODELO ESTRUCTURAL

La estructura del Campo Escuela Colorado está conformada por un anticlinal 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 cloque colgante de una falla homotética en sentido N-S y buzamiento al ESTE denominada como falla de Colorado.

El anticlinal de Colorado está dividido en siete bloques por fallas locales en el sentido W-E y SW-NE. De sur a norte se denominan los Bloques IB, I, II, III, IV y 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 campo.¹¹

Figura 3. Estructura del Campo Escuela Colorado



Fuente: Informe “Información Técnica Campo Escuela Colorado”. Proyecto Campo Escuela Colorado - UIS

1.6 RESEÑA HISTÓRICA DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

El Campo Colorado se descubrió en el año 1923 por la empresa Operadora **Tropical Oil Company – TROCO**, el desarrollo del Campo se llevó a cabo de la siguiente manera:

- **TROPICAL OIL COMPANY TROCO (1923 – 1932):** Descubrió el Campo con el pozo Colorado 2 en 1924, Perforó 7 pozos, de los cuales 6 fueron abandonados por problemas mecánicos, alta producción de gas o agua y pozos secos.

¹¹ Informe Final Consolidado CEC 2013

De acuerdo con lo anterior los pozos presentaron flujo de gas en la unidad C, lo cual hace evidente la presencia de una capa de gas en el yacimiento.

Entre los años (1945 – 1946) la TROCO realizo estudios y pruebas con resultados satisfactorios, para la segunda campaña se perforo el pozo C-9 con buenos resultados, los cuales motivaron la perforación de 7 pozos más, para un total de 8 pozos en esta campaña.

En esta campaña de perforación probaron pozos que se encuentran localizados en las partes más bajas de los Bloques 1, 2 y 3 (Flanco occidental) y un pozo localizado al costado occidental de la falla principal (Colorado-9). Solo los pozos Colorado 14 y 15 fueron acuíferos los otros seis pozos fueron productores.

- **ECOPETROL S.A. (1953 – 2006)**

Durante este periodo se desarrolló completamente el campo, mediante la perforación de 60 pozos para un total de 75 pozos perforados. El desarrollo del campo se llevó a cabo desde el sur hacia el norte del mismo.

- **UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (UIS)**

El 1 de Junio de 2006 nace el Campo Escuela-Colorado bajo la firma del Convenio Interadministrativo con ECOPETROL S.A.

La Universidad Industrial de Santander con el fin de desarrollar operacionalmente el campo, trabaja con su aliado tecnológico **Wordwide Energy Investiments LTD (W.E.I LTD.)**, quienes tienen como fin intervenir en los trabajos del campo y busca promover la investigación y la formación de nuevos profesionales.

1.7 HISTORIA DE PRODUCCIÓN DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

El campo inicio su producción en el año 1945 con una tasa de 300 BPD, en 1961 alcanzó su máxima producción de 1771 BPD, declinando rápidamente hasta llegar a una tasa de 467 BPD en 1966. Éste periodo se caracterizó por la pérdida de

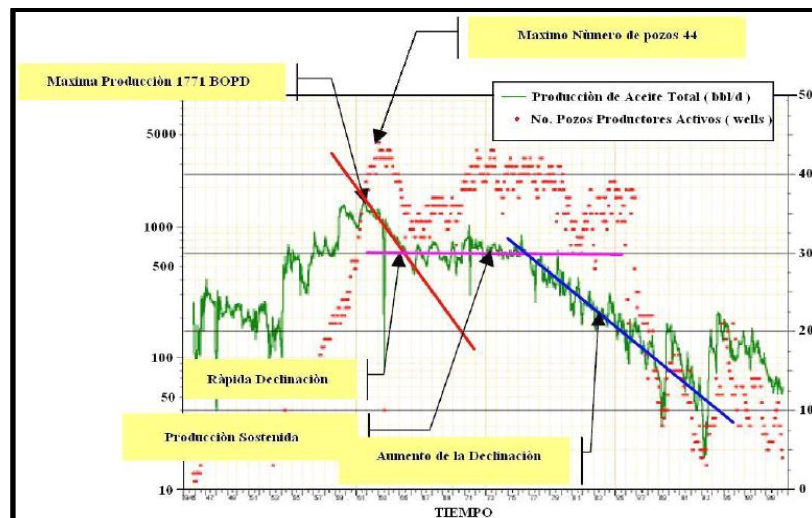
pozos productores por problemas mecánicos en los más destacados el taponamiento de las líneas por causa de las parafinas.

A partir de 1966 y hasta el año 1976 se mantuvo una producción promedio de 670 BPD. Desde 1976 se marcó una declinación del campo pasando de 962 BPD a 47 BPD en 1989. El máximo número de pozos activos fue en 1963 con un total de 44 pozos. De los 75 pozos perforados, solamente reportan 56 pozos con algún tipo de producción.¹²

El yacimiento presenta poca continuidad lateral en los cuerpos arenosos, baja energía del yacimiento y sus arenas delgadas hacen que la producción acumulada de los pozos sea muy baja.

En el año 2009 se firmó el convenio con el aliado WEI GROUP, se han intervenido varios pozos por medio de procesos de reacondicionamiento de pozos aumentando la producción del campo. En el campo se utiliza el sistema de Levantamiento Artificial por Bombeo Mecánico en la totalidad de los pozos.

Figura 4. Histórica de Producción del Campo Escuela Colorado



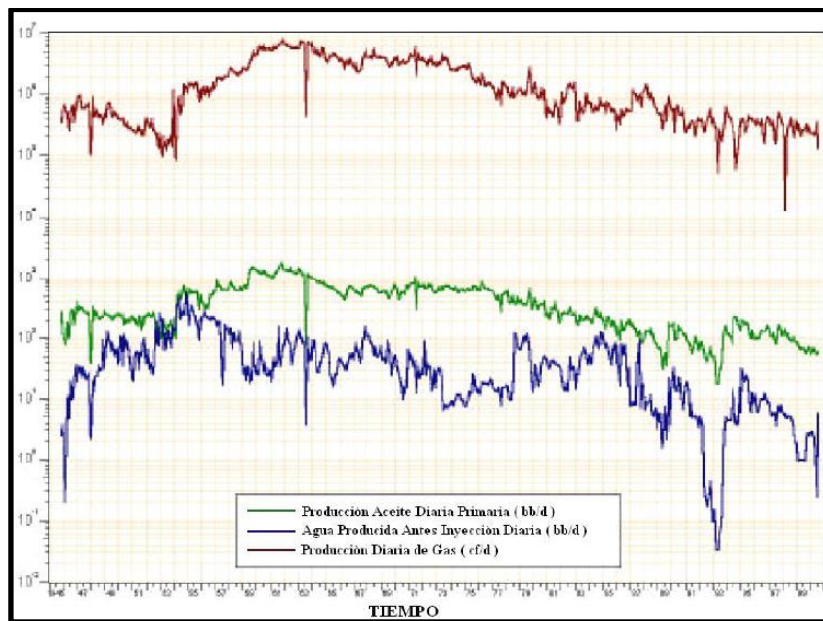
Fuente: *ECOPETROL - ICP 2003 D.E.R.*

¹² TORRES L. Jorge Wilson y RANGEL S. Willian Alberto, Análisis de datos de producción a nivel de completamientos para la asignación de la producción del campo Colorado.

Producción de Aceite, Agua y Gas

El campo Escuela Colorado tiene una baja producción de agua en su comportamiento histórico, siendo típico de un campo con influencia mínima o nula de algún tipo de acuífero. La producción de gas ha estado casi constante desde 1989 con un valor promedio de 225 MSCF/Día.

Figura 5. Producción de Aceite, Agua y Gas del Campo Escuela Colorado



Fuente: ECOPETROL - ICP 2003 D.E.R.

1.7.1 Análisis de las Anomalías en la Producción

En el campo Escuela Colorado de los 75 pozos perforados, solamente 56 pozos reportan algún tipo de producción, siendo pobres las producciones acumuladas del campo.

El promedio de producción acumulada por pozo productor es de 152.819 Barriles de aceite, la cual es baja indicando bajas propiedades petrofísicas y poca energía en el yacimiento.

Los mejores pozos productores de aceite se encuentra en la parte central del anticlinal, donde están los mejores desarrollos de arenas B. estos pozos productores de aceite se encuentran rodeados por pozos con bajos acumulados, indicando problemas de tipo mecánico en los pozos. La mayoría de los pozos perforados se clasifican como pozos con bajo potencial de hidrocarburos.

2 ACTUALIZACIÓN Y MIGRACIÓN DE LA BASE DE DATOS DEL CAMPO ESCUELA COLORADO AL SOTFWARE OILFIELD MANAGER (OFM)

El Campo Escuela Colorado no cuenta con una base de datos de producción actualizada, no obstante, en este capítulo se da a conocer dicha actualización hasta la última fecha de producción del campo.

La base de datos del Campo Escuela fue entregada con producciones antiguamente cargadas en Microsoft Acces, con la finalidad de actualizarla hasta la última fecha de producción registrada.

El Software **OilField Manager (OFM)**, permite evaluar el estado del Campo Escuela Colorado y toma los datos cargados en las tablas de Microsoft Acces para realizar un análisis detallado de la producción del campo; indicando las posibles alternativas para optimizar la producción.

Las tablas más usadas en Microsoft Acces para migrar los datos a OFM son:

2.1 TABLAS FUNDAMENTALES EN ACCES

2.1.1 Tabla HEADERID

Es la denominada “Tabla Maestra”, en esta tabla se encuentran los datos más importantes de cada pozo. Los datos que requiere esta tabla fueron proporcionados por el Campo Colorado.

- **UNIQUEID (NOMBRE):** en esta columna se digita el nombre de cada pozo con algunas reglas de nomenclatura; el nombre se debe ingresar con las cuatro (4) primeras letras del campo, seguido de cuatro (4) números correspondientes al pozo, especificando las arenas perforadas. Ej: **COLO0001: C**; corresponde al campo colorado pozo número 01 y perforado en la arena C.
- **ALIAS:** en esta columna se especifica de manera muy corta el nombre o número del pozo. Ej: C-1.

- **CDATE:** se debe introducir en esta columna la fecha en la que fueron perforados los pozos en cada arena.
- **GLEVEL:** el nivel de terreno deben ir en estas casillas.
- **KBELENATION:** La columna con este nombre debe estar cargada con la elevación de la mesa rotaria.
- **TOTAL DEPTH:** Se debe especificar la profundidad total de cada pozo.
- **XCOORD y YCOORD:** Son las coordenadas en las que se encuentran los pozos.

Figura 6. Tabla Headerid

| LUNIQUEID | ALIAS | ALIAS_AC | ALIAS_IN | CDATE | GLEVEL | KBELEVATIC | TOTALDEPTI | WELLBORE | XCOORD | YCOORD | PRIM_PROD |
|-------------|-------|----------|----------|------------|--------|------------|------------|----------|------------|------------|-----------|
| COLO0002:B1 | C-2 | | | 05/03/1924 | 444 | 457 | 3640 | COLO0002 | 1038444,47 | 1243926,44 | |
| COLO0002:B2 | C-2 | | | 05/03/1925 | 444 | 457 | 3640 | COLO0002 | 1038444,47 | 1243926,44 | |
| COLO0003:B1 | C-3 | | | 08/08/1956 | 486 | 495 | 6152 | COLO0003 | 1038739,35 | 1243182,41 | |
| COLO0003:B2 | C-3 | | | 08/08/1956 | 486 | 495 | 6152 | COLO0003 | 1038739,35 | 1243182,41 | |
| COLO0003:C1 | C-3 | | | 08/08/1956 | 486 | 495 | 6152 | COLO0003 | 1038739,35 | 1243182,41 | |
| COLO0003:C2 | C-3 | | | 08/08/1956 | 486 | 495 | 6152 | COLO0003 | 1038739,35 | 1243182,41 | |
| COLO0003:D | C-3 | | | 08/08/1956 | 486 | 495 | 6152 | COLO0003 | 1038739,35 | 1243182,41 | |
| COLO0003:E | C-3 | | | 08/08/1956 | 486 | 495 | 6152 | COLO0003 | 1038739,35 | 1243182,41 | |
| COLO0003:U | C-3 | | | 08/08/1956 | 486 | 495 | 6152 | COLO0003 | 1038739,35 | 1243182,41 | |
| COLO0005:B1 | C-5 | | | 20/02/1925 | 366 | 373 | 5377 | COLO0005 | 1038999 | 1244099 | |
| COLO0005:B2 | C-5 | | | 20/02/1925 | 366 | 373 | 5377 | COLO0005 | 1038999 | 1244099 | |
| ANNOTATE | C-5 | | | 20/02/1925 | 366 | 373 | 5377 | COLO0005 | 1038999 | 1244099 | |
| CALCULO | C-5 | | | 20/02/1925 | 366 | 373 | 5377 | COLO0005 | 1038999 | 1244099 | |
| DA_WORK | C-5 | | | 20/02/1925 | 366 | 373 | 5377 | COLO0005 | 1038999 | 1244099 | |
| COLO0006:B1 | C-6 | | | 14/02/1928 | 450 | 548 | 6162 | COLO0006 | 1038835 | 1241593 | |
| COLO0006:B2 | C-6 | | | 14/02/1928 | 450 | 548 | 6162 | COLO0006 | 1038835 | 1241593 | |
| COLO0006:C1 | C-6 | | | 14/02/1928 | 450 | 548 | 6162 | COLO0006 | 1038835 | 1241593 | |
| COLO0006:C2 | C-6 | | | 14/02/1928 | 450 | 548 | 6162 | COLO0006 | 1038835 | 1241593 | |
| COLO0006:D | C-6 | | | 14/02/1928 | 450 | 548 | 6162 | COLO0006 | 1038835 | 1241593 | |
| COLO0007:B1 | C-7 | | | 10/08/1927 | 488 | 494 | 5224 | COLO0007 | 1038456,23 | 1243830,68 | |
| COLO0007:B2 | C-7 | | | 10/08/1927 | 488 | 494 | 5224 | COLO0007 | 1038456,23 | 1243830,68 | |
| COLO0007:C1 | C-7 | | | 10/08/1927 | 488 | 494 | 5224 | COLO0007 | 1038456,23 | 1243830,68 | |
| COLO0007:C2 | C-7 | | | 10/08/1927 | 488 | 494 | 5224 | COLO0007 | 1038456,23 | 1243830,68 | |
| COLO0007:D | C-7 | | | 10/08/1927 | 488 | 494 | 5224 | COLO0007 | 1038456,23 | 1243830,68 | |
| COLO0008:B1 | C-8 | | | 09/03/1928 | 363 | 370 | 5925 | COLO0008 | 1038998 | 1244149 | |
| COLO0008:B2 | C-8 | | | 09/03/1928 | 363 | 370 | 5925 | COLO0008 | 1038998 | 1244149 | |
| COLO0008:C1 | C-8 | | | 09/03/1928 | 363 | 370 | 5925 | COLO0008 | 1038998 | 1244149 | |
| COLO0008:C2 | C-8 | | | 09/03/1928 | 363 | 370 | 5925 | COLO0008 | 1038998 | 1244149 | |

Fuente: Microsoft Access

2.1.2 Tabla MONTHLYPROD

Esta tabla es fundamental en **Microsoft Access** para realizar un análisis de producción utilizando OFM; se registran valores mensuales de producción de Gas, Aceite y Agua; los días en los que produjo cada pozo y las fechas mensuales establecidas de dicha producción.

La producción del Campo Escuela Colorado se da por diferentes tipos de formaciones y arenas, las cuales a su vez se subdividen en dos tipos como se menciona en el capítulo anterior.

Los datos para realizar la actualización de la producción del Campo se obtuvieron de se obtuvieron de la siguiente manera teniendo en cuenta la producción de aceite generada por el campo.

- **Aceite:**

La mayor producción del Campo Escuela Colorado está dada por las formaciones La Mugrosa, La Paz y La Esmeralda y las formaciones que menos aportan son Colorado y Umir; estas formaciones tienen subdivisiones como se explica en el capítulo anterior.

La manera en que se cuantifica la cantidad de aceite que cada formación aporta se realiza de la siguiente manera, obteniendo la producción total de cada pozo.

Tabla 2. Porcentaje de Producción de Aceite por Arenas

| COL 24 | Año 1970 | | Año 1985 | | Suma | | | % | % | Promedio % |
|--------|----------|----|----------|-----|------|-----|---|---|---|------------|
| | C1 | C2 | C1 | C2 | | | | | | |
| | 1 | 72 | 14 | 609 | 73 | 623 | 0 | 1 | 2 | 2 |

Fuente: El Autor

En la tabla se muestran los valores de producción de aceite para dos años y se establece un promedio de producción para la formación productora.

El 2% de la producción pertenece a la formación C (Mugrosa), subdivisión C1 y el 98% pertenece a la subdivisión C2 de la misma formación mugrosa.

Toda la producción de aceite de los pozos del Campo Escuela Colorado se actualizó de la misma manera.

- **Gas:**

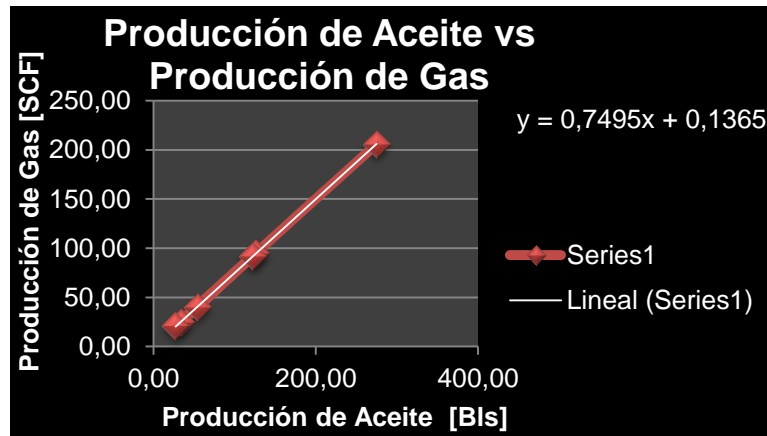
Se tomaron datos representativos de producción de aceite y gas de diferentes periodos de tiempo, posteriormente se realiza una linealización con los datos obtenidos como se muestra en la siguiente tabla y figura.

Tabla 3. Cálculo del Gas COL 34

| GAS COL 34 | | | | |
|------------|--------|--------|--------|---------------|
| Año | C1 | C2 | | |
| | Oil | Gas | oil | Gas calculado |
| 1970 | 34,00 | 25,00 | 34,00 | 25,62 |
| | 126,00 | 95,00 | 126,00 | 94,57 |
| | 27,00 | 21,00 | 27,00 | 20,37 |
| 1984 | 54,00 | 40,00 | 54,00 | 40,61 |
| | 122,00 | 92,00 | 122,00 | 91,58 |
| | 275,00 | 206,00 | 275,00 | 206,25 |

Fuente: El Autor

Figura 7. Linealización de la Producción de Gas y Aceite COL 34



Fuente: El Autor

En la Tabla 3 se puede observar los valores de Gas calculado y son aproximados al valor original de Gas para el Col 34; obteniendo la pendiente de la ecuación; se calculan los datos de Producción de gas para la Producción de aceite actual.

Este procedimiento se realizó para todos los pozos del Campo Escuela Colorado.

- **Agua:**

La producción de Agua del Campo Escuela Colorado es muy baja; pero es necesaria la actualización en la base de datos de Microsoft Acces para obtener un mejor análisis del Campo.

Para la actualización de la producción de agua se realiza el mismo proceso anteriormente descrito con la producción de Aceite.

Tabla 4. Cálculo de la Producción de Agua

| UNIQUEID | Date | WPAI | %de agu | ene-10 | feb-10 | mar-10 | abr-10 | may-10 |
|-------------|-----------|------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| COLO0003:C1 | 01-may-83 | 2,01 | 0,173 | 0,1849 | 0,1369 | 0,0690 | 0,1376 | 0,0978 |
| COLO0003:C2 | 01-may-83 | 5,97 | 0,515 | 0,5492 | 0,4067 | 0,2049 | 0,4088 | 0,2904 |

Fuente: El Autor

Los datos de producción de la Tabla MonthlyProd están cargados mensualmente, los días en lo que se produjo cada pozo están registrados en la Forma 9 de Producción del Ministerio de Minas y Energía.

Figura 8. Tabla MonthlyProd

Fuente: Microsoft Acces

2.1.3 Tabla ANNOTATE

En esta tabla se registran datos de los trabajos que se han realizado en cada pozo (recañoneo, varilleo, workover, acidificación, reactivación), la fecha en la que se realizó el trabajo y el nombre dado para cada pozo en Microsoft Acces.

Figura 9. Tabla Annotate

| UNIDUO | DATE | NOTE |
|-------------|------------|---------|
| COLO0003-C1 | 31/05/1960 | FRAC |
| COLO0003-C1 | 08/07/1961 | PERFS |
| COLO0003-C1 | 13/11/1967 | SQUEEZE |
| COLO0003-C1 | 14/09/2010 | REA |
| COLO0003-C1 | 03/06/2011 | VARILLO |
| COLO0003-C1 | 02/02/2012 | VARILLO |
| COLO0003-C2 | 08/07/1961 | PERFS |
| COLO0003-C2 | 14/09/2010 | REA |
| COLO0003-C2 | 03/06/2011 | VARILLO |
| COLO0003-C2 | 05/07/2011 | VARILLO |
| COLO0003-C2 | 12/12/2011 | VARILLO |
| COLO0003-C2 | 02/02/2012 | VARILLO |
| COLO0003-E | 21/04/1956 | PERFS |
| COLO0003-E | 16/08/1956 | PERFS |
| COLO0003-E | 11/07/1961 | ACID |
| COLO0003-E | 13/11/1967 | FRAC |
| COLO0003-E | 04/10/1974 | ACID |
| COLO0003-E | 07/08/1930 | PERFS |
| COLO0009-B2 | 08/12/1945 | PERFS |
| COLO0009-B2 | 12/12/1945 | ACC |
| COLO0009-B2 | 19/12/1945 | PERFS |
| COLO0009-B2 | 08/07/1946 | RCN |
| COLO0009-B2 | 12/07/1946 | RCN |
| COLO0009-B2 | 12/04/1951 | PERFS |
| COLO0009-B2 | 12/12/1951 | PERFS |
| COLO0009-C1 | 08/12/1945 | ACC |
| COLO0009-C1 | 12/12/1945 | ACC |
| COLO0009-C1 | 08/06/1946 | PERFS |

Fuente: Microsoft Acces

2.1.4 Tabla SORTCATEGORY

La tabla Sortcategory es una de las más importantes para realizar un análisis de producción en OFM. Esta tabla contiene los nombres de cada pozo, el Alias que se le ha dado a cada pozo para resumir el nombre completo, la estación de recolecta de los fluidos de cada pozo, el estado de los pozos (Activo-Inactivo), la formación por la que produce cada pozo, productor o no productor actual, entre otras características.

Figura 10. Tabla SortCategory

| UNIDUO | ALIAS | AREA | ESTACION | ESTADO | FIELDNAME | PRODUCTOR | RESERVOIR | SUPERINT | WELLBORN | WELLYTYPE | SINTAG |
|-------------|-------|------|----------|------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|---------------|--------|
| COLO0001-B2 | C-01 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | B2 | SMA | COLO0001 | ABANDONADO | ND |
| COLO0001-C1 | C-01 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | C1 | SMA | COLO0001 | ABANDONADO | ND |
| COLO0001-C2 | C-01 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | C2 | SMA | COLO0001 | ABANDONADO | ND |
| COLO0001-D | C-01 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | D | SMA | COLO0001 | ABANDONADO | ND |
| COLO0002-B1 | C-2 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | B1 | SMA | COLO0002 | ABANDONADO | ND |
| COLO0002-B2 | C-2 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | B2 | SMA | COLO0002 | ABANDONADO | ND |
| COLO0003-B1 | C-3 | 49 | 4 | ACTIVO | COLORADO | Y | B1 | SMA | COLO0003 | PRODUCTOR_OIL | 54T066 |
| COLO0003-B2 | C-3 | 49 | 4 | ACTIVO | COLORADO | Y | B2 | SMA | COLO0003 | PRODUCTOR_OIL | 54T066 |
| COLO0003-C1 | C-3 | 49 | 4 | ACTIVO | COLORADO | Y | C1 | SMA | COLO0003 | PRODUCTOR_OIL | 54T066 |
| COLO0003-C2 | C-3 | 49 | 4 | ACTIVO | COLORADO | Y | C2 | SMA | COLO0003 | PRODUCTOR_OIL | 54T066 |
| COLO0003-D | C-3 | 49 | 4 | ACTIVO | COLORADO | Y | D | SMA | COLO0003 | PRODUCTOR_OIL | 54T066 |
| COLO0003-E | C-3 | 49 | 4 | ACTIVO | COLORADO | Y | E | SMA | COLO0003 | PRODUCTOR_OIL | 54T066 |
| COLO0003-U | C-3 | 49 | 4 | ACTIVO | COLORADO | Y | U | SMA | COLO0003 | PRODUCTOR_OIL | 54T066 |
| COLO0004-B1 | C-04 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | B1 | SMA | COLO0004 | ABANDONADO | ND |
| COLO0004-B2 | C-04 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | B2 | SMA | COLO0004 | ABANDONADO | ND |
| COLO0004-C1 | C-04 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | C1 | SMA | COLO0004 | ABANDONADO | ND |
| COLO0004-C2 | C-04 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | C2 | SMA | COLO0004 | ABANDONADO | ND |
| COLO0004-D | C-04 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | D | SMA | COLO0004 | ABANDONADO | ND |
| COLO0005-B1 | C-5 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | B1 | SMA | COLO0005 | ABANDONADO | ND |
| COLO0005-B2 | C-5 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | B2 | SMA | COLO0005 | ABANDONADO | ND |
| COLO0005-C1 | C-5 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | C1 | SMA | COLO0005 | ABANDONADO | ND |
| COLO0005-C2 | C-5 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | C2 | SMA | COLO0005 | ABANDONADO | ND |
| COLO0005-D | C-5 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | D | SMA | COLO0005 | ABANDONADO | ND |
| COLO0006-B1 | C-6 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | B1 | SMA | COLO0006 | ABANDONADO | ND |
| COLO0006-B2 | C-6 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | B2 | SMA | COLO0006 | ABANDONADO | ND |
| COLO0006-C1 | C-6 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | C1 | SMA | COLO0006 | ABANDONADO | ND |
| COLO0006-C2 | C-6 | 49 | ND | ABANDONADO | COLORADO | N | C2 | SMA | COLO0006 | ABANDONADO | ND |

Fuente: Microsoft Acces

En la plataforma de Microsoft Acces se generan tablas importantes para el análisis de la producción, diferentes a las mencionadas anteriormente.

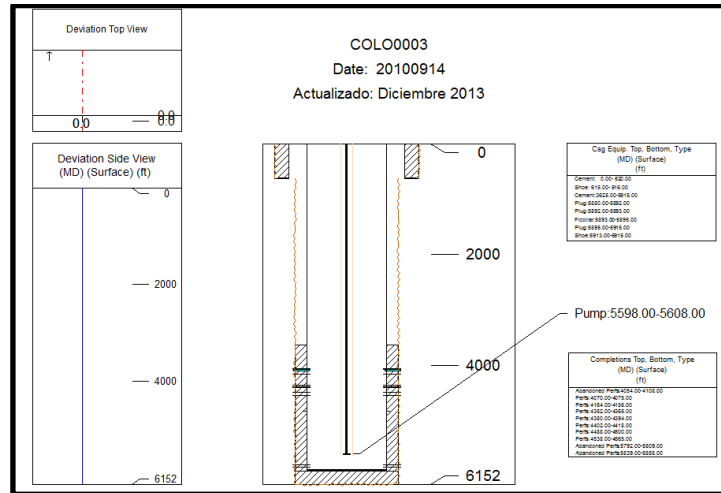
La tabla RESERVOIR, en la que se describen las características PVT del yacimiento (Permeabilidad, Porosidad, entre otras); la tabla NOTES contiene notificaciones sobre los trabajos realizados en los pozos (Fracturamiento, Acidificación, entre otras); la tabla FORECAST es muy importante para la predicción de datos de producción; las tablas que llevan el nombre de PRESIONES, WORKOVER, YACIMIENTO, ESPESORES deben estar disponibles en Microsoft Acces para realizar el análisis de producción utilizando OFM como herramienta principal.

2.2 ACTUALIZACIÓN DE LOS ESTADOS MECÁNICOS DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

En los pozos del Campo Escuela Colorado se han realizado trabajos de mejoramiento y cambios en algunas de las piezas del Sistema de Levantamiento; cabe destacar que el CEC en su totalidad posee Sistema de Levantamiento por Bombeo Mecánico.

Dicha actualización se realizó utilizando el Software OFM generando resultados gráficos como los presentados en la siguiente figura donde se observan las características de cada pozo y sus longitudes reales.

Figura 11. Estado Mecánico COL 03



Fuente: Software OilField Manager

2.3 SOFTWARE OILFIELD MANAGER (OFM)

El Software OilField Manager es una de las herramientas de producción más útiles para recopilar y organizar la información de la productividad de un Campo. El análisis de los datos y la generación de los cálculos permiten observar valores y/o tendencias del estado del campo y predicciones de la productividad del mismo.

Este Software utiliza un conjunto de tablas vinculadas para almacenar, analizar y visualizar datos, cada tabla está relacionada con otra tabla mediante un identificador único; a este conjunto de tablas se les llama **Proyecto**.¹³

2.3.1 Creación del Proyecto

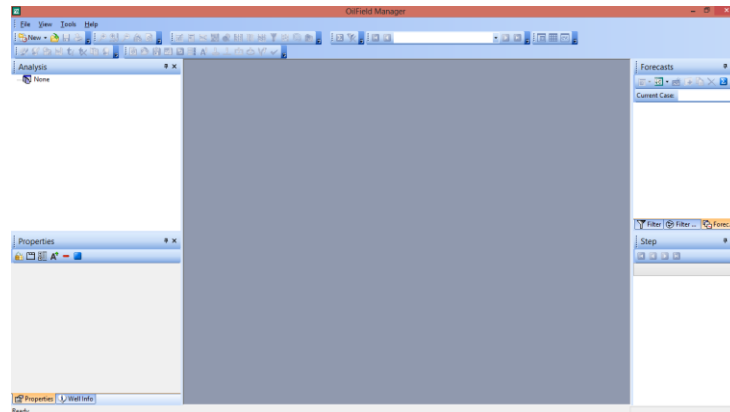
La elaboración de un proyecto en OFM requiere de una base de datos completa e información organizada que se encuentre disponible para realizar un análisis detallado. La base de datos deben estar contenidos en un Archivo tipo ASCII con extensión “.mdb”, que puede ser creada en Microsoft Acces como se contempló en el capítulo anterior; con esta base de datos en Acces se procede a cargar la información a la plataforma de OFM.

¹³ Manual OilField Manager OFM 2009

2.3.2 Ventana Principal de OFM

En la figura 12 se puede observar la ventana principal de OFM, en la que se encuentra herramienta para realizar el análisis de producción.

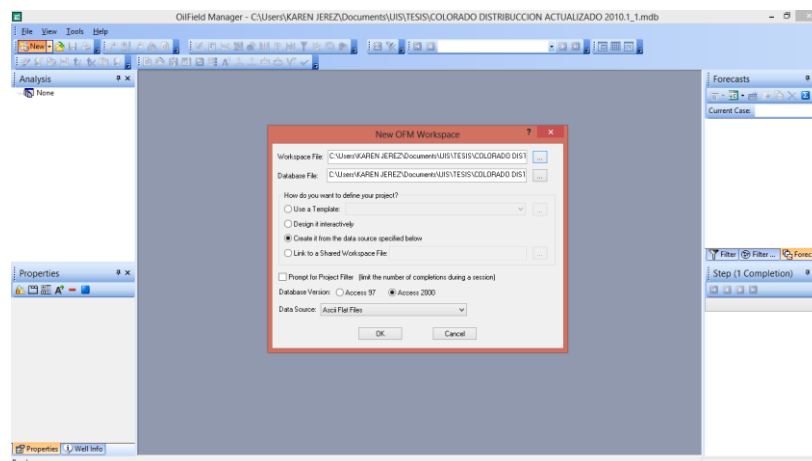
Figura 12. Ventana Principal de OFM



Fuente: Software OilField Manager

En la parte superior de la ventana principal se encuentra la pestaña de **Creación de Nuevo Proyecto** en donde se desplegará una ventana donde encontrará las direcciones de la base de datos creadas por el usuario y posteriormente se cargara a la plataforma OFM.

Figura 13. Ventana de Creación de Nuevo Proyecto



Fuente: Software OilField Manager

3 EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL CAMPO ESCUELA COLORADO UTILIZANDO OFM

En la industria de los Hidrocarburos es necesario realizar un análisis de ingeniería para establecer parámetros y tomar decisiones con ayuda de herramientas que permitan la diversificación de opciones para optimizar los trabajos que se desarrollan en los campos productores de Hidrocarburos.

Estas herramientas generan un panorama de las condiciones de producción y permiten conocer las posibles alternativas óptimas para un mejor desempeño.

El Software OilField Manager (OFM); es un software de producción que permite analizar el estado actual y futuro de un campo petrolero, se debe tener en cuenta que este Software maneja varias aplicaciones, por consiguiente es necesario conocer la información litología, geológica y propiedades generales del yacimiento.¹⁴

El Campo Escuela Colorado cuenta con toda la información necesaria para desarrollar un análisis de producción utilizando OFM, durante el estudio de la producción se generan los siguientes reportes que permiten el estudio en general.

- **Gráficos de comportamiento**
- **Reportes de datos**
- **Pronósticos**
- **Mapas de Grillas**
- **Mapas de Burbujas**
- **Gráficos de Dispersión**
- **Diagrama de Pozo**

¹⁴ MARIN H. Luis Ernesto y ANAYA M. Jose Andrés, Optimización de la producción del Campo Galán de Ecopetrol S.A., mediante un sistema de evaluación de desempeño. Proyecto de Grado 20013

3.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

Para obtener los mejores resultados de un análisis de producción se debe contar con una base de datos real y con información de la mejor calidad que se obtenga al momento de realizar el estudio. Es necesario tratar de reducir la incertidumbre en los datos o información que se desea cargar en la base de datos.

La información para realizar este estudio fue suministrada en su totalidad por el **Campo Escuela Colorado (UIS)**.

3.2 DATOS BÁSICOS DE POZO

Los datos básicos de las ubicaciones y coordenadas de cada pozo fueron suministrados por el Campo Escuela Colorado para realizar un análisis completo y detallado de la producción y el estado del campo.

3.3 DATOS DE PRODUCCIÓN MENSUAL

En la Tabla MONTHLYPROD de Microsoft Acces se cargaron los reportes de producción mensual del Campo, suministrados por el mismo, con el fin de observar el comportamiento de la producción, analizando los posibles trabajos a realizar en el campo para aumentar o mantener la producción.

3.4 FACTOR DE RECOBRO

Cuando un fluido desplaza a otro, inmisible con él, este desplazamiento no se produce totalmente, por donde pasa el fluido desplazante a nivel poroso queda cierta cantidad de aceite y es aquí donde se emplean métodos para extraer la mayor cantidad de aceite atrapada en la formación.

Para determinar el Factor de Recobro es necesario conocer el Original Oil in Place (OOIP), que puede ser calculado de la siguiente manera;

$$OOIP = N = \frac{7758 * A * h * \phi * (*Soi)}{\beta_o} \quad [STB]$$

Dónde:

A: Área (Acres)
h: Espesor (ft)
 ϕ : Porosidad (Fracción)
Soi Saturación de aceite inicial
 β_o : Factor volumétrico de formación del aceite (RB/STB)

Por definición de Factor de Recobro:

$$FR = \frac{N_p}{N} * 100$$

Dónde:

N_p : Aceite producido acumulado

N: Aceite Original en sitio

Los datos para calcular el factor de recobro fueron suministrados por el Software OFM, los cuales se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 5. OOIP y N_p del Campo Escuela Colorado

| CAMPO | FORMACIONES PRODUCTORAS | OOIP (MMBLS) | N_p (MMBLS) |
|------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|
| CAMPO ESCUELA COLORADO | MUGROSA, LA PAZ, ESMERALDAS | 160 | 8.9 |

Fuente: Software OFM

De acuerdo a los datos obtenidos se puede determinar matemáticamente el Factor de Recobro del Campo; empleando la ecuación de Factor de Recobro se obtiene:

$$FR = \frac{N_p}{N} * 100 ; FR = \frac{8.900.000}{160.000.000} * 100 = 6\%$$

Este valor calculado representa el Factor de Recobro actual del Campo Escuela Colorado; correspondiente a las formaciones productoras del campo.

3.5 HISTORIA DE EVENTOS

Una de las principales aplicaciones del Software es analizar el estado actual del campo y los estados mecánicos de cada pozo teniendo en cuenta los trabajos que se han realizado en cada uno de ellos para mejorar la productividad del campo.

Existe una tabla en Microsoft Acces que contiene toda la información de los eventos realizados en cada uno de los pozos, la actualización de estos datos es importante para el análisis de pozo y el estudio de las posibles alternativas para la optimización del campo.

El historial de eventos del Campo Escuela se puede evidenciar en la siguiente figura.

Esta tabla proporciona a OFM las fechas reales y el tipo de trabajo que se realizó a cada pozo y a la formación correspondiente. Los trabajos que más se realizaron en el campo son: Limpieza de Parafina, Recañoneo, Acidificación, Varilleo entre otros.

Figura 14. Historial de Eventos del Campo Escuela Colorado

| UNIQUEID | DATE | NOTE |
|-------------|------------|---------|
| COLO0003:C1 | 31/05/1960 | FRAC |
| COLO0003:C1 | 08/07/1961 | PERFS |
| COLO0003:C1 | 13/11/1967 | SQUEEZE |
| COLO0003:C1 | 14/09/2010 | REA |
| COLO0003:C1 | 03/06/2011 | VARILLO |
| COLO0003:C1 | 02/01/2012 | VARILLO |
| COLO0003:C2 | 08/07/1961 | PERFS |
| COLO0003:C2 | 14/09/2010 | REA |
| COLO0003:C2 | 03/06/2011 | VARILLO |
| COLO0003:C2 | 05/07/2011 | VARILLO |
| COLO0003:C2 | 12/12/2011 | VARILLO |
| COLO0003:C2 | 02/02/2012 | VARILLO |
| COLO0003:E | 21/06/1956 | PERFS |
| COLO0003:E | 16/08/1956 | PERFS |
| COLO0003:E | 11/07/1961 | ACID |
| COLO0003:E | 13/11/1967 | FRAC |
| COLO0003:E | 04/10/1974 | ACID |
| COLO0007:C1 | 07/08/1930 | PERFS |
| COLO0009:B2 | 08/12/1945 | PERFS |
| COLO0009:B2 | 12/12/1945 | ACC. |
| COLO0009:B2 | 19/12/1945 | PERFS |
| COLO0009:B2 | 08/07/1946 | RCN |
| COLO0009:B2 | 12/07/1946 | RCN |
| COLO0009:B2 | 12/04/1951 | PERFS |
| COLO0009:B2 | 12/12/1951 | PERFS |
| COLO0009:C1 | 08/12/1945 | ACC. |
| COLO0009:C1 | 12/12/1945 | ACC. |
| COLO0009:C1 | 08/06/1946 | PERFS |

Fuente: Microsoft Acces

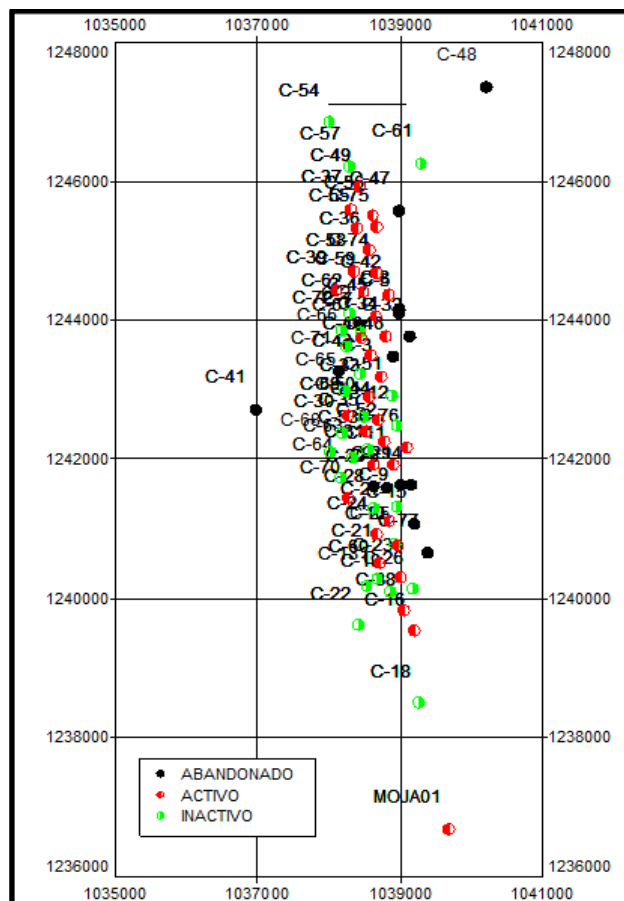
3.6 ANÁLISIS EN OFM

Para obtener las alternativas de optimización y evaluar el estado actual del campo es necesario dar un buen manejo y almacenamiento de la información. El Software permite visualizar los resultados del estudio requerido y brinda aplicaciones con las que se tomarán decisiones ingenieriles.

Con la información y los datos ya cargados en la base de datos de OFM se genera el mapa principal donde se visualizan los pozos del campo en su estado actual, Activos, Inactivos y Abandonados, como se observa en la siguiente figura.

Figura 15. Mapa Base del Campo Escuela Colorado

CAMPO ESCUELA COLORADO



Fuente: Software OilField Manager

3.7 ÍNDICE DE HETEROGENEIDAD

Puede definirse como la propiedad que representa el comportamiento de un pozo con respecto a un grupo en general de pozos en un área o zona específica de estudio.

El índice de Heterogeneidad se utiliza para cuantificar la variación de una propiedad con respecto a otra propiedad; puede ser con respecto a la posición o distancia de los pozos.

El índice de Heterogeneidad puede ser definido de la siguiente manera:

$$HI = \frac{\text{Valor pozo}}{\text{Valor Promedio Pozos}} - 1$$

Esta comparación que se realiza entre los pozos, es un criterio para verificar cuales son los pozos que presentan un mejor desempeño en el campo.

En OFM se crearon las siguientes variables con el fin de cuantificar esta propiedad.

- Índice de Heterogeneidad del Aceite = HI_ProdAcum_DaysAct_Oil
- Índice de Heterogeneidad del Agua = HI_ProdAcum_DaysAct_Water

Estas dos propiedades se pueden evidenciar en la siguiente tabla donde se observan los índices de Heterogeneidad del Aceite y del Agua, los valores positivos representan un criterio optimistas del pozo y los valores negativos clasifican el pozo como de bajo rendimiento.

Tabla 6. Índice de Heterogeneidad para la Producción de Aceite y Agua del CEC

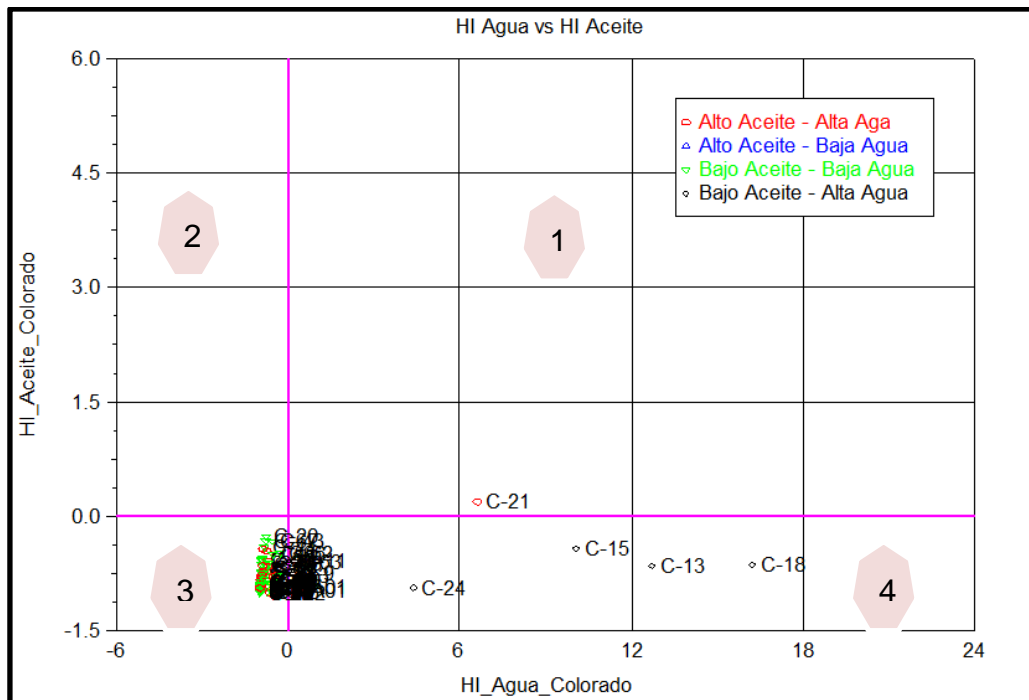
| Pozo | Prod. Acumulada Días Activos Colorado (Bbl /d) | Prod. Acumulada Agua Días Activos Colorado (Bbl/d) | Índice de Heterogeneidad del Crudo | Índice de Heterogeneidad del Agua |
|----------|--|--|------------------------------------|-----------------------------------|
| COLO0002 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0003 | 149 | 1 | 2,0833 | -0,8155 |
| COLO0005 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0006 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0007 | 140 | 0 | 1,8971 | -1 |
| COLO0008 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0009 | 136 | 3 | 1,8143 | -0,4464 |
| COLO0010 | 27 | 0 | -0,4413 | -1 |
| COLO0011 | 95 | 0 | 0,9659 | -1 |
| COLO0012 | 48 | 1 | -0,0067 | -0,8155 |
| COLO0013 | 16 | 36 | -0,6689 | 5,6434 |
| COLO0014 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0015 | 36 | 82 | -0,2550 | 14,1322 |
| COLO0016 | 10 | 0 | -0,7931 | -1 |
| COLO0018 | 42 | 108 | -0,1309 | 18,9302 |
| COLO0019 | 124 | 2 | 1,5660 | -0,6309 |
| COLO0020 | 56 | 1 | 0,1588 | -0,8155 |
| COLO0021 | 109 | 1 | 1,2556 | -0,8155 |
| COLO0022 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0023 | 330 | 2 | 5,8289 | -0,6309 |
| COLO0024 | 24 | 1 | -0,5034 | -0,8155 |
| COLO0025 | 17 | 81 | -0,6482 | 13,9476 |
| COLO0026 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0027 | 44 | 1 | -0,0895 | -0,8155 |
| COLO0028 | 12 | 0 | -0,7517 | -1 |
| COLO0029 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0030 | 65 | 0 | 0,3451 | -1 |
| COLO0031 | 36 | 1 | -0,2550 | -0,8155 |
| COLO0032 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0033 | 392 | 1 | 7,1119 | -0,8155 |
| COLO0034 | 16 | 0 | -0,6689 | -1 |
| COLO0035 | 36 | 0 | -0,2550 | -1 |
| COLO0036 | 29 | 0 | -0,3999 | -1 |
| COLO0037 | 20 | 1 | -0,5861 | -0,8155 |
| COLO0038 | 60 | 0 | 0,2416 | -1 |
| COLO0039 | 1 | 0 | -0,9793 | -1 |

| | | | | |
|-----------------------------|---------------|--------------|---------|---------|
| COLO0040 | 147 | 2 | 2,0419 | -0,6309 |
| COLO0041 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0042 | 5 | 0 | -0,8965 | -1 |
| COLO0043 | 87 | 1 | 0,8003 | -0,8155 |
| COLO0044 | 204 | 2 | 3,2215 | -0,6309 |
| COLO0045 | 60 | 0 | 0,2416 | -1 |
| COLO0046 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0047 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0048 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0049 | 46 | 3 | -0,0481 | -0,4464 |
| COLO0050 | 42 | 0 | -0,1309 | -1 |
| COLO0051 | 10 | 1 | -0,7931 | -0,8155 |
| COLO0052 | 41 | 7 | -0,1516 | 0,2918 |
| COLO0053 | 22 | 0 | -0,5447 | -1 |
| COLO0054 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0055 | 49 | 2 | 0,0140 | -0,6309 |
| COLO0056 | 24 | 0 | -0,5034 | -1 |
| COLO0057 | 5 | 0 | -0,8965 | -1 |
| COLO0058 | 51 | 1 | 0,0554 | -0,8155 |
| COLO0059 | 23 | 0 | -0,5240 | -1 |
| COLO0060 | 17 | 0 | -0,6482 | -1 |
| COLO0061 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0062 | 35 | 0 | -0,2757 | -1 |
| COLO0063 | 90 | 0 | 0,8624 | -1 |
| COLO0064 | 5 | 0 | -0,8965 | -1 |
| COLO0065 | 43 | 49 | -0,1102 | 8,0424 |
| COLO0066 | 249 | 3 | 4,1527 | -0,4464 |
| COLO0067 | 80 | 1 | 0,6555 | -0,8155 |
| COLO0068 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0069 | 6 | 3 | -0,8758 | -0,4464 |
| COLO0070 | 22 | 0 | -0,5447 | -1 |
| COLO0071 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0072 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| COLO0074 | 86 | 3 | 0,7796 | -0,4464 |
| COLO0075 | 20 | 0 | -0,5861 | -1 |
| COLO0076 | 30 | 0 | -0,3792 | -1 |
| COLO0077 | 0 | 0 | -1 | -1 |
| MOJA0001 | 7 | 0 | -0,8551 | -1 |
| Promedio (Bbl/d) | 48,324 | 5,419 | | |

Fuente: El Autor

Para observar mejor el índice de Heterogeneidad de cada pozo, se emplea un Gráfico de Dispersión en OFM que representa los datos calculados en la tabla anterior.

Figura 16. Índice de Heterogeneidad del Agua Acumulada vs Índice de Heterogeneidad del Aceite Acumulado del Campo Escuela Colorado



Fuente: Software OilField Manager

En la figura 16 se presenta un Gráfico de dispersión creado por el Software OFM donde se observan la ubicación de cada pozo dependiendo del índice de heterogeneidad del agua y aceite que representa. Se establecen 4 cuadrantes donde los pozos que se sitúan en el cuadrante número 1 poseen Alta producción de aceite y alta producción de agua; en el cuadrante número 2 con características de alta producción de aceite y baja producción de agua no se encuentra ningún pozo del campo, la mayoría de los pozos se sitúan en el cuadrante número 3 con características de baja producción de aceite y baja producción de agua y el en cuadrante número 4 se ubican los pozos con características de baja producción de aceite y alta producción de agua.

Tabla 7. Clasificación de los Pozos del CEC según su desempeño

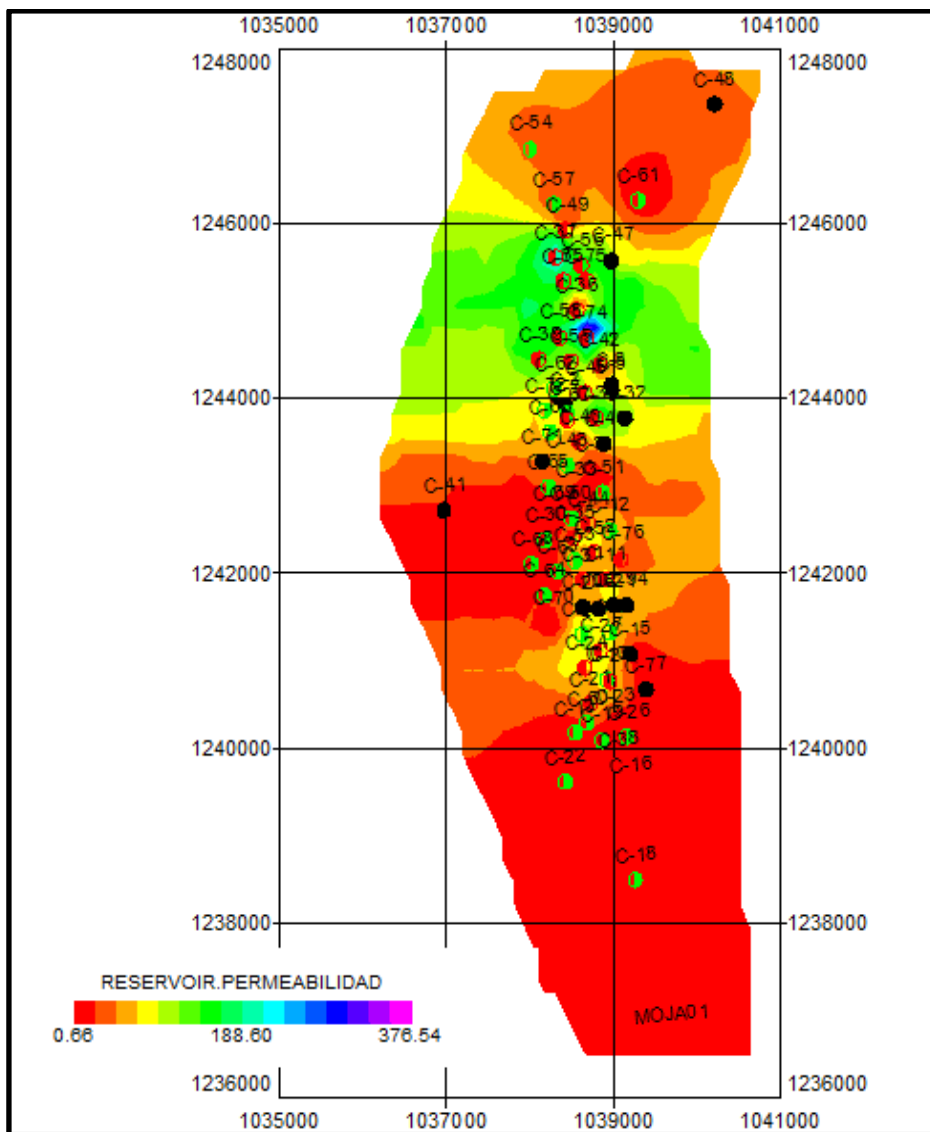
| HI AGUA vs HI ACEITE | | | | |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 1. Alto Aceite - Alta Agua | | | | |
| 2. Alto Aceite - Baja Agua | | | | |
| 3. Bajo Aceite - Baja Agua | | | | |
| 4. Bajo Aceite - Alta Agua | | | | |
| Pozo | 1 | 2 | 3 | 4 |
| COLO0002 | | | X | |
| COLO0003 | | | X | |
| COLO0005 | | | X | |
| COLO0006 | | | X | |
| COLO0007 | | | X | |
| COLO0008 | | | X | |
| COLO0009 | | | | X |
| COLO0010 | | | X | |
| COLO0011 | | | | X |
| COLO0012 | | | X | |
| COLO0013 | | | | X |
| COLO0014 | | | X | |
| COLO0015 | | | | X |
| COLO0016 | | | X | |
| COLO0018 | | | | X |
| COLO0019 | | | X | |
| COLO0020 | | | X | |
| COLO0021 | X | | | |
| COLO0022 | | | X | |
| COLO0023 | | | X | |
| COLO0024 | | | | X |
| COLO0025 | | | X | |
| COLO0026 | | | X | |
| COLO0027 | | | X | |
| COLO0028 | | | X | |
| COLO0029 | | | X | |
| COLO0030 | | | X | |
| COLO0031 | | | X | |
| COLO0032 | | | X | |
| COLO0033 | | | X | |
| COLO0034 | | | X | |
| COLO0035 | | | X | |

| HI AGUA vs HI ACEITE | | | | |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 1. Alto Aceite - Alta Agua | | | | |
| 2. Alto Aceite - Baja Agua | | | | |
| 3. Bajo Aceite - Baja Agua | | | | |
| 4. Bajo Aceite - Alta Agua | | | | |
| Pozo | 1 | 2 | 3 | 4 |
| COLO0041 | | | X | |
| COLO0042 | | | X | |
| COLO0043 | | | X | |
| COLO0044 | | | X | |
| COLO0045 | | | X | |
| COLO0046 | | | X | |
| COLO0047 | | | X | |
| COLO0048 | | | X | |
| COLO0049 | | | X | |
| COLO0050 | | | X | |
| COLO0051 | | | X | |
| COLO0052 | | | X | |
| COLO0053 | | | X | |
| COLO0054 | | | X | |
| COLO0055 | | | X | |
| COLO0056 | | | X | |
| COLO0057 | | | X | |
| COLO0058 | | | X | |
| COLO0059 | | | X | |
| COLO0060 | | | X | |
| COLO0061 | | | X | |
| COLO0062 | | | X | |
| COLO0063 | | | | X |
| COLO0064 | | | X | |
| COLO0065 | | | X | |
| COLO0066 | | | X | |
| COLO0067 | | | X | |
| COLO0068 | | | X | |
| COLO0069 | | | X | |
| COLO0070 | | | X | |
| COLO0071 | | | X | |
| COLO0072 | | | X | |

Figura 18. Mapa Permeabilidad Campo Escuela Colorado

CAMPO ESCUELA COLORADO

PERMEABILIDAD

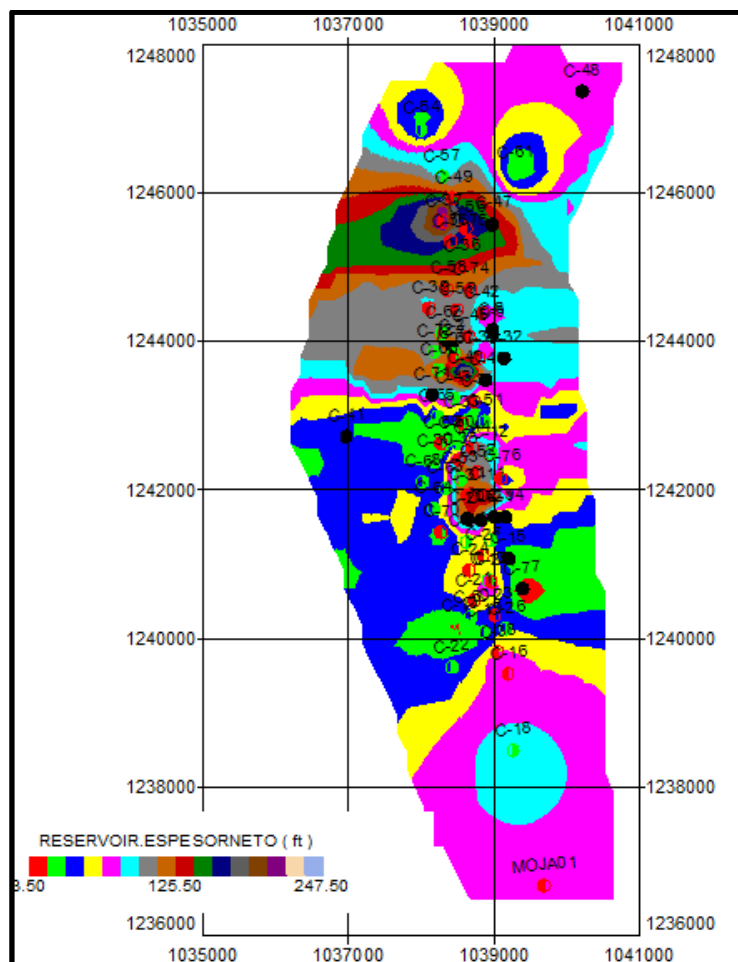


Fuente: Software OilField Manager

Figura 19. Mapa Espesor Neto Campo Escuela Colorado

CAMPO ESCUELA COLORADO

ESPESOR NETO



Fuente: Software OilField Manager

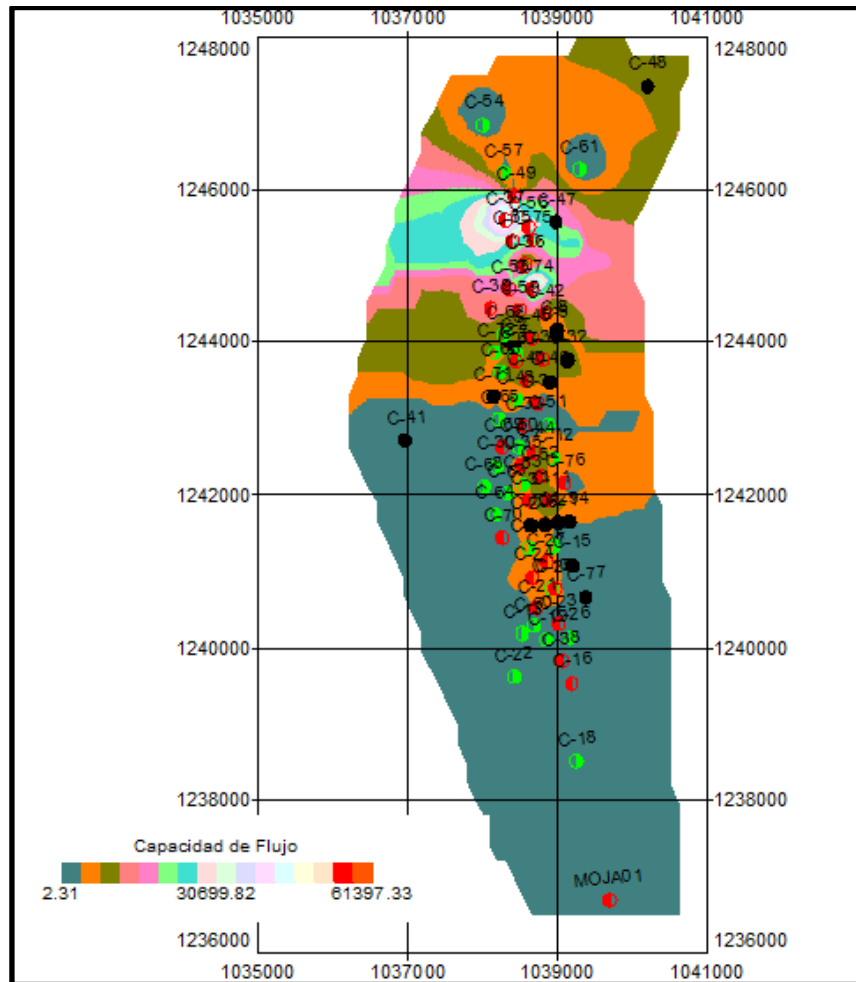
Con estas propiedades cargadas en la base de datos de OFM se generan los mapas de grillas mostrados anteriormente en los cuales se puede hacer un análisis y cuantificar las propiedades petrofísicas con las que posiblemente se pueden establecer trabajos en las zonas de interés.

Con las propiedades como la Porosidad, permeabilidad y espesor neto se puede calcular la capacidad de flujo y la capacidad de almacenamiento generando

mapas de grillas en los que se pueden evidenciar las zonas para trabajos de Workover o Perforación Infill.

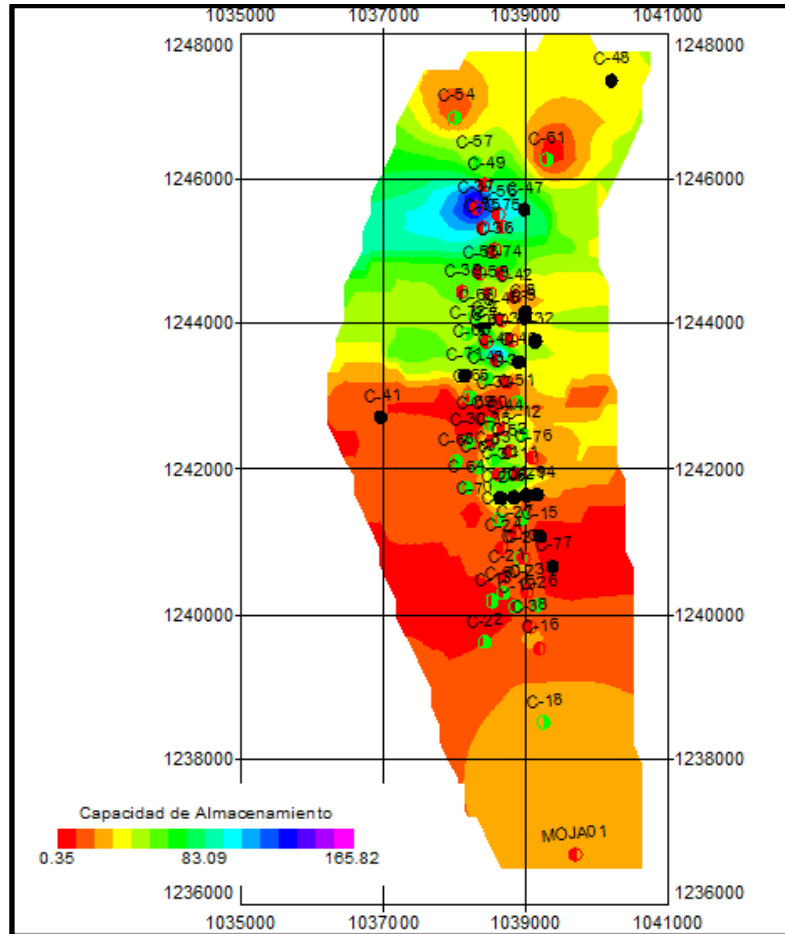
- La capacidad de Flujo se define como: **Permeabilidad * Espesor Neto**
- La capacidad de Almacenamiento como: **Porosidad * Espesor Neto**

Figura 20. Mapa de Capacidad de Flujo



Fuente: Software OilField Manager

Figura 21. Mapa de Capacidad de Almacenamiento



Fuente: *Software OilField Manager*

Los mapas de Capacidad de Almacenamiento y Flujo generan características de las propiedades petrofísicas que presenta el yacimiento, en los que se pueden establecer trabajos para el mejoramiento y la optimización de la producción.

3.9 ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN

Con los mapas de grilla que se generan a partir de la producción del campo; se puede observar la productividad con respecto al tiempo de cada pozo y en el cual se puede identificar el desempeño del campo.

El siguiente mapa de grilla fue generado por el Software OFM donde se muestra el comportamiento de la producción con el tiempo y el avance de cada pozo.

Figura 22. Mapa Comportamiento de la Producción del Campo Escuela Colorado

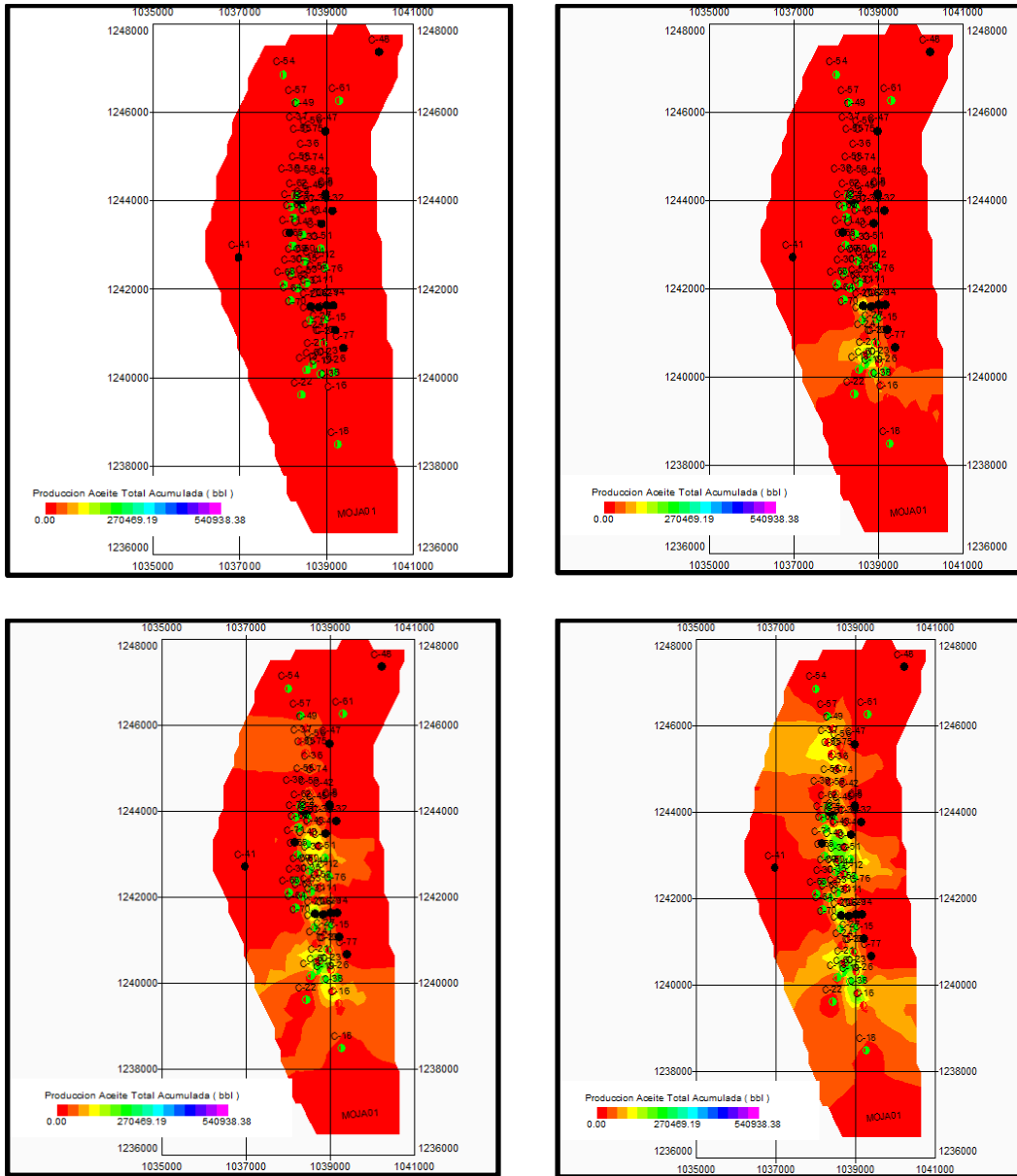
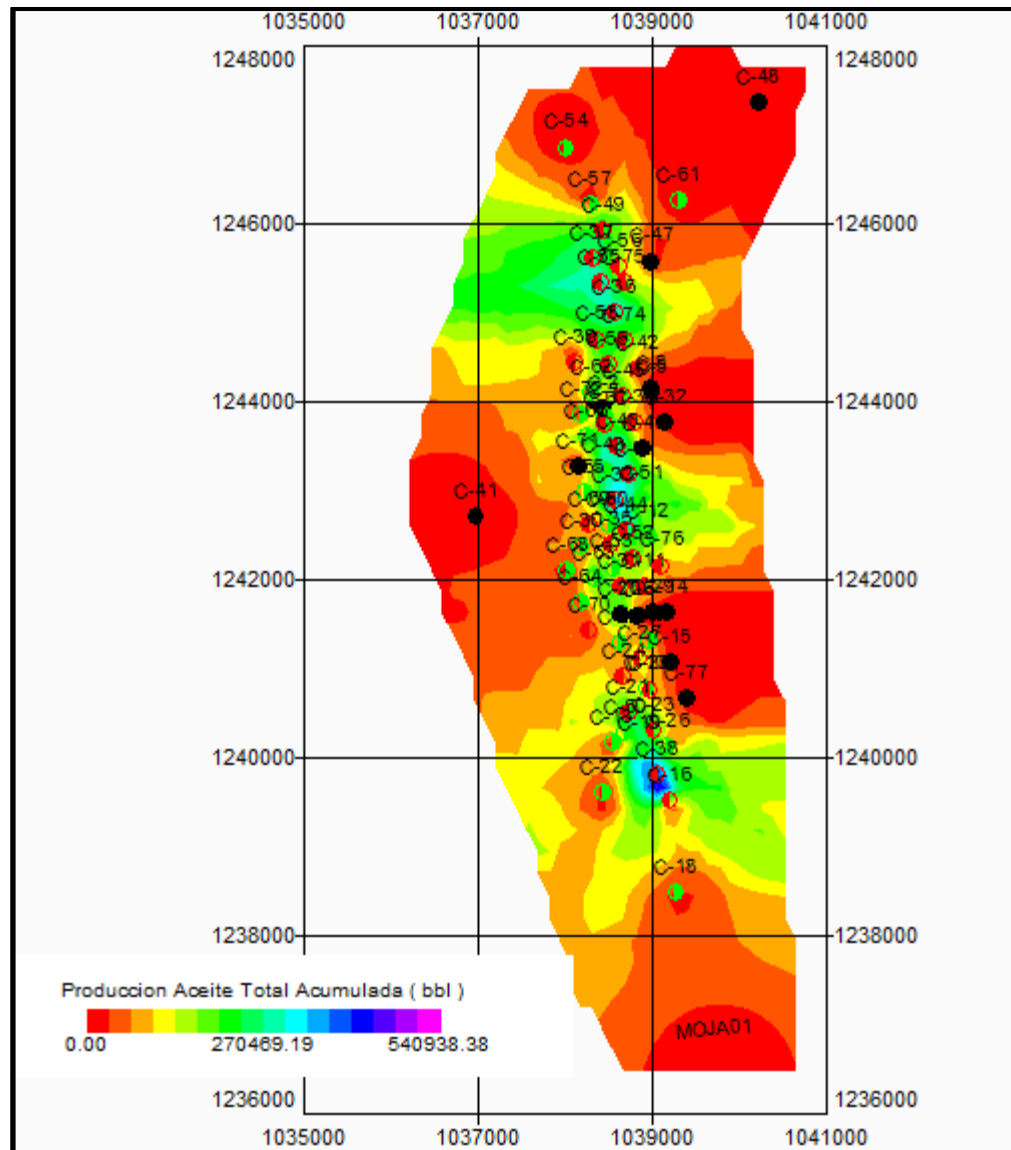


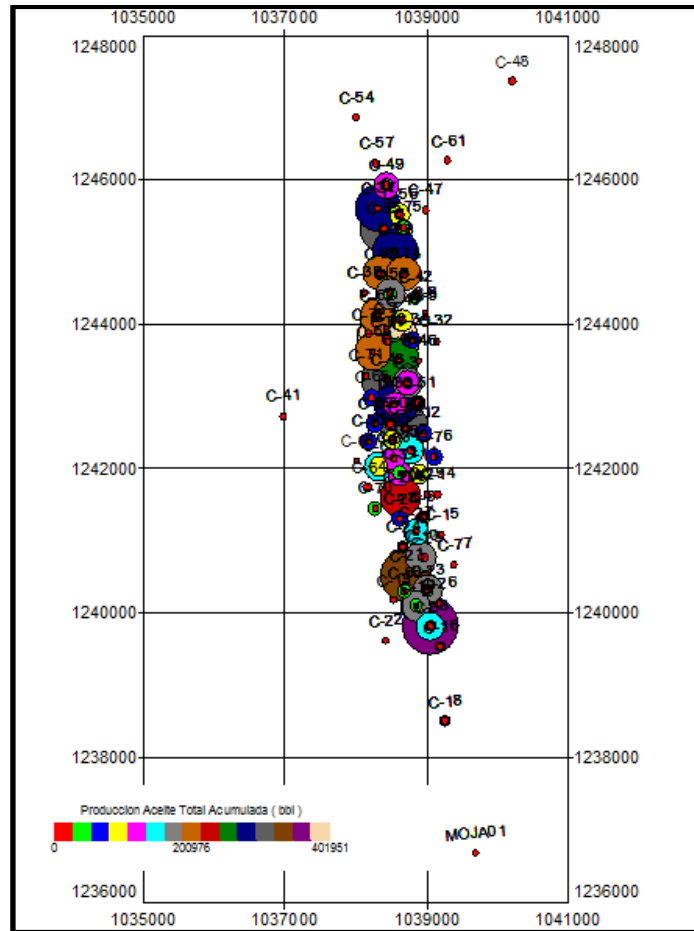
Figura 23. Mapa de Comportamiento de la Producción Actual del Campo Escuela Colorado



Fuente: Software OilField Manager

En la Figura 22 y 23 se puede observar el comportamiento de la Producción a través de los años del Campo Escuela Colorado, en él se pueden identificar las zonas donde el campo obtuvo la mayor producción y el mejor aporte de fluidos.

Figura 24. Mapa de Burbuja de la Producción Acumulada del Campo Escuela Colorado



Fuente: Software OilField Manager

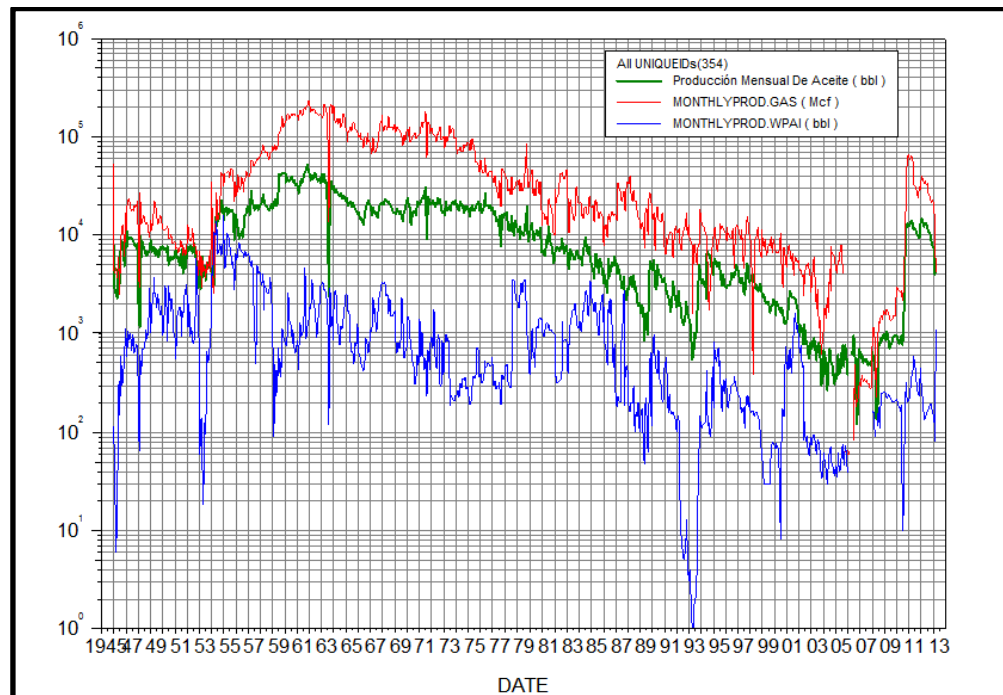
Cuando se realiza un análisis de ingeniería utilizando OFM se puede identificar que las zonas que han generado mayor aporte a la producción en el Campo Escuela Colorado; son las zonas o las áreas que tienen mejores propiedades petrofísicas de Porosidad, Permeabilidad, capacidades de flujo y de almacenamiento de fluidos.

El Mapa de Burbujas permite establecer el aporte de la producción de cada uno de los pozos de manera individual y conocer cuáles son los pozos más óptimos para realizar algún trabajo que permita la mayor participación de los mismos.

El Campo Escuela Colorado ha presentado altas y bajas producciones desde su producción inicial, debido a Problemas Operacionales y Sociales que se han presentado durante la vida útil del campo.

En la siguiente Gráfica se puede evidenciar el comportamiento de la producción con los valores más altos y más bajos de Aceite, Agua y Gas.

Figura 25. Gráfica Comportamiento de la Producción



Fuente: Software OilField Manager

3.10 CÁLCULO DE RESERVAS

El Software OFM genera pronósticos de producción llamados **ForeCast** importantes para conocer el historial de producción, el índice de declinación de cada pozo o del campo en general y la cantidad de reservas.

Estas estimaciones se realizan para identificar los diferentes comportamientos de producción que se han tenido en el campo.

Para realizar el Pronóstico de Producción se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

1. Tiempo comprendido para realizar el pronóstico de producción a partir del año 2013 hasta el año 2016. Se realizó hasta el año 2016 debido a que el Convenio UIS-ECOPETROL S.A tiene por duración hasta la fecha anteriormente mencionada.
2. La declinación del Campo Escuela Colorado está dada por declinación Exponencial, parámetro anteriormente conocido.
3. Generar la tendencia más aproximada a los puntos que representan la producción del campo para obtener una mejor cercanía al pronóstico de producción.

Para generar un reporte de Pronóstico de producción en OFM es necesario crear un sistema de *Variables o Ecuaciones Calculadas* en el Software con el fin de obtener los valores matemáticos que permitan crear una idea global de ingeniería del campo.

En la siguiente tabla se pueden observar los valores que representan el índice de declinación, caudal inicial, ultimo caudal esperado entre otras variables importantes de cada pozo.

Tabla 8. Resultados de Predicción

| Pozo | DCA DI Colorado | DCA EUR Colorado (Bbl) | DCA qi Colorado (Bbl/d) | DCA Reservas Colorado (Bbl) | Porcentaje de Depletación (%) | Estado del Pozo |
|----------|-----------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------|
| COLO0002 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0003 | 0,00311 | 307.211 | 7 | 7.744 | 97 | Activo |
| COLO0005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0006 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0007 | 0,01034 | 170.105 | 140 | 165.772 | 3 | Inactivo |
| COLO0008 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0009 | 0,06064 | 57.652 | 1 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0010 | 0,01040 | 183.516 | 8 | 7.896 | 96 | Inactivo |
| COLO0011 | 0,00952 | 102.352 | 1 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0012 | 0,00314 | 173.615 | 32 | 35.985 | 79 | Inactivo |

| | | | | | | |
|----------|---------|---------|----|--------|-----|------------|
| COLO0013 | 0,30406 | 2.572 | 2 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0014 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0015 | 0 | 724 | 0 | 497 | 31 | Abandonado |
| COLO0016 | 0,01006 | 39.475 | 0 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0018 | 0,04482 | 25.658 | 1 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0019 | 0,00881 | 388.062 | 3 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0020 | 0,04040 | 241.508 | 2 | 0 | 100 | Abandonado |
| COLO0021 | 0,00354 | 325.399 | 1 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0022 | 0 | 157 | 0 | 153 | 3 | Inactivo |
| COLO0023 | 0,05957 | 217.394 | 1 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0024 | 0,02682 | 57.587 | 4 | 1.269 | 98 | Activo |
| COLO0025 | 0,01105 | 19.310 | 2 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0026 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Inactivo |
| COLO0027 | 0,00382 | 144.622 | 4 | 4.295 | 97 | Activo |
| COLO0028 | 0,02927 | 68.805 | 4 | 940 | 99 | Inactivo |
| COLO0029 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0030 | 0,00359 | 70.420 | 2 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0031 | 0,01042 | 174.317 | 5 | 4.803 | 97 | Activo |
| COLO0032 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0033 | 0,00537 | 412.042 | 8 | 8.580 | 98 | Activo |
| COLO0034 | 0,02982 | 86.443 | 1 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0035 | 0,03430 | 133.435 | 1 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0036 | 0,00430 | 310.754 | 15 | 16.582 | 95 | Activo |
| COLO0037 | 0,00453 | 298.825 | 8 | 8.612 | 97 | Activo |
| COLO0038 | 0,00751 | 547.932 | 7 | 6.994 | 99 | Activo |
| COLO0039 | 0,00172 | 5.653 | 0 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0040 | 0,03131 | 296.303 | 8 | 5.206 | 98 | Activo |
| COLO0041 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0042 | 0,01469 | 42.173 | 1 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0043 | 0,01407 | 317.385 | 1 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0044 | 0,01878 | 330.648 | 3 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0045 | 0,00525 | 219.996 | 13 | 14.155 | 94 | Activo |
| COLO0046 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0047 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0048 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0049 | 0,00586 | 225.153 | 13 | 14.028 | 94 | Activo |
| COLO0050 | 0,01036 | 64.397 | 4 | 2.586 | 96 | Inactivo |
| COLO0051 | 0,00553 | 130.244 | 2 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0052 | 0,01136 | 189.380 | 4 | 1.376 | 99 | Activo |
| COLO0053 | 0,00712 | 130.347 | 3 | 1.541 | 99 | Inactivo |

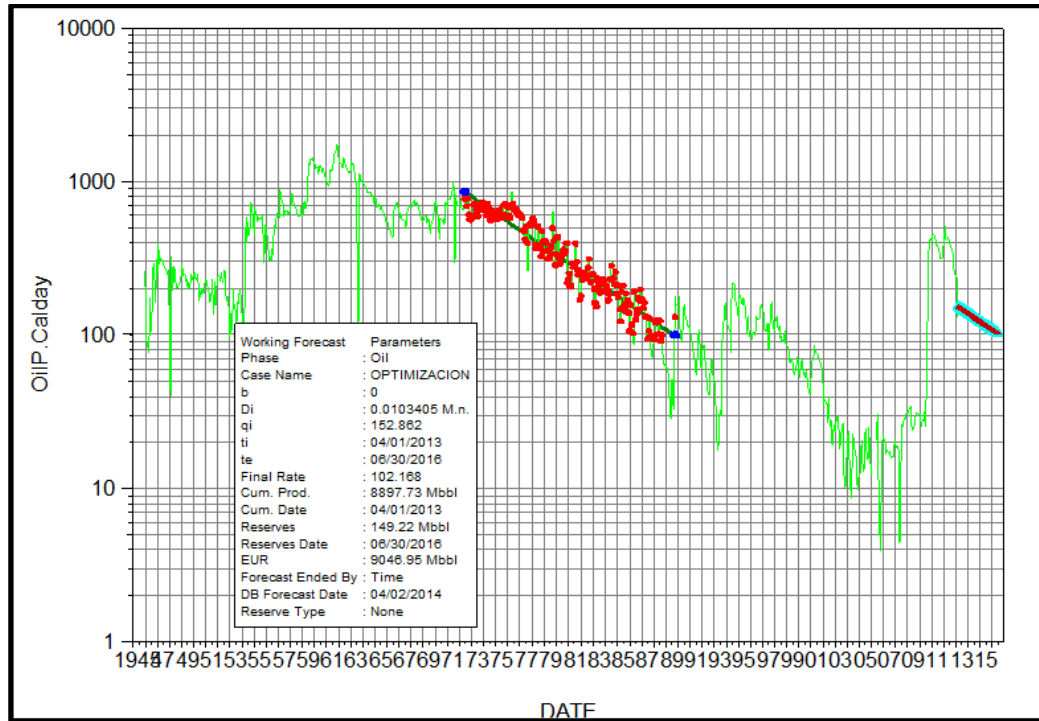
| | | | | | | |
|----------|---------|---------|----|--------|-----|------------|
| COLO0054 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Inactivo |
| COLO0055 | 0,02040 | 350.251 | 20 | 16.181 | 95 | Activo |
| COLO0056 | 0,00505 | 132.752 | 9 | 9.170 | 93 | Activo |
| COLO0057 | 0,04100 | 5.630 | 3 | 378 | 93 | Inactivo |
| COLO0058 | 0,01481 | 245.417 | 13 | 11.844 | 95 | Activo |
| COLO0059 | 0,01120 | 234.172 | 6 | 5.589 | 98 | Activo |
| COLO0060 | 0,01208 | 67.425 | 2 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0061 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Inactivo |
| COLO0062 | 0,02448 | 227.908 | 0 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0063 | 0,03273 | 240.900 | 0 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0064 | 0,02918 | 43.864 | 38 | 27.111 | 34 | Inactivo |
| COLO0065 | 0,03168 | 78.497 | 0 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0066 | 0,01156 | 210.461 | 2 | 0 | 100 | Inactivo |
| COLO0067 | 0,01691 | 425.452 | 27 | 23.501 | 94 | Activo |
| COLO0068 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Inactivo |
| COLO0069 | 0,00670 | 115.939 | 32 | 33.443 | 71 | Activo |
| COLO0070 | 0,01724 | 46.341 | 2 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0071 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| COLO0072 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Inactivo |
| COLO0074 | 0,00796 | 228.492 | 15 | 14.805 | 94 | Activo |
| COLO0075 | 0,01875 | 108.443 | 1 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0076 | 0,00620 | 72.016 | 3 | 0 | 100 | Activo |
| COLO0077 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Abandonado |
| MOJA0001 | 0,13912 | 3.538 | 4 | 305 | 91 | Activo |

Fuente: El Autor

En la tabla anterior se observan las propiedades y características de cada pozo, dependiendo de éstas características se eligen los pozos con menor índice de declinación y menor porcentaje de depletación, mayor cantidad de reservas para posibles trabajos de mejoramiento de producción.

En la siguiente figura se muestra la producción del campo desde sus inicios, hasta la última fecha de producción, el índice de declinación, Reservas estimadas entre otras características importantes.

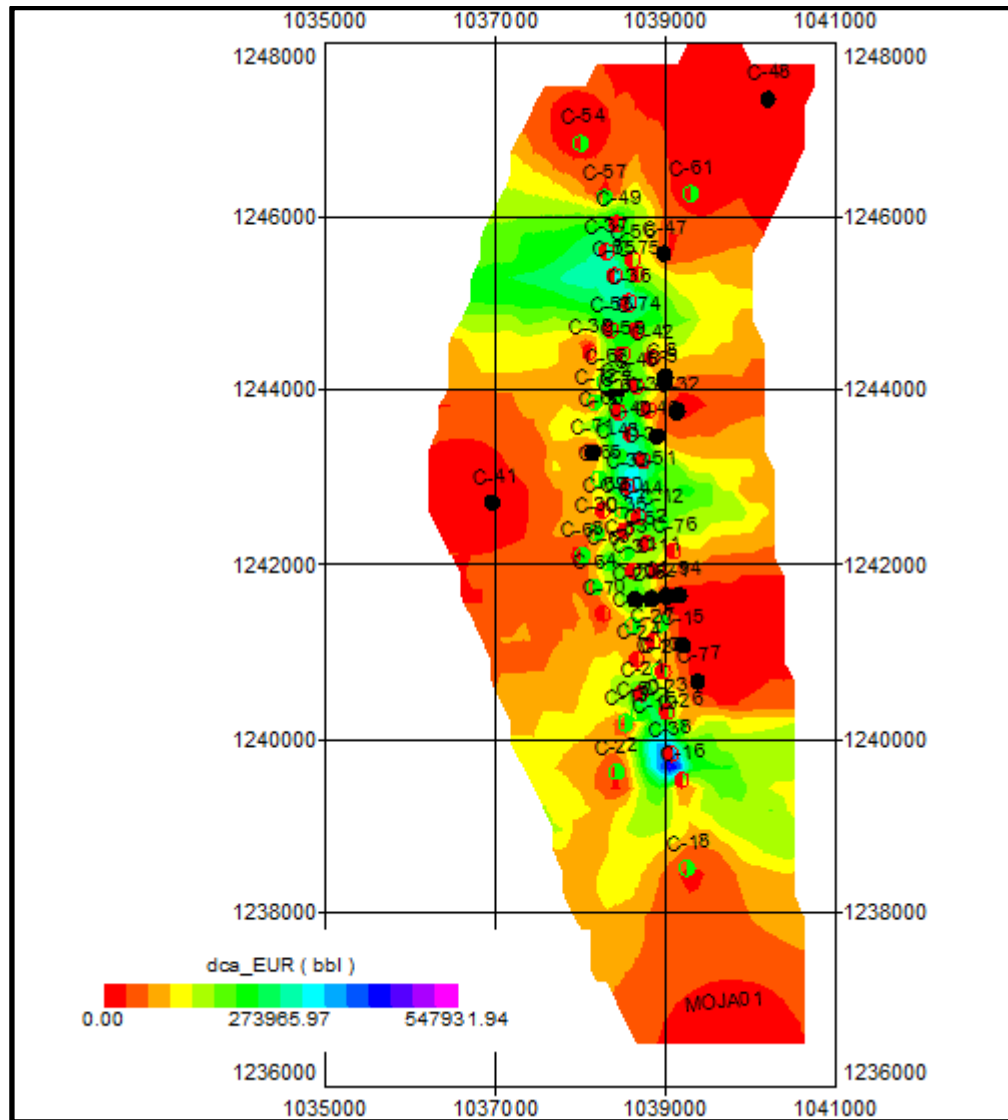
Figura 26. Curva de Declinación del Campo Escuela Colorado



Fuente: Software OilField Manager

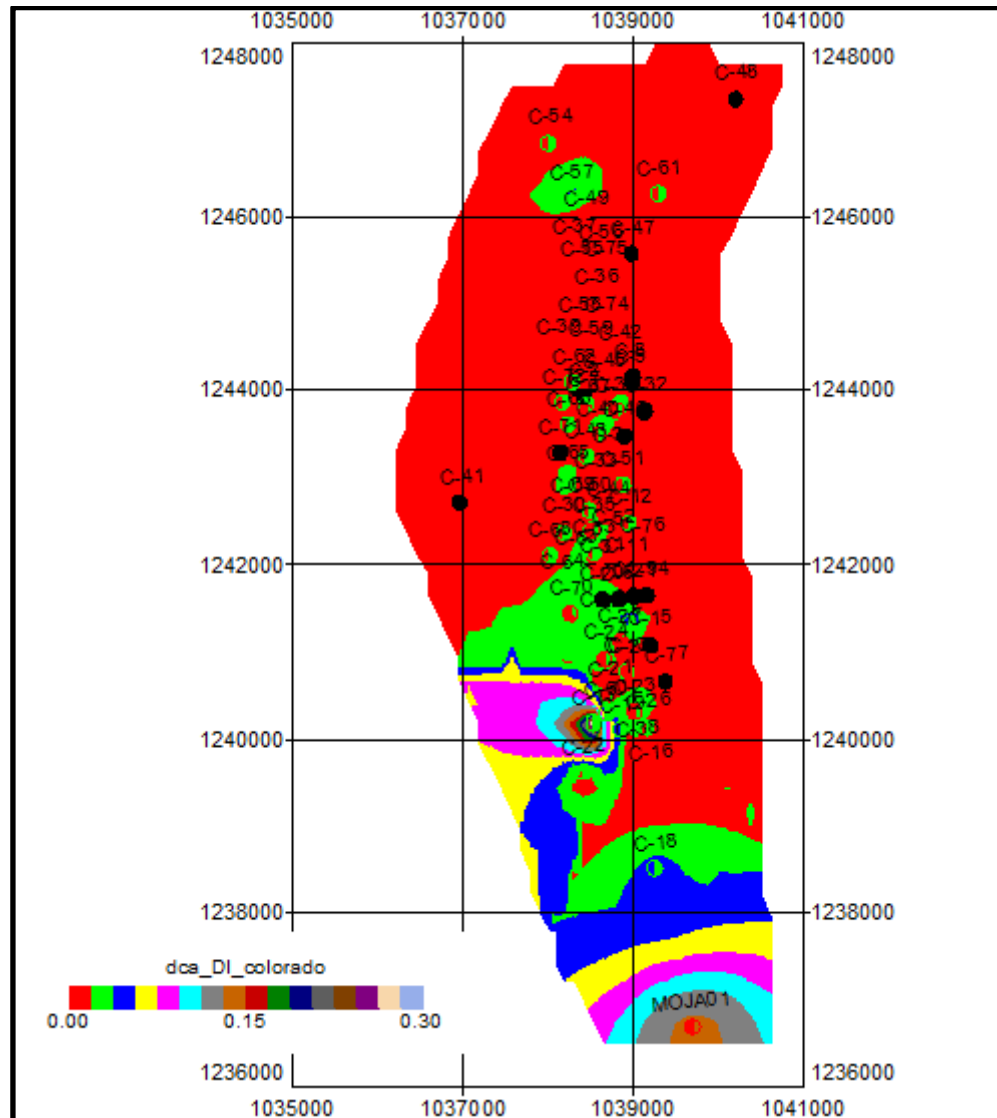
Para comprender mejor la figura anterior se crearon los siguiente mapas de Grilla donde se observan las propiedades generadas anteriormente, donde se complementa la información y se verifica los datos obtenidos. Los datos tomados que siguen la línea de tendencia, son los datos más cercanos a la producción actual que sufren una declinación continua y representativa con respecto a los demás datos.

Figura 27. Mapa de Distribución del EUR Campo Escuela Colorado



Fuente: Software OilField Manager

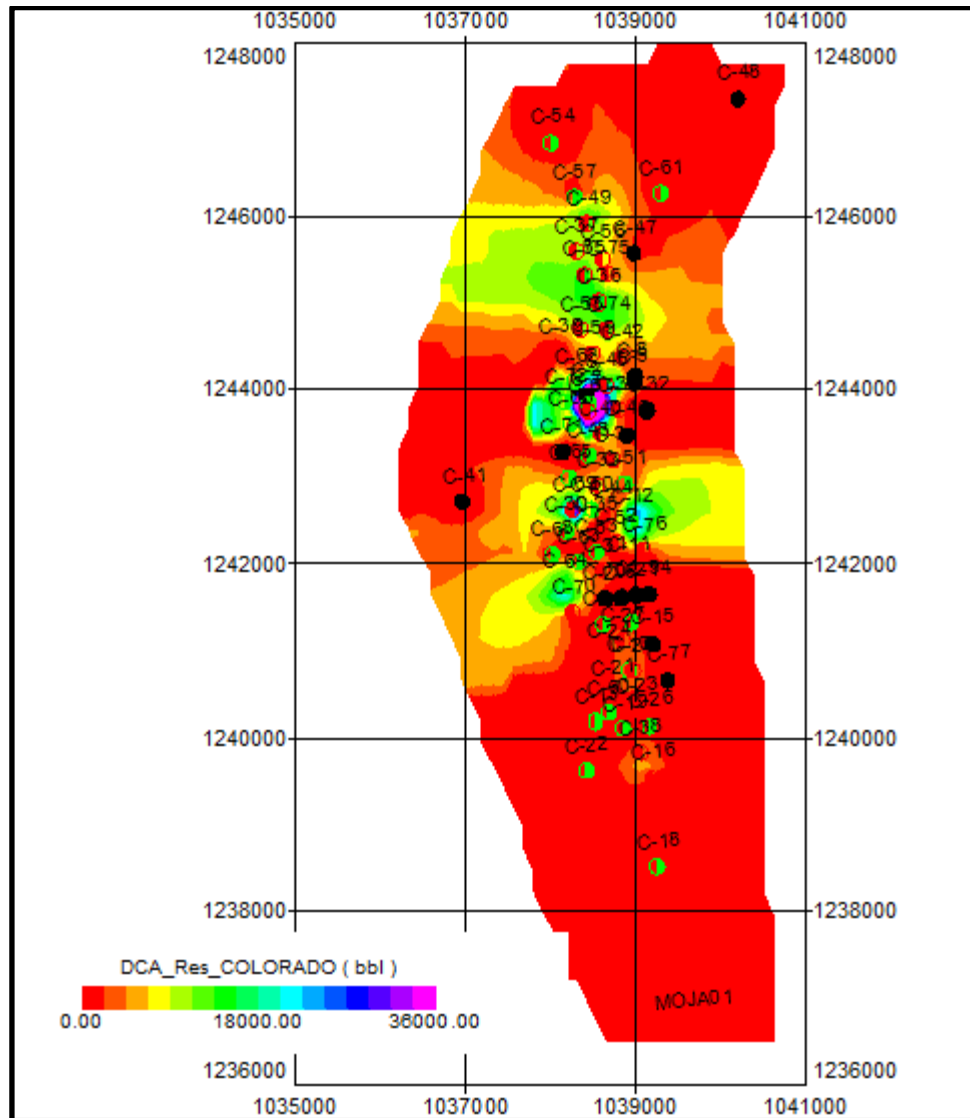
Figura 28. Mapa Distribución Índice de Declinación Campo Escuela Colorado



Fuente: Software OilField Manager

En el mapa anterior se puede observar que el Campo Escuela Colorado presenta índice de declinación relativamente bajo; el cual va aumentando hacia la parte sur del campo como se puede evidenciar en la figura.

Figura 30. Mapa de Distribución de Reservas en el Campo Escuela Colorado



Fuente: Software OilField Manager

Se puede observar en la figura 30, que la distribución de reservas en el campo va aumentando relativamente hacia la parte norte y central del campo, donde se pueden encontrar reservas con valores aproximadamente entre 100.000 y 200.000 Bls.

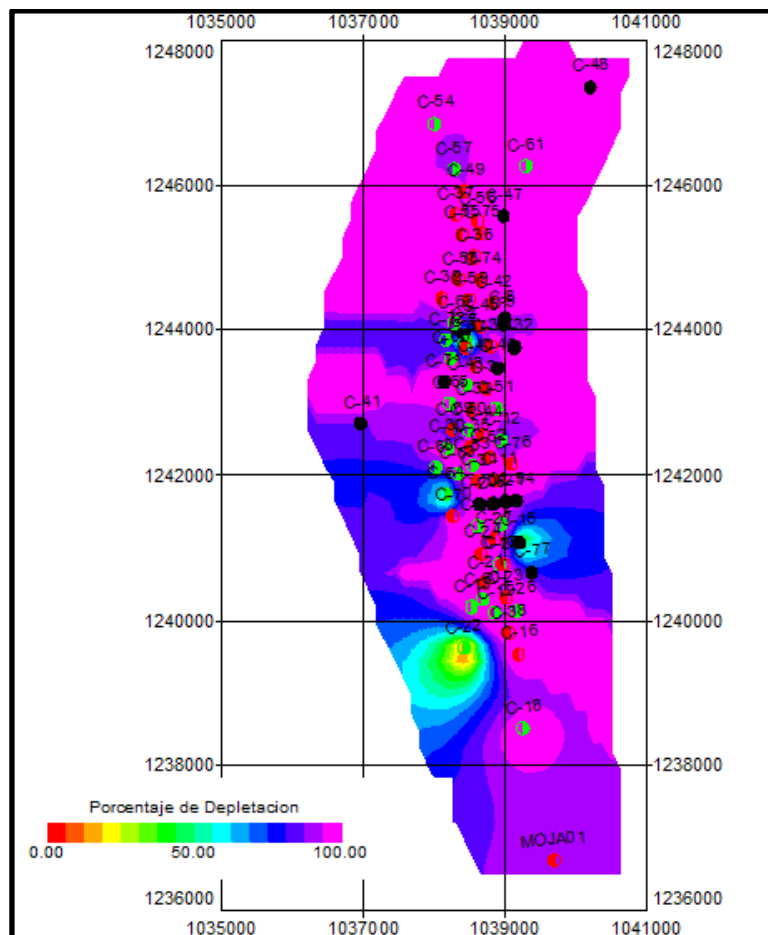
3.11 PORCENTAJE DE DEPLETACIÓN

Cuando se realiza un estudio de la producción de un campo; es importante conocer las características de depletación del yacimiento a través del tiempo. El Software OFM permite calcular de manera rápida y sencilla un porcentaje de depletación; generando un mapa de grilla donde se observa las zonas con mayor y menor porcentaje de depleción, produciendo un posterior análisis.

El Porcentaje de Depletación puede ser definido en OFM como;

$$\%Deple = ((Oil.Cum)/(OilT.Cum + DCA_RES)) * 100$$

Figura 31. Mapa de Porcentaje de Depletación del Campo Escuela Colorado



Fuente: Software OilField Manager

4 PLANTEAMIENTOS DE LOS TRABAJOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DEL CAMPO ESCUELA COLORADO

En el capítulo anterior, se evidenciaron las características del campo a través de toda su vida productiva, identificando las diferentes zonas que han sido motivo de estudio y de trabajos para garantizar el aumento de la producción del mismo.

En este capítulo se presentan dos Escenarios con diferentes planteamientos para la realización de los trabajos para la optimización del Campo. En el primer Escenario se presentan los trabajos propuestos por el Aliado del Campo llamado WEI GROUP con el fin de analizar la producción y evaluar los trabajos planteados.

En el segundo escenario se presentan los trabajos propuestos por la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, con el fin de evaluar los dos diferentes planteamientos propuestos.

4.1 ESCENARIO 1. PLANTEAMIENTOS DE TRABAJOS POR WEI GROUP

4.1.1 Reactivación de Pozos

El Aliado WEI GROUP presenta actividades operativas programadas y tienen previsto incrementar la producción del campo por trabajos que incluyen Varilleo o Well Service que se desarrollan para terminar la fase de reactivación de 37 pozos del Campo Escuela Colorado.

Actualmente el Campo Escuela Colorado tiene 33 pozos Activos, 26 pozos Inactivos y 17 pozos abandonados para un total de 76 pozos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Estado y cantidad de Pozos en el Campo Escuela Colorado

| Campo Escuela Colorado | |
|-------------------------------|----|
| Pozos Activos | 33 |
| Pozos Inactivos | 26 |
| Pozos Abandonados | 17 |
| Total | 76 |

Fuente: El Autor

Se pretenden reactivar 4 pozos para un total de 37 pozos activos como se estipula en el cronograma de actividades presentado en el plan de Explotación del Campo.

Los pozos candidatos para cumplir con el requerimiento; seleccionados por buen potencial y por Servidumbre adquirida propuestos por WEI GROUP se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 10. Pozos candidatos a Reactivación en el Campo Escuela Colorado

| POZOS CON SERVIDUMBRE ADQUIRIDA Y CON POTENCIAL DE REACTIVACIÓN |
|--|
| <i>COL 02</i> |
| <i>COL 04</i> |
| <i>COL 07</i> |
| <i>COL 10</i> |
| <i>COL 30</i> |
| <i>COL 60</i> |
| <i>COL 62</i> |
| <i>COL 63</i> |
| <i>COL 68</i> |

Fuente: Informe "Plan de Explotación CEC 2013"

4.1.2 Trabajos de Workover WEI GROUP

Los trabajos de Workover, es uno de los principales trabajos que se realizan en un campo petrolero con el fin de aumentar la producción, los trabajos de Workover propuestos en el plan de desarrollo por el aliado del campo escuela colorado son los de recañonear zonas dando como resultado el aumento de las tasas de producción.

En la siguiente tabla se presentan los pozos candidatos a trabajos de Workover propuestos por el aliado WEI.

Tabla 12. Pozos candidatos a Trabajos de Workover

| WORKOVER | POZO |
|-----------------|-------------|
| 1 | C-49 |
| 2 | C-56 |
| 3 | C-75 |
| 4 | C-37 |
| 5 | C-55 |
| 6 | C-36 |
| 7 | C-74 |
| 8 | C-42 |
| 9 | C-45 |
| 10 | C-67 |

Fuente: Informe “Plan de Explotación CEC 2013”

4.2 ESCENARIO 2. PLANTEAMIENTOS DE TRABAJOS POR LA UIS

Con los resultados obtenidos del Software OFM se generan propuestas de trabajos para el mejoramiento y optimización del Campo Escuela Colorado.

4.2.1 Reactivación de Pozos UIS

Para la reactivación de los pozos en el Escenario 2 se tuvieron varias consideraciones, debido a que el Software OFM genera diferentes mapas, diagramas y gráficos que permiten identificar las zonas y los pozos con potencial de reactivación.

En la selección de los pozos a reactivar se establecieron los siguientes criterios:

- Pozos actualmente Inactivos
- Pozos con índice de declinación bajo
- Pozos con Potencial de Reactivación
- Pozos con porcentaje de Depletación bajo
- Pozos con Servidumbre adquirida. (ver Tabla 8)

Los pozos candidatos a reactivación se observan en la siguiente tabla.

Tabla 13. Pozos candidatos a Reactivación UIS

| POZOS CAMPO ESCUELA COLORADO (UIS) |
|---|
| <i>COL 07</i> |
| <i>COL 10</i> |
| <i>COL 12</i> |
| <i>COL 64</i> |

Fuente: El Autor

Nótese que los Pozos Colorado 07 y Colorado 10 también son propuestos por el aliado WEI GROUP.

Los Pozos Colorado 12 y Colorado 64, además del Colorado 07 y Colorado 10 fueron seleccionados debido a su potencial de reactivación, cantidad de reservas y porcentaje de depletación relativamente bajo comparado con el resto de los pozos.

4.2.2 Trabajos de Workover UIS

Para cuantificar y establecer un rango de las propiedades generadas en el capítulo anterior se establecen valores matemáticos que las organizan de forma ascendente identificando los valores y de manera cualitativa y cuantitativa se clasifican de la más baja a la más alta de la siguiente manera.

➤ Capacidad de Flujo

Descrita en el capítulo anterior como el producto de la Permeabilidad y el Espesor Neto de la formación productora y determina el aporte de fluido que puede contribuir el yacimiento. En la siguiente tabla se muestra la clasificación de la capacidad de flujo para los pozos del Campo.

Tabla 14. Clasificación de los Pozos según su Capacidad de Flujo

| CAPACIDAD DE FLUJO | | | |
|---------------------------|-------------------|------------------------|------------------------|
| | Malo | Regular | Bueno |
| Puntaje | 1 | 2 | 3 |
| Rango | 0 - 20.465 | 20.466 - 40.931 | 40.931 - 61.398 |

Fuente: El Autor

➤ Capacidad de Almacenamiento

La capacidad de almacenamiento es una característica importante del yacimiento y está dada por el producto de la Porosidad y el Espesor Neto.

Tabla 15. Clasificación de los Pozos según su Capacidad de Almacenamiento

| CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO | | | |
|-----------------------------|--------|----------|-----------|
| | Malo | Regular | Bueno |
| Puntaje | 1 | 2 | 3 |
| Rango | 0 - 53 | 54 - 108 | 109 - 166 |

Fuente: El Autor

➤ **Espesor Neto**

El espesor neto es una de las propiedades más importantes para obtener resultados de los trabajos planteados para el mejoramiento de la producción debido a que especifica el intervalo productor de la formación.

Tabla 16. Clasificación de los Pozos según su Espesor Neto

| ESPESOR NETO | | | |
|--------------|----------|------------|-------------|
| | Malo | Regular | Bueno |
| Puntaje | 1 | 2 | 3 |
| Rango | 0 - 82,4 | 82,5 - 164 | 165 - 247,5 |

Fuente: El Autor

➤ **Tasa de Producción Máxima**

En la siguiente tabla se determinó la Tasa Máxima de producción para clasificar cada pozo en las diferentes categorías establecidas como se muestra.

Tabla 17. Clasificación de los Pozos según su Tasa Máxima de Producción

| TASA MAXIMA DE PRODUCCIÓN | | | |
|---------------------------|---------|-----------|-----------|
| | Malo | Regular | Bueno |
| Puntaje | 1 | 2 | 3 |
| Rango | 0 - 132 | 133 - 265 | 266 - 399 |

Fuente: El Autor

Con la clasificación de las diferentes variables se establece las categorías de los pozos del CEC; se observa en la siguiente tabla la distribución de los pozos con el puntaje representativo de cada propiedad para cada pozo.

El Promedio de los pozos representados en la siguiente tabla; se puede observar el puntaje de cada pozo para las propiedades anteriormente evaluadas con el OFM, se realizó la sumatoria de los puntajes totales obtenidos; promediando estos valores se encontró que el promedio de los Pozos del Campo Escuela Colorado se encuentra alrededor de 5 puntos.

Los pozos que superan esta puntuación son catalogados como pozos Buenos y lo que no alcanzan a tener la puntuación promedio se clasifican como Pozos Regulares.

Se tienen alrededor de 20 Pozos *Buenos* y 54 pozos catalogados como *Regulares*, generando un total de 74 pozos cargados en la Base de datos de OFM.

Tabla 18. Comportamiento de las Propiedades petrofísicas para los Pozos del Campo Escuela Colorado

| Pozo | Cap de Alma | Cap de Flujo | Tasa Max de Prod Colorado (Bbl/d) | Espesor Neto (ft) | Puntaje Cap de Alma | Puntaje Cap de Flujo | Puntaje Tasa Máxima (Bls/d) | Puntaje Espesor Neto (ft) | Puntaje Total | Clasificación |
|----------|-------------|--------------|-----------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------|---------------|
| COLO0002 | 70 | 11513 | 0 | 100 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | Bueno |
| COLO0003 | 1 | 16 | 149 | 13,5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | Regular |
| COLO0005 | 45 | 11500 | 0 | 80 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0006 | 41 | 7675 | 0 | 63 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0007 | 73 | 11512 | 140 | 110 | 2 | 1 | 2 | 2 | 7 | Bueno |
| COLO0008 | 35 | 11000 | 0 | 95 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | Regular |
| COLO0009 | 32 | 7500 | 136 | 94 | 1 | 1 | 2 | 2 | 6 | Bueno |
| COLO0010 | 26 | 6133 | 27 | 80 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0011 | 72 | 13137 | 95 | 150,5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | Bueno |
| COLO0012 | 40 | 7000 | 78 | 62 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0013 | 1 | 13 | 17 | 9,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0014 | 30 | 7675 | 0 | 62 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0015 | 2 | 18 | 36 | 20,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0016 | 18 | 207 | 39 | 76,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0018 | 30 | 298 | 53 | 90 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | Regular |
| COLO0019 | 11 | 96 | 124 | 32 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0020 | 53 | 6171 | 56 | 125,5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | Regular |
| COLO0021 | 21 | 4367 | 171 | 63 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | Regular |
| COLO0022 | 21 | 3 | 0 | 47 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0023 | 11 | 105 | 330 | 35,5 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | Bueno |
| COLO0024 | 13 | 3929 | 51 | 57,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0025 | 20 | 5000 | 17 | 60 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0026 | 12 | 119 | 0 | 50,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-------|-----|-------|---|---|---|---|---|---------|
| COLO0027 | 19 | 4878 | 47 | 57,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0028 | 14 | 4979 | 15 | 40 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0029 | 6 | 1956 | 0 | 29,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0030 | 9 | 75 | 91 | 28 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0031 | 70 | 7646 | 37 | 140,5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | Bueno |
| COLO0032 | 50 | 11512 | 0 | 110 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | Regular |
| COLO0033 | 2 | 9 | 399 | 8 | 1 | 1 | 3 | 1 | 6 | Bueno |
| COLO0034 | 26 | 10244 | 19 | 62 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0035 | 56 | 8818 | 36 | 112 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | Bueno |
| COLO0036 | 58 | 2289 | 80 | 137,5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | Bueno |
| COLO0037 | 166 | 61397 | 29 | 247,5 | 3 | 1 | 1 | 3 | 8 | Bueno |
| COLO0038 | 27 | 294 | 153 | 80 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 | Regular |
| COLO0039 | 59 | 14708 | 1 | 89,5 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | Bueno |
| COLO0040 | 134 | 12271 | 147 | 216 | 3 | 1 | 2 | 3 | 9 | Bueno |
| COLO0041 | 10 | 3 | 0 | 47 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0042 | 11 | 741 | 21 | 63 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0043 | 26 | 5967 | 163 | 80,5 | 1 | 1 | 2 | 2 | 6 | Bueno |
| COLO0044 | 56 | 9519 | 220 | 118,5 | 1 | 1 | 2 | 3 | 7 | Bueno |
| COLO0045 | 40 | 9258 | 60 | 97,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0046 | 55 | 7600 | 0 | 78 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0047 | 85 | 26862 | 0 | 130 | 2 | 2 | 1 | 1 | 6 | Bueno |
| COLO0048 | 40 | 25000 | 0 | 78 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | Regular |
| COLO0049 | 58 | 2396 | 46 | 113,5 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | Regular |
| COLO0050 | 8 | 60 | 42 | 25 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0051 | 10 | 3 | 12 | 31 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0052 | 42 | 8451 | 49 | 104,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0053 | 51 | 7058 | 22 | 119 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0054 | 12 | 1219 | 0 | 27,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |

| | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-------|-----|-------|---|---|---|---|---|---------|
| COLO0055 | 100 | 25485 | 49 | 154 | 2 | 2 | 1 | 1 | 6 | Bueno |
| COLO0056 | 100 | 26000 | 24 | 170 | 2 | 2 | 1 | 1 | 6 | Bueno |
| COLO0057 | 42 | 2062 | 7 | 80 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0058 | 65 | 18000 | 51 | 80 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | Regular |
| COLO0059 | 44 | 9671 | 37 | 107,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0060 | 4 | 31 | 17 | 32 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0061 | 2 | 18 | 0 | 18,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0062 | 46 | 8651 | 35 | 118,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0063 | 2 | 17 | 90 | 19 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | Regular |
| COLO0064 | 60 | 3 | 37 | 78 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | Regular |
| COLO0065 | 40 | 3 | 98 | 75 | 1 | 1 | 1 | 2 | 5 | Regular |
| COLO0066 | 80 | 7600 | 269 | 100 | 2 | 1 | 3 | 3 | 9 | Bueno |
| COLO0067 | 90 | 7600 | 114 | 154 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 | Bueno |
| COLO0068 | 10 | 3 | 0 | 47 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0069 | 4 | 30 | 18 | 17,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0070 | 2 | 17 | 64 | 19 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0071 | 50 | 11500 | 0 | 120 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0072 | 71 | 11000 | 0 | 102 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | Regular |
| COLO0074 | 77 | 42549 | 86 | 113 | 2 | 3 | 1 | 2 | 8 | Bueno |
| COLO0075 | 8 | 1840 | 23 | 188 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0076 | 7 | 410 | 44 | 25,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| COLO0077 | 1 | 2 | 0 | 3,5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |
| MOJA0001 | 31 | 3 | 7 | 80 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | Regular |

| | |
|----------|------|
| Promedio | 4,89 |
|----------|------|

4.2.3 Pozos Candidatos para los Trabajos de Workover: Escenario 2

En las tablas anteriormente mostradas se pueden evidenciar las características y propiedades de los pozos con el fin de proponer alternativas para el mejoramiento de la producción del Campo Escuela Colorado. Entre los trabajos tentativos se encuentran los de Workover, Reacondicionamiento y estimulación de los pozos entre otros.

Para elegir cualquier alternativa es importante realizar una selección de pozos que cuenten con las condiciones favorables y las características apropiadas para realizar algún tipo de trabajo.

La manera como se seleccionaron los pozos está dada por el índice de declinación; seleccionando pozos de bajos índices, por las propiedades petrofísicas; optando por los pozos con cualidades *Buenas*, las Reservas y el Caudal Inicial estimadas por el Software OFM para cada uno de los pozos.

El estudio en este proyecto está basado sólo en la producción de Aceite, pero se tienen en cuenta otras características como la producción de agua para generar los Índices de Heterogeneidad; las reservas con las que se realizaron todos los cálculos fueron obtenidas del Pronóstico de Producción que realiza mediante el Software OFM.

Para elegir los pozos candidatos para los trabajos; se tiene en cuenta además de las propiedades anteriormente enunciadas, la cantidad de reservas, optando por pozos con reservas mayores a los 10.000 Barriles con el fin proporcionar pozos con buen potencial para realización de trabajos, para optimización del campo.

En la siguiente tabla se observa los pozos con las características mencionadas para optar por un trabajo de estimulación para el mejoramiento de la producción del mismo.

Tabla 19. Selección de Pozos Candidatos a Trabajos de Workover: Escenario 2

| Pozo | DCA DI Colorado | DCA EUR Colorado (Bbl) | DCA qi Colorado (Bbl/d) | DCA Reservas Colorado (Bbl) | Porcentaje de Depletación (%) | Estado del Pozo | Clasificación Petrofísica | Bajo Aceite - Baja Agua en el HI (Cuadrante) |
|----------|-----------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------|---------------------------|--|
| COLO0036 | 0,0043 | 310.754 | 15 | 16.582 | 95 | Activo | Bueno | 3 |
| COLO0045 | 0,0053 | 219.996 | 13 | 14.155 | 94 | Activo | Regular | 3 |
| COLO0049 | 0,0059 | 225.153 | 13 | 14.028 | 94 | Activo | Regular | 3 |
| COLO0055 | 0,0204 | 350.251 | 20 | 16.181 | 95 | Activo | Bueno | 3 |
| COLO0058 | 0,0148 | 245.417 | 13 | 11.844 | 95 | Activo | Regular | 3 |
| COLO0067 | 0,0169 | 425.452 | 27 | 23.501 | 94 | Activo | Bueno | 3 |
| COLO0069 | 0,0067 | 115.939 | 32 | 33.443 | 71 | Activo | Regular | 3 |
| COLO0074 | 0,008 | 228.492 | 15 | 14.805 | 94 | Activo | Bueno | 3 |

Fuente: El Autor

5 EVALUACIÓN FINANCIERA

En este capítulo se efectuará el análisis financiero de cada uno de los Escenarios propuestos en el capítulo anterior, con base en los parámetros fundamentales de la teoría de evaluación de proyectos, denominados indicadores de rentabilidad.

Los indicadores que se toman para realizar la evaluación financiera son: Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Tasa Interna de Oportunidad (TIO), Relación Beneficio-Costo y Tiempo de Repago o PayBack.

5.1 VALOR PRESENTE NETO (VPN)

El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El Valor Presente Neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero.

Desde el punto de vista matemático el VPN se define como:

$$VPN = \sum_n^N \frac{FNC}{(1+i)^n} - Inversión$$

$$FNC (Flujo neto de caja) = Ingresos - Egresos$$

Interpretación del indicador de rentabilidad VPN

- **VPN>0:** la inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida, por consiguiente el proyecto puede aceptarse.
- **VPN<0:** la inversión producirá ganancias por debajo de la rentabilidad exigida, por tanto el proyecto deberá rechazarse dado que la inversión no será cubierta según el tiempo de estudio de la proyección.

- **VPN=0:** la inversión no producirá ganancias ni pérdidas, en este caso dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión de realizarlo deberá basarse en otros criterios.

5.2 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa que iguala el **valor presente neto** a cero. La tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los **flujos netos de efectivo** dentro del negocio y se expresa en porcentaje. La manera de calcular la Tasa Interna de Retorno se debe a un proceso de interpolación, buscando el valor en el que el VPN tiene un valor de Cero (0).

5.3 TASA INTERNA DE OPORTUNIDAD (TIO)

La tasa de interés de oportunidad, es la tasa de interés más alta que un inversionista sacrifica con el objetivo de realizar un proyecto.

5.4 TIEMPO DE REPAGO O PAYBACK

El **payback** o **plazo de recuperación** es un criterio estático de valoración de inversiones que permite seleccionar un determinado proyecto en base a cuánto tiempo se tardará en recuperar la inversión inicial mediante los flujos de caja.

$$PayBack = \frac{\textit{Inversión inicial}}{\textit{Flujo de efectivo anual}}$$

5.5 RELACIÓN COSTO-BENEFICIO (RCB)

Es un indicador que resume el total del valor de un proyecto, es la relación entre los beneficios del proyecto y sus costos. Se expresa como un valor adimensional

entre el VPN de los ingresos y el VPN de los egresos. Si la relación $RCB > 1$ significa que en valor presente los ingresos son mayores que los egresos, por lo tanto es aconsejable realizar el proyecto.

$$RCB = \frac{FNC}{Inversión}$$

5.6 DÓLAR (\$US)

Para hallar el valor del dólar a utilizar para los cálculos de los índices de rentabilidad, se obtendrá un promedio del valor del dólar del año 2013.

En la siguiente tabla se puede evidenciar los valores mensuales promedios del Dólar durante el año 2013, obteniendo un valor promedio anual del mismo.

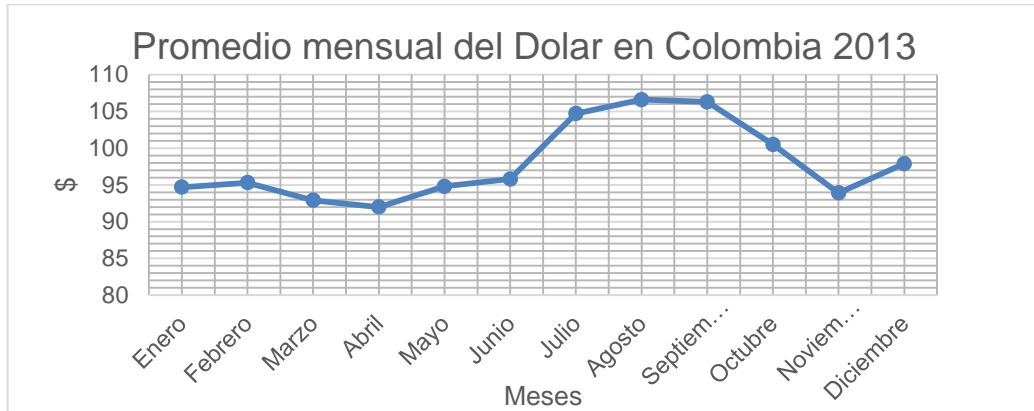
Tabla 20. Promedio Mensual del Dólar en el año 2013

| Mes | Precio [US] |
|-----------------|--------------|
| Enero | 1769,44 |
| Febrero | 1790,28 |
| Marzo | 1812,91 |
| Abril | 1824,01 |
| Mayo | 1847,18 |
| Junio | 1909,40 |
| Julio | 1841,03 |
| Agosto | 1902,38 |
| Septiembre | 1919,58 |
| Octubre | 1885,13 |
| Noviembre | 1921,25 |
| Diciembre | 1932,96 |
| Promedio | 1.863 |

Fuente: El Autor

En la siguiente figura se puede observar el comportamiento del valor del dólar a través del año 2013; valores tabulados en la tabla anterior.

Figura 33. Promedio Mensual del Dólar en el año 2013



Fuente: El Autor

5.7 PRECIO DEL CRUDO [\$/BLS]

El comportamiento del valor del crudo de referencia WTI se muestra en la siguiente tabla, donde se representan los valores mensuales y el promedio entre estos representa el valor anual con el que se realizarán los cálculos para el análisis económico.

Tabla 21. Promedio mensual del precio del Crudo WTI en el año 2013

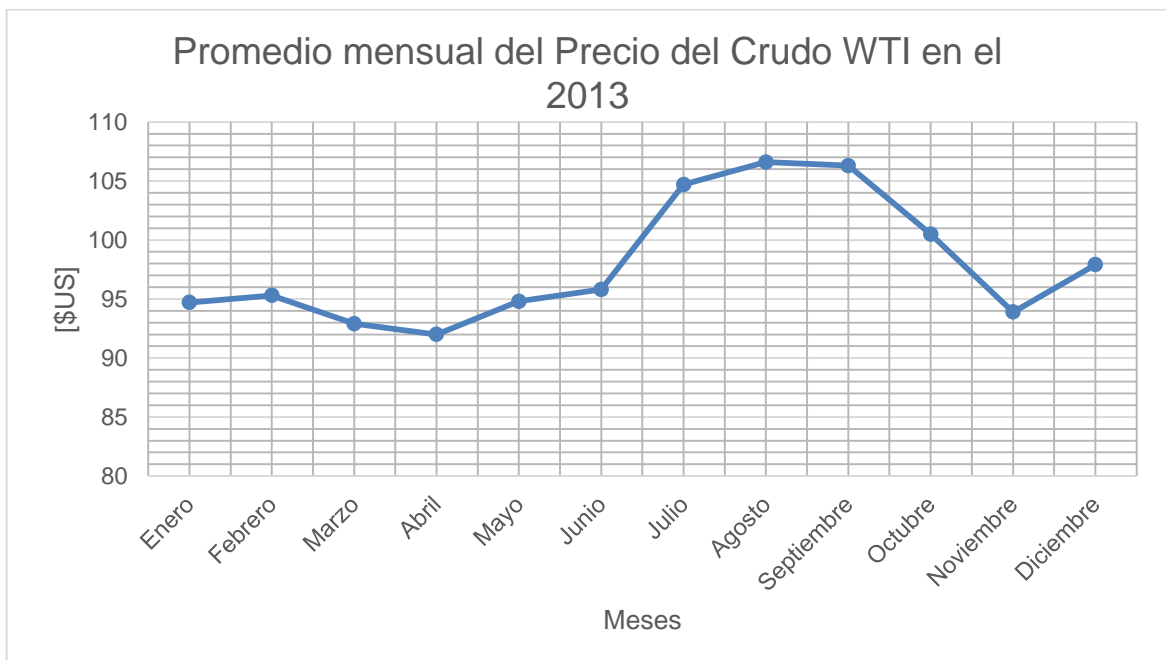
| Mes | Precio [\$/BLS] |
|-----------------|-----------------|
| Enero | 94,7 |
| Febrero | 95,3 |
| Marzo | 92,9 |
| Abril | 92 |
| Mayo | 94,8 |
| Junio | 95,8 |
| Julio | 104,7 |
| Agosto | 106,6 |
| Septiembre | 106,3 |
| Octubre | 100,5 |
| Noviembre | 93,9 |
| Diciembre | 97,9 |
| Promedio | 97,95 |

Fuente: El Autor

Con el fin de respaldar la rentabilidad de cada uno de los Escenarios, se toma un valor del precio del crudo pesimista, por debajo del promedio anual (-5%), obteniendo un valor de 93 dólares.

En la siguiente figura se presenta los valores promedio mensuales del precio del crudo WTI.

Figura 34. Promedio mensual del Precio del Crudo WTI durante el 2013



Fuente: El Autor

En el Campo Escuela Colorado se maneja una serie de requerimientos para la venta del crudo; determinando un nuevo valor de venta del crudo observado en la tabla 22.

Tabla 22. Requerimientos para la venta del Crudo Campo Escuela Colorado

| Factores de valoración | US\$/BBL |
|--------------------------------------|-----------------|
| Precio crudo Vasconia | 93 |
| Ajuste por calidad | 1,68 |
| Tarifa de Transporte | |
| Tarifa de operación portuaria | -0,611 |
| Galán-Ayacucho | -2,1011 |
| Ayacucho-Coveñas | -2,0775 |
| Impuesto de transporte | |
| Galán-Ayacucho | -0,1261 |
| Ayacucho-Coveñas | -0,1247 |
| Tarifa por tratamiento | -0,6 |
| Tarifa por exportación | -1,5 |
| Precio crudo Colorado | 87,53 |

Fuente: El Autor

Para realizar el análisis financiero de los Escenarios propuestos se deben establecer los indicadores económicos con los cuales se realizarán los cálculos económicos que representan la viabilidad de los trabajos propuestos. El Lifting Cost tomado; es un promedio del establecido en la industria de los hidrocarburos.

Tabla 23. Indicadores Económicos

| Indicador | Valor |
|--------------------------------------|--------------|
| Dólar | 1.863 US\$ |
| Precio promedio del crudo WTI | 87 US\$/BBL |
| Regalías | 20% |
| Lifting Cost | 20 US\$/BBL |
| TIO | 12% |

Fuente: El Autor

5.8 ANÁLISIS ECONÓMICO REACTIVACIÓN DE POZOS WEI- ESCENARIO 1

Para la reactivación de los pozos propuestos por WEI, se toman los caudales iniciales de cada pozo generado por el Software y el índice de declinación; con estos datos se procede a realizar el análisis económico y la viabilidad del proyecto para cada uno de los pozos en un tiempo establecido de 39 meses, los cuales representa la predicción desde Abril de 2013 hasta Junio 2016, fecha en la cual se termina el convenio UIS-ECOPETROL S.A., el análisis se inicia con el pozo Colorado 07.

5.8.1 Reactivación Pozo Colorado 07

En la siguiente tabla se presentan los valores de predicción de la producción para el COL 07.

Tabla 24. Variables para la predicción de la Producción de COL 07

| Variables | COL 07 |
|--------------|---------|
| Qi [Bls/dia] | 138,4 |
| Di [M.n] | 0,01034 |

Fuente: El Autor

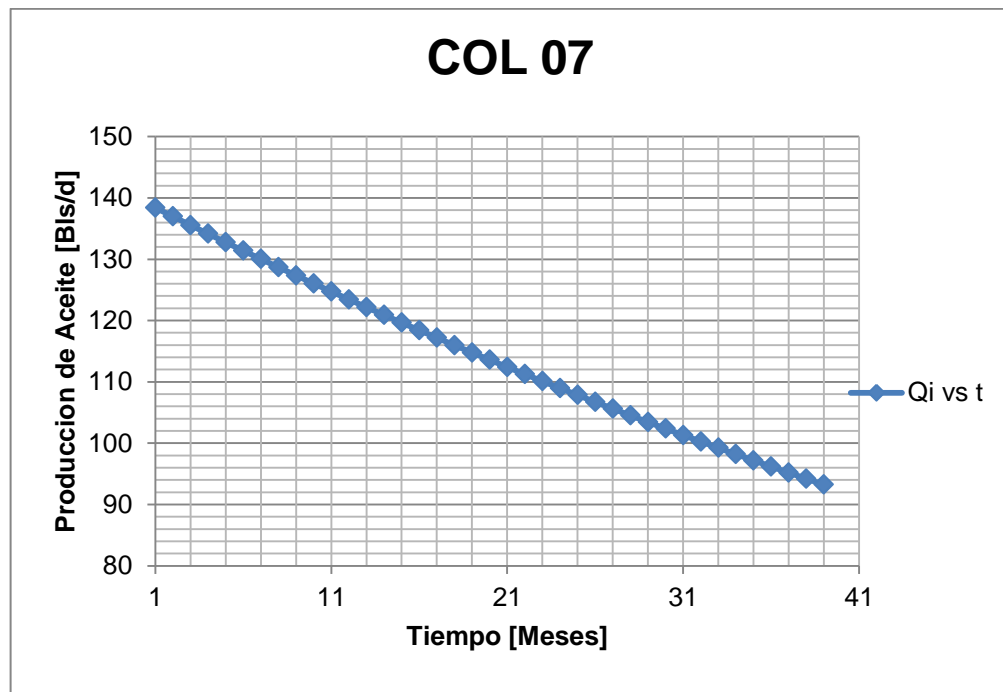
Con la información de la tabla anterior se realizan los cálculos con el fin de conocer el comportamiento de la producción en el tiempo y realizar su respectivo análisis financiero.

Es importante aclarar que el Software OFM genera un índice de declinación para el pozo COL 07 igual a cero (0), debido a que el pozo presento un solo mes de producción, lo que no permite identificar la caída de producción a través de los años.

Para realizar los cálculos correspondientes se asignó el índice de declinación del Campo ($D_i = 0,01034 \text{ M.n}$), valor que se presenta en la tabla 24, con el fin de realizar el análisis económico adecuado, por lo tanto esta condición puede ser modificada.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de la producción a través del tiempo del pronóstico.

Figura 35. Comportamiento del Caudal pozo Col 07



Fuente: El Autor

Tabla 25. Aceite producido por Mes en el pozo COL 07

| TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] | TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] |
|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|-------------------|
| 1 | 138,40 | 4207,36 | 21 | 112,42 | 3417,67 |
| 2 | 136,97 | 4163,86 | 22 | 111,26 | 3382,33 |
| 3 | 135,55 | 4120,80 | 23 | 110,11 | 3347,36 |
| 4 | 134,15 | 4078,19 | 24 | 108,97 | 3312,75 |
| 5 | 132,76 | 4036,02 | 25 | 107,85 | 3278,49 |
| 6 | 131,39 | 3994,29 | 26 | 106,73 | 3244,59 |
| 7 | 130,03 | 3952,99 | 27 | 105,63 | 3211,04 |
| 8 | 128,69 | 3912,12 | 28 | 104,53 | 3177,84 |
| 9 | 127,36 | 3871,67 | 29 | 103,45 | 3144,98 |
| 10 | 126,04 | 3831,63 | 30 | 102,38 | 3112,46 |
| 11 | 124,74 | 3792,01 | 31 | 101,32 | 3080,28 |
| 12 | 123,45 | 3752,80 | 32 | 100,28 | 3048,43 |
| 13 | 122,17 | 3714,00 | 33 | 99,24 | 3016,91 |
| 14 | 120,91 | 3675,60 | 34 | 98,21 | 2985,71 |
| 15 | 119,66 | 3637,59 | 35 | 97,20 | 2954,84 |
| 16 | 118,42 | 3599,98 | 36 | 96,19 | 2924,29 |
| 17 | 117,20 | 3562,75 | 37 | 95,20 | 2894,05 |
| 18 | 115,98 | 3525,92 | 38 | 94,21 | 2864,13 |
| 19 | 114,78 | 3489,46 | 39 | 93,24 | 2834,51 |
| 20 | 113,60 | 3453,38 | TOTAL | | 135.605,09 |

Fuente: El Autor

5.8.2 Flujo de Caja Neto (FCN)

Para determinar el caudal diario de la tabla anterior de todos los meses de predicción se cumple la ecuación de Declinación Exponencial, debido a que el campo obedece a este tipo de declinación; por tanto todos los pozos satisfacen esta ecuación.

Para todos los pozos seleccionados se tienen el índice de declinación y el caudal inicial, los cuales se reemplazan en la siguiente ecuación:

$$Q_m = Q_{oi} * e^{-D_t * t}$$

Donde,

$Q_m =$ Tasa Mensual

$Q_{oi} =$ Tasa de aceite inicial

$D_t =$ Tasa de declinación

$t =$ Número de mes

Los resultados de este procedimiento se encuentran en la tabla 25, donde se observan el caudal diario y el caudal mensual; valores con los que se realiza el análisis financiero.

5.8.3 Regalías

El valor establecido para las regalías es del 20% y obedece a la siguiente ecuación.

$$Regalías = Q_{omensual} * 0,2$$

Los egresos generados por los costos de levantamiento se calcularon multiplicado el valor del Lifting Cost por la producción total sin descuentos; estos resultados son presentados en la siguiente tabla.

Tabla 26. Calculo del Flujo de Caja Neto (FCN)

| Tiempo [Meses] | Producción [Bls/Mes] | Regalías | Producción Neta [Bls/Mes] | Lifting Cost [\$US] | Ingresos [\$US] | Ganancias Netas [\$US] |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------------|
| 1 | 4207,36 | 841,47 | 3365,89 | 84147,2 | 292832,26 | 208685,06 |
| 2 | 4163,86 | 832,77 | 3331,09 | 83277,2 | 289804,66 | 206527,46 |
| 3 | 4120,8 | 824,16 | 3296,64 | 82416 | 286807,68 | 204391,68 |
| 4 | 4078,19 | 815,64 | 3262,55 | 81563,8 | 283842,02 | 202278,22 |
| 5 | 4036,02 | 807,20 | 3228,82 | 80720,4 | 280906,99 | 200186,59 |
| 6 | 3994,29 | 798,86 | 3195,43 | 79885,8 | 278002,58 | 198116,78 |
| 7 | 3952,99 | 790,60 | 3162,39 | 79059,8 | 275128,10 | 196068,30 |
| 8 | 3912,12 | 782,42 | 3129,70 | 78242,4 | 272283,55 | 194041,15 |
| 9 | 3871,67 | 774,33 | 3097,34 | 77433,4 | 269468,23 | 192034,83 |
| 10 | 3831,63 | 766,33 | 3065,30 | 76632,6 | 266681,45 | 190048,85 |
| 11 | 3792,01 | 758,40 | 3033,61 | 75840,2 | 263923,90 | 188083,70 |
| 12 | 3752,8 | 750,56 | 3002,24 | 75056 | 261194,88 | 186138,88 |
| 13 | 3714 | 742,80 | 2971,20 | 74280 | 258494,40 | 184214,40 |
| 14 | 3675,6 | 735,12 | 2940,48 | 73512 | 255821,76 | 182309,76 |
| 15 | 3637,59 | 727,52 | 2910,07 | 72751,8 | 253176,26 | 180424,46 |
| 16 | 3599,98 | 720,00 | 2879,98 | 71999,6 | 250558,61 | 178559,01 |
| 17 | 3562,75 | 712,55 | 2850,20 | 71255 | 247967,40 | 176712,40 |
| 18 | 3525,92 | 705,18 | 2820,74 | 70518,4 | 245404,03 | 174885,63 |
| 19 | 3489,46 | 697,89 | 2791,57 | 69789,2 | 242866,42 | 173077,22 |
| 20 | 3453,38 | 690,68 | 2762,70 | 69067,6 | 240355,25 | 171287,65 |
| 21 | 3417,67 | 683,53 | 2734,14 | 68353,4 | 237869,83 | 169516,43 |

| | | | | | | |
|--------------|---------|--------|---------|---------|-----------|---------------------|
| 22 | 3382,33 | 676,47 | 2705,86 | 67646,6 | 235410,17 | 167763,57 |
| 23 | 3347,36 | 669,47 | 2677,89 | 66947,2 | 232976,26 | 166029,06 |
| 24 | 3312,75 | 662,55 | 2650,20 | 66255 | 230567,40 | 164312,40 |
| 25 | 3278,49 | 655,70 | 2622,79 | 65569,8 | 228182,90 | 162613,10 |
| 26 | 3244,59 | 648,92 | 2595,67 | 64891,8 | 225823,46 | 160931,66 |
| 27 | 3211,04 | 642,21 | 2568,83 | 64220,8 | 223488,38 | 159267,58 |
| 28 | 3177,84 | 635,57 | 2542,27 | 63556,8 | 221177,66 | 157620,86 |
| 29 | 3144,98 | 629,00 | 2515,98 | 62899,6 | 218890,61 | 155991,01 |
| 30 | 3112,46 | 622,49 | 2489,97 | 62249,2 | 216627,22 | 154378,02 |
| 31 | 3080,28 | 616,06 | 2464,22 | 61605,6 | 214387,49 | 152781,89 |
| 32 | 3048,43 | 609,69 | 2438,74 | 60968,6 | 212170,73 | 151202,13 |
| 33 | 3016,91 | 603,38 | 2413,53 | 60338,2 | 209976,94 | 149638,74 |
| 34 | 2985,71 | 597,14 | 2388,57 | 59714,2 | 207805,42 | 148091,22 |
| 35 | 2954,84 | 590,97 | 2363,87 | 59096,8 | 205656,86 | 146560,06 |
| 36 | 2924,29 | 584,86 | 2339,43 | 58485,8 | 203530,58 | 145044,78 |
| 37 | 2894,05 | 578,81 | 2315,24 | 57881 | 201425,88 | 143544,88 |
| 38 | 2864,13 | 572,83 | 2291,30 | 57282,6 | 199343,45 | 142060,85 |
| 39 | 2834,51 | 566,90 | 2267,61 | 56690,2 | 197281,90 | 140591,70 |
| TOTAL | | | | | | 6'726.011,97 |

Fuente: El Autor

En la tabla 27 se pueden observar todos los valores obtenidos iniciando con la producción mensual, el porcentaje por regalías, el porcentaje de la participación de ECOPETROL S.A., la producción neta en y las ganancias netas,

$$FCN = 6'726.011,97 \text{ US\$}$$

5.8.4 Inversiones

Para reactivar un pozo petrolero y realizar un análisis económico se debe tener en cuenta la inversión que debe hacerse y éste valor promedio se presenta en la siguiente tabla; estos datos fueron suministrados por el Campo Escuela Colorado.

Tabla 27. Costos Reactivación de Pozo

| Inversión de Reactivación | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Reactivación de Pozo Incluye: | Valor [\$US] |
| Varilleo | - |
| Bomba | - |
| Sarta de Varillas | - |
| Unidad de Bombeo | - |
| Cabezal de Pozo | - |
| Obra civil | - |
| Construcción de vías de Acceso | - |
| Total | 332.021 |

Fuente: Campo Escuela Colorado

Cálculos:

Valor Presente Neto

$$VPN = \sum_n^N \frac{FNC}{(1+i)^n} - Inversión$$

$$VPN = \sum_n^N \frac{FNC}{(1+i)^n} = \frac{6'726.011,97 \text{ US\$}}{(1+0,12)^{3,25}} - 332.021$$

$$VPN = 4'321.686,28$$

Tasa Interna de Retorno:

$$VPN = \sum_n^N \frac{FNC}{(1+TIR)^n} - Inversión = 0$$

$$0 = \frac{6'726.011,97}{(1+TIR)} - 332.021$$

$$TIR = 1,5 = 150\%$$

Tiempo de Repago – PayBack

$$PayBack = \frac{Inversión\ inicial}{Flujo\ de\ efectivo\ anual}$$

$$PayBack = \frac{332.021}{6'726.011,97}$$

$$PayBack = 0,04 \text{ años} = 0,6 \text{ meses} = 18 \text{ Días}$$

Relación Costo Beneficio

$$RCB = \frac{FNC}{Inversión}$$

$$RCB = \frac{6'726.011,97}{332.021}$$

$$RCB = 20$$

Los resultados se encuentran ubicados en la siguiente tabla:

Tabla 28. Indicadores de Rentabilidad

| Reactivación Pozo Col 07 | |
|-----------------------------------|---------------------|
| VPN (Valor presente neto) | 4'321.686,28 [\$US] |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 150 % |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 20 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 0,6 meses - 19 Días |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

Los valores de rentabilidad indican que la reactivación del Pozo Colorado 07 es viable económicamente, nótese que el VPN tiene un valor positivo bastante alto, la tasa interna de retorno tiene porcentaje alto; la TIR es mayor a la TIO y el PayBack tiene una duración aproximadamente de 0,6 meses, lo cual se puede concluir que el proyecto es rentable económicamente.

5.8.5 Reactivación Pozo Colorado 10

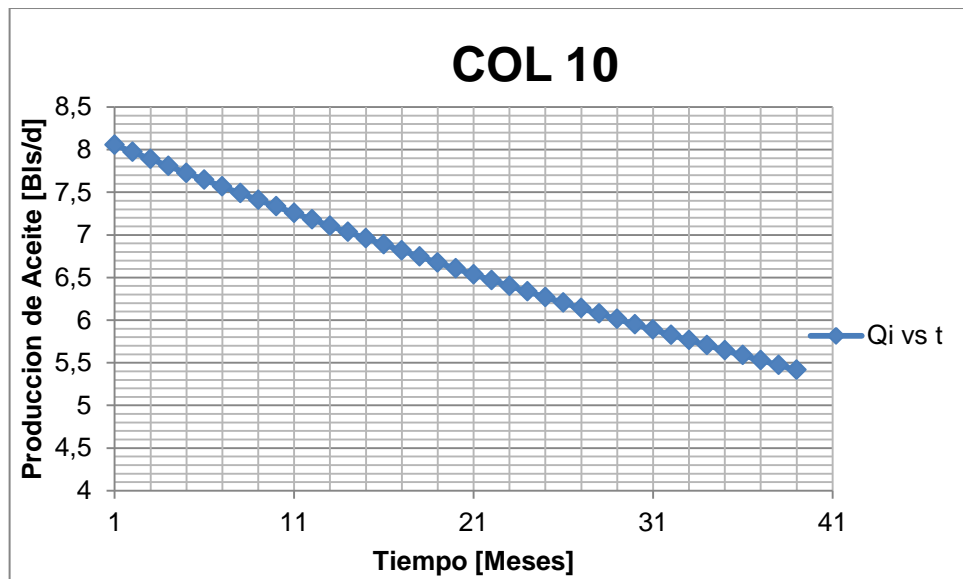
Para realizar el análisis financiero para el colorado 10, se realiza el mismo procedimiento dado para la reactivación del colorado 07, mostrando los resultados en tablas posteriormente.

Tabla 29. Variables para la predicción de la Producción de COL 10

| Variables | COL 10 |
|--------------|-----------|
| Qi [Bls/día] | 8,056 |
| Di [M.n] | 0,0103963 |

Fuente: El Autor

Figura 36. Comportamiento del Caudal Col 10



Fuente: El Autor

Tabla 30. Aceite producido por Mes en el pozo COL 10

| TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] | TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] |
|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 8,0560 | 244,90 | 21 | 6,5365 | 198,71 |
| 2 | 7,9722 | 242,36 | 22 | 6,4686 | 196,64 |
| 3 | 7,8894 | 239,84 | 23 | 6,4013 | 194,60 |
| 4 | 7,8073 | 237,34 | 24 | 6,3348 | 192,58 |
| 5 | 7,7262 | 234,88 | 25 | 6,2689 | 190,57 |
| 6 | 7,6459 | 232,43 | 26 | 6,2037 | 188,59 |
| 7 | 7,5664 | 230,02 | 27 | 6,1392 | 186,63 |
| 8 | 7,4877 | 227,63 | 28 | 6,0754 | 184,69 |
| 9 | 7,4099 | 225,26 | 29 | 6,0122 | 182,77 |
| 10 | 7,3328 | 222,92 | 30 | 5,9497 | 180,87 |
| 11 | 7,2566 | 220,60 | 31 | 5,8879 | 178,99 |
| 12 | 7,1811 | 218,31 | 32 | 5,8267 | 177,13 |
| 13 | 7,1065 | 216,04 | 33 | 5,7661 | 175,29 |
| 14 | 7,0326 | 213,79 | 34 | 5,7061 | 173,47 |
| 15 | 6,9595 | 211,57 | 35 | 5,6468 | 171,66 |
| 16 | 6,8871 | 209,37 | 36 | 5,5881 | 169,88 |
| 17 | 6,8155 | 207,19 | 37 | 5,5300 | 168,11 |
| 18 | 6,7447 | 205,04 | 38 | 5,4725 | 166,36 |
| 19 | 6,6746 | 202,91 | 39 | 5,4156 | 164,64 |
| 20 | 6,6052 | 200,80 | TOTAL | | 4.443,18 |

Fuente: El Autor

Inversiones

Las inversiones para la reactivación del pozo col 10 son las mismas inversiones para la reactivación del pozo colorado 07 y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 31. Inversiones Reactivación Colorado 10

| Inversión de Reactivación | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Reactivación de Pozo Incluye: | Valor [\$US] |
| Varilleo | - |
| Bomba | - |
| Sarta de Varillas | - |
| Unidad de Bombeo | - |
| Cabezal de Pozo | - |
| Obra civil | - |
| Construcción de vías de Acceso | - |
| Total | 332.021 |

Fuente: Campo Escuela Colorado

Tabla 32. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 10

| Reactivación Pozo Col 10 | |
|--|-------------|
| VPN (Valor presente neto) | -61.409,82 |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 5,00% |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 0,18 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 10,18 meses |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

En la tabla 33 se observan los indicadores de rentabilidad para la reactivación del pozo colorado 10, en los que se puede evidenciar un valor presente neto es negativo, una tasa interna de retorno menor a la tasa interna de oportunidad y un relación beneficio-costo relativamente baja, lo que indica que la reactivación del pozo colorado 10 no es económicamente viable.

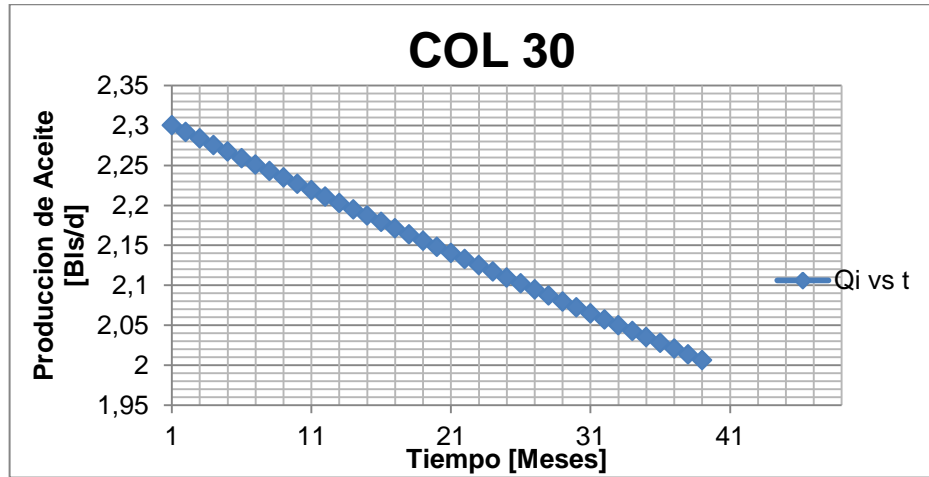
5.8.6 Reactivación Pozo Colorado 30

Tabla 33. Variables para la predicción de la Producción de COL 30

| Variables | COL 30 |
|------------------|---------------|
| Qi [Bls/dia] | 2,3 |
| Di [M.n] | 0,003592 |

Fuente: El Autor

Figura 37. Comportamiento del Caudal COL 30



Fuente: El Autor

Tabla 34. Aceite producido por Mes en el pozo COL 30

| TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] | TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] |
|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 2,30 | 69,92 | 21 | 2,14 | 65,06 |
| 2 | 2,29 | 69,67 | 22 | 2,13 | 64,83 |
| 3 | 2,28 | 69,42 | 23 | 2,12 | 64,60 |
| 4 | 2,28 | 69,17 | 24 | 2,12 | 64,37 |
| 5 | 2,27 | 68,92 | 25 | 2,11 | 64,13 |
| 6 | 2,26 | 68,67 | 26 | 2,10 | 63,90 |
| 7 | 2,25 | 68,43 | 27 | 2,09 | 63,67 |
| 8 | 2,24 | 68,18 | 28 | 2,09 | 63,45 |
| 9 | 2,23 | 67,94 | 29 | 2,08 | 63,22 |
| 10 | 2,23 | 67,69 | 30 | 2,07 | 62,99 |
| 11 | 2,22 | 67,45 | 31 | 2,06 | 62,77 |
| 12 | 2,21 | 67,21 | 32 | 2,06 | 62,54 |
| 13 | 2,20 | 66,97 | 33 | 2,05 | 62,31 |
| 14 | 2,19 | 66,72 | 34 | 2,04 | 62,09 |
| 15 | 2,19 | 66,48 | 35 | 2,04 | 61,87 |
| 16 | 2,18 | 66,25 | 36 | 2,03 | 61,65 |
| 17 | 2,17 | 66,01 | 37 | 2,02 | 61,42 |
| 18 | 2,16 | 65,77 | 38 | 2,01 | 61,20 |
| 19 | 2,16 | 65,53 | 39 | 2,01 | 60,98 |
| 20 | 2,15 | 65,30 | TOTAL | | 2.548,76 |

Fuente: El Autor

Tabla 35. Inversiones Reactivación Colorado 30

| Inversión de Reactivación | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Reactivación de Pozo Incluye: | Valor [\$US] |
| Varilleo | - |
| Bomba | - |
| Sarta de Varillas | - |
| Unidad de Bombeo | - |
| Cabezal de Pozo | - |
| Obra civil | - |
| Construcción de vías de Acceso | - |
| Total | 332.021 |

Fuente: Campo Escuela Colorado

Tabla 36. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 30

| Reactivación Pozo Col 30 | |
|--|-------------|
| VPN (Valor presente neto) | -244.552,77 |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 0,02% |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 0,37 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 32,08 meses |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

La reactivación del pozo colorado 30 genera indicadores poco favorables para llevar a cabo el trabajo estipulado, el tiempo de repago es aproximadamente 3 años y la tasa interna de retorno es muy baja comparada con la tasa interna de oportunidad establecida y el valor presente neto es negativo lo que indica que la reactivación de este pozo no es económicamente viable.

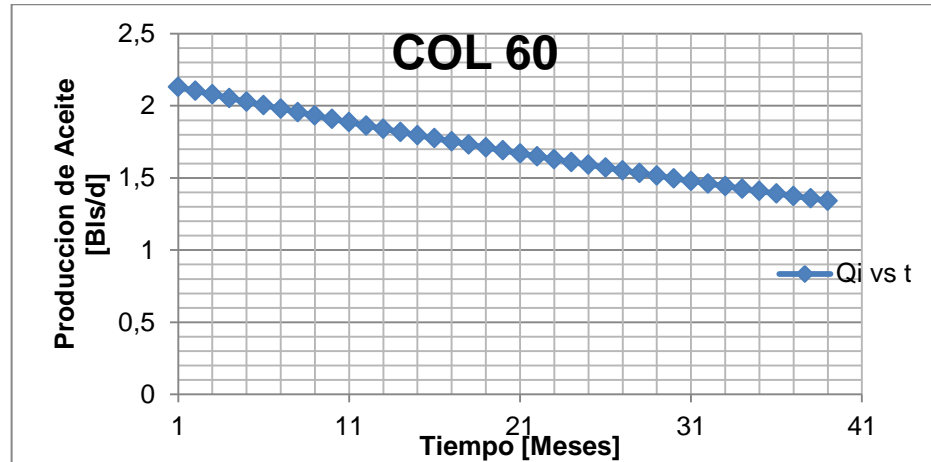
5.8.7 Reactivación Pozo Colorado 60

Tabla 37. Variables para la predicción de la Producción de COL 60

| Variables | COL 60 |
|---------------------|---------------|
| Qi [Bls/día] | 2,13 |
| Di [M.n] | 0,003592 |

Fuente: El Autor

Figura 38. Comportamiento del Caudal COL 60



Fuente: El Autor

Tabla 38. Aceite producido por Mes en el pozo COL 60

| TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] | TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] |
|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 2,13 | 64,75 | 21 | 1,67 | 50,78 |
| 2 | 2,10 | 63,97 | 22 | 1,65 | 50,16 |
| 3 | 2,08 | 63,20 | 23 | 1,63 | 49,56 |
| 4 | 2,05 | 62,43 | 24 | 1,61 | 48,96 |
| 5 | 2,03 | 61,68 | 25 | 1,59 | 48,37 |
| 6 | 2,00 | 60,93 | 26 | 1,57 | 47,78 |
| 7 | 1,98 | 60,20 | 27 | 1,55 | 47,20 |
| 8 | 1,96 | 59,47 | 28 | 1,53 | 46,63 |
| 9 | 1,93 | 58,75 | 29 | 1,52 | 46,07 |
| 10 | 1,91 | 58,04 | 30 | 1,50 | 45,51 |
| 11 | 1,89 | 57,34 | 31 | 1,48 | 44,96 |
| 12 | 1,86 | 56,65 | 32 | 1,46 | 44,42 |
| 13 | 1,84 | 55,96 | 33 | 1,44 | 43,88 |
| 14 | 1,82 | 55,29 | 34 | 1,43 | 43,35 |
| 15 | 1,80 | 54,62 | 35 | 1,41 | 42,83 |
| 16 | 1,77 | 53,96 | 36 | 1,39 | 42,31 |
| 17 | 1,75 | 53,31 | 37 | 1,37 | 41,80 |
| 18 | 1,73 | 52,66 | 38 | 1,36 | 41,29 |
| 19 | 1,71 | 52,03 | 39 | 1,34 | 40,80 |
| 20 | 1,69 | 51,40 | TOTAL | | 2.023,28 |

Fuente: El Autor

Tabla 39. Inversiones Reactivación Colorado 60

| Inversión de Reactivación | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Reactivación de Pozo Incluye: | Valor [\$US] |
| Varilleo | - |
| Bomba | - |
| Sarta de Varillas | - |
| Unidad de Bombeo | - |
| Cabezal de Pozo | - |
| Obra civil | - |
| Construcción de vías de Acceso | - |
| Total | 332.021 |

Fuente: Campo Escuela Colorado

Tabla 40. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 60

| Reactivación Pozo Col 60 | |
|--|--------------------|
| VPN (Valor presente neto) | -262.585,89 [\$US] |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 0,01% |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 0,35 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 34,64 meses |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

Los indicadores de este trabajo de reactivación del pozo colorado 60 genera baja rentabilidad, tiempo elevado de repago de la inversión y una tasa interna de retorno bastante baja, comparada con los indicadores de los pozos anteriores, se puede concluir que el pozo Colorado 60, Colorado 30 y Colorado 10 no son económicamente viables.

El pozo que generan rentabilidad es el COL 07, seleccionado por sus buenos indicadores económicos; lo cual permite afirmar que únicamente éste pozo es candidato a reactivación en el Escenario WEI.

5.9 ANÁLISIS ECONÓMICO REACTIVACIÓN DE POZOS UIS – ESCENARIO 2

5.9.1 Reactivación pozo Colorado 07

El pozo colorado 07 es candidato a reactivación en los dos Escenarios (WEI – UIS) respectivamente, establecidos en el proyecto. Este pozo presenta buenos indicadores económicos representados en la tabla 29, por lo tanto no se volverá a realizar el mismo procedimiento descrito anteriormente; solo se trasladará al Escenario 2 la tabla con los indicadores económicos. Este pozo presenta buenos indicadores lo que permite concluir que genera viabilidad en el trabajo establecido.

Tabla 41. Indicadores de Rentabilidad

| Reactivación Pozo Col 07 | |
|--|---------------------|
| VPN (Valor presente neto) | 4'321.686,28 [\$US] |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 150 % |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 20 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 0,6 meses - 19 Días |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

5.9.2 Reactivación Pozo Colorado 10

El pozo colorado 10 es candidato al igual que el colorado 07 en los dos escenarios, lo que permite generalizar los indicadores económicos para los dos escenarios. Este pozo presenta valores negativos de rentabilidad, lo cual permite concluir que no es candidato a reactivación debido a sus bajos indicadores económicos.

Tabla 42. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 10

| Reactivación Pozo Col 10 | |
|-----------------------------------|-------------|
| VPN (Valor presente neto) | -61.409,82 |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 5,00% |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 0,18 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 10,18 meses |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

5.9.3 Reactivación pozo Colorado 12

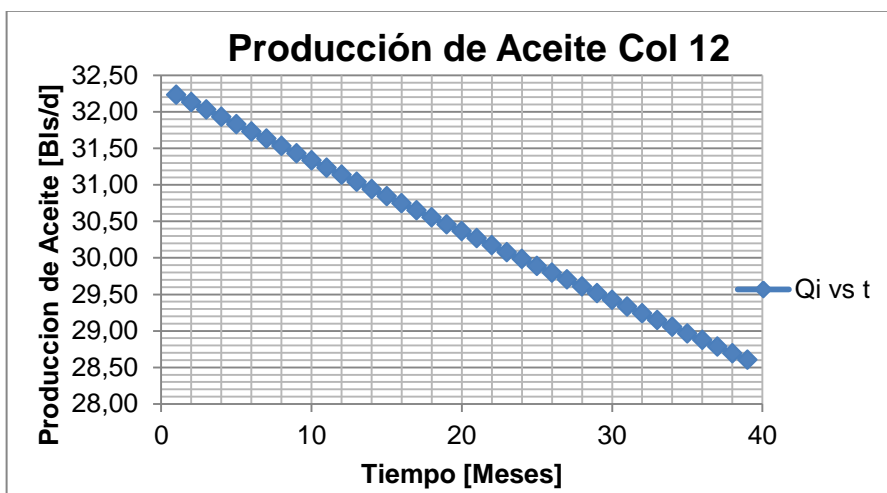
El pozo colorado 12 es el tercer candidato a reactivación en el Escenario 2, el cual ha sido propuesto por la UIS. En la siguiente tabla se muestran las variables para la predicción de la producción del pozo colorado 12.

Tabla 43. Variables para la predicción de la Producción de COL 12

| Variables | COL 12 |
|--------------|----------|
| Qi [Bls/día] | 32,2352 |
| Di [M.n] | 0,003139 |

Fuente: El Autor

Figura 39. Comportamiento del Caudal COL 12



Fuente: El Autor

Tabla 44. Aceite producido por Mes en el pozo COL 12

| TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] | | TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] |
|----------------|----------------|----------|--|----------------|----------------|------------------|
| 1 | 32,23 | 979,79 | | 21 | 30,27 | 920,08 |
| 2 | 32,13 | 976,72 | | 22 | 30,17 | 917,19 |
| 3 | 32,03 | 973,65 | | 23 | 30,08 | 914,31 |
| 4 | 31,93 | 970,59 | | 24 | 29,98 | 911,44 |
| 5 | 31,83 | 967,55 | | 25 | 29,89 | 908,58 |
| 6 | 31,73 | 964,51 | | 26 | 29,79 | 905,73 |
| 7 | 31,63 | 961,48 | | 27 | 29,70 | 902,89 |
| 8 | 31,53 | 958,46 | | 28 | 29,61 | 900,05 |
| 9 | 31,43 | 955,46 | | 29 | 29,51 | 897,23 |
| 10 | 31,33 | 952,46 | | 30 | 29,42 | 894,41 |
| 11 | 31,23 | 949,47 | | 31 | 29,33 | 891,60 |
| 12 | 31,13 | 946,49 | | 32 | 29,24 | 888,81 |
| 13 | 31,04 | 943,52 | | 33 | 29,15 | 886,02 |
| 14 | 30,94 | 940,55 | | 34 | 29,05 | 883,23 |
| 15 | 30,84 | 937,60 | | 35 | 28,96 | 880,46 |
| 16 | 30,75 | 934,66 | | 36 | 28,87 | 877,70 |
| 17 | 30,65 | 931,72 | | 37 | 28,78 | 874,94 |
| 18 | 30,55 | 928,80 | | 38 | 28,69 | 872,20 |
| 19 | 30,46 | 925,88 | | 39 | 28,60 | 869,46 |
| 20 | 30,36 | 922,98 | | TOTAL | | 36.018,68 |

Fuente: El Autor

Tabla 45. Inversiones Reactivación Colorado 12

| Inversión de Reactivación | |
|--------------------------------|----------------|
| Reactivación de Pozo Incluye: | Valor [\$US] |
| Varilleo | - |
| Bomba | - |
| Sarta de Varillas | - |
| Unidad de Bombeo | - |
| Cabezal de Pozo | - |
| Obra civil | - |
| Construcción de vías de Acceso | - |
| Total | 332.021 |

Fuente: Campo Escuela Colorado

Tabla 46. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 12

| Reactivación Pozo Col 12 | |
|--|--------------------------|
| VPN (Valor presente neto) | 904.071,42 [\$US] |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 66,00% |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 5,3 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 0,18 Años - 2,3 Meses |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

La reactivación del pozo colorado 12 es rentable, los indicadores económicos presenta la viabilidad del proyecto, postulando al colorado 12 como uno de los mejores candidatos para la reactivación del mismo. El tiempo de pago estipulado para el proyecto es de aproximadamente 2 meses con un porcentaje de tasa interna de retorno mayor a la tasa interna de oportunidad lo que permite que el pozo sea económicamente viable.

5.9.4 Reactivación Pozo Colorado 64

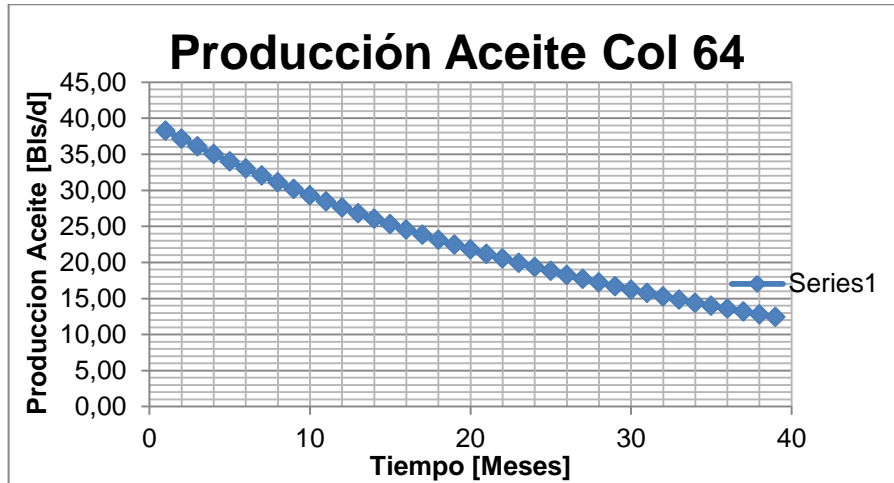
Para completar la campaña de reactivación de pozos para obtener un total de 37 pozos activos en el Campo Escuela Colorado, el escenario 2 propone como último candidato al pozo colorado 64. En la siguiente tabla se pueden observar las variables que permiten verificar la viabilidad de la reactivación de este pozo.

Tabla 47. Variables para la predicción de la Producción de COL 64

| Variables | COL 64 |
|---------------------|---------------|
| Qi [Bls/día] | 38,2667 |
| Di [M.n] | 0,02918 |

Fuente: El Autor

Figura 40. Comportamiento del Caudal COL 64



Fuente: El Autor

Tabla 48. Aceite producido por Mes en el pozo COL 64

| TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] | TIEMPO [MESES] | CAUDAL [Bls/d] | Np [Bls] |
|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|------------------|
| 1 | 38,27 | 1163,31 | 21 | 21,16 | 643,38 |
| 2 | 37,15 | 1129,36 | 22 | 20,55 | 624,61 |
| 3 | 36,07 | 1096,41 | 23 | 19,95 | 606,38 |
| 4 | 35,01 | 1064,41 | 24 | 19,36 | 588,69 |
| 5 | 33,99 | 1033,35 | 25 | 18,80 | 571,51 |
| 6 | 33,00 | 1003,20 | 26 | 18,25 | 554,83 |
| 7 | 32,04 | 973,93 | 27 | 17,72 | 538,64 |
| 8 | 31,10 | 945,51 | 28 | 17,20 | 522,93 |
| 9 | 30,19 | 917,92 | 29 | 16,70 | 507,67 |
| 10 | 29,31 | 891,13 | 30 | 16,21 | 492,85 |
| 11 | 28,46 | 865,13 | 31 | 15,74 | 478,47 |
| 12 | 27,63 | 839,89 | 32 | 15,28 | 464,51 |
| 13 | 26,82 | 815,38 | 33 | 14,83 | 450,96 |
| 14 | 26,04 | 791,59 | 34 | 14,40 | 437,80 |
| 15 | 25,28 | 768,49 | 35 | 13,98 | 425,02 |
| 16 | 24,54 | 746,06 | 36 | 13,57 | 412,62 |
| 17 | 23,83 | 724,29 | 37 | 13,18 | 400,58 |
| 18 | 23,13 | 703,16 | 38 | 12,79 | 388,89 |
| 19 | 22,46 | 682,64 | 39 | 12,42 | 377,54 |
| 20 | 21,80 | 662,72 | TOTAL | | 27.305,76 |

Fuente: El Autor

Tabla 49. Inversiones Reactivación Colorado 64

| Inversión de Reactivación | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Reactivación de Pozo Incluye: | Valor [\$US] |
| Varilleo | - |
| Bomba | - |
| Sarta de Varillas | - |
| Unidad de Bombeo | - |
| Cabezal de Pozo | - |
| Obra civil | - |
| Construcción de vías de Acceso | - |
| Total | 332.021 |

Fuente: Campo Escuela Colorado

Tabla 50. Indicadores de Rentabilidad Pozo Col 64

| Reactivación Pozo Col 64 | |
|--|----------------------|
| VPN (Valor presente neto) | 605.060,52 [\$US] |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 53% |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 4,01 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 3 meses |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

Los indicadores de rentabilidad del pozo colorado 64 son viables económicamente, debido a que presenta un VPN positivo, el pago de la inversión es recuperada en 3 meses aproximadamente y un TIR relativamente mayor a la TIO; lo que genera rentabilidad la reactivación de este pozo.

Se puede concluir en este Escenario, que los pozos COL 07, COL 12 Y COL 64 propuestos por la UIS en el Escenario 2 son económicamente viables, debido a que sus indicadores de rentabilidad generan ganancias económicas, lo cual permite afirmar que éstos pozos son candidatos a Reactivación; el pozo COL 10 no genera buenos indicadores económicos; por consiguiente no es económicamente viable reactivarlo.

5.10 ANÁLISIS FINANCIERO DE LOS TRABAJOS DE WORKOVER - RECAÑONEO

Para realizar el análisis de los trabajos de Workover propuestos para algunos pozos del Campo Escuela Colorado; es necesario establecer parámetros importantes para conocer la productividad y el incremento del caudal que puede generar estos trabajos.

El incremental de la producción de los pozos candidatos para trabajos de Workover fueron obtenidos de la tesis denominada “Evaluación de la productividad del Campo Escuela Colorado mediante Software Especializado de Producción”, realizada en el presente año.

En la siguiente tabla se presenta los pozos candidatos a trabajos de Workover; en este caso se llevará a cabo el Recañoneo como trabajo de optimización propuesto por los dos Escenarios (WEI-UIS) respectivamente, especificando el caudal incremental para cada pozo y porcentaje de incremento del caudal.

Tabla 51. Incremento de la Producción de los pozos candidatos a Recañoneo

| RESULTADOS PRODUCCIÓN INCREMENTAL (RECAÑONEO) | | | | | | | | |
|---|--------------------|---------------------------|--|---------|------------------------------|------------------------------------|------------|--|
| POZO | PRODUCCIÓN [Bis/d] | INCREMENTO DEL CAUDAL (%) | INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN POR RECAÑONEO (BOPD) | BSW (%) | INCREMENTO TOTAL NETO (BOPD) | PRODUCCIÓN NETA INCREMENTAL [BFPD] | ESCENARIOS | |
| COL 36 | 15 | 3,97 | 0,6 | 25 | 0,45 | 15,63 | WEI-UIS | |
| COL 37 | 7 | 12,4 | 0,87 | 22,2 | 0,68 | 7,7 | WEI | |
| COL 42 | 1 | 7,63 | 0,06 | 55 | 0,03 | 0,8 | WEI | |
| COL 45 | 13 | 1,93 | 0,25 | 9,1 | 0,23 | 13,43 | WEI-UIS | |
| COL 55 | 20 | 18,06 | 3,57 | 23,8 | 2,72 | 22,5 | WEI-UIS | |
| COL 56 | 9 | 5,96 | 0,51 | 14,3 | 0,44 | 8,95 | WEI | |
| COL 58 | 13 | 4,29 | 0,56 | 25 | 0,42 | 13,56 | UIS | |
| COL 67 | 27 | 18,25 | 4,94 | 23,1 | 3,8 | 30,85 | WEI-UIS | |
| COL 69 | 32 | 18,31 | 5,87 | 31 | 4,05 | 36,09 | UIS | |
| COL 74 | 15 | 3,06 | 0,44 | 0 | 0,44 | 14,96 | WEI-UIS | |
| COL 75 | 1 | 4,23 | 0,06 | 12,5 | 0,05 | 1,44 | WEI | |

Fuente: El Autor

En la tabla se encuentra la columna de incremento de la producción, donde se puede evidenciar que no hay un incremento optimista de la tasa de aceite.

La densidad óptima de tiros por pie para el recañoneo de los pozos es $SPF=8$, ya que los valores superiores a este no representan un incremento significativo de aumento de producción para el pozo.¹⁵

Debido a las bajas tasas de incremento de la producción, se realizará el análisis financiero a los pozos que tengan un incremento de 2 Bls/día, los cuales son representados en la tabla en color amarillo; (COL 55, COL 67 Y COL 69), son los pozos que cumplen con las condiciones, por consiguiente se realiza el respectivo análisis de la siguiente manera.

Tabla 52. Variables para la Predicción de los Trabajos de Recañoneo

| | Variable | COL 55 | COL 67 | COL 69 |
|------------------------------|-------------------|--------|----------|---------|
| Antes del Recañoneo | Qi [Bls/d] | 19,776 | 27,05 | 32,04 |
| | Di [M.n] | 0,0204 | 0,016906 | 0,0067 |
| Después del Recañoneo | Qi [Bls/d] | 22,5 | 30,85 | 36,09 |
| | Di [M.n] | 0,023 | 0,0192 | 0,00754 |

Fuente: El Autor

Los valores obtenidos en la tabla anterior fueron proporcionados por el software OFM para la predicción de la producción para los trabajos antes del Recañoneo. Para los trabajos después del Recañoneo; el potencial de incremento de la producción fue tomado de la tesis anteriormente mencionada; para determinar el Índice de declinación que presentará el pozo con el nuevo potencial debido al

¹⁵ MORA T. Jhon Fredy y SIERRA C. Yuly Catherine, Evaluación de la productividad del Campo Escuela Colorado mediante software especializado. Proyecto de grado 2014.

Recañoneo se determinó con la siguiente ecuación propuesta en el libro de Nind, T.E.W., Fundamentos de Producción y Mantenimiento de Pozos Petroleros.

$$\frac{q_0}{b} = \frac{q_{0(a)}}{b^{(a)}}$$

Dónde:

q_0 = Caudal Inicial sin Recañoneo

b = Índice de declinación sin Recañoneo

$q_{0(a)}$ = Caudal Inicial con Recañoneo

$b^{(a)}$ = Índice de declinación con Recañoneo

En la siguiente tabla se puede observar el comportamiento de la producción antes y después del trabajo de Recañoneo, calculados con los valores de la tabla 53.

Tabla 53. Comportamiento de la Producción Antes y Después del Recañoneo

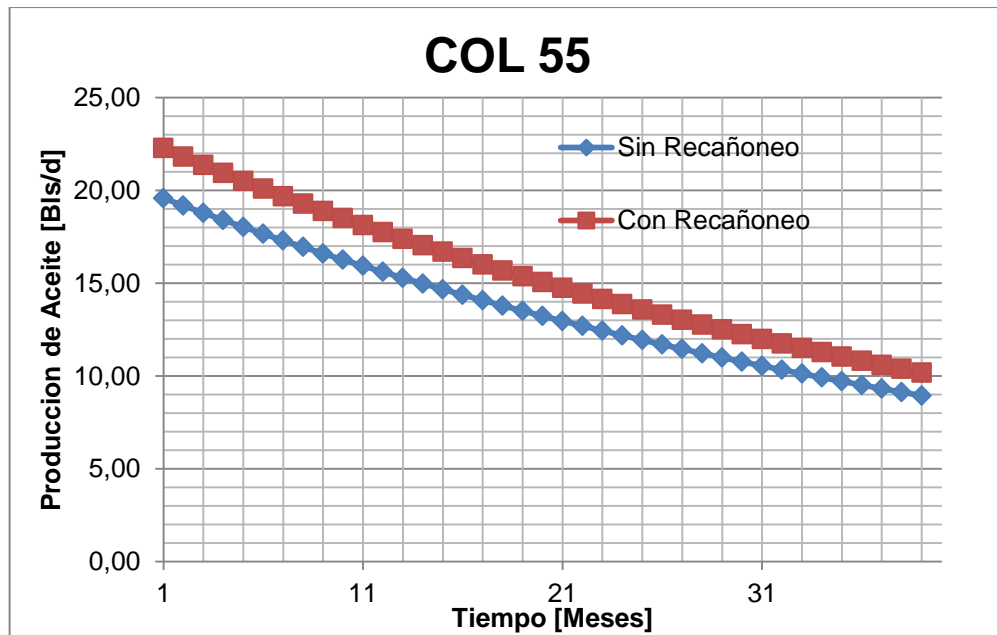
| Tiempo [Meses] | SIN RECAÑONEO | | | CON RECAÑONEO | | |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | COL 55 | COL 66 | COL 67 | COL 55 | COL 66 | COL 67 |
| | Caudal [Bls/d] | Caudal [Bls/d] | Caudal [Bls/d] | Caudal [Bls/d] | Caudal [Bls/d] | Caudal [Bls/d] |
| 1 | 19,59 | 27,05 | 32,04 | 22,28 | 30,85 | 36,09 |
| 2 | 19,19 | 26,59 | 31,83 | 21,83 | 30,32 | 35,85 |
| 3 | 18,80 | 26,14 | 31,61 | 21,38 | 29,81 | 35,61 |
| 4 | 18,41 | 25,70 | 31,40 | 20,95 | 29,31 | 35,37 |
| 5 | 18,04 | 25,27 | 31,19 | 20,52 | 28,81 | 35,13 |
| 6 | 17,67 | 24,84 | 30,98 | 20,10 | 28,33 | 34,89 |
| 7 | 17,31 | 24,42 | 30,77 | 19,69 | 27,85 | 34,66 |
| 8 | 16,95 | 24,01 | 30,57 | 19,29 | 27,38 | 34,43 |
| 9 | 16,61 | 23,60 | 30,36 | 18,89 | 26,91 | 34,20 |
| 10 | 16,27 | 23,20 | 30,16 | 18,51 | 26,46 | 33,97 |
| 11 | 15,94 | 22,81 | 29,96 | 18,13 | 26,01 | 33,74 |
| 12 | 15,61 | 22,42 | 29,76 | 17,76 | 25,57 | 33,51 |
| 13 | 15,29 | 22,04 | 29,56 | 17,40 | 25,14 | 33,29 |
| 14 | 14,98 | 21,67 | 29,36 | 17,04 | 24,71 | 33,07 |

| | | | | | | |
|--------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 15 | 14,68 | 21,31 | 29,16 | 16,70 | 24,30 | 32,85 |
| 16 | 14,38 | 20,95 | 28,97 | 16,36 | 23,89 | 32,63 |
| 17 | 14,08 | 20,59 | 28,77 | 16,02 | 23,48 | 32,41 |
| 18 | 13,80 | 20,24 | 28,58 | 15,70 | 23,08 | 32,19 |
| 19 | 13,52 | 19,90 | 28,39 | 15,38 | 22,69 | 31,97 |
| 20 | 13,24 | 19,56 | 28,20 | 15,06 | 22,31 | 31,76 |
| 21 | 12,97 | 19,23 | 28,01 | 14,75 | 21,93 | 31,55 |
| 22 | 12,70 | 18,91 | 27,82 | 14,45 | 21,56 | 31,33 |
| 23 | 12,45 | 18,59 | 27,63 | 14,16 | 21,20 | 31,12 |
| 24 | 12,19 | 18,27 | 27,45 | 13,87 | 20,84 | 30,92 |
| 25 | 11,94 | 17,97 | 27,26 | 13,59 | 20,49 | 30,71 |
| 26 | 11,70 | 17,66 | 27,08 | 13,31 | 20,14 | 30,50 |
| 27 | 11,46 | 17,36 | 26,90 | 13,04 | 19,80 | 30,30 |
| 28 | 11,23 | 17,07 | 26,72 | 12,77 | 19,47 | 30,10 |
| 29 | 11,00 | 16,78 | 26,54 | 12,51 | 19,14 | 29,89 |
| 30 | 10,77 | 16,50 | 26,36 | 12,26 | 18,81 | 29,69 |
| 31 | 10,55 | 16,22 | 26,19 | 12,01 | 18,49 | 29,49 |
| 32 | 10,34 | 15,94 | 26,01 | 11,76 | 18,18 | 29,30 |
| 33 | 10,13 | 15,68 | 25,84 | 11,52 | 17,87 | 29,10 |
| 34 | 9,92 | 15,41 | 25,66 | 11,29 | 17,57 | 28,91 |
| 35 | 9,72 | 15,15 | 25,49 | 11,06 | 17,28 | 28,71 |
| 36 | 9,52 | 14,89 | 25,32 | 10,83 | 16,98 | 28,52 |
| 37 | 9,33 | 14,64 | 25,15 | 10,61 | 16,70 | 28,33 |
| 38 | 9,14 | 14,39 | 24,98 | 10,39 | 16,41 | 28,14 |
| 39 | 8,95 | 14,15 | 24,81 | 10,18 | 16,14 | 27,95 |
| TOTAL | 530,34 | 777,15 | 1102,83 | 603,33 | 886,22 | 1242,16 |

Fuente: El Autor

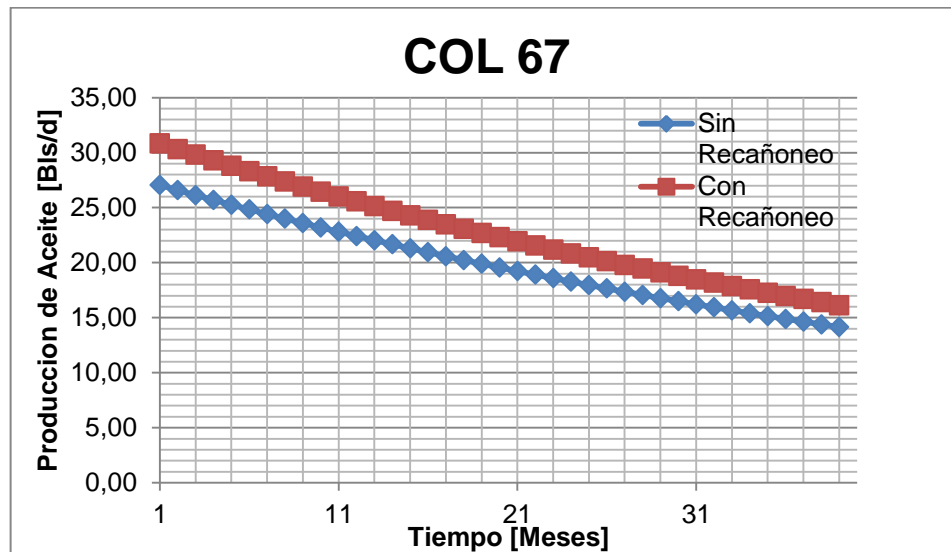
Obtenidos los valores de la tabla, se prosigue a graficar las producciones antes y después de trabajo; generando las siguientes gráficas.

Figura 41. Comportamiento de la Producción de Aceite Antes y Después del Recañoneo- COL 55



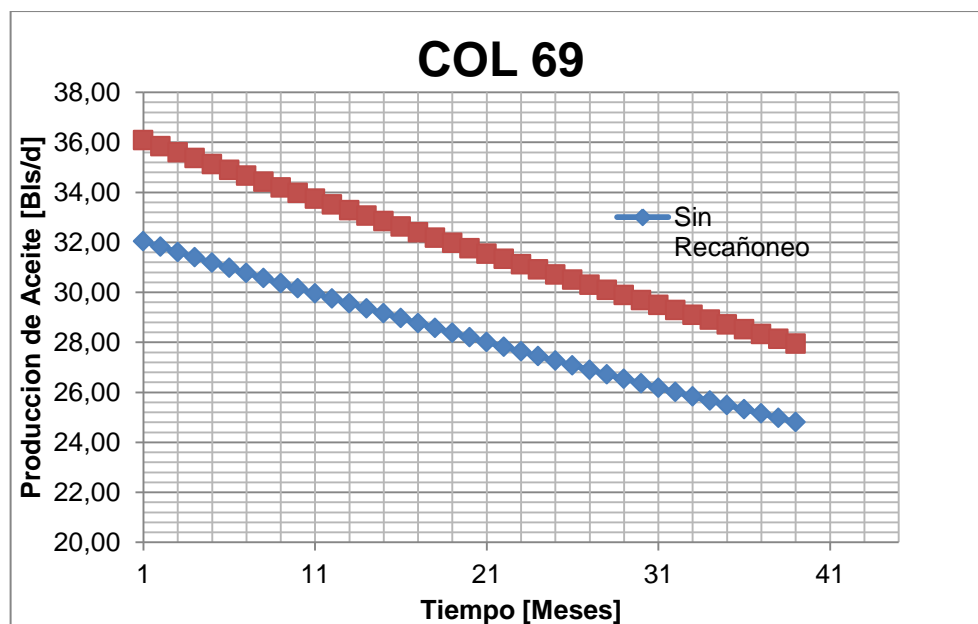
Fuente: El Autor

Figura 42. Comportamiento de la Producción de Aceite Antes y Después del Recañoneo- COL 67



Fuente: El Autor

Figura 43. Comportamiento de la Producción de Aceite Antes y Después del Recañoneo- COL 69



Fuente: El Autor

En las figuras anteriores se puede observar la producción sin trabajo de Workover y la producción con el trabajo de Workover, estableciendo un incremental en la tasa de producción de aceite.

En la siguiente tabla se presenta el aceite producido acumulado para cada pozo, con el fin de realizar el análisis económico respectivo.

Tabla 54. Producción Acumulada de Aceite Incremental

| Tiempo [Meses] | Np INCREMENTAL | | |
|----------------|----------------|--------------|--------------|
| | COL 55 | COL 67 | COL 69 |
| | Caudal [Bls] | Caudal [Bls] | Caudal [Bls] |
| 1 | 677,35 | 937,73 | 1097,08 |
| 2 | 663,54 | 921,87 | 1089,73 |
| 3 | 650,00 | 906,29 | 1082,42 |
| 4 | 636,74 | 890,97 | 1075,17 |

| | | | |
|--------------|------------------|------------------|------------------|
| 5 | 623,75 | 875,90 | 1067,96 |
| 6 | 611,02 | 861,10 | 1060,80 |
| 7 | 598,56 | 846,54 | 1053,69 |
| 8 | 586,35 | 832,23 | 1046,63 |
| 9 | 574,39 | 818,16 | 1039,61 |
| 10 | 562,67 | 804,33 | 1032,64 |
| 11 | 551,19 | 790,73 | 1025,72 |
| 12 | 539,95 | 777,36 | 1018,85 |
| 13 | 528,93 | 764,22 | 1012,02 |
| 14 | 518,14 | 751,30 | 1005,23 |
| 15 | 507,57 | 738,60 | 998,50 |
| 16 | 497,22 | 726,11 | 991,80 |
| 17 | 487,07 | 713,83 | 985,15 |
| 18 | 477,14 | 701,77 | 978,55 |
| 19 | 467,40 | 689,90 | 971,99 |
| 20 | 457,87 | 678,24 | 965,48 |
| 21 | 448,53 | 666,77 | 959,00 |
| 22 | 439,38 | 655,50 | 952,58 |
| 23 | 430,41 | 644,42 | 946,19 |
| 24 | 421,63 | 633,52 | 939,85 |
| 25 | 413,03 | 622,81 | 933,55 |
| 26 | 404,61 | 612,28 | 927,29 |
| 27 | 396,35 | 601,93 | 921,07 |
| 28 | 388,27 | 591,76 | 914,90 |
| 29 | 380,35 | 581,75 | 908,77 |
| 30 | 372,59 | 571,92 | 902,68 |
| 31 | 364,99 | 562,25 | 896,63 |
| 32 | 357,54 | 552,74 | 890,62 |
| 33 | 350,25 | 543,40 | 884,65 |
| 34 | 343,10 | 534,21 | 878,72 |
| 35 | 336,10 | 525,18 | 872,83 |
| 36 | 329,25 | 516,30 | 866,97 |
| 37 | 322,53 | 507,57 | 861,16 |
| 38 | 315,95 | 498,99 | 855,39 |
| 39 | 309,50 | 490,56 | 849,66 |
| TOTAL | 18.341,20 | 26.941,00 | 37.761,52 |

Fuente: El Autor

5.10.1 Análisis Financiero Colorado 55

Con los datos obtenidos se realiza el análisis financiero con la finalidad de verificar si el proyecto genera rentabilidad o si es económicamente viable.

A partir de lo anterior se generan los cálculos establecidos para el análisis de la reactivación de pozos en el Campo Escuela Colorado.

Cabe destacar que la producción con la que se realiza el análisis financiero en esta ocasión se debe al incremental de la producción por cada pozo, para calcular el aceite producido acumulado (Np), se toma dicha producción diaria (incremental) multiplicada por un promedio de 30,4 días; generando el Np mensual de la tasa de producción incrementada por el trabajo de Recañoneo.

5.10.2 Inversión

Al igual que para todos los trabajos de mejoramiento de la producción; los Trabajos de Workover tienen inversiones y costos por manejar; estas inversiones promedio se presenta en la siguiente tabla dadas por campo escuela colado.

Tabla 55. Inversiones Trabajos de Recañoneo Colorado 55

| Inversión Trabajo de Recañoneo | |
|---------------------------------------|----------------|
| Workover de Pozo Incluye: | Valor [\$US] |
| Varilleo | - |
| Recañoneo | - |
| Acondicionamiento del Pozo | - |
| Registros | - |
| Movilización de Unidad | - |
| Recañoneo de alta Penetración | - |
| Total | 280.326 |

Fuente: Campo Escuela Colorado

Tabla 56. Indicadores de Rentabilidad Colorado 55

| Trabajo de Recañoneo COL 55 | |
|--|-----------------------|
| VPN (Valor presente neto) | -204.183,47 [\$US] |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 0,01% |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 0,38 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 2,6 Años - 31,2 Meses |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

5.10.3 Análisis Financiero Colorado 67

Para realizar el análisis financiero para el pozo Colorado 67, se cumple con las mismas especificaciones dadas para el Colorado 55. Se realiza el mismo trabajo para los pozos, lo cual la inversión es la misma y se encuentra representada en la siguiente tabla.

Tabla 57. Inversiones Trabajos de Recañoneo Colorado 67

| Inversión Trabajo de Recañoneo | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Workover de Pozo Incluye: | Valor [\$US] |
| Varilleo | - |
| Recañoneo | - |
| Acondicionamiento del Pozo | - |
| Registros | - |
| Movilización de Unidad | - |
| Recañoneo de alta Penetración | - |
| Total | 280.326 |

Fuente: Campo Escuela Colorado

Tabla 58. Indicadores de Rentabilidad Colorado 67

| Trabajo de Recañoneo COL 67 | |
|--|----------------------|
| VPN (Valor presente neto) | -166.539,5 [\$US] |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 0,01% |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 0,57 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 1,7Años - 20,8 Meses |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

5.10.4 Análisis Financiero Colorado 69

En la siguiente tabla se encuentran los valores promedio de los trabajos estipulados al pozo Colorado 69, con el fin de verificar la viabilidad del proyecto.

Tabla 59. Inversiones Trabajos de Recañoneo Colorado 69

| Inversión Trabajo de Recañoneo | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Workover de Pozo Incluye: | Valor [\$US] |
| Varilleo | - |
| Recañoneo | - |
| Acondicionamiento del Pozo | - |
| Registros | - |
| Movilización de Unidad | - |
| Total | 280.326 |

Fuente: Campo Escuela Colorado

Tabla 60. Indicadores de Rentabilidad Colorado 69

| Trabajo de Recañoneo COL 69 | |
|--|----------------------|
| VPN (Valor presente neto) | -134.967,34 [\$US] |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 0,1% |
| RBC (Relación Beneficio-Costo) | 0,73 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 1,3 Años -16,2 Meses |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% |

Fuente: El Autor

En la campaña de trabajo de Recañoneo se puede concluir que ninguno de los tres pozos candidatos COL 55, COL 67 y COL 69, a este tipo de trabajo genera indicadores positivos para llevar a cabo un Recañoneo con el fin de aumentar la producción.

Estos indicadores se presentan individualmente para cada pozo en donde se observa que los pozos presentan bajas tasas de rendimiento económico, con lo cual se concluye que ningún pozo cumple con los requerimientos.

5.11 ANÁLISIS FINANCIERO ADICIONAL – CONVENIO ECOPETROL- UIS

Seguidamente se elaborara un análisis adicional en cuanto a una forma más real de los precios establecidos en el Convenio Administrativo ECOPETROL S.A y la UIS; debido a que este acuerdo tiene un **Objetivo Social**; se tiene un Lifting Cost más alto (79 US\$/Bbl) comparado con el promedio que se maneja en la industria de los hidrocarburos (20 US\$/Bbl). Los indicadores económicos para esta segunda alternativa de evaluación financiera son los siguientes:

Tabla 61. Indicadores Económicos establecidos en el Convenio

| Indicador | Valor |
|-------------------------------|-------------|
| Dólar | 1.863 US\$ |
| Precio promedio del crudo WTI | 87 US\$/BBL |
| Regalías | 20% |
| Lifting Cost | 79 US\$/BBL |
| TIO | 12% |

Fuente: El Autor

Con los indicadores económicos dados en la tabla anterior se realiza nuevamente el análisis para los dos Escenarios (WEI – UIS), tanto para la campaña de reactivación de pozos como para la campaña de Recañoneo; obteniendo los valores representados en la siguiente tabla.

5.11.1 Reactivación Pozos Escenario 1 – WEI

Tabla 62. Resultados Análisis Financiero para la Campaña de Reactivación en el Escenario 1 – WEI

| INDICADORES | COL 07 | COL 10 | COL 30 | COL 60 |
|-----------------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|
| VPN (Valor presente neto) | -1'213.973,59 | -383.306,18 | -348.597,64 | -345.180,07 |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| RBC (Relación Beneficio - Costo) | 0,2 | 0,2 | 0,09 | 0,05 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 46 Meses | 54 Meses | 13 Años | 17 Años |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% | 12% | 12% | 12% |

Fuente: El Autor

En la tabla anterior se puede observar que con el Lifting Cost promedio establecido en el convenio no se obtienen ganancias en la campaña de reactivación de pozos para el escenario propuesto por el aliado WEI.

5.11.2 Reactivación Pozos Escenario 2 – UIS

Tabla 63. Resultados Análisis Financiero para la Campaña de Reactivación en el Escenario 2 – UIS

| INDICADORES | COL 07 | COL 10 | COL 12 | COL 64 |
|--|---------------|------------|------------|------------|
| VPN (Valor presente neto) | -1'213.973,58 | -383.306,2 | -566.280,4 | -509.613,1 |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| RBC (Relación Beneficio - Costo) | 0,2 | 0,2 | 0,9 | 0,7 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 46 Meses | 54 Meses | 13 Meses | 16 Meses |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% | 12% | 12% | 12% |

Fuente: El Autor

Se puede concluir con los indicadores económicos mostrados en la tabla anterior que no se obtienen ganancias en la campaña de reactivación de los pozos propuestos en el escenario 2 (UIS).

5.11.3 Campaña de Recañoneo escenarios WEI – UIS

Tabla 64. Resultados Análisis Financiero para la Campaña de Recañoneo WEI - UIS

| INDICADORES | COL 55 | COL 67 | COL 69 |
|--|-------------|-------------|-------------|
| VPN (Valor presente neto) | -294.756,24 | -301.890,38 | -307.873,81 |
| TIR (Tasa interna de retorno) | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| RBC (Relación Beneficio - Costo) | 0,07 | 0,1 | 0,1 |
| PAYBACK (Tiempo de repago) | 13 Años | 8 Años | 7 Años |
| TIO (Tasa interna de oportunidad) | 12% | 12% | 12% |

Fuente: El Autor

En la campaña de Recañoneo propuesta para el Campo Escuela Colorado se puede observar que los indicadores económicos son poco favorables para realizar este tipo de trabajo en los pozos Col 55, Col 67 y Col 69; debido a los costos promedio de tratamiento del crudo establecido por el convenio inter-administrativo de ECOPETROL S.A y la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

En el anexo A se encuentra una tabla generada por el Software OFM, en la que se visualiza los valores y datos calculados por las variables generadas en la plataforma.

Se encuentra el caudal inicial, Reservas para cada pozo, índice de declinación y la fecha en la que se inicia el pronóstico hasta la fecha que termina el mismo, las casillas que se encuentran vacías en la columna de fecha finalizada del pronósticos indica que esos pozos no alcanzan a producir aceite debido a que en el pronóstico se tiene un límite económico de 2 Bls/día.

Los pozos que no tienen valores, se debe a que en la base de datos no presenta información requerida para generar estudios en el Software.

CONCLUSIONES

- El Campo Escuela Colorado presenta como problema principal la precipitación de parafina interviniendo en la producción de aceite y generando un Factor de Recobro de 6%.
- Se realizó un estudio de la producción con la herramienta Software OilField Manager ya que posee aplicaciones que facilita la interpretación de variables con las que se pueden tomar decisiones para optimizar la producción del campo.
- Se ejecutó unas de las aplicaciones más importantes del Software OFM, denominada FORECAST; usada para crear pronósticos de producción con el fin de conocer el comportamiento futuro de los pozos y los posibles trabajos para la optimización del campo en general.
- Se realizaron los diferentes mapas de grilla y burbuja mediante el Software OFM para analizar las características o propiedades de cada pozo con el fin de establecer candidatos a trabajos de reactivación o Recañoneo para aumentar la producción.
- Se efectuó un proceso de selección de pozos candidatos para trabajos propuestos por el Aliado WEI, en el que se crean dos Escenarios (WEI – UIS) respectivamente con diferentes pozos; seleccionados por sus buenas características y propiedades generadas mediante OFM.
- Se realizó un análisis financiero en la campaña de reactivación de pozos utilizando costos promedio de la industria para los dos escenarios

propuestos; en el que se puede concluir que los pozos Col 07, COL 12 Y Col 64 son candidatos a éste tipo de trabajo por sus buenos indicadores económicos.

- Se concluye que en la campaña de Recañoneo para los pozos Col 55, Col 67 y Col 69 propuestos tanto por WEI y la UIS; generan indicadores económicos poco favorables.
- se efectuó un análisis económicos con los valores promedio de los costos establecidos en el convenio ECOPETROL S.A y la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER con lo que se puede concluir que no son económicamente viables la realización de los trabajos propuestos.

RECOMENDACIONES

- Con el fin de realizar un estudio integrado y detallado de la producción es necesario tener información verídica y actualizada, para proporcionar una base de datos requerida para el Software OFM con el que se pueden generar amplios campos de estudio de la producción.
- Se recomienda realizar un estudio sobre la distribución porcentual de las producciones de aceite, gas y agua para cada formación del campo; datos requeridos en la tabla MonthlyPRod contenida en la base de datos creada en Microsoft Access y solicitada por el Software OFM.
- Realizar un análisis detallado de los trabajos de Workover para las campañas de Recañoneo debido a que los pozos del Campo Escuela Colorado pueden proporcionar un incremento del caudal más optimista con base a ecuaciones o análisis del yacimiento con el fin de remover el daño debido a la precipitación de parafinas.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁVILA O. Milton Eduardo, Metodología para la implementación de la herramienta OilField Manager en la operación y administración de la producción en un campo petrolero. Proyecto de grado Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2005.
- BENAVIDES M. Jhon Jarver y JAIMES B. Yureynis M. Factibilidad Técnico-Financiera de los usos alternativos del agua de producción en el Campo Escuela Colorado. Proyecto de grado Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2014.
- Informe final Consolidado Campo Escuela Colorado 2009
- MARIN H. Luis Ernesto y ANAYA M. Jose Andrés, Optimización de la producción del Campo Galán de Ecopetrol S.A., mediante un sistema de evaluación de desempeño. Proyecto de grado Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2013.
- MORA T. Jhon Fredy y SIERRA C. Yuly Catherine, Evaluación de la productividad del Campo Escuela Colorado mediante software especializado. Proyecto de grado Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2014.
- NIND, T.E.W.: Principles of Oil Well Production McGraw-Hill, 1964.
- Plan de Explotación Campo Escuela Colorado 2013, realizado por el Aliado WEI GROUP.

- Software OilField Manager 2009 Schlumberger. Manual de Referencia
- Software OilField Manager 2009 Schlumberger. Manual de uso Básico.
- TORRES L. Jorge Wilson y RANGEL S. Willian Alberto, Análisis de datos de producción a nivel de completamientos para la asignación de la producción del campo Colorado. Proyecto de grado Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2008.

ANEXO A

Tabla 65. Reporte del Pronóstico generado por OFM

| POZO | DCA DI Colorado | DCA EUR Colorado Bbl | DCA qi Colorado Bbl/d | DCA Reservas Colorado Bbl | DCA Final Rate Colorado Bbl/d | DCA ti Colorado | DCA te Colorado |
|----------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| COLO0002 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0003 | 0.00311 | 307.211 | 7 | 7.744 | 6 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0005 | | | | | | | |
| COLO0006 | | | | | | | |
| COLO0007 | 0.00000 | 170.105 | 140 | 165.772 | 140 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0008 | | | | | | | |
| COLO0009 | 0.06064 | 57.652 | 1 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0010 | 0.01040 | 184.020 | 9 | 8.399 | 6 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0011 | 0.00952 | 102.352 | 1 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0012 | 0.00314 | 173.615 | 32 | 35.985 | 29 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0013 | 0.30406 | 2.572 | 2 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0014 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0015 | 0.00000 | 724 | 0 | 497 | 0 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0016 | 0.01006 | 39.475 | 0 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0018 | 0.04482 | 25.658 | 1 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0019 | 0.00881 | 388.062 | 3 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0020 | 0.04040 | 241.508 | 2 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0021 | 0.00354 | 325.399 | 1 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0022 | 0.00000 | 157 | 0 | 153 | 0 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0023 | 0.05957 | 217.394 | 1 | 0 | 0 | 20130401 | |

| | | | | | | | |
|-----------------|---------|---------|----|--------|----|----------|----------|
| COLO0024 | 0.02682 | 57.587 | 4 | 1.269 | 3 | 20130401 | 20140331 |
| COLO0025 | 0.01105 | 19.310 | 2 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0026 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0027 | 0.00382 | 144.622 | 4 | 4.295 | 3 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0028 | 0.02927 | 68.805 | 4 | 940 | 3 | 20130401 | 20131231 |
| COLO0029 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0030 | 0.00359 | 75.634 | 5 | 5.214 | 4 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0031 | 0.01042 | 174.317 | 5 | 4.803 | 3 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0032 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0033 | 0.00537 | 412.042 | 8 | 8.580 | 7 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0034 | 0.02982 | 86.443 | 1 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0035 | 0.03430 | 133.435 | 1 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0036 | 0.00430 | 310.754 | 15 | 16.582 | 13 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0037 | 0.00453 | 298.825 | 8 | 8.612 | 7 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0038 | 0.00751 | 547.932 | 7 | 6.994 | 5 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0039 | 0.00172 | 5.653 | 0 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0040 | 0.03131 | 296.303 | 8 | 5.206 | 3 | 20130401 | 20151231 |
| COLO0041 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0042 | 0.01469 | 42.173 | 1 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0043 | 0.01407 | 317.385 | 1 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0044 | 0.01878 | 330.648 | 3 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0045 | 0.00525 | 219.996 | 13 | 14.155 | 11 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0046 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0047 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0048 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0049 | 0.00586 | 225.153 | 13 | 14.028 | 11 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0050 | 0.01036 | 64.397 | 4 | 2.586 | 3 | 20130401 | 20150430 |

| | | | | | | | |
|-----------------|---------|---------|----|--------|----|----------|----------|
| COLO0051 | 0.00553 | 130.244 | 2 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0052 | 0.01136 | 189.380 | 4 | 1.376 | 3 | 20130401 | 20140531 |
| COLO0053 | 0.00712 | 130.347 | 3 | 1.541 | 3 | 20130401 | 20140731 |
| COLO0054 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0055 | 0.02040 | 350.251 | 20 | 16.181 | 9 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0056 | 0.00505 | 132.752 | 9 | 9.170 | 7 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0057 | 0.04100 | 5.630 | 3 | 378 | 3 | 20130401 | 20130731 |
| COLO0058 | 0.01481 | 245.417 | 13 | 11.844 | 7 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0059 | 0.01120 | 234.172 | 6 | 5.589 | 4 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0060 | 0.01208 | 67.425 | 0 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0061 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0062 | 0.02448 | 227.908 | 0 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0063 | 0.03273 | 240.900 | 0 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0064 | 0.02918 | 43.864 | 38 | 27.111 | 12 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0065 | 0.03168 | 78.497 | 0 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0066 | 0.01156 | 210.461 | 2 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0067 | 0.01691 | 425.452 | 27 | 23.501 | 14 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0068 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0069 | 0.00670 | 115.939 | 32 | 33.443 | 25 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0070 | 0.01724 | 46.341 | 2 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0071 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0072 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| COLO0074 | 0.00796 | 228.492 | 15 | 14.805 | 11 | 20130401 | 20160630 |
| COLO0075 | 0.01875 | 108.443 | 1 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0076 | 0.00620 | 72.016 | 3 | 0 | 0 | 20130401 | |
| COLO0077 | 0.00000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20140331 | 20160630 |
| MOJA0001 | 0.13912 | 3.538 | 4 | 305 | 3 | 20130401 | 20130630 |

Fuente: OilField Manager Software